

УДК 631.584.9

Н. В. Маслова¹,
Ж. Ю. Кочетова²,
С. С. Маслова¹

Оценка влияния типового свиноводческого комплекса на загрязнение депонирующих сред прилегающих территорий

¹ФГОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Российская Федерация

e-mail: maslovanatv@mail.ru

²Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Российская Федерация

e-mail: zk_vva@mail.ru

Аннотация. В качестве индикаторов долгосрочности и интенсивности загрязнения грунтов на прилегающих к свиноводческим комплексам территориях предлагается определять содержание в них нитратов, нитритов и изменение рН среды. Установлена сильная отрицательная связь между накоплением в грунтах нитратов и показателем их кислотности. Щелочная реакция приповерхностного слоя почв и повышенное содержание в них нитритов свидетельствуют о «свежем» загрязнении навозом

Ключевые слова: свиноводческие комплексы, загрязнение почв, нитраты, нитриты, ресурсный подход, рН почв

Введение

Программа решения продовольственной проблемы и импортозамещения в Российской Федерации направлена на развитие крупных свиноводческих комплексов. За пять лет количество свиней в хозяйствах всех категорий увеличилось на 12,7% и в 2019 году составило 46,5 млн голов. Анализ долгосрочных прогнозов показывает увеличение за ближайшие 10 лет — на 36,1% [1]. Функционирование свиноводческих комплексов приводит к изменению экологической ситуации на прилегающих к ним территориях, ухудшению здоровья населения. К основным химическим загрязнителям комплексов относятся диоксид углерода, сероводород, метан и аммиак, которые переносятся атмосферным воздухом на значительные расстояния и загрязняют почву, воды [2, 3].

Для получения максимальной выгоды свиноводческие комплексы содержат больше свиней, чем планировалось при проектировании. Очистные сооружения, рассчитанные на определенную мощность, не справляются с повышенным содержанием отходов. Наиболее разумным способом применения навоза является удобрение пастбищ и посевов растений. Однако в районах с интенсивным свиноводством могут возникать проблемы с надлежащим управлением большими объемами свиного навоза, так как его производство превышает посевные площади обрабатываемых земель. Лишь 16% навоза используется в качестве

удобрений в сельскохозяйственном производстве, остальное количество накапливается, вызывая загрязнение окружающей среды [4].

Сбор и хранение навоза, его подготовка и транспортирование на поля зачастую на большие расстояния требуют высоких затрат. В связи с этим участились случаи несанкционированной свалки отходов в непосредственной близости от комплексов, при этом загрязняются естественные водоемы, лесопосадки, леса, луга. За последний год резко возросло число публикаций, свидетельствующих о варварском отношении недобросовестных производителей к природе [2, 3, 5–7].

Организация систематического экологического мониторинга территорий воздействия на объекты окружающей среды от многочисленных крупных и мелких свиноводческих хозяйств по всем основным загрязнителям требует высоких затрат, наличия специализированных лабораторий и высококвалифицированных сотрудников. В настоящее время отдельные исследования проводятся уже постфактум, когда проявляются явные признаки загрязнения почв, рек, питьевой воды. Целью таких исследований является начисление штрафных санкций недобросовестным предпринимателям, при этом не разрешается противоречие, возникающее между получением высоких прибылей от свиноводческих хозяйств и обеспечением экологической безопасности прилегающих к ним территорий. Поэтому актуальна разработка экономичных подходов к экологическому мониторингу территорий свиноводческих комплексов, позволяющих по нескольким показателям с некоторой постоянной периодичностью оценивать интенсивность и время воздействия загрязнителей, прогнозировать развитие экологической ситуации и своевременно предпринимать меры по сокращению выбросов и ликвидации их последствий.

Цель работы — исследовать влияние типового свиноводческого комплекса на латеральное и вертикальное распределение концентраций нитратного и нитритного азота в депонирующих средах и оценить возможность применения этих показателей в качестве индикаторов интенсивности и длительности воздействия комплексов на окружающую среду.

