

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И ПТИЦЕФАБРИК

**Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, И. И. Касьяненко,
Ю. А. Белявская, Т. М. Кирдун**

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Перевод животноводства и птицеводства на промышленную основу обеспечил продовольственную безопасность нашей страны, способствуя полному удовлетворению потребности населения в продуктах питания. Однако высокая концентрация скота и птиц на небольших площадях привела к возникновению целого ряда проблем экономического, экологического и материально-технического характера. Бесподстилочное содержание и гидравлическая система удаления экскрементов приводит к образованию значительных объемов птичьего помета, жидкого навоза и навозных стоков, которые необходимо утилизировать. Исследования ученых-аграриев, а также многолетняя практика применения помета и жидких органических удобрений в хозяйствах показала, что их внесение на земли сельскохозяйственного назначения в научно обоснованных дозах положительно влияет на плодородие почв и урожайности сельскохозяйственных культур [1–5]. Кроме того, являясь естественными побочными продуктами животноводства и птицеводства, они образуются постоянно, что позволяет при рациональной разработке систем удобрения сельскохозяйственных культур значительно сэкономить на закупке дорогостоящих минеральных удобрений.

Однако на практике во многих хозяйствах их вносят бессистемно в высоких дозах в основном на одни и те же поля вблизи навозо- и пометохранилищ, что приводит к зафосфачиванию почв, очень высокой их обеспеченности подвижными формами калия, нитратами, тяжелыми металлами, хлоридами и другими соединениями; оказывает фитотоксическое влияние на рост и развитие корневой системы, может привести к загрязнению поверхностных и грунтовых вод минеральными формами азота, фосфора, калия и различными загрязняющими веществами в результате их миграции по почвенному профилю. Бесподстилочный навоз при нарушении технологии его подготовки и использования может представлять серьезную опасность в санитарном отношении, являясь источником яиц и личинок гельминтов, а также возбудителей болезней животных и человека. Как следствие это не может не отразиться на качестве растениеводческой продукции.

В этой связи определение культур, наиболее пригодных для возделывания на дерново-подзолистых почвах, прилегающих к животноводческим комплексам и птицефабрикам, позволит оптимизировать структуру посевных площадей на

землях с антропогенной нагрузкой в виде высоких доз жидкого навоза КРС, стоков свиней и птичьего помета, откорректировать их максимально возможные дозы внесения, обеспечивающие получение зерна и кормов хорошего качества, повысить экологичность сельскохозяйственного производства, уменьшить объемы применения минеральных удобрений при снижении себестоимости продукции растениеводства.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований при оценке влияния дозовых нагрузок жидкого навоза КРС, стоков свиней и птичьего помета на агрохимические показатели почв, их санитарное состояние, ферментативную активность, фитотоксичность, содержание загрязняющих веществ были дерново-подзолистые почвы вблизи животноводческих комплексов и птицефабрик, а также сельскохозяйственные культуры на них произрастающие. Почвенные образцы для изучения влияния жидких побочных продуктов животноводства и помета на санитарное состояние почв, ферментативную активность, фитотоксичность, содержание катионов и анионов отбирали в марте 2019 г. на дерново-подзолистых пахотных почвах в зоне действия птицефабрик – ОАО «Смолевичи Бройлер» (Смолевичский район, Минская область), ОАО «Оранчицкая птицефабрика» (Пружанский район, Брестская область), филиал «Фалько-Агро» ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» (Дзержинский район, Минская область); свинокомплексов – ПК им. В. И. Кремко (Гродненский район, Гродненская область) и СПК «Маяк Браславский» (Браславский район, Витебская область), комплекса по откорму КРС – ОАО «АгроВидзы» (Браславский район, Витебская область) (табл. 1).

Таблица 1

Дозы и сроки внесения жидкого навоза КРС, навозных стоков свиней и птичьего помета

Вид ОУ	Место отбора	Период внесения, лет	Среднего- довая доза ОУ, т/га	Последний срок и доза внесения перед отбором образцов для анализа
Жидкий навоз крупного рога- того скота	ОАО «АгроВидзы»	12	900–1000 (1-е поле)	Осенью 2018 г. в дозе 100–200 т/га
			900–1000 (2-е поле)	Осенью 2018 г. в дозе 200–300 т/га
Навозные стоки свиней	СПК «Маяк Браславский»	25	500–600 (1-е поле)	Летом 2018 г. в дозе 500–600 т/га
			500–600 (2-е поле)	С осени 2018 г. по март 2019 г. в дозе 500–600 т/га
	ПК им. В. И. Кремко	15	120–150 (1-е поле)	С декабря 2018 г. по март 2019 г. в дозе 350–450 т/га
			120–150 (2-е поле)	С августа 2017 г. по апрель 2018 г. в дозе 350–450 т/га
		20	450–550 (3-е поле)	С ноября 2017 г. по апрель 2018 г. в дозе 450–550 т/га

Вид ОУ	Место отбора	Период внесения, лет	Среднегодовая доза ОУ, т/га	Последний срок и доза внесения перед отбором образцов для анализа
Птичий помет	ОАО «Оранчицкая птицефабрика»	45	≈ 17	Осенью 2018 г. в дозе 50 т/га
	ОАО «Смолевичи Бройлер»	15	≈ 17	Весной 2018 г. в дозе 50 т/га
	Ф-л «Фалько-Агро»	5	≈ 60 (1-е поле)	С декабря 2018 г. по март 2019 г. в дозе 60 т/га
		15	≈ 20 (2-е поле)	Летом 2018 г. в дозе 60 т/га

Примечание. ОУ – органическое удобрение.

На всех почвах для отбора растительных и почвенных образцов без нагрузки жидкого навоза КРС, свиных стоков и птичьего помета и при их внесении выбирали участки, расположенные, по возможности, недалеко друг от друга, в сходных условиях рельефа и в пределах того же типа почв.

При проведении маршрутных обследований отбор образцов почв и растений проводили в производственных посевах методом конверта в 5 разных точках с расстоянием 150–200 м между ними с площадок размером 0,25 м². Образцы почвы отбирали при помощи агрохимического бура на глубину 0–25 см. Анализ почвенных и растительных образцов выполняли в соответствии с общепринятыми методиками.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние интенсивного применения жидкого навоза крупного рогатого скота, стоков свиней и птичьего помета на агрохимические показатели дерново-подзолистых почв. При оценке изменения агрохимических показателей исследуемых почв установлено, что постоянное внесение жидкого навоза крупного рогатого скота, стоков свиней и помета способствовало их подщелачиванию – по сравнению с почвами без нагрузок показатель pH_{KCl} увеличился на 0,21–1,72 ед. Согласно градации [6], кислотность удобряемых почв изменялась от слабокислой до слабощелочной, в то время как почвы, где эти удобрения не вносили, характеризовались от среднекислой до нейтральной реакцией среды.

Содержание подвижных форм калия в почвах в зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик по усредненным значениям увеличилось на 62–489 мг/кг (+23–269 %) относительно почв без нагрузок и оценивалось от среднего до очень высокого (группы III–VI) (в почвах без внесения – от низкого до очень высокого) (рис. 1).

Доля почв с высоким и очень высоким (группы V–VI) содержанием K_2O повысилась в 6,5 раза до 71 % при снижении долевого участия почв с оптимальными показателями в 3,7 раза до 17 % (в почвах без нагрузок – 11 и 63 % соответственно).

Обеспеченность подвижными формами фосфора в почвах, на которые регулярно вносят жидкий навоз КРС, стоки свиней и птичий помет, характеризовалась от высокой до очень высокой (группы V–VI) (почвы без нагрузок – от низко- до высокообеспеченных (группы II–V)) при увеличении его содержания по усредненным показателям на 112–1256 мг/кг (41–568 %); доля почв с очень высоким содержанием составила 69 % при отсутствии таковых в почвах без нагрузок; из них около 38 % приходилось на почвы с гипервысоким накоплением (более 1000 мг/кг), при этом доля почв с оптимальными параметрами снизилась до 7 % против 45 % в почвах без нагрузок.

