

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].

Содержание такого поголовья скота и птиц осуществляется на 74 комплексах по откорму КРС и 116 свинокомплексах, что приводит к ежегодному выходу жидкого навоза и навозных стоков свыше 12 млн т, без учета технологической воды [1]. Высокая концентрация крупного рогатого скота и свиней на ограниченных территориях и, как следствие, образование больших объемов побочных продуктов животноводства привело к возникновению определенных трудностей для многих сельскохозяйственных организаций. Из-за недостаточной материально-технической базы, повышенных денежных затрат на транспортировку и внесение жидкого навоза и навозных стоков, а также отсутствия необходимых площадей эти удобрения в большинстве хозяйств в высоких дозах постоянно вносят в радиусе 5–6 км от животноводческих комплексов на одни и те же поля.

Интенсивное применение жидких отходов животноводства является существенным фактором, влияющим на гумусовые вещества, которые относятся к числу наиболее значимых показателей почвенного плодородия, обеспечивая особенности функционирования свойств и режимов почв. Постоянное их внесение может привести к нежелательным изменениям свойств почв, к которым можно отнести увеличение подвижности гумусовой системы и, соответственно, повышение миграционной способности гумусовых веществ, что приводит к их непроизводительным потерям. К настоящему времени накоплен определенный научный материал о влиянии длительных нагрузок жидких отходов животноводства на содержание гумуса в пахотном слое почв [2–4]. К сожалению, литературные данные по их влиянию на профильное распределение гумусовых веществ в почвах единичны, в Республике Беларусь такие исследования в последние годы вообще не проводили.

Цель исследований – установить влияние интенсивных дозовых нагрузок жидкого навоза КРС и свиных навозных стоков на миграцию подвижных гумусовых веществ и их компонентов по профилю дерново-подзолистых почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для установления миграции подвижных гумусовых веществ по профилю дерново-подзолистых почв, под влиянием интенсивных нагрузок жидких отходов животноводства на протяжении 26 лет, были заложены разрезы на почвах пахотных земель в ОАО «Вишневецкий-Агро» Столбцовского района и ОАО «АгроВидзы» Браславского района (табл. 1).

В ОАО «Вишневецкий-Агро» разрез заложен на супесчаной почве при ежегодном внесении навозных стоков свиней в дозе 500–600 т/га; в хозяйстве в последние годы использовали севообороты с преобладанием пропашных культур (сахарная свекла, кукуруза). В ОАО «АгроВидзы» отбор почвенных образцов произведен по генетическим горизонтам песчаной и суглинистой почв, на которых дозовые нагрузки жидкого навоза КРС составляли 100–200 и 900–1000 т/га соответственно. На песчаной почве применяли севообороты с большим удельным весом зерновых культур, на суглинистой в течение длительного времени возделывали кукурузу в монокультуре.

Почвенные образцы отбирали по генетическим горизонтам в 5 точках по стенке разреза. На всех почвах пахотных земель для отбора почвенных образцов без

нагрузки жидких отходов животноводства и при их внесении выбирали участки, расположенные по возможности недалеко друг от друга, в сходных условиях рельефа и в пределах той же почвенной разновидности.

В отобранных почвенных пробах содержание гумуса определяли по ГОСТ 26213–91, для перевода содержания гумуса в общий углерод ($C_{общ}$) использовали условный коэффициент 1,724. При определении содержания активных компонентов гумуса для экстрагирования подвижных гумусовых веществ ($C_{под}$) использовали 0,1 М NaOH-вытяжку (непосредственная вытяжка по схеме И. В. Тюрина) с последующим определением подвижных гуминовых ($C_{ГКпод}$) и фульвокислот ($C_{ФКпод}$) [5].

Таблица 1

Описание разрезов		
Почва	Горизонт	Описание профиля
Разрез 1, почва: дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на связанных водно-ледниковых песках, сменяемых с глубины около 0,4 м рыхлыми гравийно-хрящеватыми песками (без нагрузки – контроль к разрезу 2)	$A_{пах}$ 0–18	– пахотный горизонт, песок связный, светло-серого цвета, непрочной мелкокомковато-зернистой структуры, слабо уплотненный, свежий, корни растений, переход заметный;
	A_1 18–37	– гумусово-аккумулятивный горизонт, песок связный, буровато-серого цвета, непрочной мелкокомковато-зернистой структуры, уплотненный, свежий, корни растений, переход заметный;
	A_2B_1 37–63	– элювиально-иллювиальный горизонт, песок рыхлый, грязно-желтого цвета, бесструктурный, свежий, редко корни растений, переход постепенный;
	B_1 63–80	– иллювиальный горизонт, песок рыхлый, желтовато-бурого цвета, бесструктурный, свежий, переход постепенный;
	B_2 80–107	– иллювиальный горизонт, песок рыхлый гравийно-хрящеватый, бурого цвета, бесструктурный, включения валунов.
Разрез 2, почва: дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на связанных моренных песках, сменяемых с глубины около 0,4 м рыхлыми гравийно-хрящеватыми песками (жидкий навоз КРС – 100–200 т/га в год)	$A_{пах}$ 0–23	– пахотный горизонт, песок связный гравийно-хрящеватый, серовато-бурого цвета, непрочной мелкокомковато-зернистой структуры, сухой, корни растений, переход постепенный;
	A_1 23–38	– гумусово-аккумулятивный горизонт, песок связный, грязно-бурого цвета, непрочной мелкокомковато-зернистой структуры, свежий, корни растений, переход заметный;
	A_2B_1 38–58	– элювиально-иллювиальный горизонт, песок рыхлый, желтовато-бурого цвета, бесструктурный, свежий, редко корни растений, переход постепенный;
	B_2 58–98	– иллювиальный горизонт, песок рыхлый гравийно-хрящеватый, бурого цвета бесструктурный, включения валунов.

Разрез 3, почва: дерново-подзолистая слабо- глееватая сугли-нистая, раз- вивающаяся на легком пыле- вато-песчанистом суглинке, сменяемом с глубины 0,6 м песком (без нагрузки – конт- роль к разрезу 4)	$\frac{A_{\text{пах}}}{0-21}$	– пахотный горизонт, суглинок легкий, мелкокомковатой структуры, свежий, густо пронизан корнями растений, переход постепенный;
	$\frac{A_1}{21-38}$	– гумусово-аккумулятивный горизонт, суглинок легкий, мелкокомковатой структуры, свежий, корни растений, переход ясный;
	$\frac{A_{2g}}{38-60}$	– элювиальный горизонт, супесь связная, бесструктурный, свежий, редко корни растений, переход неровный с затеками;
	$\frac{A_2B_{1g}}{60-84}$	– элювиально-иллювиальный горизонт, песок рыхлый, бесструктурный, влажный, железистые новообразования, переход постепенный;
	$\frac{B_{2g}}{84-102}$	– иллювиальный горизонт, песок рыхлый, бесструктурный, влажный, железистые новообразования и сизые пятна оглеения.

