

СОДЕРЖАНИЕ КАТИОНОВ И АНИОНОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМ КОМПЛЕКСАМ И ПТИЦЕФАБРИКАМ

Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, Ю. А. Белявская, Т. М. Кирдун,
М. М. Торчило, О. М. Бирюкова

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

ВВЕДЕНИЕ

По химическому составу жидкие отходы животноводства и бесподстилочный птичий помет представляют собой полидисперсную среду, состоящую из воды, органических и минеральных веществ, содержащих в своем составе элементы, необходимые для питания растений, что способствует их применению в качестве органических удобрений. При этом во многих хозяйствах из-за целого ряда проблем экономического и материально-технического характера образующиеся жидкий навоз КРС, стоки свиней и птичий помет в больших объемах вносят на прилегающие к комплексам поля. Постоянные нагрузки на одни и те же участки в конечном итоге могут привести к ухудшению качества возделываемых сельскохозяйственных культур, загрязнению почв, грунтовых и поверхностных вод различными соединениями [1–7].

Существенная трансформация почв при регулярных дозовых нагрузках жидких отходов животноводства и помета обусловлена не только аномально высоким накоплением подвижных соединений фосфора и калия, но и увеличением доли их водорастворимых форм. Помимо основных биогенных элементов питания с жидкими отходами животноводства и птичьим пометом в почву поступают разные катионы и анионы (натрий, хлориды, сульфаты) вследствие очистки, мойки и дезинфекции животноводческих помещений, а также за счет кормления скота различными добавками, содержащими эти элементы. По мнению А. Л. Демидова с соавторами [8], к числу основных загрязнителей почв в зоне влияния животноводческих комплексов относятся сульфаты, аммоний и нитраты, а также нитриты, цинк, медь. По данным исследований [8–12], в жидких отходах животноводства содержание натрия составляет 140–800 мг/л, хлоридов – 39–1300 мг/л, сульфатов – 9–226 мг/л, т. е. применение их в дозе 100 т/га обеспечит поступление в почву этих загрязнителей на уровне 14–80 кг/га, 3,9–130 и 0,9–22,6 кг/га соответственно. При интенсивном применении жидких отходов животноводства и птичьего помета накопление нитратов, фосфатов, хлоридов, натрия, калия повышается не только в пахотном и подпахотном слоях, но возрастает миграция их по всему профилю почв, при этом увеличение концентрации наблюдается даже за пределами метрового слоя [13–15]. Таким образом, в зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик к числу негативных факторов, помимо зафосфачивания и очень высокой концентрации подвижных форм калия, нитратов и других соединений в верхних горизонтах почвы, можно отнести, с одной стороны, повышение миграции

различных катионов и анионов по почвенному профилю, увеличение риска попадания в грунтовые воды, эвтрофикацию водоемов, с другой – диспергирование почв, их уплотнение и снижение фильтрационной способности [13, 16, 17].

Следует отметить, что в научной литературе недостаточно информации по влиянию постоянных дозовых нагрузок жидких отходов животноводства и бесподстилочного птичьего помета на содержание различных катионов и анионов в дерново-подзолистых почвах, поэтому проведение исследований в этом направлении является актуальным.

Цель исследований – оценить степень загрязнения прилегающих к животноводческим комплексам и птицефабрикам почв некоторыми катионами и анионами (минеральными формами азота, фосфатами, сульфатами, хлоридами, натрием, калием).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения влияния жидких отходов животноводства и птичьего помета на концентрацию ряда катионов и анионов в дерново-подзолистых почвах в марте 2019 г. были отобраны почвенные образцы. Отбор проб производили 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 Брагславский» (Брагславский район, Витебская область), комплекса по откорму КРС ОАО «АгроВидзы» (Брагславский район, Витебская область) (табл. 1).

Таблица 1

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

Вид ОУ*	Место отбора	Период внесения, лет	Среднегодовая доза ОУ, т/га	Последний срок и доза внесения перед отбором образцов для анализа
Жидкий навоз КРС	ОАО «Агро Видзы»	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 Брагславский»	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
	филиал «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

*ОУ – органическое удобрение.

