

УДК [632.155:631.861]:556.388

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КУРИНОГО ПОМЕТА

Т. Ф. ПЕРСИКОВА, Т. Н. МЫСЛЫВА, М. В. ЦАРЕВА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: persikova52@rambler.ru, byrty41@yahoo.com

(Поступила в редакцию 06.03.2018)

Дана оценка и прогноз влияния применения куриного помета на соломенной подстилке при выращивании зерновых и кукурузы в дозах 40 и 80 т/га соответственно на качество подземных и поверхностных вод в бассейне реки Западная Двина. Результаты исследований, проведенные в ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика», свидетельствуют о том, что использование куриного помета в дозах 40 и 80 кг/га не является источником загрязнения подземных вод соединениями азота: содержание аммонийного азота в воде шахтных колодцев не превышало 0,1–0,5 ПДК, а содержание нитратного азота – 0,1–0,9 ПДК. Однако применение данного вида удобрения вызывает загрязнение подземных вод Pb на уровне 1,6–2,2 ПДК и Cd на уровне 2,1–3,8 ПДК. В пределах территории, прилегающей к сельскохозяйственным угодьям, на которой в качестве удобрения используется куриный помет, существует вероятность загрязнения подземных грунтовых вод кадмием на уровне 2,0–3,5 ПДК в пределах северо-восточной части, а на уровне 1–2 ПДК – в пределах юго-западной части бассейна р. Западная Двина. Вероятность загрязнения подземных грунтовых вод свинцом на уровне до 0,8 ПДК существует в пределах практически всей исследуемой территории бассейна р. Западная Двина, а вероятность загрязнения воды Fe, Mn, Cu, Zn, Mo и Co является низкой.

Ключевые слова: подземные и поверхностные воды, загрязнение, куриный помет, тяжелые металлы, микроэлементы.

We have estimated and forecast the influence of the use of chicken manure on straw bedding for growing grain and maize in doses of 40 and 80 t / ha, respectively, on the quality of underground and surface water in the Western Dvina river basin. The results of studies conducted at ОАО "Vitebsk Broiler Poultry Plant" indicate that the use of chicken manure in doses of 40 and 80 kg / ha is not a source of groundwater pollution with nitrogen compounds: the content of ammonium nitrogen in the water of mine wells did not exceed 0.1–0.5 MPC, and the content of nitrate nitrogen was 0.1–0.9 MPC. However, the use of this type of fertilizer causes pollution of groundwater with Pb at a level of 1.6–2.2 MPC and Cd at a level of 2.1–3.8 MPC. Within the territory adjacent to agricultural land, in which chicken manure is used as fertilizer, there is a probability of contamination of groundwater with cadmium at the level of 2.0–3.5 MPC in the north-eastern part, and at the level of 1–2 MPC within the southwestern part of the basin of the Western Dvina. The probability of contamination of groundwater with lead up to 0.8 MPC exists within almost the entire study area of the basin of the Western Dvina, and the probability of water pollution by Fe, Mn, Cu, Zn, Mo and Co is low.

Key words: underground and surface water, pollution, chicken dung, heavy metals, trace elements.

Введение

Птицеводческая отрасль является одной из важнейших в сельскохозяйственном производстве Беларуси. В структуре производства мяса в республике свыше 36 % приходится на мясо птицы; из них 93 % составляет производство мяса бройлеров [4]. Однако наращивание мощностей в птицеводстве и увеличение объемов производства неизбежно влекут за собой и увеличение объемов образования многотоннажных производственных отходов, в частности птичьего помета. При существующей структуре, численности и технологии кормления птиц птицеводческая отрасль страны обеспечивает ежегодный объем образования экскрементов на уровне 12 % от всей животноводческой отрасли [2]. Несанкционированные свалки и места хранения таких отходов – реальные источники образования зон экологического неблагополучия для ближайших населенных пунктов, почвенного покрова и водных объектов [5].