Разрез 4, почва: дерново-подзолистая слабо- глееватая сугли-нистая, раз- вивающаяся на легком пыле- вато-песчанистом суглинке, сменяемом с глубины 0,6 м песком (жидкий навоз КРС – 900–1000 т/га в год)	$\frac{A_{\text{пах}}}{0-24}$	– пахотный горизонт, суглинок легкий, мелкокомковатой структуры, свежий, густо пронизан корнями растений, переход постепенный;
	$\frac{A_1}{24-43}$	– гумусово-аккумулятивный горизонт, суглинок легкий, мелкокомковатой структуры, свежий, корни растений, переход неровный;
	$\frac{A_{2g}}{43-63}$	– элювиальный горизонт, супесь связная, бесструктурный, свежий, редко корни растений, переход неровный с затеками;
	$\frac{A_2B_{1g}}{63-79}$	– элювиально-иллювиальный горизонт, песок рыхлый, бесструктурный, влажный, железистые новообразования, переход постепенный;
	$\frac{B_{2g}}{79-105}$	– иллювиальный горизонт, песок рыхлый, бесструктурный, влажный, железистые новообразования и сизые пятна оглеения.

Разрез 5, почва: дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на связной песчанисто-пылеватой супеси, сменяемой с глубины 0,8 м песком (без нагрузки – контроль к разрезу 6)



$\frac{A_{\text{пах}}}{0-18}$	– пахотный горизонт, супесь связная, песчанисто-пылеватая, мелкокомковатой структуры, свежий, пронизан корнями растений, переход постепенный;
$\frac{A_1}{18-35}$	– гумусово-аккумулятивный горизонт, супесь связная, песчанисто-пылеватая, мелкокомковатой структуры, свежий, корни растений, переход ясный;
$\frac{A_2}{35-55}$	– элювиальный горизонт, супесь рыхлая, желтовато-серого цвета, бесструктурный, свежий, переход заметный;
$\frac{B_1}{55-81}$	– иллювиальный горизонт, супесь рыхлая, буроватого цвета, бесструктурный, влажный, переход постепенный;
$\frac{B_2C}{81-100}$	– переходный к почвообразующей породе горизонт, песок связный, бесструктурный, влажный.

Разрез 6, почва: дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на связной песчанисто-пылеватой супеси, подстилаемой легким моренным суглинком с прослойкой песка на контакте (свиные навозные стоки – 500–600 т/га в год)



$\frac{A_{\text{пах}}}{0-21}$	– пахотный горизонт, супесь связная, песчанисто-пылеватая, мелкокомковатой структуры, свежий, пронизан корнями растений, переход постепенный;
$\frac{A_1}{21-39}$	– гумусово-аккумулятивный горизонт, супесь связная, песчанисто-пылеватая, мелкокомковатой структуры, корни растений, свежий, переход резкий;
$\frac{A_2}{39-60}$	– элювиальный горизонт, супесь рыхлая, желтовато-серого цвета, бесструктурный, свежий, переход постепенный;
$\frac{B_1}{60-85}$	– иллювиальный горизонт, песок связный, бесструктурный, влажный, переход ясный с затеками;
$\frac{B_2}{85-110}$	– иллювиальный горизонт, легкий размытый моренный суглинок, влажный.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что в дерново-подзолистой песчаной почве без нагрузки наиболее высокая аккумуляция подвижных компонентов гумуса характерна для горизонта $A_{\text{пах}}$: $C_{\text{под}} - 4386$ мг/кг, $C_{\text{ГКпод}} - 1129$ и $C_{\text{ФКпод}} - 3257$ мг/кг почвы (рис. 1).

Вниз по профилю наблюдалось уменьшение абсолютного содержания как в целом $C_{\text{под}}$, так и отдельных составляющих их частей. В горизонте A_1 выход $C_{\text{под}}$ составил 3753 мг/кг, $C_{\text{ГКпод}} - 934$ мг/кг, $C_{\text{ФКпод}} - 2819$ мг/кг, что на 13–17 % меньше по сравнению с $A_{\text{пах}}$. Начиная с горизонта A_2B_1 , содержание подвижных гумусовых веществ резко уменьшалось при минимальных показателях в горизонте B_2 : $C_{\text{под}} - 163$ мг/кг, $C_{\text{ГКпод}} - 35$ мг/кг, $C_{\text{ФКпод}} - 128$ мг/кг, что в 25–32 раза меньше относительно горизонта $A_{\text{пах}}$. При этом анализ состава $C_{\text{под}}$ показал резкое преобладание $C_{\text{ФКпод}}$ над $C_{\text{ГКпод}}$ по всему профилю песчаной почвы, удельный вес которых в общей сумме подвижных гумусовых веществ при переходе от $A_{\text{пах}}$ к B_2 постепенно возрастал, варьируя в пределах от 74 до 79 % (табл. 2).

Общей особенностью генетических горизонтов изучаемой песчаной почвы являлась высокая подвижность гумуса и, несмотря на значительные колебания абсолютных показателей, достаточная однородность данных в относительных величинах подвижных гумусовых веществ: их количество изменялось от 36,8 до 40,1 % от $C_{\text{общ}}$, последовательно несколько увеличиваясь вглубь по профилю. В составе $C_{\text{под}}$ в пределах всего профиля в относительном выражении, как и в абсолютном, доминировали фульвокислоты (27,6–31,5 % от $C_{\text{общ}}$). Относительное содержание $C_{\text{ГКпод}}$ невелико (8,5–9,6 % от $C_{\text{общ}}$) и, в отличие от $C_{\text{ФКпод}}$, их количество вглубь по профилю песчаной почвы слегка убывающее.

