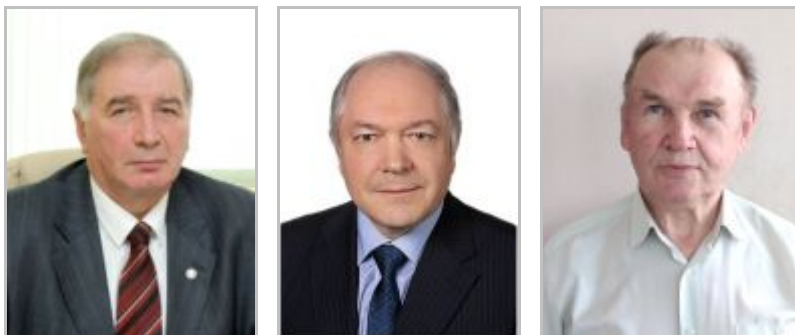


## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПЛОДОРОДИЯ МАЛОПРОДУКТИВНЫХ ЗЕМЕЛЬ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ**

**Н.Н. Дубенок, ак. РАН, В.А. Шевченко, чл. корр. РАН, А.М. Соловьев, д.с.-х.н.,  
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»**



*Исследования проводили в 2012-2020 г. на почвах разного гранулометрического состава в условиях Северо-Западного региона Нечерноземной зоны России.*

*Установлено, что безопасные дозы внесения жидких стоков животноводческих комплексов в качестве основного удобрения при освоении выбывших из оборота малопродуктивных земель определяются гранулометрическим составом почв, уровнем грунтовых вод и уклоном местности. Предложен комплекс агротехнических мероприятий, позволяющий безопасно вносить жидкие стоки на полях различного гранулометрического состава с крутизной склона до 3°. Доказана эффективность внесения жидких стоков под культуры со стержневой корневой системой, а твердой фракции навоза – с мочковатой и поверхностно расположенной корневой системами.*

*Изучена динамика накопления тяжелых металлов в пахотном слое дерново-подзолистого почвенного профиля при ежегодном восьмилетнем периоде внесения органических удобрений свиноводческого комплекса. При этом отмечено, что хотя концентрация загрязнителей в пахотном слое повторно осваиваемых земель в среднем по опыту, кроме кадмия, существенно возросла относительно исходного значения, однако содержание тяжелых металлов в 2,7-55,2 раза ниже ПДК. Это дает основание отнести все изученные почвенные разности к первой эколого-токсикологической группе.*

*Ключевые слова: малопродуктивные земли, грунтовые воды, жидкие животноводческие стоки, кислотность, гумус, подвижный фосфор, обменный калий, тяжелые металлы.*

*Для цитирования: Дубенок Н.Н., Шевченко В.А., Соловьев А.М. Использование органических отходов животноводческих комплексов при восстановлении плодородия малопродуктивных земель Нечерноземной зоны // Плодородие. – 2021. – №3. – С. 99-103. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.19*

В эпоху интенсификации и глобализации сельскохозяйственного производства при вовлечении в оборот залежных земель перед учеными и практиками стоят три важнейшие задачи, которые требуют незамедлительного решения: восстановление плодородия повторно осваиваемых территорий, сохранение качества подземных вод и атмосферного воздуха [1, 2]. Важнейшим фактором почвенного плодородия является содержание гумуса в пахотном слое, среднее количество которого в почвах Нечерноземной зоны остается низким. Дерново-подзолистые легко- и среднесуглинистые земли содержат 1,75-2,13% гумуса, что существенно ниже оптимальных значений [3]. К этому следует добавить высокую кислотность осваиваемых земель, а также дефицит макро- и микроэлементов [4, 5].

Содержание гумуса регулируется главным образом внесением в почву органической массы, поэтому возделывание культур, оставляющих после себя много растительных и корневых остатков, применение повышенных доз органических удобрений, заделка сидеральных культур и соломы способствуют его накоплению [6]. Важное значение для восстановления плодородия залежных земель приобретает внесение в качестве основного удобрения жидких стоков и твердой фракции навоза крупных животноводческих комплексов, которые расположены на территории залежных земель или рядом с ними [7].