Материалы и методы

Исследования проводили на прилегающих территориях к современному свиноводческому комплексу Белгородской области. Отбирали пробы поверхностного слоя почв в 10 контрольных точках на расстоянии 30–200 м от комплекса. Для исследования фильтрации нитратного азота в местах несанкционированных свалок навоза и на относительно незагрязненном участке было заложено три разреза на глубину до 1,5 м с шагом 0,2 м. Схема типичного свиноводческого комплекса и точки отбора проб представлены на рисунке 1.

По стандартным методикам устанавливали преобладающий тип и плотность почвы (грунта) в каждой отобранной пробе [8, 9]. Концентрацию нитратов и нитритов в почвах определяли спектрофотометрическим методом; кислотность солевой вытяжки из почв устанавливали с применением рН-метра [10, 11]. Экологическое состояние территорий оценивали путем сравнения фактического содержания загрязнителей в поверхностном слое почв с их предельно допустимыми концентрациями (ПДК). Для нитратов ПДК в почвах составляет 130 мг/кг. Несмотря

на то, что нитриты более опасны, чем нитраты, в грунтах их ПДК не установлено. Из-за малого содержания нитрит-ионов в почвах их, как правило, определяют суммарно с нитратами в пересчете на NO_3^- .

Принятая на сегодняшний день оценка загрязнения почв (грунтов) критикуется во многих научных работах, так как установленные ПДК отражают содержание загрязняющего вещества по отношению к единице массы почвы (мг/кг), тогда как истинные почвенно-экологические характеристики должны показывать реальное содержание вещества во всем корнеобитаемом слое (до 1 м) [12, 13]. Так, из формулы (1) следует, что в торфе или подстилке с невысокой плотностью ($d = 0,3-0,5 \text{ г/см}^3$) при одной и той же массе загрязнителя его концентрация будет существенно выше, чем в минеральной почве с плотностью $d = 1,3-1,5 \text{ г/см}^3$:

$$ЗЗВ = C \cdot d \cdot h, \quad (1)$$

где $ЗЗВ$ — запас загрязняющих веществ в толще грунта (г/м^2); d — средняя плотность грунта (г/см^3); h — высота толщи грунта (м).

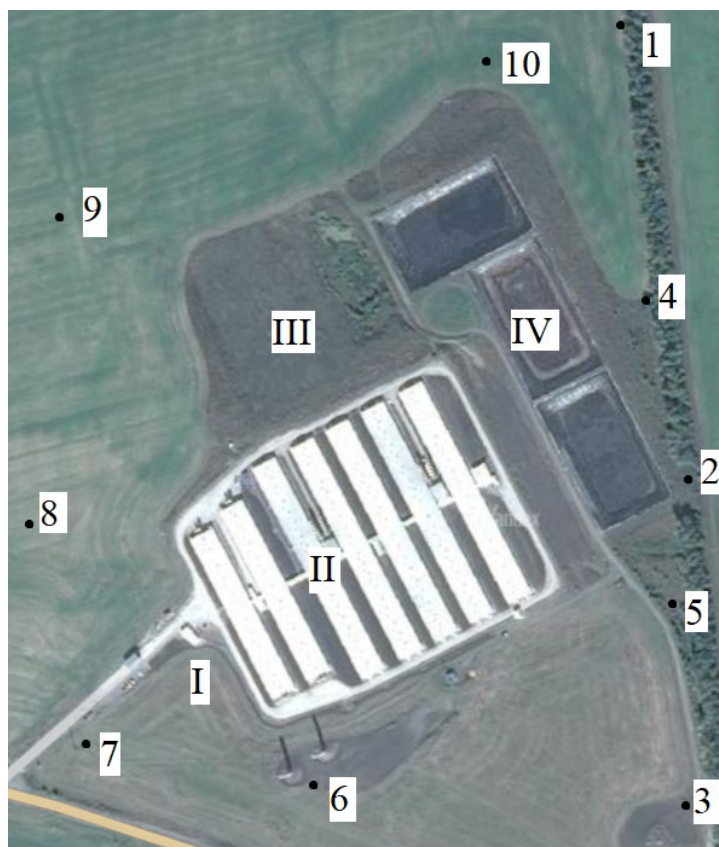


Рис. 1. Структура типичного свиноводческого комплекса; картографическая схема отбора проб: I — административные и вспомогательные постройки, II — помещения для содержания свиней, III — вольер для выгула животных, IV — лагуны для жидкой фракции навоза; 1–10 — точки отбора поверхностного слоя почвы, 1–3 — точки отбора грунтов глубиной до 1,3 м.