В условиях постоянного удорожания энергоресурсов, сырья для производства минеральных удобрений и наличия острого дефицита традиционных органических удобрений одним из эффективных путей утилизации куриного помета является применение их в качестве органических удобрений [10]. Традиционно считается, что органические удобрения являются менее концентрированными по содержанию токсикантов и более экологически безопасными по сравнению с удобрениями минеральными. Однако, следует учитывать тот факт, что органические удобрения применяются в гораздо более высоких дозах, особенно в зонах влияния предприятий промышленного птицеводства [3]. Кроме того, в птичьем помете содержатся тяжелые металлы, биостимуляторы, добавляемые в корм птицам, средства для очистки помещений, яйца гельминтов, микроорганизмы, которые попадают в окружающую среду и приводят к ее загрязнению. Так, среднее содержание микроэлементов и тяжелых металлов в помете птиц, в пересчете на 20 % сухого вещества составляет: бора – 5,0–8,2 мг/кг, меди – 6,7–16,7 мг/кг, марганца – 35,5–91,6 мг/кг, молибдена – 0,25–0,36 мг/кг, цинка – 51,5–127,8 мг/кг, железа – 273,7–601,9 мг/кг [12]. Поверхностные и подземные воды являются средой, в которую наиболее вероятно поступление загрязняющих веществ. Однако

несмотря на общепризнанную эффективность и целесообразность использования куриного помета в качестве источника органических удобрений, вопросы оценки его влияния на качество поверхностных и подземных вод на территории Беларуси являются недостаточно изученными.

Цель исследований – оценка воздействия куриного помета на соломенной подстилке в дозах 40 и 80 т/га при выращивании зерновых культур и кукурузы соответственно на качество подземных и поверхностных вод в бассейне реки Западная Двина.

Основная часть

Исследования проводились в 2017–2018 гг. на территории «Витебской бройлерной птицефабрики». Отбор проб подземных вод производился из шахтных колодцев в населенных пунктах Курино, Михалково, Пуховичи, Пунище, Тарасенки, Беликово, Максютки, Сурож, Верховье, Плешки, которые находятся в пределах землепользования ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика «Ганна»». Отбор проб поверхностных вод производился из р. Западная Двина.

В почвенно-географическом районировании территория исследований относится к Северной (Прибалтийской) провинции, Северо-восточному округу, Витебско-Лиозненскому району дерново-подзолистых пылевато-суглинистых и супесчаных почв. Преобладающие почвы – дерново-подзолистые сильно- и среднеподзоленные, местами эродированные на легких водно-ледниковых слабовалунистых суглинках, подстилаемых моренными суглинками.

Грунтовые воды залегают на глубине 7,1–8,5 м или на абсолютной отметке 130,77 м. Водонасыщенными породами являются пески пылеватые, мелкие, средние глинистые мощностью 1,8–9,3 м. Формируются грунтовые воды за счет инфильтрации атмосферных осадков, вод поверхностного стока и подтока вод из нижележащих водоносных горизонтов.

Река Западная Двина, в бассейне которой выполнялись исследования, – одна из наиболее значительных рек Беларуси, по водности уступающая только р. Днепр в нижнем течении. По территории Беларуси она протекает по Сурожской низине, между Городокской и Витебской возвышенностями, и по Полоцкой низине, включая низовой участок длиной свыше 15 км, по которому проходит граница с Латвией. Длина реки от истока до устья составляет 1020 км, в пределах Беларуси – 328 км. Общая площадь водосбора 87 900 км², на территории Беларуси – 33 200 км². В соответствии с ландшафтно-геохимическими условиями региона поверхностные воды бассейна р. Западная Двина относятся к зональному гидрокарбонатно-кальциевому типу. В их катионном составе доминирует кальций-ион, а общая минерализация колеблется от 174 до 307 мг/дм³.

В пределах территории проведения исследований принята органоминеральная система удобрения, куриный помет на соломенной подстилке вносят в дозах 40 под зерновые и 80 т/га под кукурузу на дерново-подзолистой связно-супесчаной и среднесуглинистой почве средней степени окультуренности. Используемый в качестве удобрения куриный помет на соломенной подстилке в среднем содержал Zn – 76,3 мг/кг, Cu – 14,3 мг/кг и Mn – 53,8 мг/кг сухого вещества (таблица).