Важнейшим условием использования жидких стоков является предотвращение загрязнения окружающей среды при одновременном производстве экологически безопасных продуктов питания для населения и кормов

для животных. Жидкие стоки часто вносят в больших дозах (150-200 м<sup>3</sup>/га), без учета многочисленных ограничений по их утилизации, что отрицательно сказывается как на качестве продукции растениеводства, так и на состоянии природной среды. Кроме того, при поверхностном внесении жидких стоков происходят значительные потери аммиачного азота, что существенно снижает их удобрительную ценность.

Загрязнение подземных вод отмечено также при хранении твердой фракции навоза на грунтовых площадках или в земляных резервуарах без герметизации, за счет фильтрата-токсичной жидкости, отличающейся повышенной минерализацией солей, высоким содержанием хлоридов и сульфатов, а также наличием высоких концентраций тяжелых металлов (в том числе таких токсичных, как ртуть), присутствием медикаментозных, санитарно-ветеринарных, бактериологических и гельминтозных токсикантов.

Цель наших исследований – определить безопасные дозы внесения органических отходов животноводческих комплексов при их длительном применении в качестве основного удобрения на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава для восстановления плодородия залежных земель Северо-Западного региона Нечерноземной зоны.

**Методика.** Исследования проводили в ООО «Ручьевское» Ржевского района Тверской области в 2012-2020 г., на территории которого функционирует свиноводческий комплекс на 109 тыс. голов, который ежегодно производит 160-170 тыс. м<sup>3</sup> жидких стоков и 12,2-13,1 тыс. т навоза в виде твердой фракции. Общая площадь пашни 5294 га, из которой только 784 га, или 14,8% пригодно без всяких ограничений для утилизации жидких стоков, поэтому проблема их использования в качестве основного удобрения имеет в первую очередь экологическое значение.

Химический состав отходов свиноводческого комплекса, %: жидкие стоки – N – 0,1, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,03, K<sub>2</sub>O – 0,28, pH 7,3 ед; твердая фракция навоза – N – 0,54, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,25, K<sub>2</sub>O – 0,60, pH 7,8 ед.

Жидкие животноводческие стоки вносили с помощью технологии шланговых систем, которая позволяет не только равномерно распределять их по поверхности, но и одновременно заделывать в почву, что исключает потери газообразных форм азота. Твердую фракцию навоза распределяли по поверхности опытных участков прицепами – разбрасывателями.

Допустимые дозы внесения жидких стоков определяли на специально выделенных участках разного гранулометрического состава с использованием метода пробного бурения.

Все исследования по агрохимическому составу почвы выполнены по общепринятым методикам, применяемым в научно-исследовательских учреждениях сельскохозяйственного профиля [8].

**Результаты и их обсуждение.** Важнейшим условием безопасного внесения жидких животноводческих стоков в качестве основного удобрения является предотвращение загрязнения природной среды. Особую опасность в экологическом отношении представляет загрязнение подземных вод, поскольку они являются важнейшим компонентом экосистемы, обладают способностью накапливать в своем составе проникающие через водоносные породы токсичные загрязнители и переносить их на большие расстояния. Необходимо отметить, что самоочищающаяся способность подземных вод по отношению к большинству загрязнителей крайне мала, что позволяет беспрепятственно формировать высокие концентрации многих ядовитых токсикантов в самых разнообразных участках среды обитания человека, животных, биоты рек и водоемов, включая мировой океан.

Согласно результатам наших исследований, при внесении жидких стоков в первую очередь следует учитывать гранулометрический состав осваиваемых земель, уровень грунтовых вод, крутизну склона, а также количество выпадающих осадков в регионе за вегетационный период. В условиях Нечерноземной зоны на почвах с промывным типом водного режима допустимые дозы безопасного внесения жидких стоков весной в качестве основного удобрения находятся в интервале от 10 до 120 м<sup>3</sup>/га (табл. 1).

#### 1. Допустимые дозы внесения жидких стоков животноводческих комплексов в зависимости от гранулометрического состава и уровня грунтовых вод для Нечерноземной зоны (среднее за 2013-2020 г.)