Составлено авторами

Результаты и обсуждение

Результаты исследований загрязнения поверхностного слоя почв на прилегающей к свиноводческому комплексу территории приведены в таблице 1.

В поверхностном слое почв органический азот в экскрементах животных микробиологически разлагается с образованием аммиака. В почве ионы аммония участвуют в процессах выщелачивания, сорбции и нитрификации. В присутствии кислорода нитрифицирующие бактерии преобразуют аммиак в нитриты, а затем в нитрат-ионы. В процессе нитрификации потребляется кислород и понижается кислотность грунтов. Таким образом, содержание нитрат- и нитрит-ионов в почвах и, как следствие, изменение их кислотности являются индикатором интенсивности и давности воздействия свиноводческих комплексов на депонирующие среды. Изменение pH в кислую сторону при высоком содержании нитратов в грунтах объясняется снижением концентрации кислорода в процессе нитрификации.

Таблица 1
Кислотно-основные свойства и загрязнение поверхностного слоя почв нитратами и нитритами

| Точка отбора пробы | Преобладающий тип почвы. Визуальные признаки загрязнения | Единицы pH | Концентрация в почве, мг/кг | |
|--------------------|----------------------------------------------------------|------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | NO ₃ ⁻ | NO ₂ ⁻ |
| 1 | Серая лесная. Старая свалка | 5,3±0,1 | 103,36±22,74 | 0,109±0,044 |
| 2 | Серая лесная. Свежая свалка | 7,5±0,1 | 21,90±4,82 | 8,56±3,44 |
| 3 | Серая лесная. Чистая почва | 5,9±0,1 | 25,66±5,65 | менее 0,037 |
| 4 | Серая лесная. Чистая почва | 6,7±0,1 | 26,76±5,89 | 0,20±0,08 |
| 5 | Серая лесная. Свежая свалка | 6,6±0,1 | 5,73±1,26 | 1,42±0,57 |
| 6 | Чернозем. Свежая свалка | 5,6±0,1 | 60,16±13,24 | 0,042±0,017 |
| 7 | Песок. Чистый | 6,7±0,1 | 12,83±2,82 | 0,062±0,025 |
| 8 | Чернозем. Чистый | 6,7±0,1 | 15,11±3,32 | 0,26±0,06 |
| 9 | Чернозем. Чистый | 6,6±0,1 | 17,25±3,78 | 0,30±0,06 |
| 10 | Чернозем. Чистый | 6,7±0,1 | 18,82±4,14 | 0,59±0,19 |

Составлено авторами.

Высокое содержание нитратного азота и кислая среда поверхностного слоя почв в первой точке отбора проб свидетельствуют о старом загрязнении. Такие значения получены в почве лесополосы, находящейся в 150 м от комплекса, где была произведена несанкционированная свалка отходов жизнедеятельности свиней более года назад. Повышенное содержание нитратного азота и кислая среда отмечаются и в точке отбора проб 6, где на протяжении длительного периода времени происходит периодическое загрязнение почв смывными водами.

Почвы во второй контрольной точке значительно отличаются от остальных по показателю кислотности сдвигом в щелочную сторону. Как было отмечено, щелочную реакцию почвам сообщают ионы аммония NH₄⁺ — индикаторы «свежего» загрязнения, которые на данном этапе трансформации продуктов жизнедеятельности свиней только частично преобразовались в нитриты и нитраты. Тому подтверждение — максимальное содержание NO₂⁻-ионов при относительно низком значении концентрации нитратного азота в поверхностном слое почвы.