Химический состав куриного помета

Название показателя	Значение показателя	
	естественная влажность	сухое вещество
Общий азот, %	1,3-1,42	3,43-3,57
P ₂ O ₅ , %	1,50-1,52	3,75-3,80
K ₂ O, %	1,35-1,40	3,38-3,75
CaO, %	0,81-0,83	2,08-2,10
MgO, %	0,61-0,63	1,56-1,58
Cu, мг/кг	5,2-6,1	13,2-15,3
Zn, мг/кг	29,0-32,0	72,5-80,0
Mn, мг/кг	22,8-23,8	57,0-59,6

Примечание: влажность – 60,08 %; сухое вещество – 39,2 %; зольность – 19,8 %.

Отбор проб воды из р. Западная Двина осуществлялся в период летней межени (июль–август). Пробы переливали в полиэтиленовые бутылки емкостью 1,5 л. Отбор проб подземных грунтовых вод производился из шахтных колодцев глубиной 7,5–8 м.

Аналитические исследования выполнялись на базе отдела мониторинга окружающей среды ГУ «Могилевский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды им. О. Ю. Шмидта» и химико-экологической лаборатории УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». Концентрацию аммонийного и нитратного азота определяли согласно ГОСТа 33045-2014; содержание тяжелых металлов в воде – атомно-абсорбционным методом на приборе марки AAS nova-400 согласно требованиям МВИ.МН 3369-2010 «Методика выполнения измерений содержания металлов в жидких и твердых матрицах методом атомной абсорбционной спектроскопии».

Прогнозирование уровня загрязнения подземных вод выполняли с помощью оупенсорного программного ГИС-продукта QGIS версии 2.18 (модуль «Spatial Analyst»). В

качестве метода интерполяции применялся детерминированный метод обратных взвешенных расстояний. Он определяет значения ячейки с использованием линейно-взвешенного набора комбинаций точек выборки. Назначенный вес является функцией расстояния от входной точки до местоположения выходных ячеек. Чем больше расстояние, тем меньшее влияние на интерполированную ячейку оказывает выходное значение [7]. Интерполированное значение при применении метода обратных взвешенных расстояний определяли по формуле (1):

$$z(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}}, \quad 1)$$

где: $z(x_0)$ – интерполированное значение; n – общее количество значений данных выборки; x_i – i -е значение данных; h_{ij} – расстояние между интерполированным значением и значением данных выборки; β – весовое значение.

Основные результаты

Формирование химического состава поверхностных и подземных вод происходит вследствие прохождения сложной совокупности процессов обмена химическими веществами между природными водами и другими средами при воздействии усиленной антропогенной нагрузки на природную среду. Качество воды прямо зависит от состояния почвы и всегда отражает ее экологическое состояние. Непосредственное влияние почвы на поверхностные и подземные воды связано, главным образом, с выпадением осадков, смывом в открытые водоемы и инфильтрацией в подземные водоносные горизонты различных загрязняющих веществ с поверхности [8]. Ближе всего к поверхности расположены водоносные горизонты, связанные преимущественно с водно-ледниковыми и речными отложениями. Глубина их залегания зависит от рельефа и колеблется от 0,5–1,5 до 4–8 м. Именно эти водоносные горизонты и являются источником питания шахтных колодцев – основного ресурса нецентрализованного водоснабжения в сельской местности, дебит которых не превышает 2,5–3,5 м³ в год. Следовательно, загрязнение данных горизонтов неминуемо повлечет за собой ухудшение качества питьевой воды. Основными биогенными загрязнителями поверхностных и подземных грунтовых вод являются соединения азота и фосфора, источником которых могут служить хозяйственно-бытовые сточные воды (при отсутствии в сельских населенных пунктах централизованной канализационной сети), а также инфильтрация с угодий, вовлеченных в интенсивное сельскохозяйственное использование. В результате исследований установлено, что применение куриного помета не вызывает загрязнение подземных вод аммонийным и нитратным азотом (рис. 1а, б).