№ п/п	Гранулометрический состав	Допустимые дозы, м <sup>3</sup> /га									
		0	0	0	10	15	20	30	40	50	60
1	Песчаный	0	0	0	0	10	15	25	35	45	55
2	Супесчаный	0	0	10	15	20	30	40	50	60	70
3	Легкосуглинистый	0	10	15	20	30	40	50	60	70	80
4	Среднесуглинистый	10	15	20	30	40	50	60	70	80	100
5	Тяжелосуглинистый	20	25	35	45	55	65	75	85	95	110
6	Глинистый	30	40	55	65	75	85	95	105	110	120
		25	35	45	55	70	80	90	100	105	115
Уровень грунтовых вод, см		40-50	60-70	80-90	100-110	120-130	140-150	160-170	180-190	200-210	≥220

Примечание. Числитель – участок ровный, знаменатель – участок со склоном 1,5 – 2°.

Такое широкое варьирование объясняется тем, что грунтовые воды, залегающие в водоносных горизонтах, перекрытые сверху глинистыми водоупорами, надежнее защищены от просачивания в них жидких стоков, по сравнению с сельскохозяйственными угодьями, сформировавшимися на песчаных и супесчаных материнских породах. Так, на супесчаных почвах с ровным рельефом безопасное внесение жидких стоков в небольших дозах (10 м<sup>3</sup>/га) возможно

только при уровне залегания грунтовых вод 80-90 см, а максимально допустимая доза при глубине залегания грунтовых вод >220 см не должна превышать 70 м<sup>3</sup>/га на плато и 65 м<sup>3</sup>/га на полях со склоном 1,5-2°.

По мере увеличения в составе пахотного слоя доли глинистой фракции безопасная доза внесения жидких стоков постепенно возрастает и при глубине залегания уровня грунтовых вод >220 см на полях с относительно

ровным рельефом составляет: на легкосуглинистых землях – 80 м<sup>3</sup>/га, на среднесуглинистых – 100, на тяжелосуглинистых – 110 и на глинистых – 120 м<sup>3</sup>/га.

Норма внесения жидких стоков на полях с крутизной склона 1,5–2° в среднем на 5–10 м<sup>3</sup>/га ниже, чем на ровных. Для снижения потерь физической массы этих удобрений на неровных полях от стекания в пониженные места рельефа и убыли аммиачного азота от испарения, рекомендуем перед внесением жидких стоков на ровных полях проводить безотвальное рыхление на глубину 15–16 см; на склоновых землях легкого гранулометрического состава с крутизной 2–3° осуществлять щелевание на глубину 30–50 см, а на тяжелых глинистых землях – кротование на такую же глубину (патент на полезную модель № 133999 от 04.12.2012 г.). Следует отметить, что при посеве культур раннего срока уровень грунтовых вод в регионах Нечерноземной зоны при наступлении физической спелости почвы довольно часто находится в интервале от 0,5 до 1,3 м. Поэтому к установлению безопасной дозы внесения жидких стоков следует подходить с особой осторожностью, чтобы не допустить загрязнения подземных вод и водоёмов.

Необходимо подчеркнуть, что у разных сельскохозяйственных культур требования к уровню грунтовых вод неодинаковые. Так, например, наибольшей устойчивостью к повышенному уровню характеризуются многолетние и однолетние злаковые травы (40–70 см). Поэтому на таких посевах жидкие стоки можно вносить несколько раз за вегетационный период: весной перед посевом при наступлении физической спелости почвы и после каждого скашивания. Зерновые хлеба I группы хорошо растут и развиваются при среднем уровне грунтовых вод 75–85 см, поэтому жидкие стоки можно вносить не только в качестве основного удобрения, но и в подкормку в фазе выход в трубку – колошение.

Для оптимального роста и развития корнеплодов, клубнеплодов и силосных культур необходимый уровень грунтовых вод составляет 110–125 см, поэтому при их возделывании целесообразно вносить жидкие стоки перед посевом в максимально допустимых дозах. При дефиците влаги в летний период на таких посевах можно проводить дополнительный полив по бороздам при разбавлении жидких стоков водой в соотношении 1 : 3. Соблюдение указанных рекомендаций позволит не только повысить урожайность полевых культур при резком сокращении применения дорогостоящих минеральных удобрений и снизить себестоимость продукции растениеводства, но одновременно и сохранить природную среду, поскольку утилизация отходов животноводческих комплексов приобретает важное экономическое, социальное и экологическое значение.