Анализ поверхностного слоя чернозема (точки отбора проб 8–10) на расстоянии 30–100 м от комплекса также показал повышенное содержание нитритов при относительно низкой концентрации нитратного азота. Содержание нитритов в поверхностном слое чернозема увеличивается по мере приближения к комплексу, что дает основание предположить постоянный атмосферный перенос загрязнителей, накопление их в почвах с последующей трансформацией и медленной фильтрацией в нижние слои горизонта.

Ни в одной точке отбора проб поверхностного слоя почв превышения ПДК по нитратам не зафиксировано.

Профильное загрязнение грунтов свиноводческих комплексов изучено мало. Есть данные о том, что основной загрязнитель почв, прилегающих к свиноводческим комплексам территорий, — нитратный азот — может содержаться на глубине 10 м и более [14]. Высокая подвижность нитратных форм азота объясняется тем, что они практически не поглощаются частицами почв (грунтов) и легко вымываются атмосферными осадками и поливными водами. Изучено также влияние сорбционной способности почв (грунтов) на накопление в них азотсодержащих ионов [15, 16]. С увеличением размера коллоидных частиц содержание сорбированных ионов убывает, максимальное их количество концентрируется в глинистой фракции почв, особенно в илистом компоненте, тогда как в песчаной фракции, состоящей преимущественно из полевых шпатов и кварца, оно значительно меньше.

В таблице 2 представлены измеренные плотность, рН, уровни загрязнения нитратами и нитритами депонирующих сред в четырех срезах грунтов. Точки 1–3 и 9 для профильного исследования грунтов выбраны по внешним признакам с учетом различной давности и интенсивности загрязнения этих участков, а так же по результатам анализа поверхностных слоев почв.

В исследуемых профилях грунтов установлено два геохимических барьера: 1) на глубине 0,4–0,6 м (1, 2 разрезы); на высоте 0,2–0,4 м (3, 4); 2) на глубине 1,5 м для всех исследуемых профилей. Верхняя часть почв рыхлая, легкая, что обусловлено высоким содержанием в ней органических веществ. Первый геохимический барьер обусловлен наличием глинистых частиц в грунтах; второй представляет собой иллювиально-оглиненный горизонт темно-бурой окраски постепенно переходящей к желтому цвету, увлажненный, тяжелосуглинистый, плотный. На всех геофизических барьерах происходит накопление нитратного азота, что согласуется с известными данными [15].

Таблица 2

Плотность, кислотно-основные свойства и загрязнение почв нитратами и нитритами на различной глубине профиля