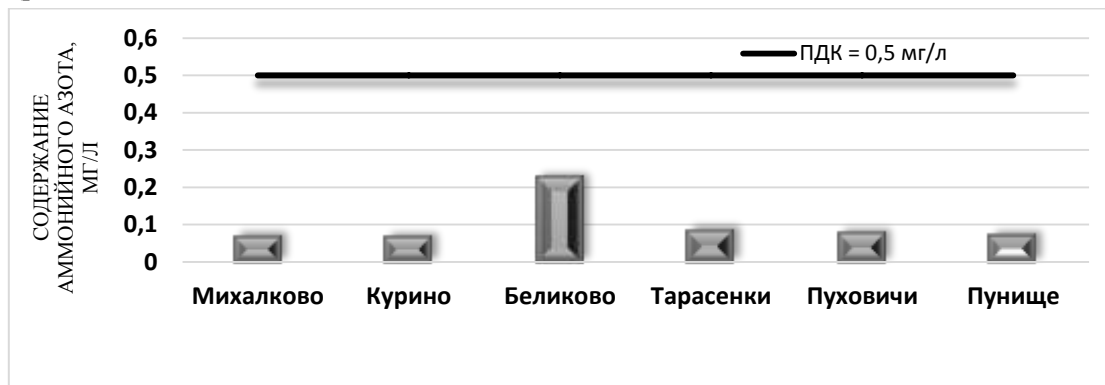


Рис. 1а). Содержание аммонийного азота в воде шахтных колодцев, расположенных на территории Витебского района, среднее за 2016–2018 гг., n=18

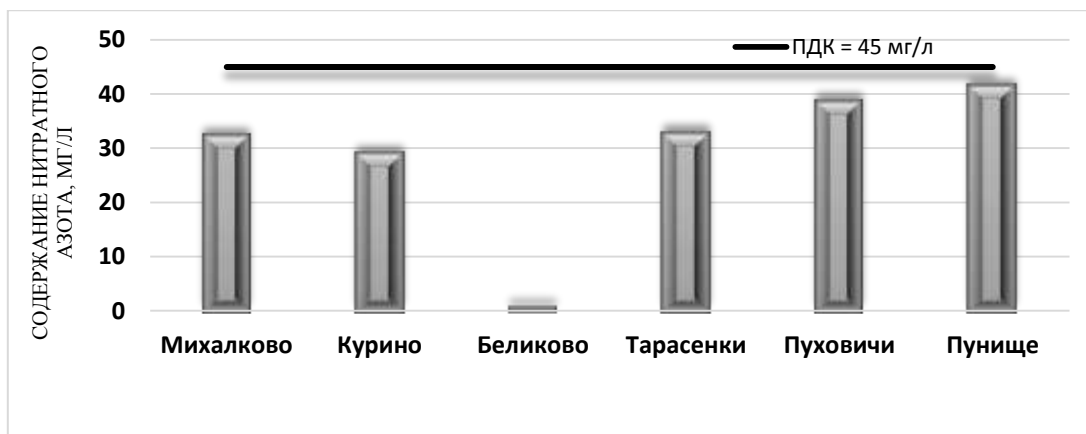


Рис. 1б). Содержание нитратного азота в воде шахтных колодцев, расположенных на территории Витебского района, среднее за 2016–2018 гг., n=18

Содержание аммонийного азота в воде исследованных шахтных колодцев не превышало 0,1–0,5 ПДК, а содержание нитратного азота – 0,1–0,9 ПДК. Следует отметить, что максимальное содержание нитратного азота – 41,3 мг/дм³ – было зафиксировано в колодцах, расположенных на территории д. Пунище. Исходя из полученных результатов, среди источников нецентрализованного водоснабжения исследованных населенных пунктов шахтные колодцы в д. Пунище следует рассматривать как наиболее вероятные, с точки зрения риска их загрязнения нитратами.