Установлено, что при ежегодном внесении твердой фракции навоза в качестве основного удобрения в дозе 40 т/га происходит достоверное снижение кислотности на всех типах почв по гранулометрическому составу, которое в среднем по опыту составило: на легкосуглинистых – 1,0 ед., на среднесуглинистых и тяжелосуглинистых – 0,9 ед. относительно исходного значения. При этом следует отметить, что эффективность данного вида удобрения в оптимизации кислотного состояния залежных земель проявляется по горизонтам почвы с разной интенсивностью. Так, в слое 0–20 см снижение pH к первоначальной величине составило на всех типах почв 1,1–1,2 ед., в слое 20–40 см – 0,7–0,8 ед. Однако, существенное снижение кислотности отмечено по всем изученным слоям почвы, поскольку разница относительно исходного значения превышала НСР для взаимодействия факторов АВ на 0,2–0,7 ед. (табл. 2).

**2. Динамика агрохимических показателей повторно осваиваемых почв разного гранулометрического состава при многолетнем внесении твердой фракции навоза и жидких стоков животноводческих комплексов (ООО «Ручьевское» Ржевского района Тверской области)**

Гранулометрический состав почвы (Фактор А)	Слой почвы, см	Исходное значение, 2012 г. (контроль)				Виды удобрений, 2020 г. (Фактор В)							
						Твердая фракция навоза, 40 т/га				Жидкие стоки, 80 м <sup>3</sup> /га			
		pH <sub>KCl</sub>	гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг	pH <sub>KCl</sub>	гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг	pH <sub>KCl</sub>	гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг
Легкосуглинистый	0–10	4,7	1,69	102	88	5,8	1,87	113	97	5,4	1,77	105	93
	10–20	4,4	1,63	81	72	5,6	1,80	87	84	5,2	1,64	80	75
	20–30	4,2	1,27	43	51	4,9	1,34	44	63	5,0	1,36	45	66
	30–40	4,0	0,68	28	41	4,7	0,75	32	48	4,8	0,78	33	50
В среднем		4,3	1,32	64	63	5,3	1,44	69	73	5,1	1,39	66	71
Среднесуглинистый	0–10	4,8	1,72	109	97	5,9	1,92	121	107	5,7	1,86	107	102
	10–20	4,6	1,66	83	82	5,7	1,86	92	97	5,5	1,80	86	88
	20–30	4,3	1,32	54	58	5,0	1,45	58	75	5,1	1,51	62	77
	30–40	4,1	0,71	35	54	4,8	0,82	39	64	4,9	0,93	41	65
В среднем		4,5	1,35	70	73	5,4	1,51	78	86	5,3	1,53	74	83
Тяжелосуглинистый	0–10	4,9	1,81	116	101	6,0	1,98	127	112	5,8	1,89	123	106
	10–20	4,7	1,75	89	85	5,8	1,91	97	104	5,6	1,84	91	90
	20–30	4,4	1,43	57	67	5,2	1,48	62	78	5,3	1,55	64	81
	30–40	4,2	0,75	39	60	4,9	0,85	40	67	5,0	0,97	42	69
В среднем		4,6	1,44	75	78	5,5	1,56	82	90	5,4	1,56	80	87
НСР <sub>05</sub>	для фактора А	0,3	0,10	5,0	5,6								
	для фактора В	0,4	0,12	5,4	6,0								
	для АВ	0,5	0,14	5,9	6,4								

Жидкие стоки животноводческих комплексов в дозе 80 м<sup>3</sup>/га также обеспечивают достоверное уменьшение кислотности почв разного гранулометрического состава по всем горизонтам, хотя в среднем по опыту они уступают твердой фазе на 0,1–0,2 ед. Однако, данное снижение обусловлено в основном уменьшением эффек-

тивности влияния жидких стоков только в верхних слоях почвы, в то время как в подпахотном горизонте (20–40 см) они напротив, из-за способности легко передвигаться вглубь под действием гравитации, обеспечивают более заметное снижение кислотности (на 0,1–0,2 ед.) по сравнению с твердой фракцией навоза.