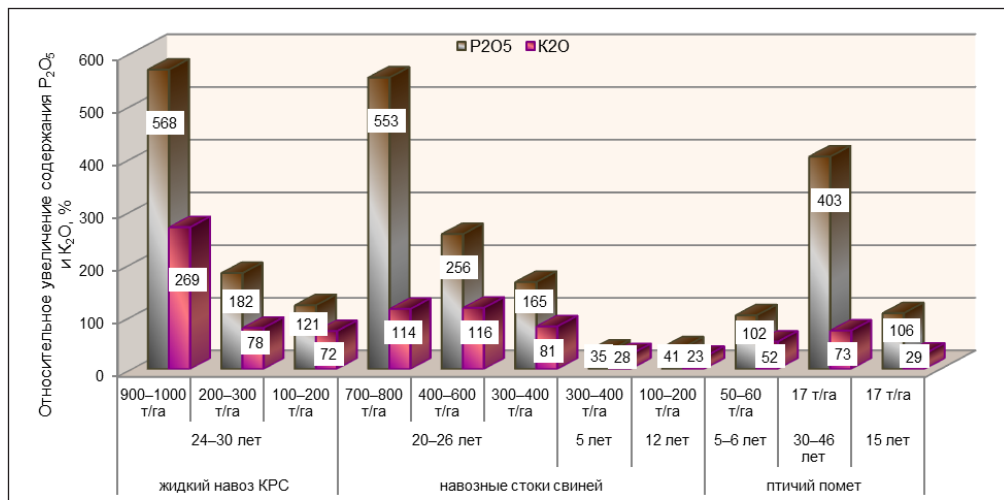


Рис. 1. Средние значения увеличения содержания подвижных форм фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах при дозовых нагрузках жидкого навоза крупного рогатого скота, стоков свиней и птичьего помета, %

Таким образом, утилизация жидкого навоза крупного рогатого скота, свиных стоков и помета в течение длительного времени на одни и те же поля в зависимости от дозовой нагрузки способствует накоплению подвижных форм калия и особенно фосфора до аномально высоких значений, что, с одной стороны, имеет положительный момент, поскольку даже самые требовательные культуры к этим элементам не будут испытывать дефицита в них. С другой, это приводит не только к нарушению соотношения основных элементов питания в почве, но их миграции по почвенному профилю в нижележащие горизонты. Проведенные нами исследования показали, что в зависимости от нагрузки жидких побочных продуктов животноводства содержание подвижных соединений калия на глубине 80–100 см может увеличиваться до 2,5 раз, фосфора – до 1,5 раз по сравнению с почвами без нагрузок, что не исключает риск их попадания в грунтовые и поверхностные воды.

При систематическом воздействии жидкого навоза крупного рогатого скота, стоков свиней и помета содержание гумуса в обследуемых почвах по усредненным значениям составило 2,28–4,53 % или увеличилось на 0,23–1,51 %, что превышало его содержание в почвах без нагрузок в 1,1–1,5 раза (рис. 2, 3).

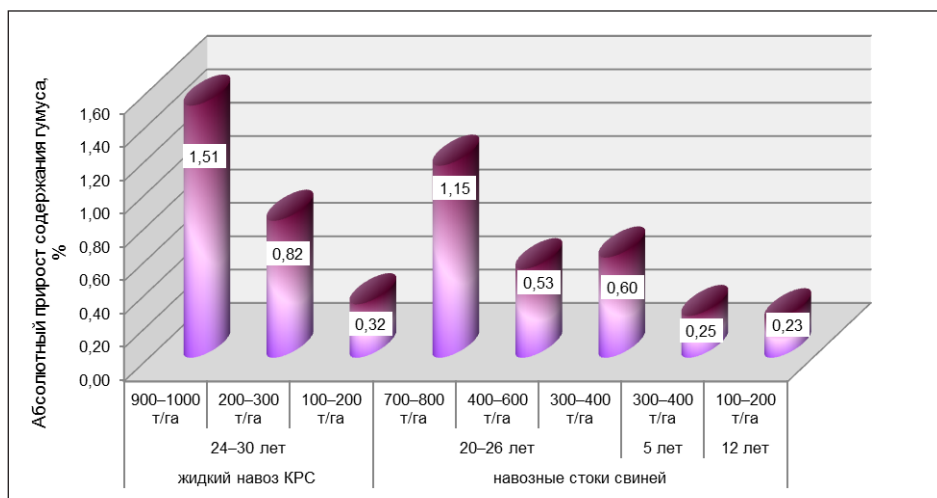


Рис. 2. Средние значения увеличения содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах в зоне влияния животноводческих комплексов, %

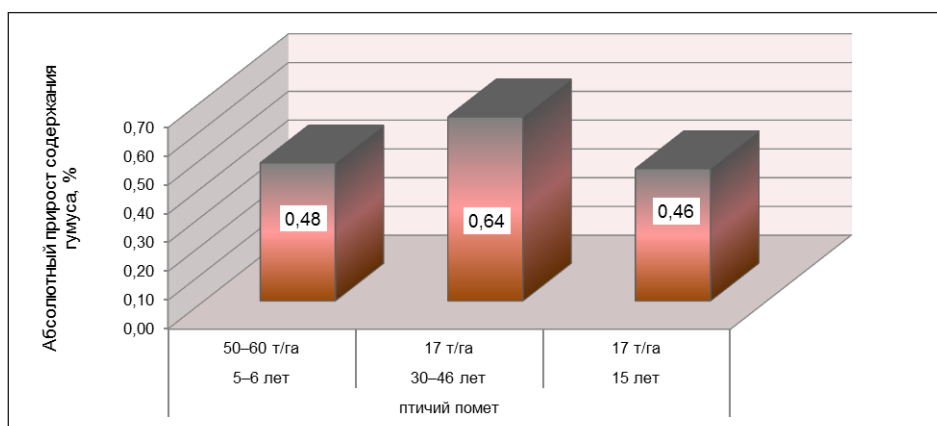


Рис. 3. Средние значения увеличения содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах в зоне влияния птицефабрик, %

При этом в большинстве случаев его содержание в почвах, расположенных вблизи животноводческих комплексов и птицефабрик, в соответствии с классификацией варьировало от повышенного до очень высокого, в то время как почвы без нагрузок по этому показателю характеризовались от средне-до высокогумусных. Учитывая объемы применяемых органических удобрений, содержание гумуса должно быть выше наблюдаемого. Так, по существующим нормативам, при дозе внесения стоков свиней 400–600 т/га в течение 20 лет прирост в содержании гумуса должен составить около 2,5 %, фактическое же его содержание в обследуемых почвах хотя и увеличилось, но только в среднем на 0,53 % (рис. 2). Это, по-видимому, обусловлено высокой степенью минерализации поступающих в почву жидких побочных продуктов животноводства и птичьего помета.

В производственных условиях для оценки изменения агрохимических показателей в зависимости от дозовых нагрузок жидкого навоза КРС, стоков свиней и птичьего помета нами, на основании обобщенных данных, предлагается использовать рассчитанные среднегодовые показатели по приросту гумуса, подвижных форм фосфора и калия (табл. 2).

Таблица 2

Среднегодовой прирост в содержании гумуса, подвижных форм фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах в зависимости от интенсивности внесения жидкого навоза крупного рогатого скота, стоков свиней и птичьего помета

Вид органического удобрения	Доза ОУ, т/га в год	Среднегодовой прирост		
		гумус, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг/кг	
Жидкий навоз крупного рогатого скота	100–200	0,01	9	6
	200–300	0,03	10	7
	900–1000	0,06	39	19
Навозные стоки свиней	100–200	0,01	9	5
	300–400	0,03	10	6
	400–600	0,02	26	9
	700–800	0,05	45	12
Бесподстилочный птичий помет	17	0,02	28	4
	50–60	0,05	42	15

Ферментативная активность дерново-подзолистых почв. Интенсивное внесение жидкого навоза крупного рогатого скота, свиных стоков и помета на почвы пахотных земель способствует усилению деятельности микробного сообщества, что может привести к повышенной минерализации органического вещества в почвах и, как следствие, непроизводительным потерям элементов питания и достаточно низкому приросту в содержании гумуса. Данные о направленности трансформации органического вещества в почвах вблизи животноводческих комплексов и птицефабрик на основе использования биохимического коэффициента (K_6) показали, что ежегодное внесение высоких доз жидкого навоза крупного рогатого скота (900–1000 т/га) и стоков свиней (450–600 т/га) приводило к его снижению до уровня 0,46–0,70, т. е. наблюдался существенный сдвиг биохимических процессов в сторону минерализации органического вещества ($K_6 < 1$); в этих почвах отмечена наиболее высокая скорость минерализации (152–229 %) (табл. 3).