В ОАО «АгроВидзы» на дерново-подзолистых суглинистых почвах образцы отобраны с двух полей, прилегающих к животноводческому комплексу. Ежегодная дозовая нагрузка жидкого навоза КРС на эти поля, начиная с 2006 г. по 2017 г., была на уровне 900–1000 т/га; осенью 2018 г. на 1-е поле навоз внесен из расчета 100–200 т/га, на 2-е – 200–300 т/га.

В СПК «Маяк Браславский» отбор почвенных образцов произведен на почвах при среднегодовой дозе внесения навозных стоков свиней на протяжении 25 лет из расчета 500–600 т/га. На 1-е поле свиные стоки внесены летом 2018 г.; на 2-е поле их вносили с осени 2018 г. по март 2019 г.; к моменту отбора образцов поле было запахано.

В зоне влияния свинокомплекса, расположенного в ПК им. В. И. Кремко, почвенные образцы отбирали на суглинистых почвах с дозовой нагрузкой свиных стоков 350–450 т/га один раз в три года в течение 15 лет (среднегодовая доза ≈ 120–150 т/га). На 1-м поле это удобрение вносили с декабря 2018 г. по март 2019 г. На 2-м поле стоки свиней внесены в период с 01.08.2017 г. по 15.04.2018 г. Кроме этого, на территории данного хозяйства отбор почвенных образцов произведен на участке, прилегающем непосредственно к свинокомплексу, на который в течение 20 лет ежегодно, включая период до середины апреля 2018 г., вносили свиные стоки в дозе 450–550 т/га (3-е поле).

Проведен отбор почвенных проб на дерново-подзолистых почвах пахотных земель в ОАО «Оранчицкая птицефабрика» и ОАО «Смолевичи Бройлер» при дозе внесения бесподстилочного птичьего помета 50 т/га один раз в три года (среднегодовая доза ≈ 17 т/га). В ОАО «Оранчицкая птицефабрика» на выбранную в качестве объекта исследований супесчаную почву птичий помет вносят постоянно на протяжении 45 лет; осенью 2018 г. он внесен под кукурузу 2019 г. Нагрузка птичьего помета на суглинистую почву в ОАО «Смолевичи Бройлер» характеризуется меньшим периодом действия – 15 лет; в последний перед отбором почвы раз это удобрение применяли весной 2018 г. (под кукурузу). В 2019 г. на этом поле также возделывали кукурузу (1-й год последствия птичьего помета).

При проведении маршрутных обследований в филиале «Фалько-Агро» ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» почвенные образцы отбирали на суглинистых почвах пахотных земель. На 1-м участке возделывают кукурузу в монокультуре на

фоне ежегодной дозы применения птичьего помета 60 т/га в течение 5 лет. Под урожай кукурузы 2019 г. его закончили вносить за неделю до отбора образцов на анализ. На 2-м участке длительность воздействия помета составляет 15 лет при периодичности внесения один раз в три года при аналогичной дозе – 60 т/га (≈ 20 т/га ежегодно); в последний перед отбором почвы раз внесен летом 2018 г.

На всех почвах пахотных земель для отбора проб без применения 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 той же почвенной разновидности. При проведении маршрутных обследований отбор образцов почв проводили методом конверта в 5 разных точках с расстоянием 150–200 м между ними с площадок размером 0,25 м². Образцы почвы отбирали агрохимическим буром на глубину пахотного слоя (0–25 см).

В почвенных образцах содержание обменного аммония выполнено по ГОСТ 26489–85, нитратов – по СТБ 17.13.05–28–2014, обменного натрия – по ГОСТ 26950–86, водорастворимых катионов (K^+ , Na^+) – по ГОСТ 31869–2012, анионов (SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^-) – по ГОСТ 31867–2012.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фоновое содержание водорастворимого натрия и хлоридов в почвах республики составляет 10,0 мг/кг каждого вещества, нитратов – 14,7 мг/кг, сульфатов – 30–42 мг/кг почвы, обнаружены следы калия [19–20].