На основании анализа представленных данных можно заключить, что оба вида органических удобрений оказывают положительное влияние на содержание гумуса по всем слоям почв разного гранулометрического состава. Так, твердая фракция навоза существенно увеличивает содержание гумуса в пахотном слое почвы (на 0,16-0,20% при НСР<sub>05</sub> = 0,14%).

В слое 20-40 см превышение относительно исходного значения обеспечивало лишь положительную тенденцию (на 0,5-0,13%), поскольку находилось в пределах статистической ошибки опыта.

Равная закономерность установлена также и по накоплению содержания подвижного фосфора и обменного калия при внесении твердой фракции навоза в качестве основного удобрения. Так, увеличение содержания подвижных форм фосфора над исходным значением на всех типах почв составило в пахотном слое 8-12 мг/кг при НСР<sub>05</sub> = 5,9 мг/кг, в подпахотном – 1-5 мг/кг. Прибавка по накоплению обменного калия равна 9-19 мг/кг почвы в пахотном и 7-17 мг/кг в подпахотном слое при НСР<sub>05</sub> = 6,4 мг/кг.

Жидкие стоки животноводческих комплексов, обладающие повышенной фильтрационной активностью, также обеспечивают повышение плодородия осваиваемых земель. Так, в среднем по опыту увеличение содержания гумуса относительно исходного значения составило: на легкосуглинистых почвах – 0,07 %, на среднесуглинистых почвах – 0,18 и на тяжелосуглинистых – 0,12% при НСР<sub>05</sub> = 0,14%. Соответственно, содержание подвижного фосфора возросло на 2; 4 и 5

мг/кг при НСР<sub>05</sub> = 5,9 мг/кг, а калия на 8; 10 и 9 мг/кг почвы при НСР<sub>05</sub> = 6,4 мг/кг.

Таким образом, жидкие стоки, благодаря фильтрационной подвижности, способны просачиваться в глубь почвы и обеспечивать тем самым более заметное положительное влияние на показатели плодородия подпахотного горизонта, в то время как твердая фракция навоза – на пахотный слой. Данное обстоятельство следует учитывать при размещении в севообороте культур со стержневой и глубокопроникающей корневой системой (подсолнечник, рапс, кукуруза, кормовые бобы, люцерна и др.). Под эти посевы следует в качестве основного удобрения вносить жидкие стоки, поскольку они обеспечивают равномерное распределение питательных элементов и оптимизируют реакцию почвенного раствора по всему корнеобитаемому слою. Вместе с тем, под культуры с поверхностно расположенной и мочковатой корневой системой (картофель, зерновые хлеба I группы, однолетние и многолетние злаковые травы) целесообразно под основную обработку почвы вносить твердую фракцию навоза.

В настоящее время одним из основных источников загрязнения почв тяжелыми металлами являются удобрения, поэтому мы изучали влияние органических отходов свиноводческого комплекса на динамику их накопления в пахотном слое осваиваемых земель разного гранулометрического состава. Установлено, что минимальное содержание тяжелых металлов как в начале освоения, так и через восемь лет после их интенсивного использования характерно для легкосуглинистых почв.

### 3. Динамика содержания тяжелых металлов (мг/кг) в пахотном слое (0-20 см) повторно освоенных земель разного гранулометрического состава при использовании твердой фракции навоза и жидких стоков животноводческих комплексов (ООО «Ручьевское» Ржевского района Тверской области)

