

Биологическое загрязнение почв побочными продуктами животноводства

© 2024. Н. В. Сырчина¹, к. х. н., с. н. с.,

Л. В. Пилип², к. в. н., доцент,

Е. П. Колеватых³, к. м. н., зав. кафедрой,

Т. Я. Ашихмина^{1,4}, д. т. н., г. н. с., зав. лабораторией,

¹Вятский государственный университет,

610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, д. 36,

²Вятский государственный агротехнологический университет,

610017, Россия, г. Киров, Октябрьский проспект, д. 133,

³Кировский государственный медицинский университет,

610000, Россия, г. Киров, ул. К. Маркса, д. 112,

⁴Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения

Российской академии наук,

167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,

e-mail: nvms1956@mail.ru, pilip_larisa@mail.ru, ecolab2@gmail.com

Побочные продукты животноводства (ППЖ) – навоз, навозные стоки (НС) – широко используются в качестве органических удобрений. Основным недостатком соответствующих удобрений является высокое содержание несвойственных незагрязнённым природным средам микроорганизмов (МО), включая патогенные. Используемые в настоящее время естественные методы обезвреживания ППЖ позволяют существенно снизить риски переноса патогенных и условно-патогенных МО в удобряемую почву, но не исключают их полностью. В рамках настоящей работы было изучено влияние долговременного (более 7 лет) внесения обезвреженной жидкой фракции (ЖФ) свиных НС и НС крупного рогатого скота (КРС) на химический состав и санитарно-гигиеническое состояние почвы пахотных полей и заросших лесом участков, расположенных на расстоянии 500 м от границ полей. Выполненные исследования показали, что длительное внесение ЖФ привело к увеличению содержания органического вещества, подвижного фосфора, калия и серы, повышению суммы поглощённых оснований, снижению обменной кислотности в пашне по сравнению с прилегающими лесными участками, однако санитарное состояние и пашни, и прилегающих территорий значительно ухудшилось. Во всех пробах почвы было выявлено существенное увеличение общего микробного числа (ОМЧ) по сравнению с нормативными показателями. Особенно высокие значения ОМЧ были установлены в почве, удобряемой ЖФ навоза КРС. Соответствующая почва характеризовалась самым высоким содержанием органического вещества и нейтральной реакцией среды, что обеспечивало благоприятные условия для активного развития сапрофитной микробиоты. Во всех отобранных образцах почвы выявлено свежее фекальное загрязнение. Почвы характеризуются как сильно загрязнённые. В соответствии с показателями индекса БГКП (бактерии группы кишечной палочки), энтерококков и *Clostridium perfringens* почвы всех обследованных участков относятся к умеренно опасным. Более высокие значения соответствующих индексов выявлены в пашне, удобряемой ЖФ свиных НС, и на прилегающих к пашням территориях. В процессе санитарно-бактериологических исследований яйца гельминтов в почве не были обнаружены.

Ключевые слова: побочные продукты животноводства, органические удобрения, санитарное состояние почв, биологическое загрязнение.

Biological contamination of soils by livestock by-products

© 2024. N. V. Syrchina¹ ORCID: 0000-0001-8049-6760, L. V. Pilip² ORCID: 0000-0001-9695-7146,
E. P. Kolevatykh³ ORCID: 0000-0001-6147-3555, T. Ya. Ashikhmina^{1,4} ORCID: 0000-0003-4919-0047

¹Vyatka State University,

36, Moskovskaya St., Kirov, Russia, 610000,

²Vyatka State Agrotechnological University,

133, Oktyabrsky Pr., Kirov, Russia, 610017,

³Kirov State Medical University,

112, K. Marksa St., Kirov, Russia, 610000,

⁴Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences,
28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,
e-mail: nvms1956@mail.ru, pilip_larisa@mail.ru, ecolab2@gmail.com

By-products of animal husbandry (BPAH) such as manure, manure effluents (ME) are widely used as organic fertilizers. The main disadvantage of the appropriate fertilizers is the high content of microorganisms (MO) untypical to uncontaminated natural environments, including pathogenic ones. Currently used natural methods of BPAH neutralization can significantly reduce the risks of transferring pathogenic and opportunistic MO into fertilized soil, but do not completely exclude them. The study examined the effects of long-term (more than 7 years) introduction of a neutralized liquid fraction (LF) of pork ME and cattle ME on the chemical composition and sanitary and hygienic condition of the soil of arable fields and wooded areas located at 500 m from the boundaries of the fields. Prolonged application of LF led to an increase in the content of organic matter, mobile phosphorus, potassium and sulfur, an increase in the amount of absorbed bases, a decrease in metabolic acidity in arable land compared with adjacent forest areas. However the sanitary condition of both arable land and adjacent territories deteriorated significantly. A significant increase in the total microbial number (TMN) was revealed in all soil samples in comparison to the normative indicators. Particularly high values of TMN were found in soil fertilized with cattle manure. The corresponding soil was characterized by the highest content of organic matter and neutral reactions of the environment, which provided favorable conditions for the active development of saprophytic microbiota. Fresh faecal contamination was detected in all selected soil samples. Soils are characterized as highly polluted. According to the indicators of the index *Escherichia coli*, *Enterococcus* and *Clostridium perfringens*, the soils of all studied sites are moderately dangerous. Higher values of the corresponding indices were found in arable land fertilized by the LF of pork farms and in the territories adjacent to arable land. In the course of sanitary and bacteriological studies, eggs of helminthes were not found in the soil.

Keywords: by-products of animal husbandry, organic fertilizers, soil sanitation, biological pollution.