Таблица 3

Биохимические показатели активности минерализации и гумификации в дерново-подзолистых почвах при регулярном внесении жидкого навоза крупного рогатого скота, стоков свиней и помета

Вид органического удобрения	Место отбора	Доза ОУ, т/га в год	M, %	Г, %	K ₆
Жидкий навоз крупного рогатого скота	ОАО «АгроВидзы»	900–1000 (1-е поле)	226	129	0,57
		900–1000 (2-е поле)	229	119	0,52

Вид органического удобрения	Место отбора	Доза ОУ, т/га в год	М, %	Г, %	K _б
Навозные стоки свиней	СПК «Маяк Браславский»	500–600 (1-е поле)	173	117	0,68
		500–600 (2-е поле)	192	88	0,46
	ПК им. В. И. Кремко	120–150 (1-е поле)	157	93	0,59
		120–150 (2-е поле)	124	108	0,87
		450–550 (3-е поле)	152	107	0,70
Птичий помет	ОАО «Оранчицкая птицефабрика»	≈ 17	119	107	0,90
	ОАО «Смолевичи Бройлер»		156	118	0,75
	Ф-л «Фалько-Агро»	≈ 60 (1-е поле)	144	102	0,71
		≈ 20 (2-е поле)	126	139	1,10

Примечание. М – минерализация; Г – гумификация; K_б – биохимический коэффициент, предложенный Н. А. Михайловской, представляет собой соотношение усредненных количественных показателей скорости процессов гумификации и минерализации.

Улучшение сбалансированности процессов гумификации и минерализации выявлено в хозяйствах, где свиные стоки и помет на пахотные почвы вносят один раз в три года: при среднегодовой дозе птичьего помета ≈ 17–20 т/га и стоков свиней ≈ 120–150 т/га скорость минерализации в пределах 119–156 %, коэффициент K_б достиг уровня 0,75–1,10.

Установлено депрессирующее влияние стоков свиней на активность гумификационных процессов в почвах в начальный период после их внесения в дозах 350–450 и 500–600 т/га (скорость гумификации 88–93 % от показателей в почвах без нагрузок). В почвах, где отбор проб проводили через три месяца и более после внесения органических удобрений, наблюдалось усиление гумификации на 7–39 %. В целом, в почвах, подвергающихся регулярному воздействию помета, жидкого навоза КРС и стоков свиней в течение длительного времени, скорость минерализационных процессов превышала активность гумификации.

Отмечено, что постоянное применение жидкого навоза КРС, свиных стоков и помета увеличило активность уреазы на 11–204 %; инвертазы – на 2–56 %; полифенолоксидазы – на 4–73 % (рис. 3).

Внесение удобрений: 2017 (о.) – осенью 2017 г.; 2018 (л.) – летом 2018 г.; 2018 (о.) – 2019 (в.) – с осени 2018 г. по март 2019 г.; 2018 (з.) – 2019 (в.) – с декабря 2018 г. по март 2019 г.; 2017 (л.) – 2018 (в.) – с августа 2017 г. по апрель 2018 г.; 2017 (о.) – 2018 (в.) – с ноября 2017 г. по апрель 2018 г.; 2018 (о.) – осенью 2018 г.; 2018 (в.) – весной 2018 г.

При этом сравнительный анализ по влиянию помета и стоков свиней на активность ферментов в зависимости от сроков их внесения показал, что уреазная активность в большей степени (на 60–178 %) повышалась в почвах в начальный период после внесения. Это свидетельствует о более интенсивном накоплении в почве аммиачного азота и возможности его непроизводительных потерь, особенно при ежегодно вносимых высоких дозах этих удобрений. Через три месяца и более после их внесения активность этого фермента в почвах заметно снижалась, в то время как уровень инвертазной (+27–56 %) и полифенолоксидазной (+15–68 %) активности в этот период повышался, что указывает на рост интен-

сивности трансформации углеводов и усиление процессов гумификации в почвах. Внесение жидкого навоза крупного рогатого скота и свиных стоков практически во всех исследуемых почвах ингибировало активность пероксидазы (снижение 9–32 %); птичьего помета – увеличивало на 1–26 %.

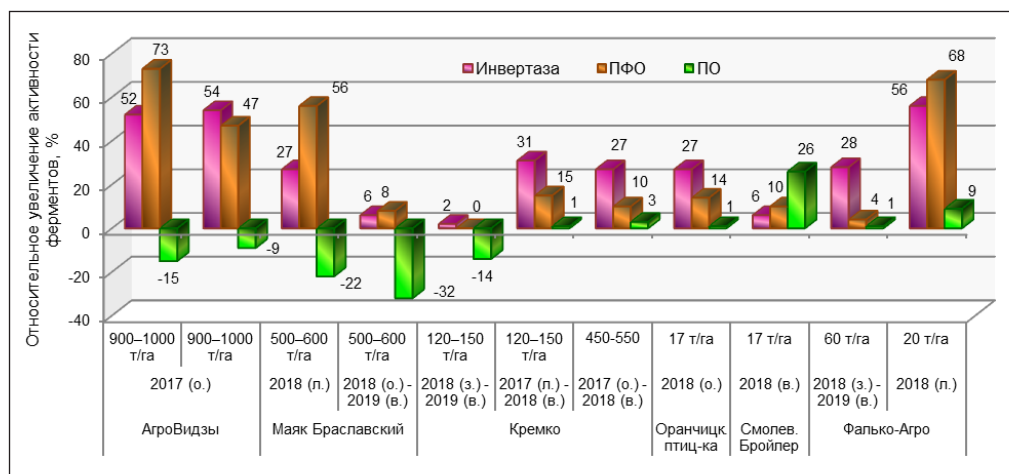


Рис. 3. Влияние регулярных нагрузок жидкого навоза крупного рогатого скота, стоков свиней и птичьего помета на ферментативную активность дерново-подзолистых почв

Фитотоксичность почв. Определение фитотоксического действия почв при регулярном внесении жидкого навоза КРС, свиных стоков и птичьего помета на параметры роста и развития тест-культур (яровой ячмень, озимая пшеница, кукуруза) показало, что общая токсичность исследуемых почв соответствует V классу токсичности (норма), т. е. величина тест-функций находится на уровне почв без нагрузок. Однако следует иметь в виду, что при посеве культур через две недели после их внесения всхожесть семян на интенсивно удобренных полях может уменьшиться до 10 %, длина ростков и корней – до 15 %; наиболее фитотоксичны почвы, где вносят стоки свиней в дозах 350–450 т/га и более. В этой связи в зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик для снижения фитотоксического действия почв следует прекращать внесение жидкого навоза крупного рогатого скота, свиных стоков и помета за 1–1,5 месяца до посева сельскохозяйственных культур. Установлено, что семена яровых и озимых зерновых культур более чувствительны к негативному влиянию высоких доз жидких побочных продуктов животноводства и помета по сравнению с кукурузой.