Главной формой участия почвы в формировании общего речного стока является ее влияние на соотношение почвенного и поверхностного питания рек, ведь именно от почвы зависит, какая часть атмосферных осадков попадет из водораздела в реки в виде поверхностного стока, а какая – в виде грунтового, что в свою очередь в значительной степени и определяет равномерность речного питания. Западная Двина протекает в пределах территории, где кристаллические породы с относительно небольшими запасами микроэлементов перекрыты бедными осадочными породами водно-ледникового происхождения супесчаного и песчаного гранулометрического состава, поэтому в ее воде содержатся незначительные количества микроэлементов. Исключение составляет только Mn, содержание которого превышает ПДК в 3,2–3,5 раза (рис. 2).

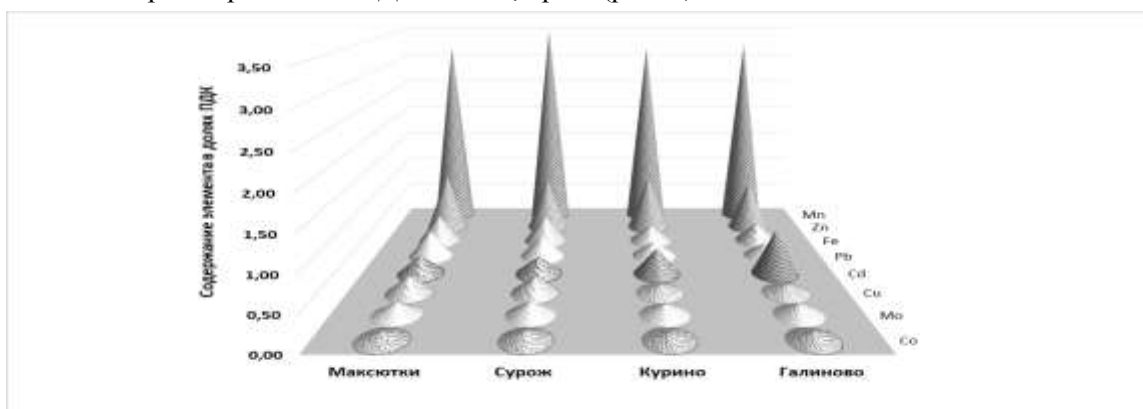


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов и микроэлементов в воде р. Западная Двина, среднее за 2016–2018 гг., n=16

Данный факт подтверждают и результаты мониторинговых исследований, выполненных Республиканским центром аналитического контроля в области охраны окружающей среды, согласно которым среднегодовые концентрации марганца в воде р. Западная Двина превышают уровень ПДК в 1,3–1,5 раза [6].

Повышенная концентрация марганца в речной воде является результатом превращения первичных минералов во вторичные, вследствие чего происходит высвобождение соединений марганца, а также вымывание его из железомарганцевых конкреций, значительные количества которых содержатся в иллювиальном горизонте почвы.

Подземные грунтовые воды в пределах исследуемой территории также характеризуются низким содержанием микроэлементов, что обусловлено, прежде всего, малыми запасами их водорастворимых форм в почвах и почвообразующих породах. Следовательно, источником повышенного содержания того или иного элемента в воде шахтных колодцев может быть исключительно внесение их вследствие антропогенной деятельности. Данное положение подтверждают результаты выполненных исследований, которыми установлено превышение ПДК содержания кадмия, эквивалентное 2,1–3,8 раза. Также зафиксировано превышение в 1,6–2,2 раза

содержания свинца в воде шахтных колодцев на территории сел Верховье и Плешки, находящихся в непосредственной близости к сельскохозяйственным угодьям (рис. 3).