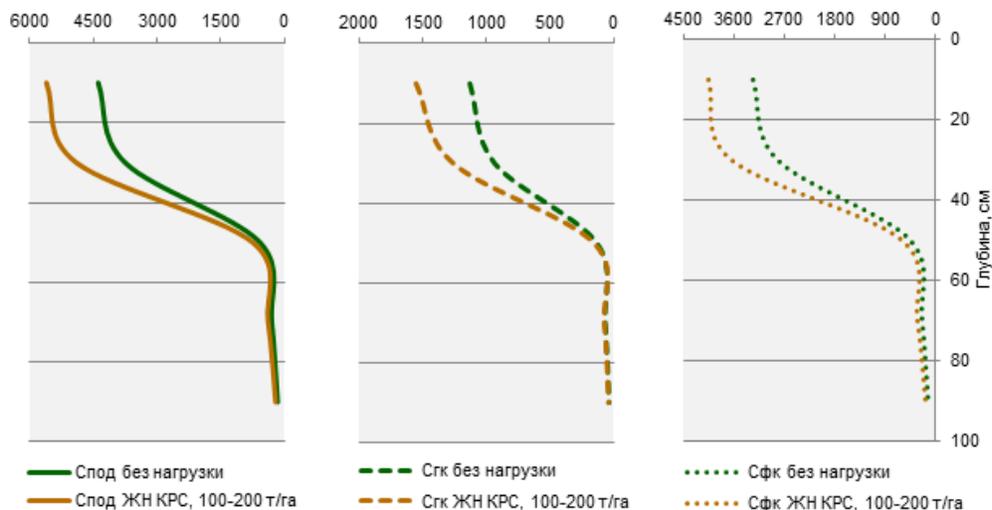


Рис. 1. Распределение подвижных гумусовых веществ по профилю песчаной почвы при нагрузке жидкого навоза КРС – 100–200 т/га (ОАО «АгроВидзы»), мг/кг почвы

Таблица 2

Влияние 26-летнего применения жидкого навоза КРС и свиных навозных стоков на содержание подвижных гумусовых веществ в профиле дерново-подзолистых почв

Дерново-подзолистая почва	Горизонт	C _{общ} , %	C _{под}		C _{ГКпод}		C _{ФКпод}		C _{ГКпод} /C _{ФКпод}	Доля	
			процент от C _{общ}	прирост в год, мг/кг	процент от C _{общ}	прирост в год, мг/кг	процент от C _{общ}	прирост в год, мг/кг		C _{ГКпод}	C _{ФКпод}
ОАО «АгроВидзы»											
Разрез 1: песчаная (без нагрузки – контроль к разрезу 2)	A _{пах}	1,17	37,4	–	9,6	–	27,8	–	0,35	26	74
	A ₁	1,02	36,8	–	9,1	–	27,6	–	0,33	25	75
	A ₂ B ₁	0,15	38,4	–	8,7	–	29,8	–	0,29	23	77
	B ₁	0,08	39,9	–	8,6	–	31,3	–	0,27	22	78
	B ₂	0,04	40,1	–	8,5	–	31,5	–	0,27	21	79
Разрез 2: песчаная (жидкий навоз КРС 100–200 т/га в год)	A _{пах}	1,35	41,5	46,9	11,5	16,3	30,0	30,6	0,38	28	72
	A ₁	1,22	40,2	44,2	10,3	12,5	29,9	31,7	0,35	26	74
	A ₂ B ₁	0,16	47,9	6,5	9,7	0,8	38,2	5,7	0,26	20	80
	B ₂	0,08	51,6	3,4	9,6	0,3	42,0	3,1	0,23	19	81
		0,04	52,3	1,9	9,3	0,1	43,0	1,8	0,22	18	82
Разрез 3: суглинистая (без нагрузки – контроль к разрезу 4)	A _{пах}	1,80	21,8	–	9,9	–	11,9	–	0,83	45	55
	A ₁	0,89	22,1	–	9,8	–	12,3	–	0,80	44	56
	A ₂ g	0,24	23,4	–	7,0	–	16,5	–	0,42	30	70
	A ₂ B ₁ g	0,12	27,5	–	4,4	–	23,1	–	0,19	16	84
	B ₂ g	0,16	25,7	–	2,7	–	23,0	–	0,12	10	90

Дерново-подзолистая почва	Горизонт	C _{общ.} , %	C _{под}		C _{ГКпод}		C _{ФКпод}		C _{ГКпод} /C _{ФКпод}	Доля	
			процент от C _{общ.}	прирост в год, мг/кг	процент от C _{общ.}	прирост в год, мг/кг	процент от C _{общ.}	прирост в год, мг/кг		C _{ГКпод}	C _{ФКпод}
Разрез 4: суглинистая (жидкий навоз КРС 900–1000 т/га в год)	A _{пах}	2,71	27,3	133,6	13,6	73,8	13,7	59,8	1,00	50	50
	A ₁	1,41	26,4	67,7	13,1	37,4	13,3	30,4	0,98	50	50
	A _{2g}	0,36	33,3	24,1	8,9	5,8	24,4	18,3	0,37	27	73
	A _{2B_{1g}}	0,20	39,5	17,1	4,8	1,6	34,7	15,5	0,14	12	88
	B _{2g}	0,26	38,0	22,2	2,8	1,1	35,3	21,0	0,08	7	93
<i>ОАО «Вишневецкий-Агро»</i>											
Разрез 5: супесчаная (без нагрузки – контроль к разрезу 6)	A _{пах}	1,16	27,6	–	11,4	–	16,2	–	0,71	41	59
	A ₁	0,86	28,0	–	10,9	–	17,1	–	0,64	39	61
	A ₂	0,10	25,4	–	6,0	–	19,3	–	0,31	24	76
	B ₁	0,13	28,4	–	5,7	–	22,7	–	0,25	20	80
	B _{2C}	0,12	32,7	–	4,5	–	28,2	–	0,16	14	86
Разрез 6: супесчаная (стоки – 500–600 т/га в год)	A _{пах}	1,52	33,0	70,1	14,7	35,0	18,3	35,0	0,80	44	56
	A ₁	1,15	33,1	53,6	13,8	25,0	19,3	28,6	0,72	42	58
	A ₂	0,12	38,4	6,9	7,1	0,7	31,3	6,2	0,23	18	82
	B ₁	0,15	42,5	9,8	6,4	0,7	36,1	9,0	0,18	15	85
	B ₂	0,18	30,5	5,8	3,2	0,1	27,3	5,7	0,12	10	90

Это отражалось на отношении $C_{ГКпод}/C_{ФКпод}$, которое в горизонте A_{пах} составило всего 0,35, сужаясь в горизонте B₂ до 0,27. Однако в целом изменение долевого участия этих групп было весьма небольшим, что свидетельствовало о достаточно равномерной миграции как подвижных гуминовых, так и фульвокислот по профилю песчаной почвы. Обусловлено это, скорее всего, ее легким гранулометрическим составом с низким содержанием глинистых минералов, в силу чего она характеризуется весьма низкой поглотительной способностью и, как следствие, отсутствием условий для закрепления гумусовых веществ. Повышенная аэрация пахотного слоя, в результате механической обработки пахотных земель, и промывной водный режим также не способствуют развитию процессов полимеризации гуминовых кислот [6–8]. В результате при довольно высоком содержании подвижной фракции, в которой преобладают фульвокислоты, а гуминовые кислоты, по-видимому, имеют упрощенную структуру с низким молекулярным весом, слабоконденсированы и близки по строению к фульвокислотам, происходит вертикальная миграция гумусовых веществ, в свободном состоянии или связанными с полторными оксидами, по почвенному профилю с нисходящими токами промывных вод.