Согласно ГОСТ 30772-2001, биологическое загрязнение представляет собой «случайное или происходящее как следствие деятельности человека проникновение в экосистемы или технические устройства видов животных (бактерий) и/или растений, обычно там отсутствующих». При этом происходит изменение естественного состава организмов, характерного для тех или иных территорий, нарушение сложившихся связей и отношений между отдельными организмами и группами организмов, снижение качества и безопасности природной среды для населения. Особую опасность представляет загрязнение окружающей среды (ОС) патогенными микроорганизмами (МО). Одним из источников такого загрязнения являются продукты жизнедеятельности сельскохозяйственных животных (навоз, навозные стоки), широко используемые в качестве органических удобрений [1, 2]. Содержание различных бактерий в 1 г свежих фекалий достигает 10^9 – 10^{10} колониеобразующих единиц (КОЕ) [3]. Кроме бактерий в навозе содержатся гельминты и яйца гельминтов, а также грибы, вирусы, простейшие, некоторые из них представляют серьёзную опасность для здоровья человека и животных [4, 5]. Среди характерных для навоза МО выявлены возбудители сальмонеллёза, патогенные серотипы кишечной палочки, туберкулёза, бруцеллёза, африканской чумы свиней и различные энтеровирусы [6]. Степень выживания патогенных

МО в навозе или ОС зависит от характеристик конкретного организма, источника и состава навоза (рН, влажность, содержание аммония и др.), способов его обработки, условий ОС (температуры, доступа кислорода, наличия или отсутствия тех или иных питательных веществ, микробной конкуренции и др.) [7–9]. Для минимизации рисков биологического загрязнения ОС навоз и навозные стоки (побочные продукты животноводства, ППЖ) перед внесением в пашню обеззараживают. Чаще всего технология обеззараживания включает разделение ППЖ на жидкую (ЖФ) и твёрдую (ТФ) фракции с последующим длительным выдерживанием ТФ на специально оборудованных площадках, а ЖФ – в лагунах. Основными факторами снижения патогенной нагрузки ППЖ в этот период являются активные микробиологические процессы, приводящие к деструкции органических веществ и снижению численности менее конкурентных МО, а также воздействие неблагоприятных факторов ОС, вызывающее гибель патогенной микробиоты. Соответствующая технология позволяет существенно снизить риски переноса патогенных и условно-патогенных МО в удобряемую почву, но не исключает их полностью [10, 11]. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что территории размещения животноводческих предприятий являются зонами повышенного экологического риска [12–14]. Одним из действенных

факторов предупреждения чрезмерной нагрузки промышленного животноводства на ОС и население является постоянный экологический мониторинг состояния территорий, расположенных в зоне влияния предприятий соответствующей отрасли [15]. Получение достоверной информации о содержании в почве МО, представляющих опасность для человека или животных, имеет большое практическое значение для предотвращения или прогнозирования и профилактики возможных негативных последствий [16].

Цель работы – изучить влияние долговременного внесения обезвреженных навозных стоков на санитарно-гигиеническое состояние и микробиологические характеристики пахотной почвы и почвы прилегающих территорий.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в Кировской области. В качестве объектов изучения были выбраны два пахотных поля, расположенные вблизи крупного свиноводческого комплекса (Поле 1) и молочной фермы (Поле 2). Почвы полей агродерново-подзолистые среднесуглинистые. Оба поля используются в кормовом севообороте. Поле 1 удобряли откачиваемой из лагун обезвреженной ЖФ свиных навозных стоков (НС), Поле 2 – обезвреженной ЖФ навоза крупного рогатого скота (КРС). Жидкую фракцию вносили в пашню с помощью буксируемой шланговой системы на глубину до 50 см. Среднегодовая норма внесения ЖФ в период с 2016 по 2023 гг. составила 200 ± 20 т/га. Нормы внесения рассчитывались агрохимической службой животноводческих предприятий с учётом экологических требований по дозе вносимого азота. Пробы почвы с прилегающих территорий (Лес 1 и Лес 2) отбирали на расстоянии 550 ± 50 м от границ соответствующих пахотных полей на заросших лесом участках. Почвы лесных участков дерново-подзолистые среднесуглинистые.

Отбор проб для микробиологических, паразитологических и химических исследований проводили в начале октября 2023 г. согласно ГОСТ 17.4.4.02-2017. Точечные пробы с пробных площадок отбирали методом конверта на глубину 20–25 см. Размер пробной площадки – 10×10 м. Из точечных проб составляли объединённые пробы. Всего было отобрано 60 точечных проб и приготовлено 12 объединённых проб (по 3 объединённые пробы с каждого поля и лесного участка). При отборе

и обработке проб использовали приёмы, исключая возможность вторичного загрязнения почвы. Пробы почвы, предназначенные для микробиологических исследований, отбирали стерильными инструментами в стерильную тару с соблюдением условий асептики. Все исследования проводили в специализированных лабораториях. Методы химического анализа почвы представлены в таблице 1.

Оценку санитарно-гигиенического состояния обследованных участков выполняли согласно методическим рекомендациям по методам микробиологического контроля почвы [17]. Санитарно-гигиеническое состояние почвы оценивали по таким показателям как общее микробное число (ОМЧ), титр и индекс санитарно-показательных для фекального загрязнения МО [18]. К последним относят бактерии группы кишечной палочки (БГКП), рода энтерококков и вида *Clostridium perfringens*, а также количество бактерий рода *Salmonella*. Титр – наименьшее количество почвы в 1 г, в котором обнаружен 1 искомый МО. Индекс – количество МО в КОЕ, обнаруженных в 1 г почвы. Кроме микробиологических исследований, проводили паразитологический анализ почвы на наличие яиц гельминтов.