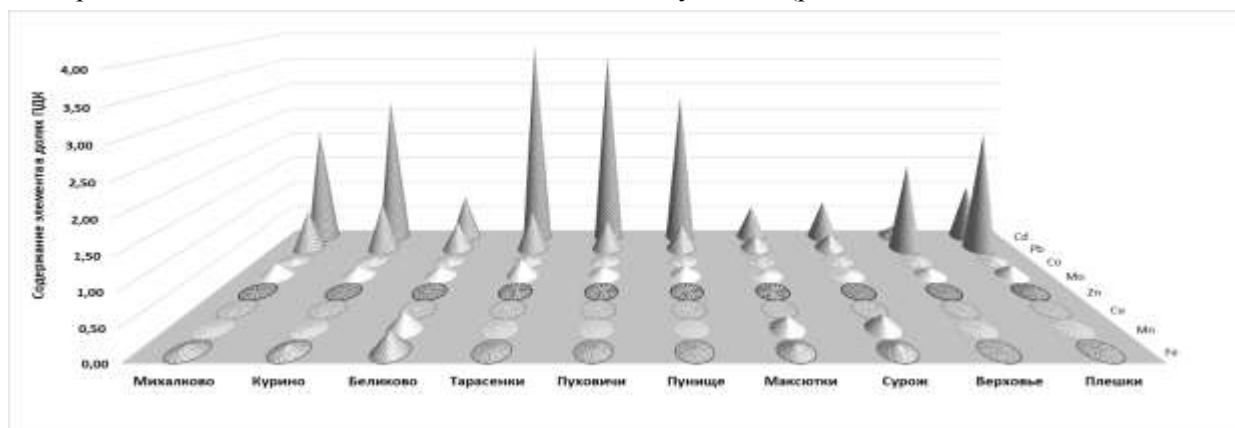


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов и микроэлементов в воде шахтных колодцев, расположенных на территории Витебского района, среднее за 2016–2018 гг., n=22

Источником поступления данных загрязнителей в подземные водоносные горизонты может служить исключительно вымывание их избыточных количеств из почвы, в которую они поступили из куриного помета, используемого в качестве удобрения. Об этом свидетельствуют и абсолютные величины среднего их содержания в шахтных колодцах, достигающие максимальных значений в местах, наиболее приближенных к сельхозугодьям, на которых вносили в почву куриный помет. Следует отметить, что свинец и кадмий являются канцерогенами и по классификации Международного агентства по изучению рака относятся к веществам с доказанной канцерогенной активностью для человека [1].

На основе полученных данных о содержании тяжелых металлов в воде, используя возможности модуля «Spatial Analyst» оупенсорного программного ГИС-продукта QGIS версии 2.18, было выполнено прогнозирование содержания Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Mo, Co в подземных водах на территории бассейна р. Западная Двина, подверженной антропогенному воздействию вследствие применения в качестве удобрений отходов птицеводства ОАО «Витебская бройлерная фабрика». В результате выполнения интерполяции по методу обратно взвешенных расстояний (ОВР) были определены значения изучаемых показателей с использованием линейно взвешенной комбинации значений из поднабора опорных точек с известными значениями.

Установлено, что вероятность загрязнения подземных грунтовых вод кадмием на уровне 2,0–3,5 ПДК существует в пределах северо-восточной части исследуемой территории. Опасность загрязнения подземных вод кадмием на уровне, эквивалентном 1–2 ПДК, существует и для юго-западной части территории проведения исследований (рис. 4).

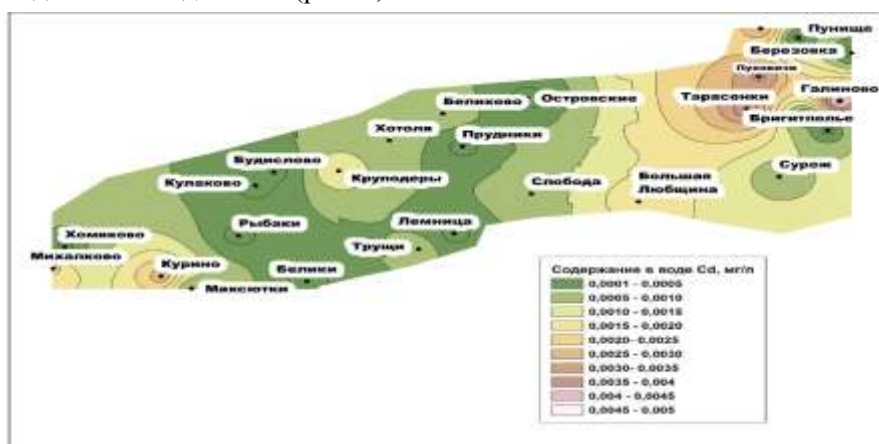


Рис. 4. Прогноз содержания кадмия в подземных водах бассейна р. Западная Двина в зоне негативного воздействия сельскохозяйственного производства