Санитарное состояние дерново-подзолистых почв. Санитарно-бактериологическое состояние почв находится в прямой зависимости от сроков внесения птичьего помета и стоков свиней. Уровень общей микробной контаминации и термофилов в большей степени повышался в почвах в начальный период после их внесения (на 75–464 % и 57–108 %). Тем не менее, в соответствии с оценочной шкалой почвы по этим показателям относятся к тем же категориям, как и почвы без их внесения – «загрязненные» и «слабо загрязненные» соответственно. По значениям коли-титра (0,001) и перфрингенс-титра (0,0001) почвы оцениваются как «опасные, загрязненные» (почвы без нагрузок – «относительно безопасные, слабо загрязненные» и «безопасные, чистые») (табл. 4).

Таблица 4

Влияние регулярных нагрузок жидкого навоза крупного рогатого скота, стоков свиней и птичьего помета на санитарное состояние дерново-подзолистых почв

Вид ОУ	Место отбора	Период внесения, лет	Доза ОУ, т/га в год	Коли-титр	Перфрингенс-титр	Число термофильных бактерий, КОЕ/г почвы
Жидкий навоз крупного рогатого скота	ОАО «АгроВидзы»	–	Без нагрузки	0,01	0,01	$1,30 \cdot 10^4$
		12	900–1000 (1-е поле)	0,006	0,0001	$1,50 \cdot 10^5$
			900–1000 (2-е поле)	0,006	0,0001	$1,20 \cdot 10^5$
Навозные стоки свиней	СПК «Маяк Браславский»	–	Без нагрузки	0,43	0,01	$2,10 \cdot 10^4$
		25	500–600 (1-е поле)	0,36	0,001	$2,90 \cdot 10^4$
		–	Без нагрузки	0,43	0,01	$1,50 \cdot 10^4$
		25	500–600 (2-е поле)	0,001	0,0001	$2,35 \cdot 10^4$
	ПК им. В. И. Кремко	–	Без нагрузки	0,53	0,01	$1,50 \cdot 10^4$
		15	120–150 (1-е поле)	0,001	0,0001	$3,10 \cdot 10^4$
		15	120–150 (2-е поле)	0,56	0,001	$2,00 \cdot 10^4$
Птичий помет	ОАО «Оранчицкая птицефабрика»	–	Без нагрузки	0,56	0,01	$1,00 \cdot 10^4$
		45	≈ 17	0,50	0,001	$1,80 \cdot 10^4$
	ОАО «Смолевичи Бройлер»	–	Без нагрузки	0,53	0,01	$2,00 \cdot 10^4$
		15	≈ 17	0,48	0,001	$4,25 \cdot 10^4$
	Ф-л «Фалько-Агро»	–	Без нагрузки	0,46	0,01	$2,50 \cdot 10^4$
		5	≈ 60 (1-е поле)	0,001	0,0001	$5,20 \cdot 10^4$
		15	≈ 20 (2-е поле)	0,45	0,001	$3,90 \cdot 10^4$

□ – чистая □ – слабо загрязненная □ – загрязненная □ – сильно загрязненная

Через три месяца и более после внесения свиных стоков и помета отмечено заметное снижение общего микробного числа и термофильных бактерий. При этом наблюдалось повышение значений коли-титра (до 0,36–0,56) и перфрингенс-титра (до 0,001); почвы в категории «относительно безопасные, слабо загрязненные». Наиболее высокие показатели по общему микробному числу (2250–2560 тыс. КОЕ/г) и количеству термофилов ($1,20 \cdot 10^5$ – $1,50 \cdot 10^5$ КОЕ/г) обнаружены в почвах, на которые в течение длительного времени ежегодно вносили очень высокие дозы жидкого навоза крупного рогатого скота (900–1000 т/га), что позволило их отнести к категории «чрезвычайно опасных, сильно загрязненных». Коли- и перфрингенс-титр уменьшились до 0,006 и 0,0001 против 0,01 в почве без нагрузок; категория – «опасные, загрязненные».

По гельминтологическому анализу почвы, прилегающие к животноводческим комплексам и птицефабрикам, относятся к чистым (полное отсутствие яиц гельминтов).

Содержание катионов и анионов в дерново-подзолистых почвах в зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик. Независимо от сроков внесения органических удобрений не установлено превышения ПДК сульфатов в почвах в зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик,

содержание нитратов выше допустимого уровня (1,4–1,7 ПДК) обнаружено только в пробах почв, отобранных на полях через две недели после окончания внесения помета и стоков свиней. Незначительное превышение ПДК нитратов в почвах при постоянных нагрузках жидкого навоза крупного рогатого скота, свиных стоков и помета, по-видимому, обусловлено их высокой динамичностью и интенсивным вымыванием в нижележащие горизонты. Наши исследования показали, что в почвах при длительном внесении жидких органических удобрений содержание нитратов на глубине 80–100 см увеличивается в 8–27 раз по сравнению с почвами без их применения. По данным авторов [7–9] при внесении высоких доз жидких органических удобрений нитраты обнаружены на глубине 1,5 м и более.

В настоящее время нормативы по допустимым концентрациям водорастворимых форм калия, хлоридов, фосфатов, обменного аммония, обменного и водорастворимого натрия отсутствуют. В соответствии с Постановлением Совета Министров РБ № 1042 от 17.07.2008 г. степень загрязнения земель при отсутствии установленного норматива предельно допустимой или ориентировочно допустимой концентрации химических веществ оценивается по кратному превышению фактического содержания исследуемых компонентов над их фоновыми содержаниями: низкая (2,1–10,0 фонов), средняя (10,1–40,0 фонов), высокая (40,1–100,0 фонов) и очень высокая (> 100,0 фонов). Что касается влияния постоянно вносимых на одни и те же поля жидкого навоза крупного рогатого скота, свиных стоков и помета на содержание водорастворимых форм калия, фосфатов и обменного аммония, то, с одной стороны, увеличение их концентрации в почвах является положительным моментом, поскольку способствует улучшению питания растений. С другой стороны, при повышении содержания растворимых катионов и анионов в почвах увеличивается уровень их миграции в нижележащие горизонты и наблюдается дисбаланс в концентрации солей почвенного раствора. При проведении маршрутных обследований в зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик не установлено загрязнения почв аммонием; превышение его содержания в 3,1 раза относительно фона (почва без нагрузки) отмечено только в почве, где стоки свиней в дозе 500–600 т/га закончили вносить за 2 недели до отбора проб (табл. 5).

В результате анализа почвенных образцов, отобранных через 2–3 месяца после внесения стоков свиней в дозах от 350–450 т/га и более, выявлена низкая степень загрязнения водорастворимым калием и фосфатами, в почвенных образцах, отобранных через две недели после применения стоков в дозе 500–600 т/га кратность превышения по фосфатам составила 10,7 раз (средняя степень загрязнения). По хлоридам низкая степень загрязнения почв установлена при дозе внесения свиных стоков 500–600 т/га независимо от срока их внесения; при дозе 350–450 т/га превышение фонового содержания более чем в 2 раза отмечено только в первые две недели после внесения.

По истечении 3–4 месяцев после применения жидкого навоза КРС в дозах до 300 т/га на почвы, ранее длительное время удобрявшиеся очень высокими его дозами (900–1000 т/га), установлена низкая степень их загрязнения изучаемыми катионами и анионами (K^+ , PO_4^{3-} , Cl^- , $Na_{обм}$, $Na_{вод}$).

Регулярное внесение птичьего помета в дозах 50–60 т/га как один раз в три года, так и при ежегодном его внесении из расчета 60 т/га не приводило к загрязнению почв водорастворимым калием, хлоридами, $Na_{обм}$ и $Na_{вод}$; наблюдалась только низкая степень загрязнения фосфатами.