Для выявления состава и количества санитарно-показательных МО осуществляли ряд последовательных десятикратных разведений почвенной суспензии с последующим её высевом на стандартные и специализированные питательные среды в соответствии с ОФС.1.7.2.0008.15 (модифицированный агаровый чашечный метод) и идентификацией МО. Общее микробное число определяли глубинным посевом на МПА. Для фиксации колиформных бактерий использовали прямой посев на специализированную среду Эндо. Энтерококки определяли методом титриметрии, для подсчёта термофильных бактерий использовали глубинный посев на МПА, сальмонеллы фиксировали методом накопления патогенных бактерий в средах обогащения с последующим пересевом на плотные селективные и дифференциальные среды. Для культивирования *Clostridium perfringens* использовали газогенерирующие пакеты «АНА-ЭРОГАЗ» (НПО «ИНКО», Россия). Также проводили изучение биохимических свойств выделенных культур с использованием биохимических тестов ERBALachema: АНАЭРО-тест23, ЭНТЕРОтест24 N, САНДИДАтест21.

Паразитологическое исследование проб почвы проводили по методу Романенко.

Таблица 1 / Table 1

Свойства и химический состав почвы / Properties and chemical composition of soils

Показатели Index	Значения / Indicators				Метод анализа Method of analysis
	Поле 1 Field 1	Лес 1 Forest 1	Поле 2 Field 2	Лес 2 Forest 2	
pH _{KCl}	4,9±0,2 (средне-кислые medium acidic)	4,2±0,1 (сильно-кислые strongly acidic)	6,8±0,1 (нейтраль-ные neutral)	4,5±0,2 (сильно-кислые strongly acidic)	Ионометрический по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85) Ionometric method by TsINAO in accordance with GOST 26483-85
Органическое вещество, % Organic matter, %	4,4±0,6 (повышен-ное / elevated)	2,2±0,4 (повышен-ное / elevated)	5,3±0,7 (повышен-ное / elevated)	2,4±0,4 (повышен-ное / elevated)	Метод Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91) Tyurin's method in the modification of TsINAO (GOST 26213-91)
Фосфор подвижный (P ₂ O ₅), мг/кг Mobile phosphorus (P ₂ O ₅), mg/kg	754±140 (очень высокое / very high)	178±34 (высокое / high)	987±110 (очень высокое / very high)	165±36 (высокое / high)	Фотометрический по ГОСТ Р 54650-2011 Photometric (GOST R 54650-2011)
Калий подвижный (K ₂ O), мг/кг Mobile potassium (K ₂ O), mg/kg	345±46 (высокое / high)	135±34 (повышен-ное / elevated)	460±55 (высокое / high)	146±44 (повышен-ное / elevated)	
Сумма поглощённых оснований, мг-экв./100 г Amount of absorbed bases, mEq/100 g	16,0±2,3 (повышен-ное / elevated)	5,6±0,7 (низкое / low)	18,6±1,9 (повышен-ное / elevated)	6,4±1,1 (низкое / low)	По методу Каппена (ГОСТ 27821-2020) According to the Kappen method (GOST 27821 -2020)
Сера подвижная, мг/кг / Mobile sulfur, mg/kg	8,4±1,8 (среднее / average)	5,2±1,4 (низкое / low)	8,5±2,3 (среднее / average)	5,4±1,5 (низкое / low)	По методу ЦИНАО (ГОСТ 26490-85) According to the TsINAO method (GOST 26490-85)

Примечание: в скобках указаны группы почв по каждому показателю. Полуужирным шрифтом выделены статистически значимые различия между показателями, установленными для почвы пахотных полей и почвы соответствующих лесных участков (p<0,05).

Note: soil groups for each indicator are indicated in brackets. Statistically significant differences between the indicators established for the soil of arable fields and the soil of the corresponding forest areas (p<0.05) are highlighted in bold.

Для статистической обработки полученных результатов использовали встроенный пакет программ Microsoft Excel. Статистическую значимость различий средних величин оценивали по t-критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Выполненные исследования показали, что длительное внесение обезвреженной ЖФ привело к существенному изменению химического состава агрозоёмов (Поле 1, Поле 2) по срав-

нению с составом почв лесных участков (Лес 1, Лес 2). В удобряемой ЖФ пашне значительно увеличилось содержание органического вещества, подвижного фосфора, калия и серы, повысилась сумма поглощённых оснований, снизилась обменная кислотность. Данные о химическом составе и свойствах отобранных образцов почвы приведены в таблице 1.

Хорошо известно, что здоровые (супрессивные) природные почвы обладают высоким потенциалом к самоочищению в отношении многих патогенных МО. Такие почвы не

представляют опасности в эпидемическом и гигиеническом плане. Нарушение нормального функционирования естественных почвенных микробиоценозов под влиянием хозяйственной деятельности приводит к подавлению супрессивности, в результате чего способность почв к самоочищению снижается, почвы становятся кондуктивными (не способными подавлять патогены). Кондуктивная почва представляет серьёзную опасность для стабильного существования экосферы.

В таблице 2 приведены результаты бактериологических исследований, характеризующие санитарно-гигиеническое состояние удобряемой ЖФ пашни и заросших лесом участков.

Согласно данным, приведённым в таблице 2, систематическое долговременное внесение обесвреженной ЖФ привело к ухудшению санитарного состояния пахотных полей и при-

легающих территорий. Во всех пробах почвы было выявлено существенное увеличение ОМЧ. Особенно высокие значения соответствующего показателя были установлены в почве, удобряемой ЖФ навоза КРС (Поле 2). Соответствующая почва характеризовалась самым высоким содержанием органического вещества и нейтральной реакцией среды (табл. 1), что обеспечивало благоприятные условия для активного развития сапрофитной микробиоты.