Содержание железа в воде исследованных источников нецентрализованного водоснабжения не превышало 0,1–0,3 ПДК, а прогнозные расчеты свидетельствуют о том, что в центральной части исследуемой территории бассейна р. Западная Двина существует возможность достижения концентрации железа в подземных грунтовых водах на уровне 0,21–0,28 мг/дм³ или 0,2–0,3 ПДК, тогда как на территории, максимально приближенной к сельскохозяйственным угодьям, на которых в почву вносили куриный помет, прогнозные концентрации железа в воде не превысят 0,01–0,03 ПДК.

Несмотря на то, что куриный помет может содержать от 270 до 600 мг/кг железа [12], опасность загрязнения подземных вод данным элементом при его внесении в дозах 40 и 80 т/га отсутствует.

Содержание меди в воде исследованных источников нецентрализованного водоснабжения не превышало 0,01 ПДК, а прогнозные расчеты свидетельствуют о том, что максимальные концентрации данного элемента в подземных грунтовых водах не превысят 0,03 ПДК. Даже с учетом того, что содержание меди в применяемом курином помете достигало 13–15 мг/кг сухого вещества (таблица), опасность загрязнения подземных вод данным элементом при его внесении в дозах 40 и 80 т/га отсутствует.

Несмотря на то, что вода р. Западная Двина содержит повышенные количества марганца, его концентрация в воде шахтных колодцев не превышала 0,01–0,03 ПДК. Однако следует учитывать тот факт, что региональная ПДК марганца для воды р. Западная Двина составляет 0,033 мг/дм³ [9], тогда как ПДК его содержания в питьевой воде источников нецентрализованного питьевого водоснабжения населения составляет 0,5 мг/дм³ [11]. Прогнозные расчеты свидетельствуют, что максимальные концентрации марганца в подземных грунтовых водах исследуемого региона не превысят 0,3 ПДК, и даже с учетом того, что во вносимом курином помете содержится от 57 до 59 мг/кг сухого вещества Mn, вероятность загрязнения им воды шахтных колодцев свыше гигиенически установленных нормативов оценивается как низкая.

Свинец в воде исследованных источников нецентрализованного водоснабжения содержался в количествах, эквивалентных 0,5–0,9 ПДК. Согласно прогнозным расчетам, в пределах практически всей исследуемой территории его максимальная концентрация в подземных грунтовых водах может достигать 0,8 ПДК. Исходя из этого, свинец можно считать вероятным потенциальным загрязнителем подземных вод в пределах территорий, прилегающих к сельскохозяйственным угодьям, на которых в качестве удобрения вносят в почву куриный помет.

Содержание цинка в воде шахтных колодцев не превышало 0,04 ПДК. Максимальные концентрации данного элемента в подземных грунтовых водах, согласно выполненным прогнозным расчетам, также не превысят данной величины. Даже с учетом того, что в курином помете содержалось от 72 до 80 мг/кг сухого вещества цинка, данный элемент не является потенциальным загрязнителем подземных вод в пределах исследуемой территории.

Молибден и кобальт также не относятся к потенциальным загрязнителям подземных грунтовых вод, поскольку, согласно прогнозным расчетам, их содержание в воде исследуемой территории не превысит 0,3–0,4 ПДК и 0,005–0,05 ПДК соответственно.

Заключение

1. Применение куриного помета в дозах 40 и 80 т/га в качестве органического удобрения под зерновые и кукурузу соответственно не оказывает негативного воздействия на степень загрязнения поверхностных и подземных грунтовых вод соединениями азота.

2. Вода р. Западная Двина содержит незначительные количества микроэлементов за исключением Mn, содержание которого превышает ПДК в 3,2–3,5 раза.