| h, м | 0 – 0,2 | 0,2 – 0,4 | 0,4 – 0,6 | 0,6 – 0,8 | 0,8 – 1,0 | 1,1 – 1,3 | 1,3 – 1,5 |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|------------|--------------------|------------|-----------|-----------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| <i>Разрез 1 (высокий уровень загрязнения, старое загрязнение)</i> | | | | | | | |
| d, мг/см ³ | 1,02±0,02 | 1,37±0,02 | 1,45±0,02 | 1,38±0,02 | 1,44±0,02 | 1,47±0,02 | 1,58±0,02 |
| рН | 5,3±0,1 | 5,2±0,1 | 5,2±0,1 | 5,5±0,1 | 5,9±0,1 | 6,0±0,1 | 6,1±0,1 |
| NO ₃ ⁻ , мг/кг | 103,3±22,7 | 109,4±24,1 | 148,0±32,66 | 116,9±25,7 | 77,8±17,1 | 63,4±13,9 | 66,2±14,5 |
| NO ₂ ⁻ , мг/кг | 0,109±0,044 | -* | - | - | - | - | - |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|------------------|
| <i>Разрез 2 (высокий уровень загрязнения, свежее повторное загрязнение)</i> | | | | | | | |
| d, мг/см ³ | 1,22±0,02 | 1,39±0,02 | 1,50±0,02 | 1,44±0,02 | 1,40±0,02 | 1,39±0,02 | 1,60±0,02 |
| pH | 7,5±0,1 | 6,4±0,1 | 5,4±0,1 | 5,5±0,1 | 5,9±0,1 | 6,0±0,1 | 6,1±0,1 |
| NO ₃ ⁻ , мг/кг | 21,90±4,82 | 42,67±9,39 | 162,0±36,7 | 122,1±27,2 | 84,2±13,1 | 68,4±10,4 | 74,3±14,2 |
| NO ₂ ⁻ , мг/кг | 8,56±3,44 | 0,50±0,20 | - | - | - | - | - |
| <i>Разрез 3 (относительно чистый участок в лесополосе)</i> | | | | | | | |
| d, мг/см ³ | 1,01±0,02 | 1,49±0,02 | 1,44±0,02 | 1,38±0,02 | 1,38±0,02 | 1,39±0,02 | 1,57±0,02 |
| pH | 5,9±0,1 | 5,8±0,1 | 6,0±0,1 | 6,0±0,1 | 6,1±0,1 | 7,5±0,1 | 7,5±0,1 |
| NO ₃ ⁻ , мг/кг | 25,66±5,65 | 47,1±10,3 | 22,53±4,96 | 7,21±1,59 | 6,68±1,47 | 8,50±1,87 | 11,2±2,4 |
| NO ₂ ⁻ , мг/кг | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Разрез 4 (относительно чистый участок в поле)</i> | | | | | | | |
| d, мг/см ³ | 1,24±0,02 | 1,46±0,02 | 1,38±0,02 | 1,36±0,02 | 1,36±0,02 | 1,39±0,02 | 1,60±0,02 |
| pH | 6,6±0,1 | 5,7±0,1 | 5,9±0,1 | 6,0±0,1 | 6,4±0,1 | 7,5±0,1 | 7,5±0,1 |
| NO ₃ ⁻ , мг/кг | 17,25±3,78 | 26,33±5,32 | 16,42±3,01 | 5,76±1,30 | 4,27±1,22 | 4,86±1,34 | 9,44±2,15 |
| NO ₂ ⁻ , мг/кг | 0,30±0,06 | - | - | - | - | - | - |
| * концентрация нитритов ниже предела обнаружения метода (менее 0,037 мг/кг) | | | | | | | |

Составлено авторами

Исследование вертикального распределения нитратов в грунтах позволило выявить высокое их содержание во втором разрезе, где визуально предполагался «свежий» сброс продуктов жизнедеятельности свиней. Высокое содержание нитритов на поверхности почвы и щелочная среда в совокупности с высоким содержанием нитратов и кислой средой на глубине разреза позволяет сделать вывод, что несанкционированный сброс отходов во 2 контрольной точке происходит не впервые.

Превышение ПДК нитратов выявлено в первых двух разрезах грунтов на первом геохимическом барьере. В разрезах 3 и 4 на глубине 0,2–0,4 м отмечается повышенная, но не превышающая нормативы концентрация нитратов, что свидетельствует об антропогенном загрязнении грунтов, вызванным атмосферным переносом аммиака от свиноводческого комплекса и несанкционированных свалок и дальнейшем его преобразовании в нитриты и нитраты в верхних слоях почвы. В черноземе на расстоянии 300 м от свиноводческого комплекса на геохимических барьерах установлено минимальное накопление нитратного азота, не оказывающее негативное воздействие на посевы [17, 18].

Для объективной оценки загрязнения толщи грунтов применен ресурсный подход: рассчитаны по формуле 1 запасы нитратов на различной глубине грунтов с учетом плотности и толщи каждого исследуемого слоя. Концентрационное распределение нитратов по высоте грунтов представлено на рисунке 2.