Значения титра БГКП и *Clostridium perfringens* превышали установленные санитарные нормативы для чистых почв (0,01 и выше) на 3 порядка. Бактерии группы кишечной палочки и сульфатредуцирующие клостридии (*Clostridium perfringens*) являются показателями фекального загрязнения почв. Благодаря спорообразованию, клостридии, в отличие от кишечной палочки, способны длительное время сохранять свою жизнеспособность

Таблица 2 / Table 2
Санитарно-гигиеническое состояние обследованных участков почвы
Sanitary and hygienic condition of the studied soil areas

Показатели Index		Значения / Indicator value				Нормативные показатели / Standard indicators [17, 19, 20]
		Поле 1 Field 1	Лес 1 Forest 1	Поле 2 Field 2	Лес 2 Forest 2	
Общее микробное число, КОЕ/г / Total microbial number, CFU/g		(6,0±0,9) ·10 ⁷	(8,0±1,2) ·10 ⁷	(7,0±1,5) ·10 ⁸	(7,0±1,3) ·10 ⁶	10 ⁴
Индекс, КОЕ/г Index, CFU/g	БГКП* <i>Escherichia coli</i>	40	40	20	20	10–100 – умеренно опасная moderately dangerous
	энтерококки <i>enterococcus</i>	40	20	10	20	
	<i>Clostridium perfringens</i>	40	40	40	40	
Патогенные, в том числе сальмонеллы, КОЕ/г Pathogenic, including <i>Salmonella</i> , CFU/g		0	0	(6,0±1,1) ·10 ⁷	(8,0±0,7) ·10 ⁶	не допускаются not allowed
Яйца гельминтов, экз./кг Helminth eggs, ind./kg		0	0	0	0	0 – чистая / clean
Титры Titer	БГКП <i>Escherichia coli</i>	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	0,009 и менее – сильно загрязнённая 0,009 and less – heavily polluted
	Термофиль- ные бактерии thermophilic bacteria	10 ⁵	10 ⁸	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁵ и более – сильно загрязнённая 10 ⁵ and more – heavily polluted
	<i>Clostridium perfringens</i>	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴ и менее – сильно загрязнённая 10 ⁻⁴ and less – heavily polluted

Примечание: *БГКП – бактерии группы кишечной палочки.
Note: **Escherichia coli* – coliform bacteria.

в почве. Наличие в почве и клостридий, и БГКП свидетельствует о свежем, а отсутствие БГКП и наличие клостридий – о давнем фекальном загрязнении. Согласно результатам выполненных исследований, во всех отобранных образцах почвы отмечено свежее фекальное загрязнение, а почвы характеризуются как сильно загрязнённые.

Титр термофильных бактерий в почвах всех участков был также выше установленных нормативов. Термофильные бактерии за счёт активного участия в разложении органических субстратов играют ключевую роль в процессах компостирования навоза. Даже однократное внесение навоза в почву приводит к заметному увеличению численности этих МО, что позволяет использовать термофильные бактерии в качестве показателя фекального загрязнения почвы. Споры термофильных МО могут сохранять свою жизнеспособность в почвах на протяжении многих лет [21].

В соответствии с такими показателями, как индексы БГКП, энтерококков и *Clostridium perfringens*, почвы всех обследованных участков относятся к умеренно опасным. Более высокие значения соответствующих индексов выявлены в пашне, удобряемой ЖФ свиных навозных стоков, и на прилегающих к пашням территориях.

Следует отметить, что выживаемость энтерококков в почве существенно зависит от температуры. При 20 °С эти МО погибают в течение 10 дней. Более низкие температуры способствуют сохранению их жизнеспособности до нескольких месяцев. Пробы почвы для микробиологических исследований отбирали в октябре, т. е. в период благоприятный для выживания энтерококков.

Особую тревогу вызывает выявление в образцах почвы «Поле 2» и «Лес 2» значительных количеств патогенных МО, присутствие которых в почвах по санитарным нормам не допускается. Все выявленные патогенные МО относились к IV и III группам патогенности. В IV группу входят условно-патогенные МО, не представляющие или представляющие низкую индивидуальную и общественную опасность; в III группу – МО, представляющие умеренную индивидуальную и низкую общественную опасность [22]. В таблице 3 приведены данные о составе микробиоты отобранных образцов почвы.

Согласно полученным данным, для всех проб почвы было характерно высокое содержание бактерий родов *Proteus* и *Clostridium*. Соответствующие бактерии широко распро-

странены в природных средах (почве, воде, пылевых частицах воздуха), входят в состав нормальной микробиоты кишечника человека и животных, относятся к гнилостным условно-патогенным МО и рассматриваются как индикаторы фекального загрязнения различных объектов. Согласно СанПиН 3.3686-21 такие виды клостридий как *C. bifermentans*, *C. septicum* и *C. perfringens* классифицируются как ПБА IV группы. Во всех пробах почвы из соответствующего списка присутствовали только *C. perfringens*. *Clostridium bifermentans* были выявлены в агрозёмах и отсутствовали в почве контрольных участков. Самой высокой численностью и видовым разнообразием клостридий характеризовались пробы почвы, удобряемой ЖФ свиных НС. Численность *C. sporogenes* в пахотном горизонте пробы «Поле 1» достигала $(6,0 \pm 0,8) \cdot 10^7$ КОЕ/г. В пробе почвы «Лес 1» общая численность клостридий была значительно ниже, чем в пашне. К ПБА IV группы относятся также *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium* и *Bacillus cereus*, выявленные во всех исследованных пробах.

Для всех образцов почвы было характерно высокое количество плесневых и дрожжевых грибов. Такие представители выявленной грибной микробиоты, как *Penicillium* spp. и *Mucor* spp. относятся к ПБА IV группы, а *Candida albicans* – к III. Самая высокая численность *Candida albicans* была характерна для проб почвы, отобранных на поле, удобряемом ЖФ навоза КРС. Согласно опубликованным данным, *C. albicans* вызывает около 70% микозов, в том числе опасный кандидозный эндометрит КРС [23].