В дерново-подзолистых супесчаной и суглинистой почвах без нагрузок внутри-профильное распределение подвижных гумусовых веществ и их компонентов в абсолютных показателях аналогично таковому для песчаных почв – уменьшение содержания с глубиной; отличия наблюдались только в их количественном выражении. Абсолютный максимум получен для горизонта A_{пах} исследуемых почв:

$C_{\text{под}}$ – 3199–3925 мг/кг, $C_{\text{ГКпод}}$ – 1324–1779 мг/кг, $C_{\text{ФКпод}}$ – 1875–2146 мг/кг почвы (рис. 2, 3). При переходе к горизонту A_1 в супесчаной почве прослеживалось снижение содержания как общей суммы $C_{\text{под}}$, так и отдельных фракций на 22–29 %, в суглинистой – на 49–51 % по сравнению с $A_{\text{пах}}$. Еще более выраженная дифференциация по абсолютным величинам для этих соединений отмечена в более глубоких слоях метровой толщи обеих почв (глубже 40 см), в которых выход $C_{\text{под}}$ составил 9–17 %, $C_{\text{ГКпод}}$ – 2–11 %, $C_{\text{ФКпод}}$ – 13–21 % от уровней их содержания в $A_{\text{пах}}$.

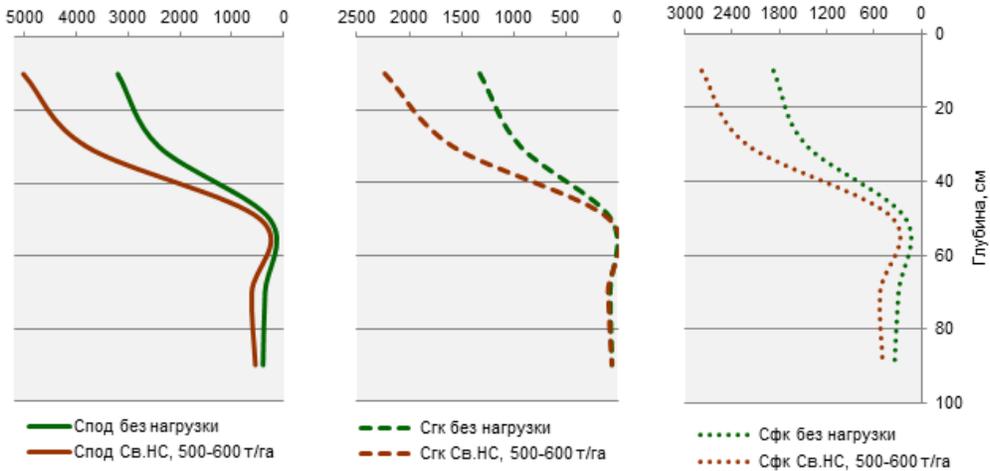


Рис. 2. Распределение подвижных гумусовых веществ по профилю супесчаной почвы при нагрузке свиных навозных стоков – 500–600 т/га (ОАО «Вишневецкий-Агро»), мг/кг почвы

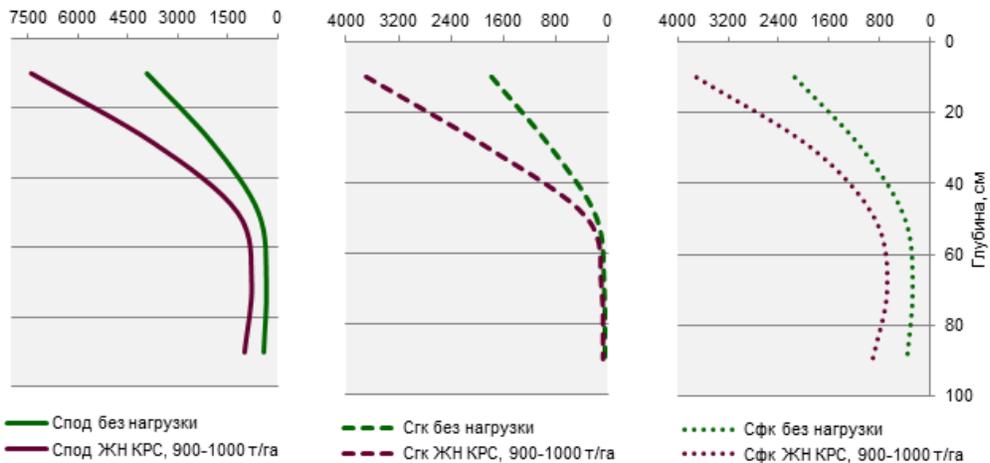


Рис. 3. Распределение подвижных гумусовых веществ по профилю суглинистой почвы при нагрузке жидкого навоза КРС – 900–1000 т/га (ОАО «АгроВидзы»), мг/кг почвы

Сравнительный анализ показал, что в пахотном горизонте супесчаной почвы без нагрузок относительное уменьшение содержания $C_{\text{под}}$ по сравнению с аналогичным показателем в песчаной почве составило 9,8 %, достигая 27,6 % от $C_{\text{общ}}$,

что, по-видимому, обусловлено некоторым утяжелением гранулометрического состава. Снижение относительной обогащенности супесчаной почвы подвижными гумусовыми веществами происходило в основном за счет $C_{\text{ФКпод}}$, количество которых было на уровне 16,2 %; содержание $C_{\text{ГКпод}}$ достигло 11,4 %. Несмотря на то, что в пахотном горизонте супесчаной почвы в составе $C_{\text{под}}$, как и в песчаной, над $C_{\text{ГКпод}}$ доминируют $C_{\text{ФКпод}}$, различия в их содержании привели к увеличению доли подвижных гуминовых кислот до 41 % при расширении отношения $C_{\text{ГКпод}}/C_{\text{ФКпод}}$ до 0,71. В горизонте A_1 относительное содержание подвижных гумусовых веществ и их составляющих частей практически не изменялось в сравнении с $A_{\text{пах}}$. В отличие от песчаной, супесчаная почва по генетическим горизонтам характеризовалась неоднородной относительной обеспеченностью $C_{\text{ГКпод}}$ и $C_{\text{ФКпод}}$. При распределении по профилю более высокое количество подвижных гуминовых кислот отмечено в его верхней части (в горизонтах $A_{\text{пах}}$ и A_1); начиная с горизонта A_2 , их содержание уменьшалось не только абсолютно, но и относительно: A_2 – 6,0 %, B_1 – 5,7 % при минимальном содержании в горизонте B_2C – всего 4,5 % от $C_{\text{общ}}$.