3. Применение куриного помёта в качестве удобрения является источником поступления в подземные грунтовые воды избыточных количеств Pb и Cd, содержание которых в пределах исследуемой территории достигало значений, эквивалентных 1,6–2,2 и 2,1–3,8 ПДК соответственно.

4. Вероятность загрязнения подземных грунтовых вод кадмием на уровне 2,0–3,5 ПДК существует в пределах северо-восточной части, а на уровне 1–2 ПДК – в пределах юго-западной части исследуемой территории бассейна р. Западная Двина.

5. Вероятность загрязнения подземных грунтовых вод свинцом на уровне до 0,8 ПДК существует в пределах практически всей исследуемой территории бассейна р. Западная Двина.

6. В пределах территории, прилегающей к сельскохозяйственным угодьям, на которых применяют куриный помет, существует высокая вероятность загрязнения подземных грунтовых вод Pb и Cd и низкая вероятность загрязнения Fe, Mn, Cu, Zn, Mo и Co.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Білявський, Ю. А. Канцерогенний та неканцерогенний ризик від споживання картоплі та овочів, що складають раціон населення сільських селітебних територій / Ю. А. Білявський, Т. М. Мислива // Вісник ЖНАЕУ. – 2013. – № 2, т. 1. – С. 56–65.

2. Головатый, С. Е. Эколого-геохимическая оценка земель в зоне воздействия птицеводческих комплексов / С. Е. Головатый, В. С. Барановский, С. В. Савченко // Экологический вестник. – 2015. – №4(34). – С. 90–95.

3. Дабахов, М. В. Агротехногенное воздействие на почвы крупного птицеводческого хозяйства / М. В. Дабахов, С. И. Титов // Плодородие. – 2001. – №3. – С. 35–45.

4. Крапивина, Л. Белорусское птицеводство: объемы, структура и проблемы // Белорусское сельское хозяйство. – Режим доступа: <http://agriculture.by/> – Дата доступа: 16.02.2018.

5. Лысенко, В. П. Экономическая оценка экологического ущерба от загрязнения птичьим пометом / В. П. Лысенко // Птицеводство. – 2010. – №12. – С. 45–47.

6. Мониторинг поверхностных вод [название с экрана]. – Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nsmos.by/content/174.html>. – Дата доступа: 16.02.2018.

7. Мыслыва, Т. Н. Сравнение эффективности методов интерполяции на основе ГИС для оценки пространственного распределения гумуса в почве / Т. Н. Мыслыва, О. А. Куцаева, А. А. Подлесный // Вестник БГСХА. – 2017. – №4. – С. 142–153.

8. Мыслыва, Т.Н. Экологическая оценка почв в бассейнах малых рек Житомирского Полесья / Т. Н. Мыслыва, И. С. Кот : м-лы IX междунар. науч. конф. [«Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК»], (Брянск, 19-23 марта 2012 г.) / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации [и др.]. – Брянск, 2012. – С. 36–37.

9. Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов: постановление Минприроды РБ №13 от 30 марта 2015 г. [Электронный ресурс]: Национальный правовой Интернет-портал РБ. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 16.02.2018.

10. Персикова, Т. Ф. Влияние различных доз удобрений на основе куриного помета на качество основной и побочной продукции пшеницы яровой / Т. Ф. Персикова, Т. Н Мыслыва, М. В. Царева / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми підвищення родючості ґрунтів та застосування агрохімічних засобів в агрофітоценозах (Дубляны, 7–9 июня 2017 г.). – Дубляны: ЛНАУ, 2017. – С. 221–228.

11. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к источникам нецентрализованного питьевого водоснабжения населения», утвержденные постановлением Минздрава РБ №105 от 2.08.2010 г. [Электронный ресурс]: Национальный правовой Интернет-портал РБ. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа:

12. Mazur, M. Lawartosc microelementow pomociе drobiowym / M. Mazur., A. Wojtas // Rocznikgleboznaweze. – Warszawa, 2012. – Т. 35. – № 2. – Р. 28–34.