Таблица 5

**Степень деградации дерново-подзолистых почв в зоне влияния
животноводческих комплексов и птицефабрик**

Вид ОУ	Место отбора	Период внесе- ния, лет	Доза ОУ, т/га в год	K ⁺	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻	Na _{обм}	Na _{вод}	NH ₄ ⁺
Жидкий навоз крупного рогатого скота	ОАО «АгроВидзы»	12	900–1000 (1-е поле)	3,0	2,9	2,1	2,2	2,6	1,3
			900–1000 (2-е поле)	2,4	3,5	1,7	2,0	2,5	1,2
Навозные стоки свиней	СПК «Маяк Браславский»	25	500–600 (1-е поле)	3,5	3,6	2,5	1,5	1,3	1,7
			500–600 (2-е поле)	7,7	10,7	3,0	1,7	3,0	3,1
	ПК им. В. И. Кремко	15	120–150 (1-е поле)	3,9	5,3	2,2	1,3	1,7	1,6
			120–150 (2-е поле)	1,3	2,6	1,1	1,1	1,1	1,3
		20	450–550 (3-е поле)	3,0	3,1	1,2	1,2	1,2	1,5
Птичий помет	ОАО «Оранчицкая птицефабрика»	45	≈ 17	2,0	3,2	1,2	1,3	1,3	1,4
	ОАО «Смолевичи Бройлер»	15	≈ 17	1,7	1,3	1,2	1,0	1,2	1,3
	Ф-л «Фалько-Агро»	5	≈ 60 (1-е поле)	2,0	3,7	1,5	1,1	1,4	1,3
		15	≈ 20 (2-е поле)	1,5	1,9	1,1	1,0	1,1	1,2

 – низкая степень деградации почвы

 – средняя степень деградации почвы

Содержание тяжелых металлов (ТМ) в почвах и сельскохозяйственных культурах в зоне влияния животноводческих комплексов. Проведенные исследования показали, что внесение жидкого навоза крупного рогатого скота и стоков свиней на одни и те же поля в течение длительного времени практически не влияло на содержание подвижных форм Cd, Pb, Ni, Co и Cr в почвах, что, по-видимому, обусловлено довольно низким их содержанием в используемых удобрениях и, как следствие, небольшим ежегодным поступлением в почвы. Приоритетными загрязнителями почв, подвергающихся длительному воздействию этих удобрений являются Zn, Cu, Mn и Fe. При ежегодном их внесении в течение 20–30 лет в зависимости от дозовой нагрузки содержание подвижных форм Fe в почвах увеличилось на 13–199 %, Mn – на 16–175 %, Cu – на 11–229 %, Zn – на 21–547 %.

Оценка агроэкологического состояния почв, прилегающих к животноводческим комплексам, свидетельствует об отсутствии их загрязнения ТМ; превышения установленных нормативов ПДК не обнаружено [10, 11]. Тем не менее, при нагрузках жидких побочных продуктов животноводства от 500–600 до 900–1000 т/га количество Cu достигло 0,07–0,34 ПДК, Zn – 0,10–0,31 ПДК, Mn – 0,13–0,44 ПДК против 0,02–0,12 ПДК, 0,04–0,07 ПДК и 0,10–0,19 ПДК соответственно в почвах

без нагрузок. Рассчитанный суммарный показатель загрязнения (Z_c), отражающий общий уровень полиэлементного загрязнения почв вблизи животноводческих комплексов, также показал, что независимо от нагрузки жидких побочных продуктов животноводства, исследуемые почвы являются условно чистыми ($Z_c < 16$). При этом отмечена четко выраженная тенденция увеличения данного показателя по мере повышения доз внесения жидкого навоза КРС и стоков свиней. Так, при ежегодном их внесении в дозе не более 300–400 т/га величина Z_c в среднем не превышала 2,7 ед., 500–600 т/га – 6,1 ед., максимальные значения (11,2–12,0 ед.) получены при дозе стоков свиней 700–800 т/га и жидкого навоза крупного рогатого скота 900–1000 т/га (рис. 4).

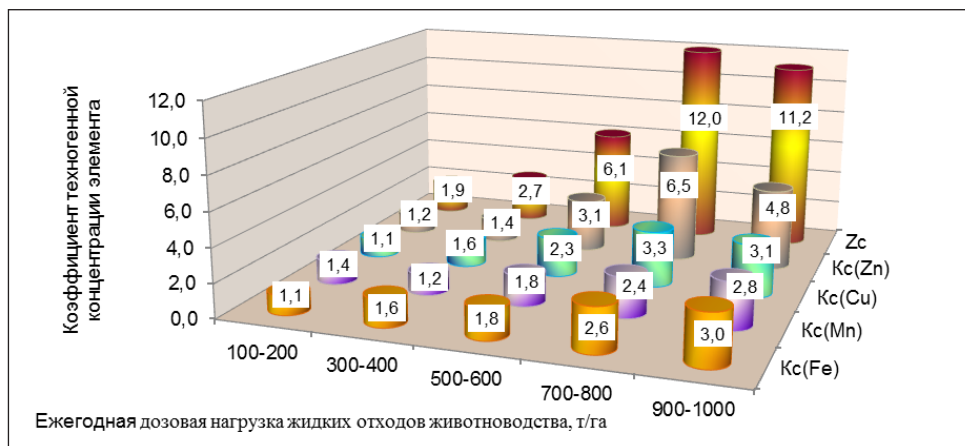


Рис. 4. Количественная оценка степени загрязнения дерново-подзолистых почв подвижными формами тяжелых металлов при регулярных нагрузках жидких побочных продуктов животноводства

Таким образом, наблюдаемый негативный эффект повышения подвижности тяжелых металлов (в частности Zn, Cu, Mn, Fe) указывает на экологические риски при постоянной утилизации высоких доз жидкого навоза КРС и стоков свиней на ограниченной территории, увеличивая вероятность загрязнения ими сельскохозяйственной продукции.

На основании полученных данных рассчитаны параметры среднегодового прироста содержания подвижных форм этих элементов в дерново-подзолистых почвах (табл. 6).

Таблица 6

Параметры среднегодового прироста содержания подвижных форм тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах при регулярном внесении жидких побочных продуктов животноводства на протяжении 20–30 лет

Доза ОУ, т/га в год	Fe	Cu	Zn	Mn
	Среднегодовой прирост, %			
100–200	0,6	0,5	0,9	0,7
300–400	2,0	3,0	3,5	2,0
500–600	3,5	6,0	9,0	3,5
900–1000	8,5	9,0	15,0	6,0

С помощью предложенных параметров можно спрогнозировать через сколько лет (L) уровень содержания подвижных форм ТМ в почве достигнет ПДК при постоянном воздействии жидких побочных продуктов животноводства:

$$L = \frac{(\text{ПДК} - \text{Содержание ТМ в почве без нагрузки}) \cdot 100}{\text{Содержание ТМ в почве без нагрузки} \cdot \text{Среднегодовой прирост ТМ}}$$

Как и для почв, основными поллютантами сельскохозяйственных культур в зоне влияния животноводческих комплексов являются Fe, Cu, Zn и Mn, изменения в содержании Cd, Pb, Ni, Co и Cr в растительных образцах по сравнению с неудобренными почвами не наблюдалось. При ежегодном внесении жидких побочных продуктов животноводства в дозах от 500–600 до 900–1000 т/га концентрация Fe в зеленой массе кукурузы увеличилась на 37–66 %, Cu – на 40–69 %, Zn – на 53–80 %, Mn – на 36–105 %. В многолетних травах превышение по Fe в зависимости от дозовой нагрузки жидкого навоза КРС и стоков свиней составило 10–35 %, Cu – 13–39 %, Zn – 29–61 %, Mn – 21–75 %. При возделывании зерновых культур содержание Fe в зерне было на 14–23 %, Cu – на 24–32 %, Zn – на 42–84 %, Mn – на 18–65 % выше, чем в почвах без нагрузок. Содержание этих элементов в соломе возросло на 34–48 %, 52–113 %, 26–34 %, 35–102 % соответственно. Для ярового рапса при нагрузке стоков свиней 500–600 т/га в семенах и соломе наблюдалось превышение по Cu на 14 и 21 %, Zn – на 40 и 105 %, Mn – на 42 и 269 %, Fe – на 14 и 31 % соответственно. Внесение жидкого навоза крупного рогатого скота и стоков свиней в дозе 100–200 т/га не влияло на накопление ТМ в растениях.