Довольно резкое уменьшение содержания подвижных гуминовых кислот в нижележащих горизонтах почвы обусловлено малой их растворимостью в воде, более сложной структурой организации молекул, и в связи с этим меньшей подвижностью [6, 9–11]. Поэтому при миграции $C_{\text{ГКпод}}$ по профилю вглубь проникают, по-видимому, гуминовые кислоты с меньшим молекулярным весом и более простым строением. В отношении $C_{\text{ФКпод}}$ установлена обратная зависимость: относительная обеспеченность супесчаной почвы мигрирующими по профилю подвижными соединениями этой группы постепенно возрастает с глубиной при максимальном содержании в переходном к почвообразующей породе горизонте B_2C (28,2 %). Хорошая растворимость $C_{\text{ФКпод}}$ в воде и упрощенное строение, по-видимому, позволяет им достаточно свободно перемещаться вглубь по почвенному профилю, тогда как подвижность гуминовых кислот существенно ниже. В результате довольно сильного преобладания $C_{\text{ФКпод}}$ над $C_{\text{ГКпод}}$, начиная с элювиального горизонта, установлено резкое уменьшение удельного веса последних в общей сумме $C_{\text{под}}$ (14–24 % в A_2 , B_1 и B_2C против 39–41 % в $A_{\text{пах}}$ и A_1). Доля подвижных фульвокислот изменялась от 76 % в горизонте A_2 до 86 % в горизонте B_2C . Это привело к значительному сужению $C_{\text{ГКпод}}/C_{\text{ФКпод}}$ (0,16–0,31) при более широком его уровне в горизонтах $A_{\text{пах}}$ и A_1 (0,64–0,71).

В дерново-подзолистой суглинистой почве без нагрузок в относительных величинах профильное распределение $C_{\text{под}}$ и их частей аналогично таковому в супесчаной почве. Отличительной чертой $C_{\text{под}}$ в верхних горизонтах этой почвы ($A_{\text{пах}}$ и A_1) по сравнению с супесчаной и песчаной является их меньшая подвижность (21,8–22,1 % от $C_{\text{общ}}$) и большая доля $C_{\text{ГКпод}}$ в сумме $C_{\text{под}}$. Это обусловлено, по-видимому, более благоприятными условиями для развития процесса гумусообразования и закрепления гумусовых веществ, вследствие более тяжелого гранулометрического состава. При этом, несмотря на то, что в группе $C_{\text{под}}$ доминируют фульвокислоты (11,9–12,3 % $C_{\text{ФКпод}}$ против 9,8–9,9 % $C_{\text{ГКпод}}$), удельный вес $C_{\text{ГКпод}}$ достиг 44–45 %, т. е. практически половины от суммарного содержания подвижных гумусовых веществ, в результате отношение $C_{\text{ГКпод}}/C_{\text{ФКпод}}$ составило 0,80–0,83. Распределение по профилю $C_{\text{ГКпод}}$ до элювиально-иллювиального горизонта A_2B_{1g} – постепенно убывающее, далее вглубь (в горизонтах A_2B_{1g} и B_{2g}) – резко убывающее, $C_{\text{ФКпод}}$ – постепенно возрастающее. В отличие от супесчаной почвы в суглинистой в элюви-

альной части профиля не наблюдалось столь резкого снижения в относительной обеспеченности $C_{ГКпод}$ по сравнению с вышележащими горизонтами, что связано, возможно, с периодами кратковременного избыточного увлажнения этой почвы. Одновременно относительное количество $C_{ФКпод}$ увеличилось до 16,5 % от $C_{общ}$, что привело к изменению долевого участия этих групп соединений в общей сумме подвижных гумусовых веществ: доля $C_{ГКпод}$ составила 30 %, $C_{ФКпод}$ – 70 % при сужении отношения $C_{ГКпод}/C_{ФКпод}$ до уровня 0,42. В более глубоких горизонтах A_2B_{1g} и B_{2g} это соотношение резко сужалось до 0,12–0,19 ед., что является следствием промывного водного режима и связанного с ним внутрипрофильного перераспределения подвижных гумусовых веществ, а также более легкого гранулометрического состава этой части профиля. В результате в горизонтах A_2B_{1g} и B_{2g} практически встречаются только следы $C_{ГКпод}$ (всего 2,7–4,4 % от $C_{общ}$) при абсолютном преобладании $C_{ФКпод}$, доля которых достигла 84–90 % в суммарном содержании $C_{под}$.

Через 26 лет ежегодного воздействия дозовых нагрузок жидкого навоза КРС и свиных стоков на дерново-подзолистые почвы вблизи животноводческих комплексов общим для исследуемых почв являлось возрастание подвижности гумусовых веществ как абсолютно, так и относительно по сравнению с неудобренными аналогами. При этом в распределении их по профилю сохранялись основные тенденции, установленные для почв без нагрузок. Анализ по влиянию жидкого навоза КРС в дозе 100–200 т/га на содержание $C_{под}$ в генетических горизонтах песчаной почвы в ОАО «АгроВидзы» показал, что в абсолютных величинах наиболее значимые изменения характерны для горизонтов $A_{пах}$ и A_1 поскольку именно на них приходится максимум антропогенного воздействия. Дополнительный выход $C_{под}$ по сравнению с почвой без нагрузок составил 1149–1219 мг/кг, $C_{ГКпод}$ – 325–423 и $C_{ФКпод}$ – 797–824 мг/кг при среднегодовом приросте на уровне 44,2–46,9, 12,5–16,3 и 30,6–31,7 мг/кг соответственно. Отмечено более интенсивное накопление $C_{ГКпод}$, количество которых относительно почвы без нагрузок увеличилось на 35–37 %, в то время как для $C_{ФКпод}$ превышение составило в среднем 27 % (рис. 4).