Выполненные в рамках настоящей работы санитарно-паразитологические исследования были направлены на выявление в почве яиц гельминтов на разных стадиях развития. Почва является необходимым субстратом для созревания яиц геогельминтов, а также местом временного пребывания яиц биогельминтов и цист кишечных патогенных простейших. Жизнеспособность яиц геогельминтов в почве сохраняется несколько лет, яиц биогельминтов – до 1 года, цист патогенных простейших – от нескольких дней до 6 месяцев. Паразитарные заболевания представляют серьёзную угрозу для здоровья человека, продуктивности животных и качества получаемой продукции. Ветеринарные службы животноводческих предприятий уделяют вопросам профилактики паразитарных заболеваний большое внимание, что

Таблица 3 / Table 3

Состав микробиоты отобранных образцов почвы / Composition of the microbiota of selected soil samples

Микроорганизмы Microorganisms		Содержание, КОЕ/г / Content, CFU/g			
		Поле 1 Field 1	Лес 1 Forest 1	Поле 2 Field 2	Лес 2 Forest 2
Факультативные анаэробы / Facultative anaerobes					
<i>Proteus</i> spp.		$(7,0 \pm 0,5) \cdot 10^6$	$(7,0 \pm 0,3) \cdot 10^6$	$(8,0 \pm 0,6) \cdot 10^6$	$(6,0 \pm 0,6) \cdot 10^5$
<i>Enterococcus</i>	<i>faecalis</i>	$(4,0 \pm 0,6) \cdot 10^2$	$(6,0 \pm 0,7) \cdot 10^3$	$(7,0 \pm 0,8) \cdot 10^3$	$(5,0 \pm 0,8) \cdot 10^4$
	<i>faecium</i>	$(6,0 \pm 0,9) \cdot 10^2$	$(8,0 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(6,0 \pm 0,5) \cdot 10^2$	$(7,0 \pm 0,5) \cdot 10^4$
<i>Bacillus</i>	<i>cereus</i>	$(7,0 \pm 0,5) \cdot 10^6$	$(7,0 \pm 0,8) \cdot 10^3$	$(8,0 \pm 0,6) \cdot 10^3$	$(8,0 \pm 0,3) \cdot 10^5$
	<i>subtilis</i>	$(8,0 \pm 0,9) \cdot 10^5$	$(6,0 \pm 0,7) \cdot 10^4$	$(7,0 \pm 0,9) \cdot 10^4$	$(7,0 \pm 0,8) \cdot 10^3$
	<i>megaterium</i>	$(7,0 \pm 0,9) \cdot 10^5$	$(5,0 \pm 0,5) \cdot 10^2$	0	$(6,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$
<i>Actinomyces</i>	spp.	$(7,0 \pm 0,4) \cdot 10^3$	$(8,0 \pm 0,8) \cdot 10^3$	0	$(6,0 \pm 0,6) \cdot 10^4$
	<i>israelii</i>	0	0	$(7,0 \pm 0,8) \cdot 10^4$	$(6,0 \pm 0,7) \cdot 10^2$
	<i>naeslundii</i>	0	0	$(6,0 \pm 0,7) \cdot 10^3$	0
<i>Lactobacillus</i> spp.		$(4,0 \pm 0,4) \cdot 10^2$	0	0	0
<i>Pseudoramibacter</i> spp.		$(5,0 \pm 0,6) \cdot 10^4$	$(6,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$	0	$(7,0 \pm 0,8) \cdot 10^3$
<i>Escherichia coli</i>		$(5,0 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(7,0 \pm 0,6) \cdot 10^3$	$(8,0 \pm 0,4) \cdot 10^3$	$(7,0 \pm 0,6) \cdot 10^3$
Облигатные анаэробы / Obligate anaerobes					
<i>Clostridium</i>	<i>sporogenes</i>	$(6,0 \pm 0,8) \cdot 10^7$	$(6,0 \pm 0,8) \cdot 10^4$	$(7,0 \pm 0,9) \cdot 10^5$	$(8,0 \pm 0,7) \cdot 10^5$
	<i>putrificum</i>	$(7,0 \pm 0,7) \cdot 10^5$	$(7,0 \pm 0,6) \cdot 10^5$	$(6,0 \pm 0,4) \cdot 10^4$	$(6,0 \pm 0,9) \cdot 10^4$
	<i>bifermantans</i>	$(5,0 \pm 0,6) \cdot 10^4$	0	$(8 \pm 0,3) \cdot 10^5$	0
	<i>septicum</i>	$(8,0 \pm 0,9) \cdot 10^4$	0	0	$(5,0 \pm 0,5) \cdot 10^2$
	<i>perfringens</i>	$(6,0 \pm 0,8) \cdot 10^5$	$(8,0 \pm 0,9) \cdot 10^5$	$(5,0 \pm 0,9) \cdot 10^6$	$(7,0 \pm 0,6) \cdot 10^5$
<i>Bifidobacterium</i> spp.		$(5,0 \pm 0,9) \cdot 10^4$	0	0	0
<i>Eubacterium</i> spp.		$(7,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(6,0 \pm 0,9) \cdot 10^4$	$(7,0 \pm 0,6) \cdot 10^3$	$(8,0 \pm 0,7) \cdot 10^2$
Аэробы / Aerobes					
<i>Pseudomonas</i> spp.		$(5,0 \pm 0,4) \cdot 10^2$	$(5,0 \pm 0,7) \cdot 10^3$	0	0
Плесневые грибы / Molds					
<i>Penicillium</i> spp.		$(7,0 \pm 0,2) \cdot 10^5$	$(6,0 \pm 0,3) \cdot 10^5$	$(6,0 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(7,0 \pm 0,4) \cdot 10^6$
<i>Aspergillus</i> spp.		$(9,0 \pm 0,8) \cdot 10^6$	$(5,0 \pm 0,6) \cdot 10^4$	$(8,0 \pm 0,7) \cdot 10^3$	$(8,0 \pm 0,5) \cdot 10^5$
<i>Mucor</i> spp.		$(6,0 \pm 0,4) \cdot 10^6$	$(9,0 \pm 0,7) \cdot 10^5$	$(5,0 \pm 0,4) \cdot 10^5$	$(6,0 \pm 0,8) \cdot 10^4$
<i>Rhizopus</i> spp.		$(5,0 \pm 0,2) \cdot 10^5$	$(6,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(9,0 \pm 0,8) \cdot 10^5$	$(8,0 \pm 0,5) \cdot 10^5$
<i>Cladosporium</i> spp.		$(7,0 \pm 0,1) \cdot 10^5$	$(7,0 \pm 0,5) \cdot 10^5$	$(8,0 \pm 0,5) \cdot 10^4$	$(7,0 \pm 0,3) \cdot 10^6$
<i>Trichoderma</i> spp.		$(6,0 \pm 0,7) \cdot 10^3$	$(7,0 \pm 0,4) \cdot 10^2$	$(7,0 \pm 0,6) \cdot 10^4$	$(5,0 \pm 0,4) \cdot 10^5$
<i>Geotrichum</i>	<i>candidum</i>	$(7,0 \pm 0,4) \cdot 10^3$	$(9,0 \pm 0,6) \cdot 10^2$	$(8,0 \pm 0,7) \cdot 10^5$	$(7,0 \pm 0,1) \cdot 10^6$
	<i>capitatum</i>	$(6,0 \pm 0,5) \cdot 10^6$	$(4,0 \pm 0,7) \cdot 10^5$	$(6,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(8,0 \pm 0,7) \cdot 10^7$
Дрожжеподобные грибы / Yeast-like mushrooms					
<i>Candida</i>	<i>parapsilosis</i>	$(6,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(6,0 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(4,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(7,0 \pm 0,6) \cdot 10^3$
	<i>rugosa</i>	$(7,0 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(8,0 \pm 0,5) \cdot 10^4$	$(7,0 \pm 0,1) \cdot 10^4$	$(8,0 \pm 0,9) \cdot 10^3$
	<i>albicans</i>	$(4,0 \pm 0,6) \cdot 10^2$	$(5,0 \pm 0,6) \cdot 10^5$	$(8,0 \pm 0,6) \cdot 10^5$	$(7,0 \pm 0,3) \cdot 10^4$
	<i>catenulate</i>	$(9,0 \pm 0,8) \cdot 10^4$	$(8,0 \pm 0,5) \cdot 10^5$	$(4,0 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(4,0 \pm 0,8) \cdot 10^4$
Дрожжи / Yeast					
<i>Rhodotorula glutinis</i>		$(8,0 \pm 0,6) \cdot 10^5$	$(6,0 \pm 0,7) \cdot 10^3$	$(6,0 \pm 0,2) \cdot 10^5$	$(7,0 \pm 0,8) \cdot 10^4$
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		$(5,0 \pm 0,7) \cdot 10^6$	$(8,0 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(4 \pm 0,7) \cdot 10^4$	$(8,0 \pm 0,1) \cdot 10^5$