Выполненные нами химико-аналитические исследования показали, что в дерново-подзолистых почвах без нагрузок жидких отходов животноводства и птичьего помета содержание водорастворимых и обменных компонентов находилось в следующих пределах: $Na_{обм}$ – 23,0–45,0 мг/кг, $Na_{вод}$ – 12,5–19,4 мг/кг, калий – 10,7–36,1 мг/кг, аммоний – 5,3–13,2 мг/кг, сульфаты – 3,8–9,3 мг/кг, фосфаты – 4,4–24,6 мг/кг, хлориды – 15,9–23,5 мг/кг, нитраты – 7,5–16,6 мг/кг (табл. 2).

Полученные данные свидетельствуют, что в обследованных нами почвах без нагрузок содержание водорастворимого натрия и калия, а также хлоридов превышало показатели, представленные в источниках [19–20]. В то же время содержание сульфатов в отобранных образцах на почвах без нагрузок жидких отходов животноводства и птичьего помета было существенно ниже по сравнению со средним содержанием их в почвах на сети фонового мониторинга, а по нитратам приближалось к нему.

Регулярные дозовые нагрузки жидкого навоза КРС, навозных стоков свиней и птичьего помета способствовали увеличению концентрации изучаемых катионов и анионов в дерново-подзолистых почвах. Так, в ОАО «АгроВидзы» в суглинистых почвах содержание водорастворимого калия составило 54,1–67,1 мг/кг, фосфатов – 12,9–15,3 мг/кг, что на 145–248 % выше, чем в почве без нагрузок. По сульфатам дополнительный прирост достиг 22–64 %, по хлоридам – 72–113 %, обменному и водорастворимому натрию – 102–117 % и 151–156 % соответственно. Концентрация аммония в удобренных почвах была на уровне 9,4–9,7 мг/кг, что превышало показатель почвы без нагрузок всего на 24–28 %, в то время как количество нитратов увеличилось в 4,2–5,6 раз.

Таблица 2

Влияние жидкого навоза КРС, навозных стоков свиней и птичьего помета на содержание катионов и анионов в дерново-подзолистых почвах, мг/кг почвы

Вид ОУ	Место отбора	Срок внесения, лет	Доза ОУ, т/га в год	K ⁺	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻	Na _{обм}	Na _{вод}	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻
Жидкий навоз КРС	ОАО «АгроВидзы»	–	Без навозок	22,1	7,7	4,4	15,9	23,0	13,6	7,6	9,9
		12	900–1000 (1-е поле)	67,1	12,6	12,9	33,9	50,0	34,8	9,7	55,6
		–	900–1000 (2-е поле)	54,1	9,4	15,3	27,4	46,5	34,1	9,4	41,2
Навозные стоки свиней	СПК «Маяк Браславский»	–	Без навозок	22,9	7,8	12,8	23,5	23,0	17,3	13,2	7,5
		25	500–600 (1-е поле)	80,7	20,9	45,5	58,3	35,5	22,3	22,5	78,8
		–	Без навозок	10,7	3,8	15,0	18,3	23,5	12,5	7,1	8,0
		25	500–600 (2-е поле)	82,3	14,4	161,1	55,4	40,0	37,5	22,3	218,3
		–	Без навозок	29,1	6,7	19,4	21,2	45,0	19,4	7,4	11,1
Птичий помет	ОАО «Оранчицкая птиц-ка»	15	120–150 (1-е поле)	112,7	27,3	102,3	46,9	60,0	32,6	11,5	184,8
		15	120–150 (2-е поле)	39,0	7,2	51,2	22,4	49,0	21,7	9,6	27,4
		20	450–550(3-е поле)	86,5	11,6	60,9	26,0	52,5	23,5	10,8	30,5
		–	Без навозок	26,7	9,3	24,6	20,6	28,5	12,9	5,3	8,9
Птичий помет	ОАО «Смолевичи Бройлер»	45	≈ 17	53,2	34,2	78,5	24,4	37,5	17,3	7,6	98,5
		–	Без навозок	27,9	6,9	8,7	19,5	41,0	13,0	8,4	16,6
		15	≈ 17	46,1	8,9	11,6	23,7	41,0	15,8	10,5	25,5
Птичий помет	филиал «Фалько-Агро»	–	Без навозок	36,1	7,0	13,2	20,4	44,0	13,9	6,1	14,2
		5	≈ 60 (1-е поле)	72,9	31,7	48,2	30,7	47,0	19,0	8,2	185,1
		15	≈ 20 (2-е поле)	55,9	9,5	24,8	23,2	45,5	15,5	7,2	66,3