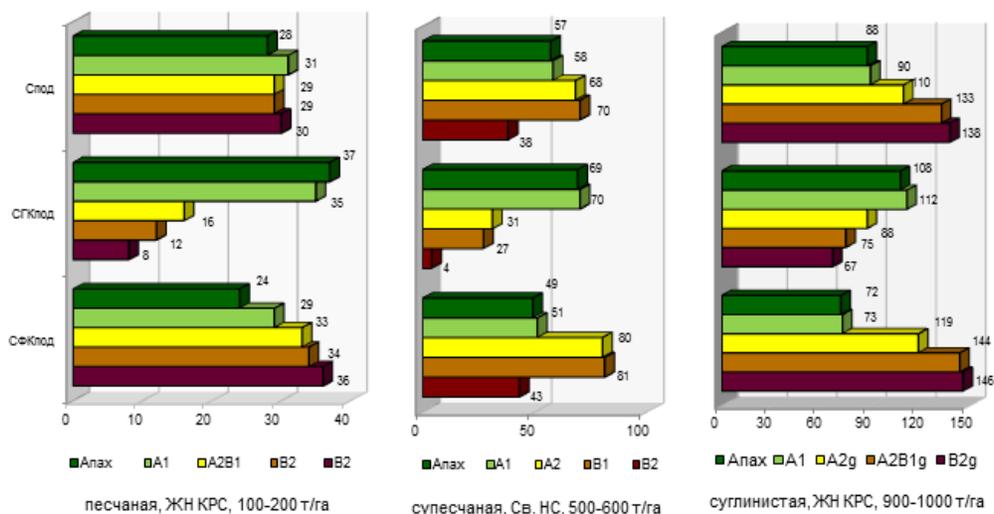


Рис. 4. Увеличение содержания подвижных гумусовых веществ по профилю дерново-подзолистых почв при длительных нагрузках жидких отходов животноводства, %

В результате произошедших изменений наметилось некоторое нарастание удельного веса $C_{ГКпод}$ при уменьшении доли $C_{ФКпод}$ в общей сумме подвижных гумусовых веществ. Однако установленные различия незначительны, поэтому можно говорить лишь о тенденции расширения отношения $C_{ГКпод}/C_{ФКпод} - 0,35-0,38$ (в почве без навозок - $0,33-0,35$). При этом в относительном выражении при длительной утилизации жидкого навоза КРС в дозе 100–200 т/га на песчаную почву содержание $C_{под}$ увеличилось в горизонтах $A_{пах}$ и A_1 всего на 3,4–4,1 %, достигая 40,2–41,5 % от $C_{об}$, как за счет $C_{ГКпод}$, так и $C_{ФКпод}$, относительный прирост которых происходил достаточно пропорционально. Вниз по профилю в горизонтах A_2B_1 и B_2 содержание всех активных компонентов гумуса в песчаной почве также возрастало как абсолютно, так и относительно по сравнению с почвой, где удобрение не вносили. Однако в количественном выражении прирост был меньше, чем в горизонтах $A_{пах}$ и A_1 , последовательно уменьшаясь с глубиной. Содержание $C_{под}$, $C_{ГКпод}$ и $C_{ФКпод}$ в абсолютных показателях в горизонтах A_2B_1 и B_2 было на уровне 212–750 мг/кг, 38–153 и 175–598 мг/кг соответственно. Нагрузка жидкого навоза 100–200 т/га обеспечила прибавку $C_{под}$ 49–170 мг/кг (ежегодно - 1,9–6,5 мг/кг). При этом прирост в содержании подвижных гумусовых веществ в этих горизонтах, в отличие от горизонтов $A_{пах}$ и A_1 , в основном сформирован за счет $C_{ФКпод}$, количество которых по истечении 26 лет увеличилось на 149 мг/кг в горизонте A_2B_1 и на 47–80 мг/кг в горизонте B_2 (+33–36 %) по сравнению с почвой без навозок. Дополнительный выход $C_{ГКпод}$ за весь период навозок жидкого навоза КРС на песчаную почву составил в горизонте A_2B_1 всего 21 мг/кг, $B_2 - 3-8$ мг/кг, что превышало показатели неудобренной почвы на 8–16 %. В среднегодовом выражении в горизонте A_2B_1 прибавка $C_{ФКпод}$ достигла 5,7 мг/кг, $C_{ГКпод} - 0,8$ мг/кг; в горизонте $B_2 - 1,8-3,1$ мг/кг для $C_{ФКпод}$ и лишь 0,1–0,3 мг/кг для $C_{ГКпод}$. В результате в противоположность горизонтам $A_{пах}$ и A_1 отчетливо наблюдалась тенденция роста доли $C_{ФКпод}$ в нижележащих в горизонтах с глубины около 38 см в песчаной почве до 80–82 % против 77–79 % в почве без навозки. Для удельного веса $C_{ГКпод}$ в общей сумме подвижных гумусовых веществ, наоборот, было характерно некоторое снижение по мере продвижения вглубь до 18–20 %. При этом для горизонтов A_2B_1 и B_2 получены довольно однородные данные относительного содержания $C_{ГКпод} - 9,3-9,7$ % от $C_{общ}$, которые практически остались без изменения в сравнении с почвой без навозок. Нагрузка жидкого навоза КРС 100–200 т/га привела к довольно сильной относительной обеспеченности этих горизонтов $C_{ФКпод} - 38,2-43,0$ % от $C_{общ}$, что выше, чем в почве без навозки на 8,4–11,5 %. В целом в относительном выражении для $C_{ГКпод}$ по генетическим горизонтам сохранялась та же закономерность, что и в «чистой» почве (достаточно равномерное распределение по всему профилю почвы) в отличие от $C_{ФКпод}$, для которых характерно увеличение вглубь по профилю. Как следствие отношение $C_{ГКпод}/C_{ФКпод}$ сузилось до 0,22–0,26 против 0,27–0,29 в почве без навозок.

Из результатов, представленных на рис. 2 и 3, видно, что в абсолютном выражении наибольшая аккумуляция $C_{под}$ и их частей в супесчаной и суглинистой почвах при интенсивных нагрузках жидкого навоза КРС и свиных стоков также, как и в песчаной почве, наблюдалась в верхних горизонтах ($A_{пах}$ и A_1). При ежегодном применении стоков свиней в дозе 500–600 т/га в ОАО «Вишневецкий-Агро» прирост $C_{под}$ в горизонте $A_{пах}$ супесчаной почвы через 26 лет составил

1821 мг/кг (+ 70,1 мг/кг в год). Несколько меньшим показателем (1394 мг/кг) характеризовался гумусовый горизонт, ежегодный прирост в котором был на уровне 53,6 мг/кг. Среди изучаемых почв наиболее высокий дополнительный выход $C_{\text{под}}$ ($A_{\text{пах}}$ – 3474 мг/кг, A_1 – 1761 мг/кг) получен в суглинистой почве в ОАО «АгроВидзы» при нагрузке жидкого навоза КРС в дозе 900–1000 т/га, в которой их количество по сравнению с почвой без нагрузок увеличилось практически в 2 раза, обогатываясь ежегодно на 133,6 и 67,7 мг/кг в $A_{\text{пах}}$ и A_1 соответственно.