способствует не только сохранению здоровья животных, но и защите ОС от загрязнения. Ни в одном из отобранных образцов почвы яйца гельминтов не были выявлены. Таким образом, по санитарно-паразитологическим показателям обследованные почвы можно отнести к чистым.

Заключение

Анализ результатов выполненных исследований свидетельствует о значительном свежем фекальном загрязнении как удобряемой обезвреженными навозными стоками пашни, так и прилегающих территорий. Обезврежи-

вание ЖФ в лагунах и внесение жидких органических удобрений буксируемой шланговой системой на значительную глубину не позволяет предотвратить перенос характерных для навоза сельскохозяйственных животных МО в окружающую среду. Показатели санитарно-гигиенического состояния обследованных участков почвы, расположенных на расстоянии 500 м от границ пашни, практически не отличались от соответствующих показателей удобряемых полей. Установленный факт свидетельствует о высокой степени риска биологического загрязнения территорий побочными продуктами животноводства. Для минимизации соответствующих рисков необходимо совершенствовать технологию обезвреживания и внесения ППЖ в почву, а также усилить санитарно-гигиенический контроль за состоянием почв, находящихся в зоне влияния животноводческих предприятий. Контроль биологического загрязнения почвы сельскохозяйственных и сопряжённых территорий является важной составляющей экологического мониторинга, поскольку почва относится к наиболее стабильным индикаторам загрязнения окружающей среды, а от её биобезопасности зависит эпидемическое и гигиеническое благополучие населения.