Поскольку содержание ТМ в растениеводческой продукции не нормируется в Республике Беларусь, то для оценки загрязнения использовали градацию, предложенную В. А. Касатиковым и Р. Ф. Байбековым с соавторами [12, 13]: $Z_c < 3$ – слабая степень загрязнения; $Z_c = 3–10$ – средняя степень загрязнения; $Z_c > 10$ – сильная степень загрязнения. Расчеты показали, что согласно градации зеленая масса кукурузы и многолетних трав, солома озимых пшеницы и тритикале при нагрузках жидких побочных продуктов животноводства от 700–800 до 900–1000 т/га, а также солома ярового рапса при дозе свиных стоков 500–600 т/га относятся к среднезагрязненным ($Z_c = 3,2–5,4$ ед.), в остальных растительных образцах показатель Z_c не превышал 3,0 ед. (слабозагрязненные). Суммарные показатели загрязнения ТМ соломы превышали сопряженные для зерна на 16–26 %, для рапса – на 128 %.

Влияние регулярных нагрузок жидкого навоза КРС, свиных стоков и помета на накопление биогенных элементов и нитратов в урожае сельскохозяйственных культур. Применение жидких побочных продуктов животноводства и помета оказало заметное влияние на химический состав сельскохозяйственных культур. В зависимости от дозовой нагрузки содержание азота, фосфора и калия в зерне кукурузы, яровых и озимых зерновых культур увеличилось в среднем на 13–53 %, в соломе превышение по этим элементам составило 21–106 %; в зеленой массе кукурузы азота накапливалось на 17–169 % больше, P_2O_5 – на 13–64 %, K_2O – на 14–146 %, в многолетних травах их содержание увеличилось на 25–44 %, в люцерне – на 13–22 %; в семенах ярового и озимого рапса – на 22–57 %, в его побочной продукции – на 39–189 %.

При возделывании зерновых культур вблизи животноводческих комплексов и птицефабрик применяемые разноуровневые дозы органических удобрений не влияли на накопление нитратов в зерне. Не установлено по средним показателям превышения их содержания в соломе выше ПДК для грубых кормов (1000 мг/кг сырого вещества) при дозе жидкого навоза крупного рогатого скота 100–200 т/га. На фоне, как действия, так и последствий помета в дозе 50–60 т/га и стоков свиней в дозе 450 т/га и выше содержание нитратов в соломе достигло 586–1481 мг/кг, т. е. было близко к предельному уровню или превышало его (рис. 5).

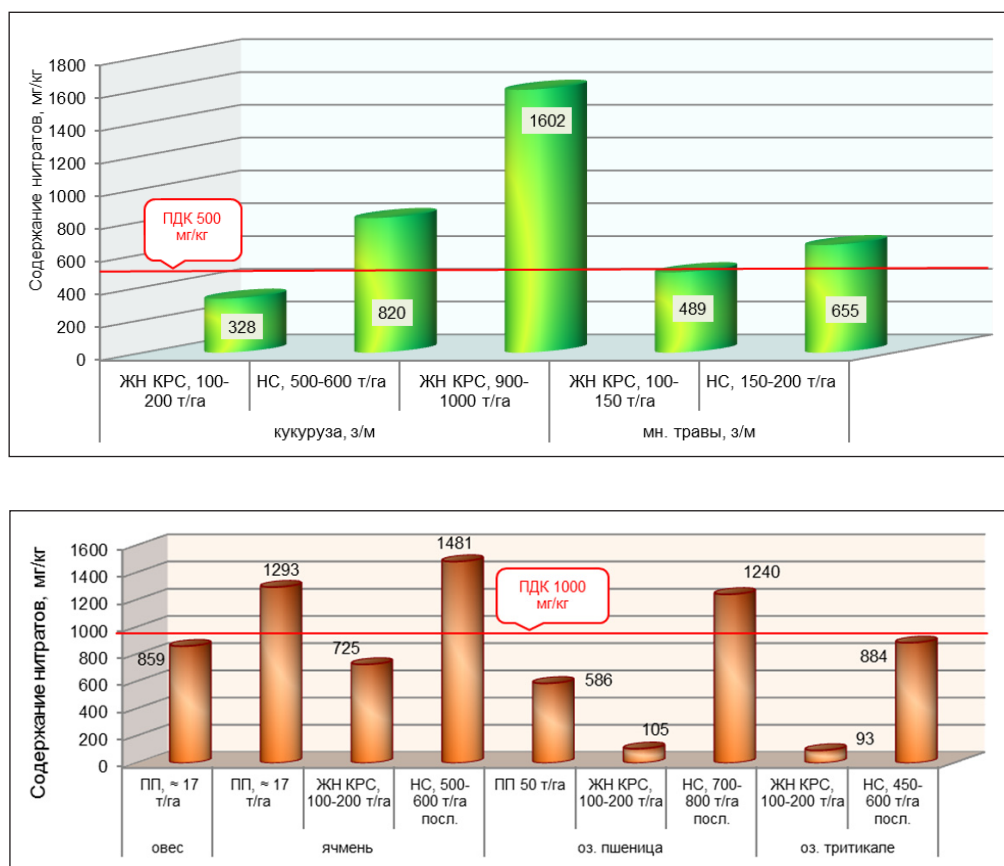


Рис. 5. Среднее содержание нитратов в сельскохозяйственных культурах, произрастающих вблизи животноводческих комплексов и птицефабрик, мг/кг

При ежегодных нагрузках жидкого навоза крупного рогатого скота 900–1000 т/га и стоков свиней 500–600 т/га накопление нитратов в зеленой массе кукурузы составило 866–1602 мг/кг, что выше ПДК (500 мг/кг) в 1,7–3,2 раза; ниже регламентируемого норматива их содержание при дозе жидкого навоза КРС 100–200 т/га (328 мг/кг). В зеленой массе многолетних трав при дозе внесения жидкого навоза крупного рогатого скота под каждый укос по 100–150 т/га накопление нитратов ниже ПДК; при внесении стоков свиней в дозе по 150–200 т/га их содержание составило 536–768 мг/кг (в среднем 655 мг/кг), что на уровне ПДК или выше до 1,5 раз.

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ позволил установить максимальные дозы жидких побочных продуктов животноводства под многолетние травы и при возделывании кукурузы на зеленую массу, применение которых не приводит к накоплению нитратов в зеленой массе выше ПДК (500 мг/кг сырого вещества) (рис. 6).

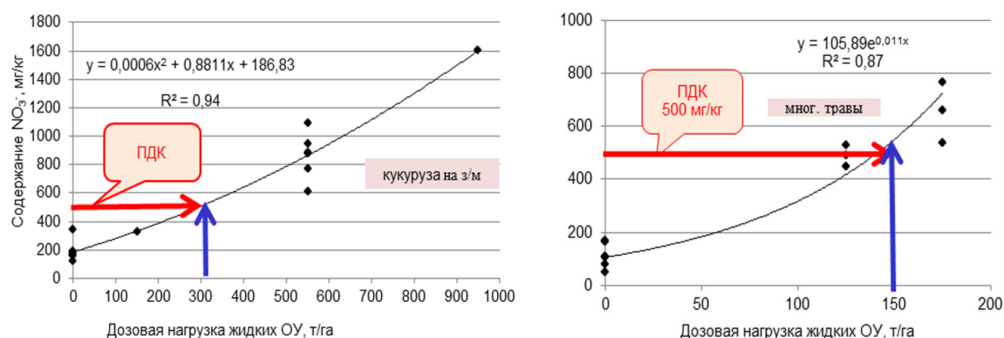


Рис. 6. Содержание нитратов в сельскохозяйственных культурах в зависимости от дозовых нагрузок жидких отходов животноводства

При возделывании кукурузы на зерно независимо от сроков внесения птичьего помета в дозах 50–60 т/га содержание нитратов в зерне изменялось в довольно узких пределах (12–19 мг/кг) и было на уровне показателей, полученных на почвах без нагрузок (рис. 7).