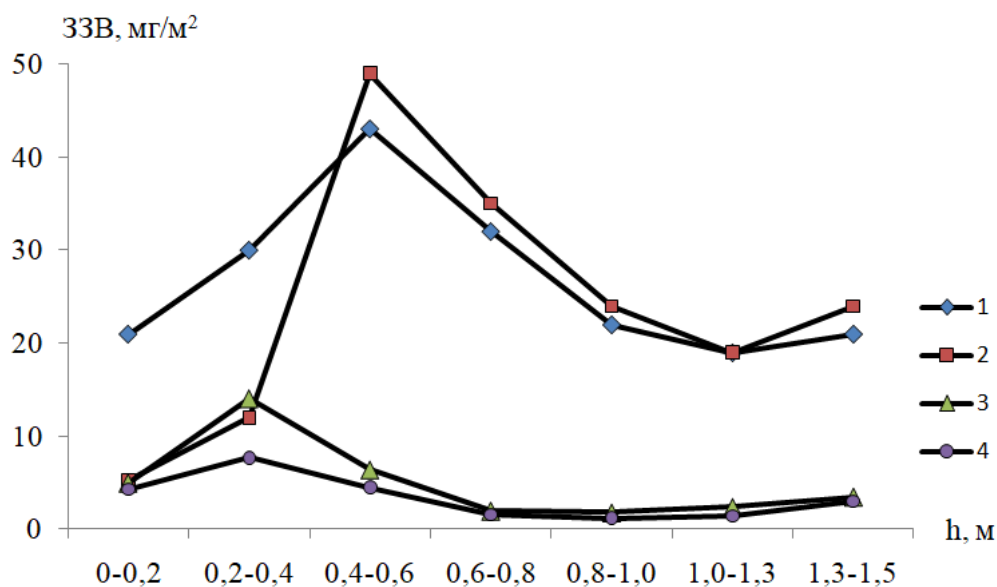


Рис. 2. Запас нитратов по высоте грунта в разрезах 1–4.
Составлено авторами.

Ресурсный подход позволяет оценивать реальное экологическое загрязнение депонирующих сред и проводить сравнительную оценку состояния различных типов почв (грунтов) с учетом их плотности. Для оценки профильного загрязнения грунтов рассчитанные запасы нитратов на разных глубинах сопоставляли с логическими функциями:

- ЗЗВ (0,7 м) < 1/2 ЗЗВ (1,5 м) — глубокопрофильное загрязнение;
- ЗЗВ (0,4 м) < 1/2 ЗЗВ (0,8 м) — среднепрофильное загрязнение;
- ЗЗВ (0,2 м) < 1/2 ЗЗВ (0,5 м) — неглубокопрофильное загрязнение;
- в остальных случаях — поверхностное загрязнение.

Установлено поверхностное загрязнение нитратным азотом грунтов в точках отбора 1, 3 и 9. Для второго среза грунтов концентрационное распределение нитратов характеризуется как среднепрофильное, что свидетельствует о длительном постоянном загрязнении почв, угрозе фильтрации нитратов в нижние слои горизонта и загрязнения ими грунтовых вод.

Для оценки влияния содержания нитратов в почвах на их рН рассчитан коэффициент ранговой корреляции Спирмена R_s , который используют для установления тесноты связи между выборками, с отличным от нормального распределением [19]. При длине ряда 35, значимости коэффициента корреляции 0,05 получена сильная обратная связь между исследуемыми признаками, $R_s = 0,77$.

Выводы

Профильная оценка распределения запаса нитратов в толще грунтов и, как следствие, уменьшение их рН, являются индикаторами долгосрочного воздействия свиноводческих комплексов на депонирующие среды прилегающих территорий. Оценка загрязнения различных по природе и интенсивности загрязнения разрезов грунтов позволила установить низкое негативное воздействие комплекса при условии соблюдения всех технологических норм. Превышающие нормативы

содержания нитратов зафиксированы только в местах несанкционированных свалок навоза, причем повторное интенсивное загрязнение грунтов приводит к накоплению нитратного азота на нижних геохимических барьерах, что в ближайшей перспективе может привести к загрязнению грунтовых вод. Для достижения баланса между экономикой, экологией и социальным аспектом необходимы постоянное техническое обновление свиноводческих комплексов, применение современных планировочных и технико-технологических решений, разработка новых санитарных норм, тесное взаимодействие контролирующих органов с общественными экологическими организациями.