Установлено более высокое содержание водорастворимых и обменных катионов и анионов в почвах пахотных земель при внесении свиных стоков и птичьего помета до начала марта 2019 г., т. е. за две недели до отбора проб, по сравнению с почвами, где их применяли не позднее осени 2018 г. Так, в СПК «Маяк Браславский» при постоянной нагрузке свиных стоков 500–600 т/га в течение 25 лет при последнем их внесении летом 2018 г. (1-е поле) содержание водорастворимого калия по сравнению с неудобренной почвой увеличилось на 252 %, фосфатов – на 255 %, нитратов – в 10,5 раз; при внесении с осени 2018 г. по март 2019 г. (2-е поле) превышение по данным показателям составило 7,7 раз, 10,7 и 27,3 раза соответственно. На 1-м поле прирост в содержании сульфатов достиг 168 %, хлоридов – 148 %, аммония – 70 %, в то время как на 2-м поле их накопление на 279 %, 203 и 214 % соответственно было выше относительно почвы без нагрузок. Прибавка в количестве водорастворимых и обменных форм натрия при ежегодных дозовых нагрузках стоков свиней в дозе 500–600 т/га в образцах, отобранных по «свежему» их внесению, была на уровне 200 и 70 % против 29 и 54 % соответственно в пробах почв, где это удобрение вносили летом 2018 г.

В ПК им. В. И. Кремко большее накопление водорастворимых форм калия (+287 %), натрия (+68 %), фосфатов (+427 %), сульфатов (+307 %), хлоридов (+121 %), обменных соединений аммония (+55 %) и натрия (+33 %) при увеличении содержания нитратов в 16,7 раз также отмечено в почве с внесением свиных стоков в дозе 350–450 т/га за две недели до отбора проб (1-е поле). На участке, где это удобрение в аналогичной дозе внесено год назад (2-е поле), прирост в количестве исследуемых катионов и анионов (K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , $Na_{обм}$, $Na_{вод}$) составил всего 6–34 % при уровне превышения по нитратам и фосфатам 147–164 %. Выявлено, что при одинаковом сроке применения стоков свиней (в период с 01.08.2017 г. по 15.04.2018 г.) суглинистая почва на фоне ежегодной нагрузки 450–550 т/га на протяжении 20 лет (3-е поле) характеризовалась несколько более высокими показателями по сравнению с почвой, где их вносили один раз в три года в дозе 350–450 т/га (2-е поле).

В хозяйствах, расположенных в зоне влияния птицефабрик, при внесении на почвы пахотных земель птичьего помета из расчета 50–60 т/га не позднее осени 2018 г., т. е. не менее чем за 3–4 месяца до отбора проб, установлено повышение концентрации калия относительно почв без нагрузок на 55–99 %, сульфатов – на 29–268 %, фосфатов – на 33–219 %, хлоридов – на 14–22 %, аммония – на 18–43 %. При этом содержание обменного натрия было либо на уровне неудобренных почв (ОАО «Смолевичи Бройлер», филиал «Фалько-Агро» ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский»), либо прирост составил 32 % (ОАО «Оранчицкая птицефабрика»); прибавка по его водорастворимым формам достигла 12–34 %. В наибольшей степени применение птичьего помета сказалось на нитратах, количество которых в удобряемых почвах в 4,7–11,1 раза выше, чем в почвах, где его не вносили. Определено, что в филиале «Фалько-Агро» ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» при отборе почвы через две недели после внесения птичьего помета весной 2019 г. в дозе 60 т/га (1-е поле) по сравнению с почвой, где это удобрение в аналогичной дозе было внесено летом 2018 г. (2-е поле), прирост по содержанию изучаемых катионов и анионов составил 14–234 %.