Гранулометрический состав почвы (фактор А)	Тяжелые металлы	Исходное значение, 2012 г.	Вид удобрения (фактор В), 2020 г.		В среднем через 8 лет	ПДК	НСР <sub>05</sub>		
			твердая фракция навоза, 40 т/га	жидкие стоки, 80 м <sup>3</sup> /га			для фактора А	для фактора В	для АВ
Легкосуглинистый	Ртуть	0,028	0,036	0,039	0,038	2,1	0,003	0,003	0,004
	Мышьяк	1,37	1,56	1,59	1,58	5,0	0,12	0,13	0,14
	Свинец	4,52	6,84	7,39	7,12	65,0	0,51	0,53	0,59
	Кадмий	0,13	0,13	0,16	0,15	1,0	0,01	0,02	0,03
	Медь	3,29	6,52	6,94	6,73	66,0	0,45	0,61	0,69
	Цинк	15,92	18,77	19,36	19,07	110,0	1,44	1,49	1,58
Среднесуглинистый	Ртуть	0,030	0,038	0,040	0,039				
	Мышьяк	1,41	1,69	1,72	1,71				
	Свинец	5,57	7,05	7,19	7,12				
	Кадмий	0,13	0,14	0,16	0,15				
	Медь	4,07	6,68	7,35	7,02				
	Цинк	16,28	19,39	20,06	19,73				
Тяжелосуглинистый	Ртуть	0,033	0,039	0,042	0,041				
	Мышьяк	1,47	1,78	1,89	1,84				
	Свинец	5,93	7,35	7,72	7,54				
	Кадмий	0,14	0,15	0,17	0,16				
	Медь	4,68	7,26	7,43	7,35				
	Цинк	17,10	20,03	21,25	20,64				

Среднесуглинистые почвы по уровню накопления тяжелых металлов занимают промежуточное положение, в то время как тяжелые суглинки отличаются максимальной концентрацией загрязнителей в пахотном слое (табл. 3). Следует отметить, что накопление тяжелых металлов происходит с разной степенью интенсивности. Так, в среднем по опыту содержание ртути отно-

сительно исходного значения увеличилось на 24,2-35,7 %, мышьяка на 15,3-25,2, свинца на 27,2-57,5, кадмия на 14,3-15,4, меди на 57,1-204,6 и цинка на 19,8-21,2%. При этом на всех типах почв несущественно возросло только содержание кадмия, в то время как концентрация других загрязнителей достоверно увеличилась по сравнению с первоначальной величиной.



Сравнительный анализ динамики накопления тяжелых металлов по фону применения разных видов органических удобрений выявил увеличение концентрации загрязнителей в пахотном слое при внесении в качестве основного удобрения жидких стоков относительно твердой фазы навоза, однако достоверной разницы между ними не установлено.

В целом следует заключить, что даже при ежегодном внесении органических удобрений содержание тяжелых металлов в пахотном слое освоенных земель остается значительно ниже ПДК, что дает основание в начале их рекультивации использовать высокие дозы органических удобрений животноводческих комплексов как для раскисления, так и для восстановления плодородия малопродуктивных земель, возвращаемых в сельскохозяйственный оборот. В нашем опыте почвы разного гранулометрического состава через восемь лет интенсивного использования после освоения относятся к первой эколого-токсикологической группе, поскольку содержание тяжелых металлов в их составе составляет менее 0,5 ед. от ПДК. Это позволяет считать их пригодными для возделывания всех сельскохозяйственных культур, допущенных к выращиванию в условиях Северо-Западного региона Нечерноземной зоны.

**Выводы.** 1. Допустимые дозы внесения жидких животноводческих стоков на осваиваемых малопродуктивных землях Северо-Западного региона Нечерноземной зоны с промывным типом водного режима определяются гранулометрическим составом почв, уровнем грунтовых вод и уклоном поля. Установлено, что на полях с уклоном до 2° безопасными дозами внесения жидких стоков животноводческих комплексов при уровне грунтовых вод >220 см являются: на легкосуглинистых землях 75-80 м<sup>3</sup>/га, на среднесуглинистых – 95-100 и на тяжелосуглинистых 105-110 м<sup>3</sup>/га.

2. При внесении твердой фракции навоза в качестве основного удобрения на всех типах почв по гранулометрическому составу отмечено значительное улучшение агрохимических показателей в пахотном слое 0-20 см, в то время как жидкие стоки оказывают заметное положительное влияние одновременно и на подпахотный горизонт 20-40 см. Полагаем, что это связано с тем, что жидкие стоки способны интенсивно перемещаться вниз по почвенному профилю под действием сил гра-

витации. Учитывая эту особенность, под культуры с поверхностно расположенной корневой системой целесообразно в качестве основного удобрения вносить твердую фракцию навоза, а под посевы со стержневой корневой системой – жидкие стоки в безопасных дозах.