Литература

1. Сазанов А.В., Терентьев Ю.Н., Сырчина Н.В., Ашихмина Т.Я., Козвонин В.А. Производство биоорганических удобрений как направление реализации безотходных технологий в свиноводстве // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 85–90. doi: 10.25750/1995-4301-2017-3-085-090
2. Пилип Л.В., Сырчина Н.В., Козвонин В.А., Колеватых Е.П., Ашихмина Т.Я. Биологическое загрязнение пахотных земель отходами свиноводства // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 199–205. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-199-205
3. Heinonen-Tanski H., Mohaibes M., Karinen P., Koivunen J. Methods to reduce pathogen microorganisms in manure // Livestock science. 2006. V. 102. No. 3. P. 248–255. doi: 10.1016/j.livsci.2006.03.024
4. Бетин А.Н., Фролов А.И., Филиппова О.Б., Хализова З.Н. Утилизация навозных стоков животноводческих предприятий с целью улучшения экологии окружающей среды // Эффективное животноводство. 2021. № 6 (172). С. 96–98. doi: 10.24412/el-33489-2021-6-96-98
5. Пилип Л.В., Сырчина Н.В., Колеватых Е.П. Оценка безопасности восстановленной подстилки, полученной на фильтрационно-сушильной установке // Российский журнал прикладной экологии. 2023. № 1 (33). С. 45–51. doi: 10.24852/2411-7374.2023.1.45.51
6. Беззубов В.И., Петрушко А.С., Рудаковская И.И., Коломиец Э.И., Сверчкова Н.В., Красочко П.А. Биологическое обеззараживание навозных стоков свиноводческих комплексов // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2013. № 16 (2). С. 283–289.
7. Сырчина Н.В., Пилип Л.В., Колеватых Е.П., Ашихмина Т.Я., Кузнецов Д.А. Влияние гипохлорита натрия на микробиоту и запах навозных стоков // Поволжский экологический журнал. 2023. № 1. С. 107–116. doi: 10.35885/1684-7318-2023-1-107-116.e
8. Manyi-Loh C.E., Mamphweli S.N., Meyer E.L., Makaka G., Simon M., Okoh A.I. An overview of the control of bacterial pathogens in cattle manure // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2016. V. 13. No. 9. Article No. 843. doi: 10.3390/ijerph13090843
9. Tang M., Wu Z., Li W., Shoaib M., Aqib A.I., Shang R., Yang Z., Pu W. Effects of different composting methods on antibiotic-resistant bacteria, antibiotic resistance genes, and microbial diversity in dairy cattle manures // J. Dairy Sci. 2023. V. 106. No. 1. P. 257–273. doi: 10.3168/jds.2022-22193
10. Колеватых Е.П., Пилип Л.В., Сырчина Н.В., Козвонин В.А., Ашихмина Т.Я. Трансформация микробиоты отходов животноводства под влиянием химических реагентов для устранения запаха // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 159–165. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-159-165
11. Bicudo J.R., Goyal S.M. Pathogens and manure management systems: a review // Environ. Technol. 2003. V. 24. No. 1. P. 115–130. doi: 10.1080/09593330309385542
12. Paunova-Hubenova E.N., Trichkova-Kashamova E.D. Sustainable practices in contemporary livestock farming // Bulg. Chem. Commun. 2023. V. 55. No. 2. P. 108–116. doi: 10.34049/bcc.55.2.5560.
13. Тарасов С.И., Кравченко М.Е., Бужина Т.А. Мониторинг почв в хозяйствах индустриального животноводства // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса: монография. Суздаль-Иваново: ООО «ПресСто»; ФГБ НУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», 2022. С. 50–54.
14. Пилип Л.В. Анализ экологических рисков отрасли свиноводства в Кировской области // Вестник Вятской ГСХА. 2020. № 1 (3) [Электронный ресурс] <https://v-vgsha.info/2020/06/02/analiz-jekologicheskikh-riskov-otrasli-svinovodstva-v-kirovskoj-oblasti/> (Дата обращения: 21.11.2023).
15. Брюханов А.Ю., Васильев Э.В., Шалавина Е.В., Охтилев М.Ю., Коромысличенко В.Н. Инструмент для мониторинга экологического состояния и устойчивого развития сельскохозяйственного производства // Техника и технологии в животноводстве. 2023. № 1 (49). С. 78–84. doi: 10.22314/27132064-2023-1-78
16. Соколов М.С., Соколов Д.М. Санитарно-бактериологическая оценка почвы и органических удобрений // Агрохимия. 2014. № 5. С. 3–19.

17. МУК 4.2.3695-24. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы микробиологического контроля почвы. Методические рекомендации [Электронный ресурс] <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=118445> (Дата обращения: 07.03.2024).

18. Соколов М.С., Соколов Д.М., Тымчук С.Н., Ларин В.Е. Методология и показатели санитарно-микробиологического контроля безопасности почвы (аналитический обзор) // Биосфера. 2014. Т. 6. № 2. С. 158–169.

19. Методические указания по санитарно-микробиологическому исследованию почвы (утв. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР 19.02.1981 № 2293-81) [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/1200119846> (Дата обращения: 07.03.2024).

20. МУ 2.1.7.730.99. Гигиеническая оценка качества почвы населённых мест. Методические указания. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. 38 с.

21. Чернышева Е.В., Каширская Н.Н., Демкина Е.В., Коробов Д.С., Борисов Д.С. Термофильные микроорганизмы в почвах как результат хозяйственной деятельности человека в древности // Микробиология. 2019. Т. 88. № 5. С. 624–626. doi: 10.1134/S0026365619050045

22. Суранова Т.Г., Чикова С.С., Широков А.Ю., Никифоров В.В. Комплекс мероприятий, проводимых медицинской организацией по предупреждению заноса и распространения инфекционных болезней, вызывающих чрезвычайную ситуацию в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2015. № 2. С. 4–11.

23. Потехина Р.М., Трemasова А.М., Калимуллин Ф.Х., Милованкин Д.И., Бирюля В.В., Трemasов Ю.М., Сагдеева З.Х. Поражения желудочно-кишечного тракта у крупного рогатого скота грибами *Candida albicans* // Вестник КрасГАУ. 2022. № 12. С. 77–83. doi: 10.36718/1819-4036-2022-12-77-83

References

1. Sazanov A.V., Terentyev Yu.N., Syrchina N.V., Ashikhmina T.Ya., Kozvonin V.A. Production of bioorganic-mineral fertilizers as the direction of realization of wastefree technologies in pig-breeding // Theoretical and Applied Ecology. 2017. No. 3. P. 85–90 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2017-3-085-090

2. Pilip L.V., Syrchina N.V., Kozvonin V.A., Kolevatykh E.P., Ashikhmina T.Ya., Sazanov A.V. Biological contamination of arable land with pig waste // Theoretical and Applied Ecology. 2022. No. 3. P. 199–205 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-199-205

3. Heinonen-Tanski H., Mohaibes M., Karinen P., Koivunen J. Methods to reduce pathogen microorgan-

isms in manure // Livestock Science. 2006. V. 102. No. 3. P. 248–255. doi: 10.1016/j.livsci.2006.03.024

4. Betin A.N., Frolov A.I., Filippova O.B., Khalizova Z.N. Utilization of manure effluents of livestock enterprises in order to improve the ecology of the environment // Efficient Animal Husbandry. 2021. No. 6 (172). P. 96–98 (in Russian). doi: 10.24412/cl-33489-2021-6-96-98

5. Pilip L.V., Syrchina N.V., Kolevatykh E.P. Safety assessment of regenerated litter obtained at the filtration and drying plant // Russian Journal of Applied Ecology. 2023. No. 1 (33). P. 45–51 (in Russian). doi: 10.24852/2411-7374.2023.1.45.51

6. Bezzubov V.I., Petrushko A.S., Rudakovskaya I.I., Kolomiets E.I., Sverchkova N.V., Krasochko P.A. Biological decontamination of manure drains at pig farms // Actual problems of intensive development of animal husbandry. 2013. No. 16 (2). P. 283–289 (in Russian).