В результате выполнения работы не установлено превышения ПДК сульфатов (160 мг/кг почвы [21]) в дерново-подзолистых почвах в зоне влияния животновод-

ческих комплексов и птицефабрик, полученные показатели были значительно ниже допустимого норматива, варьируя в пределах 8,9–34,2 мг/кг (рис. 1).

Не выявлено также повышенных концентраций нитратов в исследуемых почвах при отборе почвенных образцов через 3–4 месяца после внесения жидких отходов животноводства и птичьего помета: их количество достигало не более 0,3–0,8 ПДК (130 мг/кг) [21]. В обследуемых хозяйствах содержание нитратов выше допустимого уровня (1,4–1,7 ПДК) обнаружено только через две недели после последнего внесения стоков свиней и птичьего помета (филиал «Фалько-Агро»).

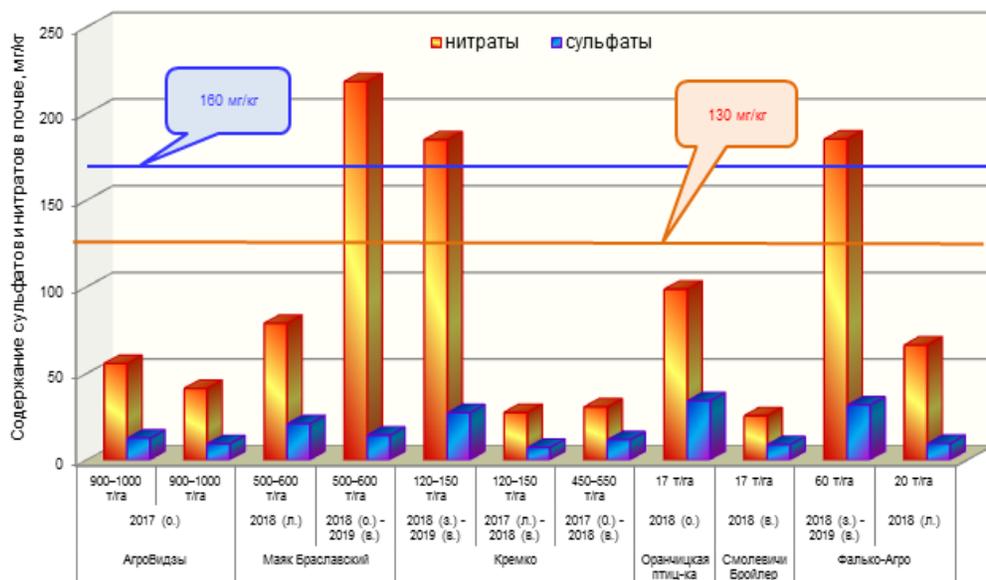


Рис. 1. Содержание нитратов и сульфатов в дерново-подзолистых почвах в зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик, мг/кг почвы

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. «Положение о порядке исчисления размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, и составления акта об установлении факта причинения вреда окружающей среде» 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).

Если условно за фоновый уровень принять содержание хлоридов, $Na_{обм}$ и $Na_{вод}$ в дерново-подзолистых почвах без нагрузок, то, согласно полученным данным, длительное применение 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 приводит к загрязнению ими почв вблизи птицефабрик (кратность превышения не более 1,5) (рис. 2, табл. 3).