3. Ежегодное внесение допустимых доз органических удобрений животноводческих комплексов в течение восьмилетнего периода увеличило содержание тяжелых металлов в пахотном слое осваиваемых земель на 14,3-204,6% к их исходному значению. Однако, содержание загрязнителей в среднем по опыту в 2,7-55,2 раза ниже уровня ПДК, что позволяет отнести изученные земли разного гранулометрического состава к первой эколого-токсикологической группе и возделывать на них все сельскохозяйственные культуры, рекомендуемые для Северо-Западного региона Нечерноземной зоны России.

#### Литература

1. Шевченко В.А., Соловьев А.М., Бондарева Г.И., Попова Н.П. Экологические проблемы при вовлечении в оборот ранее мелиорированных земель Нечерноземной зоны и пути их решения: монография. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2021. – 135 с.
2. Дубенок, Н.Н. Технология восстановления деградированных агро-мелиораншафтов Сарпинской низменности на основе диверсификации «суходольных» фитомелиоративных культур / Н.Н. Дубенок, В.В. Бородачев, Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева // Инновационные разработки для АПК : сб. лучших материалов конкурса «За успешное внедрение инноваций в сельское хозяйство» 21-й Российской агропромышленной выставки «Золотая осень-2019». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 36 с.
3. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. – М.: РАН, 2019. – С. 19-34.
4. Новиков, С.А. Биоклиматический потенциал мелиорированных земель Нечерноземной зоны России: монография / С.А. Новиков, В.А. Шевченко, А.М. Соловьев. – М.: ВНИИГиМ, 2018. – 285 с.
5. Шевченко В.А., Соловьев А.М., Бондарева Г.И., Попова Н.П. Использование арборицидов, мелиорантов и удобрений при введении в оборот выбывших мелиорированных земель Нечерноземной зоны: рекомендации. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2020. – 54 с.
6. Лошаков В.Г. Пожнивная сидерация и плодородие дерново-подзолистых почв // Земледелие. – 2007. – № 1. – С. 11–14.
7. Шевченко В.А., Соловьев А.М., Попова Н.П. Динамика содержания органического вещества при освоении выбывших из оборота малопродуктивных мелиорированных земель в зависимости от системы удобрения и предшественников // Плодородие. – 2019. – №6 (111). – С. 6–10.
8. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А., Большиева Т.Н. и др. Практикум по агрохимии: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп./ Под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – С. 59–232.

## USE OF ORGANIC WASTE FROM LIVESTOCK COMPLEXES IN RESTORING FERTILITY OF LOW PRODUCTIVE LANDS OF THE NON-CHERNOZEM ZONE

N.N. Dubenok, V.A. Shevchenko, A.M. Solovyov

All-Russian Scientific-Research Institute of Hydrotechnics and Melioration named after. A.N. Kostyakov,  
Bolshaya Akademicheskaya ul., 44, bldg. 2, 127550 Moscow, Russia

*The studies were carried out in 2012-2020 on soils of different granulometric composition in the North-West region of the Non-Chernozem zone of Russia.*

*It has been established that the safe doses of liquid effluents from livestock breeding complexes as the main fertilizer in the development of unproductive lands retired from circulation are determined by the granulometric composition of soils, the level of groundwater and the slope of the terrain. A complex of agrotechnical measures has been proposed that allows the safe introduction of liquid wastewater in fields of various granulometric composition with a slope steepness of up to 30. The efficiency of application of liquid wastewater under crops with a taproot system, and the solid fraction of manure with fibrous and superficially located root systems, has been proven.*

*The dynamics of the accumulation of heavy metals in the arable layer of sod-podzolic soil during the annual eight-year period of applying organic fertilizers to the pig-breeding complex has been studied. At the same time, it was noted that although the concentration of pollutants in the arable layer of re-developed lands, on average for the experiment, except for cadmium, increased significantly relative to the initial value, the content of heavy metals is 2.7-55.2 times lower than the MPC. This gives grounds to refer all studied soil varieties to the first ecological and toxicological group.*

*Key words: low productive lands, groundwater, liquid livestock waste, acidity, humus, mobile phosphorus, exchangeable potassium, heavy metals.*