Литература

1. Скопинцева Е. Год от года устойчиво растет количество свиней на убой // Экономика и жизнь. 2019. № 12 (9778) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.eg-online.ru/article/396719/> (Дата обращения 15.01.2020).
2. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Экологическая проблема отрасли свиноводства // Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции Аграрная наука — сельскому хозяйству. 2019. С. 193–196.
3. Свинарев И. Ю., Сквороднева Н. К. Влияние промышленного свиноводства на благосостояние жизни людей и животных // Эффективное животноводство. 2018. № 8 (147). С. 68–71.
4. Афанасьев А. В. Анализ технологий переработки навоза и помета // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации и животноводства. 2012. № 4 (8). С. 28–35.
5. Киселев В. В., Корнилов А. Г. Геоэкологические аспекты развития современного интенсивного свиноводства на территории Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2019. Т. 43. № 1. С. 98–108.
6. Брюханов А. Ю., Шалавина Е. В., Воробьева Е. А., Васильева Н. С., Минин В. Б. Экологическое состояние животноводства и птицеводства Ленинградской области // Технологии и технические средства механизированного производства продуктов растениеводства и животноводства. 2019. № 3. С. 121–130.
7. Рязанов А. В., Можаров А. В., Завершинский А. Н. Анализ экологических последствий развития животноводства на территории Тамбовской области // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 6-2 (60). С. 127–129.
8. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. М.: Стандартинформ, 2013. 32 с.
9. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартинформ, 2019. 20 с.
10. ГОСТ 53219-2008. Качество почвы. Определение содержания нитратного азота, аммонийного азота и общего азота в воздушно-сухих почвах с помощью хлорида кальция в качестве экстрагирующего вещества. М.: Стандартинформ, 2009. 14 с.
11. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH по методу ЦИНАО. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 3 с.
12. Смагин А.В., Шоба С.А., Макаров О.А. Экологическая оценка почвенных ресурсов и технологии их воспроизводства (на примере г. Москва). М.: Московский университет, 2008. 360 с.
13. Kochetova Z. Y., Bazarskii O. V., Maslova N. V. Filtration of heavy metals in soils with different degrees of urbanization and technologic load // Russian Journal of General Chemistry. 2018. Vol. 88. No 13. pp. 2990–2996.

14. Вальков В. Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Экология почв: учебное пособие. Ч. 3. Загрязнение почв. Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ. 2003. 54 с.
15. Афанасьев Р. А., Белоусова К. В., Литвинский В. А., Родионова Л. П. Сорбция аммонийного азота почвами и грунтами различного гранулометрического состава // Проблемы агрохимии и экологии. 2016. № 3. С. 26–29.
16. Кидин В. В. Система удобрения: учебник. М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. 532 с.
17. Завалин А. А., Соколов О. А. Коэффициент использования растениями азота удобрений и его регулирование // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 4 (370). С. 71–75.
18. Попова Е. Н., Семенов С. Н. Влияние антропогенного азота на продуктивность сельскохозяйственных растений // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2003. Т. 19. С. 180–199.
19. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие. М.: Высшая школа, 2004. 479 с.

N. Maslova¹,
Z. Kochetova²,
S. Maslova¹

Estimation of profile soil pollution in case of unauthorized disposal of waste of pig-breeding complex

¹Voronezh State University of Engineering Technologies,
Voronezh, Russian Federation
e-mail: maslovanatv@mail.ru

²Military Educational and Scientific Center of the Air Force
“Air Force Academy named after Professor N. Ye. Zhukovsky
and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russian Federation
e-mail: zk_yva@mail.ru

Abstract. *As indicators of the long-term and intensity of soil contamination in the territories adjacent to pig-breeding complexes, it is proposed to determine the content of nitrates, nitrites and changes in the pH of the environment. A strong negative relationship was established between the accumulation of nitrates in the soil and the indicator of their acidity. The alkaline reaction of the near-surface layer of soils and the increased content of nitrites in them indicate «fresh» contamination with manure*