Анализ качественного состава подвижных гумусовых веществ горизонтов $A_{\text{пах}}$ и A_1 супесчаной и суглинистой почв показал, что постоянное воздействие стоков свиней и жидкого навоза КРС изменяло соотношение в них $C_{\text{ФКпод}}$ и $C_{\text{ГКпод}}$, способствуя в большей степени накоплению последних, как и в песчаной почве. По истечении 26 лет в горизонте $A_{\text{пах}}$ супесчаной почвы при содержании $C_{\text{ГКпод}}$ на уровне 2234 мг/кг, а $C_{\text{ФКпод}}$ – 2786 мг/кг отмечен одинаковый их прирост (910 и 911 мг/кг соответственно, или 35,0 мг/кг в год). Однако в процентном выражении прибавка в количестве $C_{\text{ГКпод}}$ выше на 69 % относительно почвы без нагрузок, а $C_{\text{ФКпод}}$ – на 49 % (рис. 4). Такая же тенденция прослеживалась и в горизонте A_1 : содержание $C_{\text{ГКпод}}$ увеличилось на 650 мг/кг (70 %), $C_{\text{ФКпод}}$ – на 744 мг/кг (51 %) при ежегодном приросте 25,0 и 28,6 мг/кг. Особенно наглядно отмеченная закономерность проявилась в ОАО «АгроВидзы» в суглинистой почве при действии жидкого навоза КРС в дозе 900–1000 т/га: дополнительный выход $C_{\text{ГКпод}}$ в $A_{\text{пах}}$ и A_1 – 1918 и 972 мг/кг (73,8 и 37,4 мг/кг в год), что превышало показатели по $C_{\text{ФКпод}}$ на 23 %, прирост которых был на уровне 1556 и 789 мг/кг. Относительно почвы без нагрузки содержание подвижных гуминовых кислот в этих горизонтах в среднем увеличилось на 89 %, фульвокислот – на 73 %.

Содержание подвижных компонентов гумуса глубже 40 см в супесчаной и суглинистой почвах также возрастало. При длительной нагрузке свиных стоков 500–600 т/га на супесчаную почву в элювиальном и иллювиальных горизонтах наблюдалось увеличение абсолютных значений содержания $C_{\text{под}}$ на 150–254 мг/кг (+38–70 %) при их приросте в год – 5,8–9,8 мг/кг. Отмечены несколько более низкие показатели по уровню накопления $C_{\text{под}}$ и его частей в горизонте B_2 , что, скорее всего, связано с утяжелением гранулометрического состава, если горизонт B_1 представлен связным песком, то B_2 легким моренным суглинком. Наибольшая прибавка $C_{\text{под}}$ (444–626 мг/кг, или 17,1–24,1 мг/кг в год) в горизонтах с глубины около 40 см по изучаемым почвам получена в суглинистой почве при действии жидкого навоза КРС в дозе 900–1000 т/га: превышение по сравнению с «чистой» почвой – 2,1–2,4 раза.

При постоянной утилизации стоков свиней в дозе 500–600 т/га в супесчаной почве абсолютный выход $C_{\text{ФКпод}}$ в горизонтах A_2 и B_1 , достигая 509–524 мг/кг, увеличился в среднем на 80 %. Прибавка в их накоплении за 26-летний период составила 161–234 мг/кг (или ежегодно + 6,2–9,0 мг/кг). В противоположность, несмотря на высокие вносимые дозы свиных стоков, для $C_{\text{ГКпод}}$ сохраняется резкая дифференциация в содержании по профилю: их прирост за истекший период (исключая горизонт B_2) в горизонтах A_2 и B_1 составил всего 19–20 мг/кг (+ 0,7 мг/кг в год), что больше, чем в почве без нагрузок в среднем на 29 %. Максимальные показатели абсолютного прироста по $C_{\text{ГКпод}}$ и $C_{\text{ФКпод}}$ (при доминировании последних), начиная с горизонта A_{2g} , как и в целом для $C_{\text{под}}$, получены в суглинистой почве при нагрузке жидкого навоза КРС – 900–1000 т/га. Через 26 лет содержание

$C_{\text{ФКпод}}$ в горизонтах A_{2g} , A_2B_{1g} и B_{2g} достигло 685–920 мг/кг, т. е. увеличилось в 2,2–2,5 раза по сравнению с почвой без нагрузки. Общий прирост в их количестве составил 404–546 мг/кг при ежегодной прибавке – 15,5–21,3 мг/кг. В абсолютных величинах дополнительный выход $C_{\text{ГКпод}}$ варьировал от 150 мг/кг в горизонте A_{2g} до 29 мг/кг в B_{2g} , прирост в год – 1,1–5,8 мг/кг. Под влиянием высоких доз жидких отходов животноводства удельный вес $C_{\text{ГКпод}}$ в горизонтах $A_{\text{пах}}$ и A_1 супесчаной и суглинистой почв увеличился до 42–50 %, глубже по профилю возрастала доля $C_{\text{ФКпод}}$ – до 73–93 %.

Для относительных показателей подвижных гумусовых веществ и их компонентов в горизонтах супесчаной и суглинистой почв, испытывающих нагрузки жидких отходов животноводства, сохраняются такие же тенденции, как и для их абсолютных величин: увеличение по сравнению с почвами без нагрузок, более интенсивные темпы прироста $C_{\text{ГКпод}}$ в верхних горизонтах при доминировании в нарастании $C_{\text{ФКпод}}$ с увеличением глубины. При этом их обеспеченность $C_{\text{под}}$ в горизонтах $A_{\text{пах}}$ и A_1 в относительном выражении достигла в среднем 26,9–33,1 % от $C_{\text{общ}}$. Относительно обогащенность супесчаной почвы $C_{\text{ГКпод}}$ в этих горизонтах увеличилась в 1,3 раза (до 13,8–14,7 % от $C_{\text{общ}}$), суглинистой – в 1,4 раза (до 13,1–13,6 % от $C_{\text{общ}}$). Относительное содержание $C_{\text{ФКпод}}$ мало изменялось в сравнении с почвами без нагрузок, наблюдаемое превышение варьировало в пределах 2 %. В нижележащих горизонтах в суглинистой почве относительное содержание $C_{\text{ФКпод}}$ варьировало от 24,4 % в горизонте A_{2g} до 35,3 % от $C_{\text{общ}}$ в горизонте B_{2g} , что свидетельствовало об увеличении ее обеспеченности этой группой подвижных соединений на 7,9–12,3 %. В супесчаной почве под влиянием стоков свиней в горизонтах A_2 и B_1 в относительных величинах количество $C_{\text{ФКпод}}$ по сравнению с почвой, где удобрение не использовали, увеличилось в среднем в 1,6 раза, достигая 31,3–36,1 % от $C_{\text{общ}}$ (исключение – горизонт B_2 , из-за различий в гранулометрическом составе сопоставимых горизонтов). Что касается $C_{\text{ГКпод}}$, то даже при высоких дозах жидких отходов животноводства на этих почвах, начиная с элювиального горизонта, наблюдалось довольно сильное снижение и дальнейшее падение вниз по профилю их относительного количества по сравнению с горизонтами $A_{\text{пах}}$ и A_1 . В результате после 26-летнего применения свиных стоков в дозе 500–600 т/га в горизонтах $A_{\text{пах}}$ и A_1 супесчаной почвы $C_{\text{ГКпод}}/C_{\text{ФКпод}}$ расширилось до 0,72–0,80, т. е. увеличилось на 13 %. В суглинистой почве под воздействием нагрузки жидкого навоза КРС в дозе 900–1000 т/га этот показатель достиг 0,98–1,00 ед. (или изменение составило 20–23 %). В нижележащих горизонтах с глубины около 40 см из-за практически абсолютно преобладания $C_{\text{ФКпод}}$ в составе $C_{\text{под}}$, наоборот, наблюдалось сужение данного отношения: в супесчаной почве до 0,12–0,23, в суглинистой – до 0,08–0,36, что на 16–36 % ниже, чем в почвах без нагрузок.