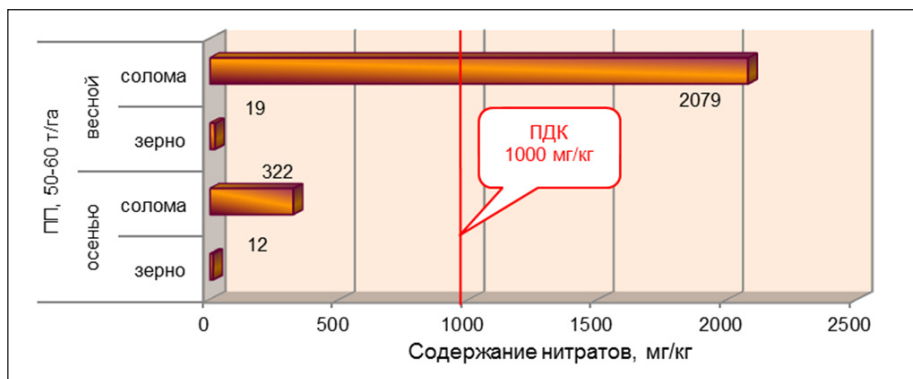


Рис. 7. Среднее содержание нитратов в зерне и соломе кукурузы, произрастающей в зоне влияния птицефабрик, мг/кг

Что касается соломы кукурузы, то при внесении помета осенью под вспашку накопление нитратов в побочной продукции было ниже регламентируемой ПДК, достигая в среднем 322 мг/кг. При его весеннем внесении их содержание достигло 2079 мг/кг. Таким образом, при возделывании кукурузы на зерно жидкие побочные продукты животноводства и птичий помет можно вносить от уборки предшественника и до весны, заканчивая за месяц до посева. При ее возделывании на зеленую массу для предотвращения накопления нитратов выше ПДК оптимальный срок внесения – осенью под основную обработку почвы.

Накопление нитратов в семенах рапса ярового (949 мг/кг) и озимого (223 мг/кг) при ежегодных нагрузках стоков свиней 500–600 т/га ниже установленного норматива (1500 мг/кг), что позволяет его возделывать на почвах, прилегающих к животноводческим комплексам и птицефабрикам.

Оптимизация структуры посевных площадей на землях с антропогенной нагрузкой в виде высоких доз органических удобрений. В зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик дозы внесения жидких побочных продуктов животноводства и птичьего помета под сельскохозяйственные культуры на близлежащие поля, как правило, значительно превышают рекомендуемые дозы применения органических удобрений, что обусловлено производственными условиями (переполнении хранилищ, невыгодность перевозок на отдаленные участки и т. д.).

Основными причинами, ограничивающими бессистемное внесение высоких доз жидкого навоза, навозных стоков и птичьего помета, являются:

- снижение качества продукции растениеводства вследствие накопления в ней нитратов выше регламентируемой ПДК, возможного накопления в избыточных концентрациях калия, фосфора, тяжелых металлов и других токсикантов;
- увеличение содержания в почве нитратов выше установленного норматива, подвижных форм фосфора и калия до очень высокого уровня;
- негативное влияние на окружающую среду в результате интенсивной миграции фосфатов, нитратов, калия и других загрязняющих веществ в грунтовые воды; а также увеличение непродуктивных потерь из почвы макроэлементов;
- повышение фитотоксичности почвы и ухудшение ее санитарного состояния;
- уменьшение окупаемости применяемых удобрений, коэффициентов использования из них биогенных элементов растениями.

Жидкие побочные продукты животноводства и бесподстилочный птичий помет, вносимые на почвы, по ветеринарно-санитарным показателям должны соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям. По своим химическим свойствам они являются быстродействующими удобрениями, так как все питательные вещества находятся в легкодоступной для питания растений форме, поэтому их следует вносить под культуры, усваивающие большое количество азота, фосфора и калия уже с самого начала вегетации. В зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик рекомендуется возделывание культур интенсивного типа: кукурузу на зерно и зеленую массу, многолетние злаковые травы.

При возделывании кукурузы на зерно допустимой дозой нагрузки жидкого навоза и навозных стоков на дерново-подзолистые почвы является доза 500–600 т/га, птичьего помета – 50–60 т/га (табл. 7). Вносить жидкие побочные продукты животноводства и помет под кукурузу на зерно можно от уборки предшественника и до весны. При возделывании кукурузы на зеленую массу максимальная доза жидкого навоза и навозных стоков на почвы пахотных земель, прилегающих к животноводческим комплексам, не должна превышать 300 т/га. Вносить их следует осенью под основную обработку почвы.

В зоне влияния животноводческих комплексов максимальной дозой нагрузки при возделывании многолетних злаковых трав на дерново-подзолистых почвах является внесение под каждый укос жидкого навоза и навозных стоков не более 150 т/га. Под каждый укос жидкий навоз и навозные стоки вносят поверхностно. Внесение жидкого навоза и навозных стоков под многолетние злаковые

травы проводят под первый укос – до начала активной вегетации трав, под второй и третий укосы – в первые 7 дней после скашивания. Более высокие их дозы приводят к ухудшению качества зеленой массы, возможно образование корки на поверхности, которая ухудшает газообмен корнеобитаемого слоя и задерживает развитие растений.

Таблица 7

Максимальные дозы внесения жидкого навоза, стоков свиней и птичьего помета под сельскохозяйственные культуры в зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик

Сельскохозяйствен- ная культура	Макси- мальная доза, т/га	Время внесения
Жидкий навоз и навозные стоки		
Кукуруза: на зерно	500–600	Летне-весеннее внесение, но не позднее, чем за 1–1,5 месяца до посева
на зеленую массу	300	Осенью под основную обработку почвы
Многолетние злако- вые травы	150	Под 1-й укос – до начала активной вегетации трав, под 2-й и 3-й – в первые 7 дней после скашивания
Озимые зерновые культуры	250	Не позже, чем за 3–4 недели до посева под основную обработку почвы
Яровые зерновые культуры	150	Осенне-весеннее внесение, но не позднее, чем за 1– 1,5 месяца до посева
Рапс: озимый	400–500	После уборки предшественника, но не позднее, чем за месяц до посева
яровой		Осенне-весеннее внесение, но не позднее, чем за 1– 1,5 месяца до посева
Бесподстилочный птичий помет		
Кукуруза на зерно	50–60	Летне-весеннее внесение, но не позднее, чем за 1–1,5 месяца до посева
Озимые зерновые культуры	50	Не позже, чем за 3–4 недели до посева под основную обработку почвы
Рапс: озимый	50	После уборки предшественника, но не позднее, чем за месяц до посева
яровой		Осенне-весеннее внесение, но не позднее, чем за 1– 1,5 месяца до посева

Под озимые зерновые культуры жидкий навоз и навозные стоки можно вносить в дозе до 250 т/га, птичий помет – не более 50 т/га; допустимый срок внесения – не позже, чем за 3–4 недели до посева под основную обработку почвы. В зоне влияния животноводческих комплексов максимальная дозовая нагрузка жидкого навоза и навозных стоков при возделывании яровых зерновых культур – не более 150 т/га, по возможности рекомендуется их осенне-весеннее внесение при окончании за 1–1,5 месяца до посева.

На дерново-подзолистые почвы, прилегающие к животноводческим фермам, допускается внесение жидких побочных продуктов животноводства под озимый и яровой рапс в дозе, не превышающей 400–500 т/га. Вблизи птицефабрик

максимальная доза внесения птичьего помета под рапс – не более 50 т/га. Под озимый рапс жидкий навоз, навозные стоки и помет следует вносить сразу после уборки предшественника, но не позднее, чем за месяц до его посева. Под яровой рапс рекомендуется осенне-весеннее внесение, которое должно быть закончено за 1–1,5 месяца до посева.

Следует иметь в виду, что при использовании высоких доз жидких побочных продуктов животноводства и бесподстилочного птичьего помета необходим постоянный мониторинг за экологическим состоянием почвы, контроль качества растительной продукции и грунтовых вод.

В зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик при регулярном внесении больших объемов жидкого навоза, навозных стоков и птичьего помета на близлежащие поля не следует дополнительно вносить минеральные удобрения перед основной или предпосевной обработкой почвы. Как правило, вся потребность возделываемых культур в элементах питания может быть обеспечена за счет внесенных жидких побочных продуктов животноводства и помета. Необоснованное применение минеральных удобрений способствуют удорожанию продукции и снижению показателей качества сельскохозяйственных культур, при необходимости они могут быть использованы только для подкормок.

При оптимизации структуры посевных площадей в зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик формирующаяся система севооборотов проводится, прежде всего, с учетом специализации хозяйств. В хозяйствах, специализирующихся на выращивании крупного рогатого скота, предпочтение отдается культурам, обеспечивающим получение грубых и сочных кормов, а в свиноводческих и птицеводческих предприятиях, где выше нуждаемость в концентрированных кормах, в структуре посевных площадей увеличивается доля зерновых культур.

ВЫВОДЫ

В результате исследований была проведена оценка влияния дозовых нагрузок жидкого навоза крупного рогатого скота, свиных стоков и птичьего помета на агрохимические показатели почв, их санитарное состояние, фитотоксичность, ферментативную активность, содержание загрязняющих веществ. Дана оценка активности процессов минерализации в циклах C и N и гумификации в цикле C; проведен анализ данных о направленности трансформации органического вещества в почвах на основе использования коэффициента K_6 .

В зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик по сравнению с почвами без нагрузок содержание гумуса в среднем увеличилось на 0,23–1,51 %, доля почв с высоким и очень высоким содержанием K_2O повысилась в 6,5 раза до 71 % при снижении доли с оптимальными показателями в 3,7 раза до 17 %; по фосфору – доля почв с очень высоким содержанием составила 69 % при отсутствии таковых в почвах без нагрузок; около 38 % приходится на почвы с накоплением более 1000 мг/кг, доля почв с оптимальными параметрами снизилась до 7 % (45 % в почвах без нагрузок). Превышение по нитратам (1,4–1,7 ПДК) обнаружено только в почвах, где стоки свиней и помет вносили не более, чем за две недели до отбора проб.

Санитарное-бактериологическое состояние почв находится в прямой зависимости от сроков внесения птичьего помета и стоков свиней: в начальный

период после их внесения по значениям коли- и перфрингенс-титров почвы оцениваются как «опасные, загрязненные» (почвы без нагрузок – «относительно безопасные, слабо загрязненные» и «безопасные, чистые»). Через три месяца и более после применения этих удобрений почвы в категории «относительно безопасные, слабо загрязненные». По гельминтологическому анализу почвы в зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик – чистые (яйца гельминтов отсутствуют). Наиболее фитотоксичны почвы в зоне влияния свиного комплекса: на почвах пахотных земель, где стоки свиней в дозах 350–450 т/га и более закончили вносить за две недели до посева длина ростков и корней может уменьшиться до 15 %, всхожесть семян – до 10 %. Однако в целом общая токсичность почв вблизи животноводческих комплексов и птицефабрик соответствует V классу (норма).

Агроэкологическое состояние почв по суммарному показателю загрязнения подвижными формами тяжелых металлов характеризовалось допустимым уровнем; наблюдаемые негативные тенденции его увеличения указывают на экологические риски при постоянной утилизации высоких доз жидкого навоза крупного рогатого скота и стоков свиней на ограниченной территории. Концентрация Zn, Cu, Mn и Fe в сельскохозяйственных культурах в зависимости от их нагрузки на почвы увеличивается на 10–269 % при содержании Cd, Pb, Ni, Cr и Co на уровне почв без нагрузок.

Допустимая дозовая нагрузка жидких побочных продуктов животноводства при возделывании кукурузы на зерно – не более 500–600 т/га, на зеленую массу – 300 т/га, под многолетние травы – 150 т/га под каждый укос, под озимые зерновые культуры – 250 т/га, яровые – 150 т/га, озимый и яровой рапс – 400–500 т/га. Максимальная доза внесения птичьего помета под озимые зерновые культуры, рапс и кукурузу на зерно – не более 50–60 т/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановский, И. Эффективность жидкого навоза на дерново-подзолистых почвах / И. Барановский, А. Павлоцкий // Главный агроном. – 2010. – № 10. – С. 7–9.
2. Бабенко, М. В. Влияние отдельных фракций свиного навоза на продуктивность зернотравяного звена севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / М. В. Бабенко; РГАУ – МСХА им. Тимирязева. – М., 2016. – 21 с.
3. Использование животноводческих стоков в качестве органических удобрений / В. Н. Самыкин, В. Д. Соловиченко, А. А. Потрясаев // Ресурсосберегающие технологии использования органических удобрений в земледелии: сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф. / ВНИИПТИОУ; ред. кол.: А. И. Еськов, С. М. Лукин, И. В. Русакова. – Владимир, 2009. – С. 229–234.
4. Агроэкономическая эффективность жидкого навоза КРС и минеральных удобрений при возделывании кукурузы на зеленую массу на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Т. М. Серая [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2014. – № 4 (№ 95). – С. 39–42.
5. Седых, В. А. Экологическая оценка использования куриного помета на почвах таежно-лесной зоны: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.13, 03.02.08 /

В. А. Седых; ФГБОУ ВПО «Российский гос. аграрный у-т – МСХА им. Тимирязева». – М., 2013. – 46 с.

6. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: методические указания / И. М. Богдевич [и др.]; под ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 48 с.

7. Обоснования эффективного экологически безопасного регулярного интенсивного применения бесподстилочного навоза в агроценозах с бессменным возделыванием многолетних трав / С. И. Тарасов [и др.] // Агроэкологические проблемы использования органических удобрений на основе отходов промышленного животноводства: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. / РАСХН, ВНИИПТИОУ; ред. кол.: А. И. Еськов, С. М. Лукин, С. И. Тарасов. – Владимир, 2006. – С. 261–275.

8. Влияние удобрений на миграцию макроэлементов по профилю почвы. Сообщение 2. Влияние высоких доз бесподстилочного навоза на миграцию нитратов / В. А. Васильев [и др.] // Агрохимия. – 1981. – № 5. – С. 29–34.

9. Варюшкина, Н. М. Отрицательное экологическое воздействие удобрений в системе почва – растение – промывные воды / Н. М. Варюшкина // Экологические проблемы накопления нитратов в окружающей среде: тезисы докл. Всесоюзной конф., Пущино, 10–13 окт. 1989 г. / Науч. центр биологических исследований АН СССР в Пущине. – Пущино, 1989. – С. 13–14.

10. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ: ГН 2.1.7.12-1-2004. – Введ. 25.02.2004 г. – Минск: Минздрав Респ. Беларусь, 2004. – 29 с.

11. Об утверждении ГН «Предельно допустимые концентрации подвижных форм цинка, хрома, кадмия в почвах (землях) различных функциональных зон населенных пунктов, промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения»: Постановление Мин-во здравоохранения Респ. Беларусь, 6 нояб. 2008 г., № 187 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2012. – 8/25624.

12. Методы исследования городских почв: учебное пособие / Р. Ф. Байбеков [и др.]. – М.: ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА им. Тимирязева, 2007. – 202 с.

13. Касатиков, В. А. Агроэкологические основы применения осадков городских сточных вод в качестве удобрения: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / В. А. Касатиков; МСХА им. Тимирязева. – М., 1989. – 35 с.

AGROECOLOGICAL STATE OF SOD-PODZOLIC SOILS AND AGRICULTURAL CROPS IN THE ZONE OF INFLUENCE OF LIVESTOCK COMPLEXES AND POULTRY FARMS

**E. N. Bahatyrova, T. M. Seraya, I. I. Kasyanenko,
Y. A. Belyavskaya, T. M. Kirdun**

Summary

The comprehensive assessment of the effect of dose loads of liquid by-products of animal husbandry and poultry manure on the agrochemical parameters of sod-podzolic soils, their phytotoxicity, sanitary condition, enzymatic activity, the content of pollutants, as well as on agricultural crops growing on them was carried out.

Поступила 04.03.21