7. Syrchina N.V., Pilip L.V., Kolevatykh E.P., Ashikhmina T.Ya., Kuznetsov D.A. Effect of sodium hypochlorite on the microbiota and odor of manure effluents // Povolzhskiy J. of Ecology. 2023. No. 1. P. 107–116 (in Russian). doi: 10.35885/1684-7318-2023-1-107-116

8. Manyi-Loh C.E., Mamphweli S.N., Meyer E.L., Makaka G., Simon M., Okoh A.I. An overview of the control of bacterial pathogens in cattle manure // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2016. V. 13. No. 9. Article No. 843. doi: 10.3390/ijerph13090843

9. Tang M., Wu Z., Li W., Shoaib M., Aqib A.I., Shang R., Yang Z., Pu W. Effects of different composting methods on antibiotic-resistant bacteria, antibiotic resistance genes, and microbial diversity in dairy cattle manures // J. Dairy Sci. 2023. V. 106. No. 1. P. 257–273. doi: 10.3168/jds.2022-22193

10. Kolevatykh E.P., Pilip L.V., Syrchina N.V., Kozvonin V.A., Ashikhmina T.Ya. Transformation of the microbiota of animal husbandry waste under the influence of chemical reagents to eliminate odor // Theoretical and Applied Ecology. 2022. No. 4. P. 159–165 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-159-165

11. Bicudo J.R., Goyal S.M. Pathogens and manure management systems: a review // Environ. Technol. 2003. V. 24. No. 1. P. 115–130. doi: 10.1080/09593330309385542

12. Paunova-Hubenova E.N., Trichkova-Kashamova E.D. Sustainable practices in contemporary livestock farming // Bulg. Chem. Commun. 2023. V. 55. No. 2. P. 108–116. doi: 10.34049/bcc.55.2.5560

13. Tarasov S.I., Kravchenko M.E., Buzhina T.A. Soil monitoring in industrial livestock farms // Modern trends in scientific support of the agro-industrial complex. Suzdal-Ivanovo: LLC “PresSto”; FSB NU “Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center”, 2022. P. 50–54 (in Russian).

14. Pilip L.V. Analysis of ecological risks of the pig breeding industry in the Kirov region // Vestnik Vyatskoj GSHA. 2020. No. 1 (3) [Internet resource] <https://v-vgsha.info/2020/06/02/analiz-jekologicheskikh-riskov-otrasli>

svinovodstva-v-kirovskoj-oblasti/ (Accessed: 21.11.2023) (in Russian).

15. Bryukhanov A.Yu., Vasilev E.V., Shalavina E.V., Okhtilev M.Yu., Koromyslichenko V.N. An instrument for environmental state and agricultural production's sustainable development monitoring // Machinery and technologies in livestock. 2023. No. 1 (49). P. 78–84 (in Russian). doi: 10.22314/27132064-2023-1-78

16. Sokolov M.S., Sokolov D.M. Sanitary-bacteriological evaluation of soils and organic fertilizers // Agrokhimiya. 2014. No. 5. P. 3–19 (in Russian).

17. МУСК 4.2.3695-21. Control methods. Biological and microbiological factors. Methods of microbiological control of soil. Methodological recommendations [Internet resource] <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=118445> (Accessed: 07.03.2024) (in Russian).

18. Sokolov M.S., Sokolov D.M., Tymchuk S.N., Larin V.E. Methodology and parameters used in sanitary microbiological control of soil safety (analytical review) // Biosphere. 2014. V. 6. No. 2. P. 158–169 (in Russian).

19. Methodological guidelines for sanitary and microbiological examination of soil (approved by the Deputy Chief State Sanitary Doctor of the USSR 19.02.1981

No. 2293-81) [Internet resource] <https://docs.cntd.ru/document/1200119846> (Accessed: 07.03.2024) (in Russian).

20. МУ 2.1.7.730.99. Hygienic evaluation of soil in residential areas. Methodological guidelines. Moskva: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of the Russian Federation, 1999. 38 p. (in Russian).

21. Chernyshova E.V., Kashirskaya N.N., Demkina E.V., Korobov D.S., Borisov A.V. Thermophilic microorganisms in soils as a result of ancient human activity // Microbiology. 2019. V. 88. No. 5. P. 646–648 (in Russian). doi: 10.1134/S0026365619050045

22. Suranova T.G., Chikova S.S., Shirokov A.Yu., Nikiforov V.V. A set of activities being implemented by the medical organization to prevent the carrying and spread of infectious diseases, which give rise an emergency situation in the field of sanitary and epidemiological welfare of the population // Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. 2015. No. 2. P. 4–11 (in Russian).

23. Potekhina R.M., Tremasova A.M., Kalimullin F.Kh., Milovankin D.I., Biryulya V.V., Tremasov Yu.M., Sagdeeva Z.Kh. Gastrointestinal tract lesions in cattle by *Candida albicans* fungi // Bulliten of KrasSAU. 2022. No. 12. P. 77–83 (in Russian). doi: 10.36718/1819-4036-2022-12-77-83