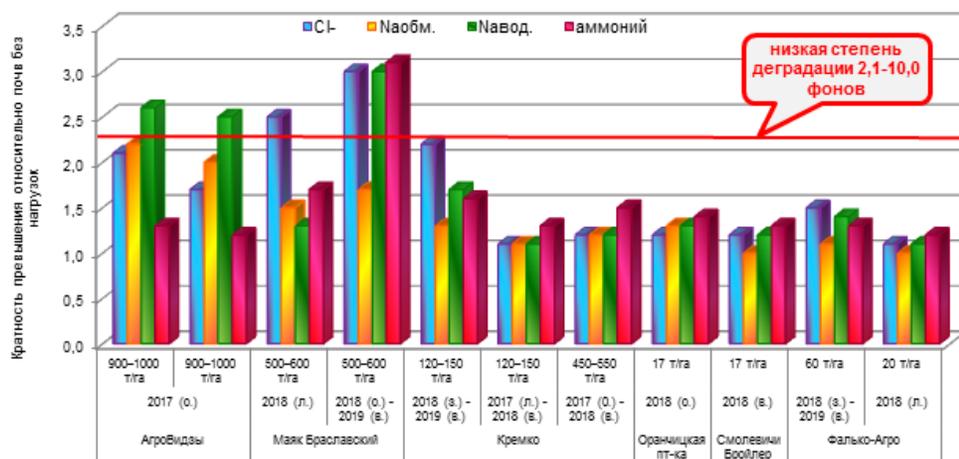


Рис. 2. Кратность превышения содержания хлоридов, аммония, обменного и водорастворимого натрия в дерново-подзолистых почвах в зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик

Таблица 3

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

Вид ОУ	Место отбора	Срок внесения, лет	Доза ОУ, т/га в год	K ⁺	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻	Na _{обм.}	Na _{вод.}	NH ₄ ⁺
Жидкий навоз КРС	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
	Филиал «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.

В ОАО «АгроВидзы» на фоне внесения жидкого навоза КРС осенью 2018 г. в дозе до 300 т/га (2-е поле) на суглинистые почвы, длительное время удобрявшиеся очень высокими дозами навоза, установлена низкая степень их деградации из-за превышения содержания водорастворимого натрия в 2,5–2,6 раза, а также на 1-м поле хлоридов и обменного натрия.

В зоне влияния свинокомплексов отмечена низкая степень деградации почв в результате повышения содержания хлоридов. По водорастворимому натрию превышение фонового значения в 3 раза установлено только в СПК «Маяк Браславский» через две недели после внесения навозных стоков свиней в дозе 500–600 т/га.

Что касается влияния постоянных дозовых нагрузок жидких отходов животноводства и птичьего 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.

Результаты исследований показали, что разница между содержанием обменного аммония в почвах без нагрузок и его концентрацией в почвах, подвергающихся регулярному воздействию жидкого навоза КРС, стоков свиней и помета независимо от доз и сроков внесения составляла не более 2 раз, т. е. загрязнение почв аммонием отсутствовало (превышение содержания аммония в 2 и более раза относительно фона отмечено только в СПК «Маяк Браславский» (2-е поле) через две недели после внесения навозных стоков свиней в дозе 500–600 т/га).

В отношении водорастворимого калия ситуация складывалась несколько иначе. При регулярном применении 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 в обследованных хозяйствах не наблюдалось загрязнения почв водорастворимым калием вблизи птицефабрик (кратность превышения варьировала в пределах 1,5–2,0). В то же время, низкая степень загрязнения была характерна для всех почв, прилегающих к животноводческим комплексам, кроме 2-го поля в ПК им. В. И. Кремко.

В отличие от других катионов и анионов практически во всех обследуемых хозяйствах выявлена низкая степень загрязнения почв водорастворимыми фосфатами (кратность превышения 2,6–5,3 раза), а в СПК «Маяк Браславский», где почвенные образцы отбирали через две недели после внесения стоков свиней отмечена средняя степень загрязнения почвы (превышение в 10,7 раз).

ВЫВОДЫ

1. В результате отбора почвенных образцов, через 3–4 месяца после длительного внесения помета, жидкого навоза КРС и стоков свиней установлено увеличение содержания водорастворимого K^+ в почвах на 34–252 %, SO_4^{2-} – на 7–268 %, Cl^- – на 6–148 %, PO_4^{3-} – на 33–255 %, $Na_{вод}^+$ – на 12–156 %, NH_4^+ – на 18–70 %;

$Na_{обм}$ – на 3–117 % при повышении концентрации нитратов в 1,5–11,1 раза. Более высокие показатели (+7–669 %) при повышении нитратов и фосфатов в 3,7–27,3 раза получены при отборе проб почвы через две недели после внесения стоков свиней и помета.