Keywords: *pig breeding complexes, soil pollution, nitrates, nitrites, resource approach, soil pH.*

References

1. Skopintseva E. From year to Year, steadily increasing the number of pigs for slaughter. *Ekonomika i zhizn'*. 2019. No. 12 (9778) [Internet resource] <https://www.eg-online.ru/article/396719/> (reference date: 15.01.2020). (in Russian)
2. Pilip L. V., Syrchina N. V. Ecological problem of the pig industry. *Sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konfe-rentsii Agrarnaya nauka — sel'skomu khozyaystvu*. 2019. pp. 193–196. (in Russian)
3. Svinarev I. Yu., Skovorodneva N. K. Influence of industrial pig farming on the well-being of people and animals. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. 2018. No. 8 (147). pp. 68–71. (in Russian)

4. Afanas'yev A. V. Analysis of technologies for processing manure and manure // Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii i zhivotnovodstva. 2012. No. 4 (8). pp. 28–35. (in Russian)
5. Kiselev V. V., Kornilov A. G. Geocological aspects of the development of contemporary intensive pig farming in the Belgorod region. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2019. Vol. 43. No. 1. pp. 98–108. (in Russian)
6. Bryukhanov A. Yu., Shalavina E. V., Vorob'yeva E. A., Vasil'yeva N. S., Mi-nin V. B. Ecological state of animal husbandry and poultry farming in the Leningrad region. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva. 2019. No. 3. P. 121–130. (in Russian)
7. Ryazanov A. V., Mozharov A. V., Zavershinskiy A. N. Analysis of the environmental consequences of livestock development in the Tambov region // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2017. No. 6–2 (60). pp. 127–129. (in Russian)
8. GOST 25100-2011. Grunty. Klassifikatsiya. M.: Standartinform, 2013. 32 p. (in Russian).
9. GOST 5180-2015. Soils. Methods for laboratory determination of physical characteristics. M.: Standartinform, 2019. 20 p. (in Russian)
10. GOST 53219-2008. Quality of soil. Determination of the content of nitrate nitrogen, ammonium nitrogen and total nitrogen in air-dry soils with the use of calcium chloride as an extraction agent. M.: Standartinform, 2009. 14 p. (in Russian)
11. GOST 26483-85. Soils. Preparation of salt extract and determination of pH using the tsinao method. M.: Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam, 1985. 3 p. (in Russian)
12. Smagin A. V., Shoba S. A., Makarov O. A. Ecological assessment of soil resources and technologies of their reproduction (for example, Moscow). M.: Moskovskiy universitet, 2008. 360 p. (in Russian)
13. Kochetova Z. Y., Bazarskii O. V., Maslova N. V. Filtration of heavy metals in soils with different degrees of urbanization and technologic load. Russian Journal of General Chemistry. 2018. Vol. 88. No 13. pp. 2990–2996. (in Russian)
14. Val'kov V. F., Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I. Soil Ecology: a textbook. Part 3. Soil contamination. Rostov-na-Donu: UPL RGU. 2003. 54 p. (in Russian)
15. Afanas'yev R. A., Belousova K. V., Litvinskiy V. A., Rodionova L.P. Sorption of ammonium nitrogen by soils and soils of different granulometric composition. Problemy agrokhimii i ekologii. 2016. No. 3. pp. 26–29. (in Russian)
16. Kidin V. V. Fertilizer System: textbook. M.: RGAU-MSKha im. K. A. Timiryazeva, 2011. 532 p. (in Russian)
17. Zavalin A. A., Sokolov O. A. Coefficient of use of nitrogen fertilizers by plants and its regulation. Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal. 2019. No. 4 (370). pp. 71–75. (in Russian)
18. Popova E. N., Semenov S. N. Influence of anthropogenic nitrogen on the productivity of agricultural plants. Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. 2003. Vol. 19. pp. 180–199. (in Russian)
19. Gmurman V. E. Probability Theory and mathematical statistics: a textbook. M.: Vysshaya shkola, 2004. 479 p. (in Russian)

Поступила в редакцию 16.02.2021 г.