ВЫВОДЫ

1. При внесении жидкого навоза КРС и навозных стоков свиней на протяжении 26 лет установлено повышение содержания подвижных компонентов гумуса по всему профилю дерново-подзолистых почв при сохранении основных тенденций, характерных для почв без нагрузок. Наибольшая аккумуляция подвижных гумусовых веществ наблюдалась в горизонтах $A_{\text{пах}}$ и A_1 : в песчаной почве (жидкий навоз

КРС в дозе 100–200 т/га) дополнительный выход $C_{\text{под}}$ составил 1149–1219 мг/кг, $C_{\text{ГКпод}}$ – 325–423 мг/кг, $C_{\text{ФКпод}}$ – 797–824 мг/кг; в супесчаной (свиные навозные стоки – 500–600 т/га): $C_{\text{под}}$ – 1394–1821 мг/кг, $C_{\text{ГКпод}}$ – 650–910 мг/кг, $C_{\text{ФКпод}}$ – 744–911 мг/кг; в суглинистой (жидкий навоз КРС – 900–1000 т/га): $C_{\text{под}}$ – 1761–3474 мг/кг, $C_{\text{ГКпод}}$ – 972–1918 мг/кг, $C_{\text{ФКпод}}$ – 789–1556 мг/кг. Содержание $C_{\text{под}}$ в почвах глубже 40 см увеличилось на 49–626 мг/кг, $C_{\text{ГКпод}}$ – на 3–150 мг/кг, $C_{\text{ФКпод}}$ – на 47–546 мг/кг.

2. Под влиянием длительных нагрузок жидких отходов животноводства на дерново-подзолистые почвы в горизонтах $A_{\text{пах}}$ и A_1 отмечено более интенсивное накопление $C_{\text{ГКпод}}$: прибавка в абсолютном выражении $C_{\text{ГКпод}}$ относительно почв без нагрузок составила 35–112 %, в то время как по $C_{\text{ФКпод}}$ превышение было на уровне 24–73 %. С глубины около 40 см прирост в содержании $C_{\text{под}}$ в основном сформирован за счет $C_{\text{ФКпод}}$, выход которых увеличился на 33–146 % (для $C_{\text{ГКпод}}$ – на 8–88 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2019 / Нац. статистический комитет Респ. Беларусь; редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск, 2019. – С. 260.
2. Гейгер, Е. Ю. Действие жидкого свиного навоза на продуктивность агрофитоценоза и состояние экосистемы в зоне влияния крупного свинокомплекса: дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.16, 06.01.04 / Е. Ю. Гейгер. – Н. Новгород, 2003. – 212 с.
3. 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. / ВНИИПТИОУ; редкол.: А. И. Еськов [и др.]. – Владимир, 2006. – С. 125–134.
4. Хемдан, И. М. М. Влияние многолетнего внесения животноводческих стоков на плодородие дерново-подзолистых почв и урожайность многолетних трав: На примере Московской области: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / И. М. М. Хемдан. – М., 2004. – 162 с.
5. Методы определения активных компонентов в составе гумуса почв (Для проведения сравнительных исследований в длительных опытах, реперных участках и полигонах агроэкологического мониторинга) / ВНИИА; отв. Л. К. Шевцова. – М.: ВНИИА, 2010. – 34 с.
6. Гришина, Л. А. Гумусообразование и гумусное состояние почв / Л. А. Гришина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 244 с.
7. Панасин, В. И. Гумус и плодородие почв Калининградской области / В. И. Панасин, Д. А. Рымаренко. – Калининград: Изд-во КГУ, 2004. – 220 с.
8. Ахтырцев, Б. П. Зависимость подвижности гуминовых веществ от типовой принадлежности, состава и свойств почв лесостепи // Б. П. Ахтырцев, А. Б. Ахтырцева, Л. Я. Яблонских / Вестник ВГУ. Сер.: Химия. Биология. Фармация. – 2004. – № 2. – С. 18–24.
9. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 287 с.

10. Кононова, М. М. Органическое вещество почвы / М. М. Кононова. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.

11. Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М.: Из-во МГУ, 1990. – 325 с.

INFLUENCE OF REGULAR LOADS OF LIQUID CATTLE MANURE AND PIG MANURE EFFLUENTS ON THE MIGRATION OF MOBILE HUMIC SUBSTANCES ALONG THE PROFILE OF SOD-PODZOLIC SOILS

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

Summary

The constant introduction of liquid animal waste for 26 years has increased the content of mobile humic substances throughout the profile of sod-podzolic soils under maintaining the main trends characteristic of soils without loads. Their greatest accumulation was observed in the Ap and A₁ horizons with more intensive accumulation of C_{HAmob}: the content of C_{mob} increased by 28–90 %, C_{HAmob} – by 35–112 %, C_{FAmob} – by 24–73 %; from a depth of about 40 cm, the increase in C_{mob} reached 29–138 %, C_{HAmob} – 8–88 %, C_{FAmob} – 33–146 % with a greater accumulation of C_{FAmob}.

Поступила 18.11.20

УДК 631.438.2:630*114.267:631.445.24

НАКОПЛЕНИЕ ⁹⁰Sr СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ ОБМЕННОГО КАЛЬЦИЯ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Ю. В. Путятин

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

ВВЕДЕНИЕ

Процесс поглощения радионуклидов почвой включает широкий спектр действующих механизмов, и для каждого радионуклида в почве конкретного типа имеется свой ведущий механизм или доминирующая реакция, которые могут меняться в зависимости от условий. Среди физико-химических свойств почв, влияющих на накопление ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в растениях, нужно отметить механический состав, емкость поглощения и состав катионов, концентрацию обменного калия и кальция, минералогический состав и другие факторы внешней среды [2, 11, 12, 14, 15]. Физико-химическое состояние радионуклидов в почве и в первую очередь количест-