2. 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 при отборе проб почвы через две недели после внесения помета и стоков свиней.

3. 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 $Na_{вод}$; наблюдается только низкая степень загрязнения фосфатами.

4. Низкая степень загрязнения водорастворимым калием и фосфатами выявлена для всех почв при нагрузке стоков свиней в дозах от 350–450 до 500–600 т/га, а также на полях, длительное время удобрявшихся очень высокими дозами жидкого навоза КРС (900–1000 т/га). По хлоридам низкая степень загрязнения почв установлена при дозе внесения 500–600 т/га; при дозе стоков свиней 350–450 т/га превышение фонового содержания хлоридов в более чем 2 раза отмечено только при отборе почвенных образцов через две недели после внесения. При внесении жидкого навоза КРС до 300 т/га на почвы, ранее длительное время удобрявшиеся очень высокими дозами навоза, установлена низкая степень их загрязнения хлоридами, водорастворимым и обменным натрием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сорокина, Н. А.* Оценка влияния функционирования предприятия промышленного птицеводства на компоненты окружающей природной среды: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.16; Нижегородская гос. с.-х. академия. – Н. Новгород, 2003. – 23 с.
2. *Новожилов, И. А.* Влияние больших норм куриного помета на свойства и состав дерново-подзолистых грунтово-оглеенных почв: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03; Нижегородская гос. с.-х. академия. – М., 2004. – 19 с.
3. *Дабахова, Е. В.* Научное обоснование использования органических удобрений промышленного птицеводства в агроэкосистеме: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04; 03.00.16; Нижегородская гос. с.-х. академия. – М., 2005. – 44 с.
4. *Walle, F. B.* Agriculture and the Environment: Minerals, Manure and Measures / F. B. Walle, J. Sevenster // Soil & Environment. – Berlin: Springer Science & Business Media, 2012. – 211 p.
5. *Тиво, П. Ф.* Некоторые проблемы использования навозных стоков свинокомплексов / П. Ф. Тиво, Л. А. Саскевич // Мелиорация переувлажненных земель: сб. науч. тр. / БелННМиЛ; отв. ред. А. П. Лихацевич. – 1999. – Т. XLVI. – С. 308–319.
6. *Дабахова, Е. В.* Оценка воздействия длительной утилизации отходов промышленного свиноводства в агроэкосистеме на примере свинокомплекса ОАО «Ильиногорское» / Е. В. Дабахова, В. И. Титова // Агроэкологические проблемы использования органических удобрений на основе отходов промышленного животноводства: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. / РАСХН, ВНИИПТИ-

ОУ; ред. кол.: А. И. Еськов, С. М. Лукин, С. И. Тарасов. – Владимир, 2006. – С. 125–134.

7. *Кольга, Д. Ф.* Использование стоков животноводческих комплексов и влияние их на почву и урожайность / Д. Ф. Кольга, В. А. Тикавый // *Агропанорама*. – 2002. – № 5. – С. 31–33.

8. *Демидов, А. Л.* Воздействие навозосодержащих отходов животноводческих объектов Республики Беларусь на почвенный покров / А. Л. Демидов, В. В. Мажинская, И. В. Жигунова // *Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. по материалам III Междунар. науч. экологич. конф.* / КубГАУ; под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар, 2013. – С. 20–25.

9. *Саскевич, Л. А.* Химический состав животноводческих стоков и их ирригационная оценка / Л. А. Саскевич // *Мелиорация переувлажненных земель: сб. науч. тр.* / БелННМиЛ; отв. ред. А. П. Лихацевич. – 2001. – Т. XLVIII. – С. 257–269.

10. *Тютюнов С. И.* Использование свиных стоков в качестве органических удобрений / С. И. Тютюнов, В. Д. Соловиченко, Е. В. Навольнева // *Междунар. науч.-исследоват. журнал*. – 2015. – № 10 (41). – Ч. 3. – С. 76–79.

11. *Тиво, П. Ф.* Эффективное использование бесподстилочного навоза / П. Ф. Тиво, С. Г. Дробот. – Минск: Ураджай, 1988. – 166 с.

12. *Степанова, Л. П.* Экологическая оценка влияния использования навозных стоков КРС на состояние окружающей среды / Л. П. Степанова, Е. Н. Цыганок, Е. А. Коренькова // *Вестник РУДН*. – 2012. – № 2. – С. 79–85.

13. *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; ФГБОУ ВПО «Российский гос. аграрный ун-т – МСХА им. К. А. Тимирязева». – М., 2013. – 46 с.

14. *Михеев, В. А.* Ресурсосберегающая технология создания устойчивых агроценозов многолетних трав при использовании животноводческих стоков: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.12; ФГУП «НИИ по сельскохозяйственному использованию сточных вод «Прогресс». – М., 2003. – 52 с.

15. *Агроэкологические основы и технологии использования бесподстилочного навоза / Г. Е. Мерзлая [и др.].* – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2006. – 463 с.

16. *Караксин, В. Б.* Влияние предприятия промышленного свиноводства на компоненты окружающей среды и оптимизация функционирования региональной экосистемы: дис. ... д-ра с.-х. наук: 03.00.16 / В. Б. Караксин. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/vliyanie-predpriyatiya-promyshlennogo-svinovodstva-na-komponenty-okruzhayu-shchei-sredy-i-opt>. – Дата доступа: 01.09.2019.

17. *Шевченко, А. В.* Техногенное осолонцевание почв Московской области / А. В. Шевченко, Н. В. Апухтина, В. И. Савич // *Известия ТСХА*. – 2008. – Вып. 1. – С. 50–57.

18. *Еськова, Л. И.* Методы анализа органических удобрений / Л. И. Еськова, С. И. Тарасов. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2003. – 552 с.

19. *Логинов, В. Ф.* Природная среда Беларуси / В. Ф. Логинов. – Минск: НООО «БИП-С», 2002. – С. 246.

20. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень 2015. – Минск, 2016 – С. 202.

21. 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.

THE CONTENT OF CATIONS AND ANIONS IN SOD-PODZOLIC SOILS ADJACENT TO LIVESTOCK COMPLEXES AND POULTRY FARMS

**E. N. Bahatyrova, T. M. Seraya, Y. A. Belyavskaya, T. M. Kirdun,
M. M. Torchilo, O. M. Biryukova**

Summary

Regular dose loads of poultry manure, liquid manure of cattle and pig effluents when applied no later than 3-4 months before sampling, increased the content of K^+ in soils by 34–252 %, SO_4^{2-} – by 7–268 %, Cl^- – by 6–148 %, PO_4^{3-} – by 33–255 %, water-soluble sodium – by 12–156 %, NH_4^+ – by 18–70 %; exchangeable sodium – by 3–117 %, NO_3^- – by 1,5–11,1 times. Higher indicators (+7–669 %) with an increase in nitrates and phosphates by 3,7–27,3 times were obtained where pig effluents and poultry manure were introduced two weeks before sampling. No excess of maximum permissible concentration (MPC) of sulfates was found in soils near livestock complexes and poultry farms, the content of nitrates above the permissible level (1,4–1,7 MPC) was found where pig effluents and poultry manure were introduced two weeks before sampling. Low degree of soil degradation by chlorides and water-soluble sodium it was detected at the load of pig effluents from 350–450 to 500–600 t/ha, as well as in fields that were fertilized for a long time with very high doses of liquid cattle manure (900–1000 t/ha).

Поступила 30.11.20

УДК 631.862.1:631.445.2

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯРНЫХ НАГРУЗОК ЖИДКОГО НАВОЗА КРС И СВИНЫХ НАВОЗНЫХ СТОКОВ НА МИГРАЦИЮ ПОДВИЖНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПО ПРОФИЛЮ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

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

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

ВВЕДЕНИЕ

По данным Национального статистического комитета, в сельскохозяйственных организациях республики на 01.01.2020 г. общая численность поголовья КРС на выращивание и откорм составляла 4242 тыс., свиней – 2480 тыс. [1].