

УДК 502/504:631.4:631.95:631.8

Р. Ф. БАЙБЕКОВ

ВНИИ агрохимии имени Д. Н. Прянишникова

Н. Н. ДУБЕНОК, В. А. СЕДЫХ, В. И. САВИЧ

РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ БОЛЬШИХ ДОЗ ПОМЕТА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ

Внесение высоких доз помета в почву (более 100 т/га) приводит к загрязнению вод нитратами, фосфатами, водорастворимым органическим веществом. Миграция биофильных элементов и токсикантов возрастает при легком гранулометрическом составе почв и пород, близком уровне грунтовых вод, при развитии водной эрозии. Доказывается необходимость учета при определении допустимых доз помета существующего загрязнения вод и лимита на выброс токсикантов в локальном районе.

Почва, помет, водная среда, экологическое равновесие.

Introduction of high dozes of dung into the soil (more than 100 t/ha) results in water contamination by nitrates, phosphates, a water-soluble organic matter. Migration of biophilia elements and toxicants grows under light granulometric composition of soils and rocks, close level of ground water, under development of erosion. It is proved that when determining permissible dung dozes there should be accounting of the existing water contamination and exhaustion limit of toxicants in the local region.

Soil, dung, water medium, ecological balance.

Применение высоких доз птичьего помета в земледелии, складирование помета вызывает существенное загрязнение водной среды. Это обусловлено как стекающими по поверхности водами, боковым внутрипочвенным стоком, так и миграцией продуктов трансформации помета и почв за пределы почвенного профиля в грунтовые воды. Продуктами миграции являются органические соединения, нитраты, NH_4 , калий, кальций, магний, поливалентные катионы, анионы (прежде всего, фосфаты), микроорганизмы, ряд патогенов. Часть указанных продуктов не содержится в помете, но их подвижность в почве увеличивается под влиянием помета.

По литературным данным, миграция фосфатов вниз по профилю не превышает 1 кг/га в год, однако с поверхностным стоком достигает более значительных величин [1]. По данным В. Н. Башкина, грунтовые воды Московской области на территории с легким гранулометрическим составом почв и пород загрязнены ортофосфатами от среднего до высокого уровня загрязнения [2]. Ряд авторов указывает на миграцию фосфатов в грунтовые воды в виде комплексных

соединений [3].

По литературным данным, потери азота из помета в результате хранения могут достигать 30...60 % [4]. Согласно исследованиям Н. А. Чуркина, внесение помета в дозах 150, 300 и 450 кг/га по азоту увеличивает содержание нитратного азота в 2-3 раза [5]. При этом количество нитратов в поверхностных и грунтовых водах достигает 50 мг/л [6]. По данным О. В. Поддубной, содержание нитратов в грунтовых водах достигает 98,9 мг/дм³ [7].

Значительная часть поверхностных и грунтовых вод Московской области загрязнена нитратами [2]. Однако степень загрязнения поверхностных и грунтовых вод нитратами, фосфатами, калием, патогенными микроорганизмами, водорастворимым органическим веществом зависит как от состава помета и его доз, так и от свойств почв и факторов почвообразования [8]. Однако, к сожалению, информации по этому вопросу очень мало, что и послужило основанием для выполнения представленной работы.

Объектом исследования выбраны дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы Петелинской и Глебовской птице-

фабрик Московской области и воды малых рек вблизи птицефабрик [8].

Методика исследования состояла в оценке качества поверхностных вод по общепринятым методикам и в оценке в почвах модельных опытов содержания водорастворимых нитратов с использованием ионселективного электрода, оптической плотности водных вытяжек при 465 и 660 нм, содержания водорастворимых форм фосфатов, калия, тяжелых металлов при разных дозах внесения помета с опилками в почву в дозе от 1 до 30 % от массы почвы и компостировании почв в течение двух месяцев в условиях оптимальной и избыточной влажности.

Помет с подстилкой из опилок содержал до 25 % влаги, около 1,8 % азота,

0,7 % фосфора и 0,6 % калия (процент от нормальной влажности). Содержание тяжелых металлов не превышало предельно допустимой концентрации. Однако в свежем помете находится значительное количество патогенных микроорганизмов, сохраняющих в почве жизнеспособность в течение длительного промежутка времени. Высоко содержание в помете и водорастворимого органического вещества [9].

В таблице приведены данные о содержании NO_3 в водных вытяжках из почв, компостированных с высокими дозами помета с опилками из Петелинской птицефабрики. Как видно из представленных данных, увеличение доз помета значительно увеличивает и содержание водорастворимых форм NO_3 .

Содержание NO_3 , мг/л, в водных вытяжках из дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы при внесении в нее высоких доз помета с опилками

Содержание помета, % от массы почвы	Аэробные условия	Содержание помета, % от массы почвы	Анаэробные условия
2...10	521,7 ± 75,2	1,8	475,4 ± 89,4
20...30	880,0 ± 242,4	4,5	932,4 ± 173,9

Оптическая плотность водных вытяжек из почв при 465 нм в вариантах с внесением больших доз помета увеличилась, например, в аэробных условиях от $0,08 \pm 0,04$ до $0,36 \pm 0,04$. В анаэробных условиях при дозе помета 1,8 % от массы почвы она составила $0,12 \pm 0,01$, а при дозе помета 10...30 % от массы почвы достигала $0,37 \pm 0,03$.

Содержание водорастворимых фосфатов в почвах было выше концентраций, обусловленных эффективной растворимостью их осадков, и резко увеличивалось в верхнем горизонте (пахотный слой – на 100 ± 14 %; подзолистый горизонт – на $11,5 \pm 5,8$ %; в иллювиальный горизонт – на $14,6 \pm 2$ %). При внесении в почвы больших доз помета с опилками (до 1000 т/га) во фракционном составе фосфатов увеличивалась доля Са-фосфатов и уменьшалась доля Al и Fe-фосфатов. По полученным данным в почве присутствовали комплексные соединения фосфатов с положительными и отрицательными зарядами.

По данным статистической обработки материалов агрохимической службы 17 птицеводческих хозяйств Московской области (640 образцов), содержание подвижных фосфатов в почвах возрастало до

1500 мг/кг, содержание обменного калия – до 400 мг/кг, в то же время содержание гумуса не превышало 3 %, что обусловлено значительной минерализацией помета в почве.

Содержание водорастворимого калия при внесении в почвы высоких доз помета также возрастало в большей степени в верхнем слое. Например, при дозе помета с опилками 100 т/га в пахотном слое содержание водорастворимого калия было 2,6 мг/100 г, а при дозе 1000 т/га – 41,2 мг/100 г. При этом увеличилась и доля водорастворимого калия от подвижных форм.

Применение высоких доз помета с опилками (до 1000 т/га) привело и к некоторому увеличению содержания водорастворимых форм тяжелых металлов: Cu – от 0,02 до 0,05 мг/л; Pb – от 0,09 до 0,14; Cd – от 0,1 до 0,2; Fe – от 0,4 до 1,1 мг/л.

По результатам исследования увеличение содержания в почве водорастворимых форм тяжелых металлов было обусловлено не внесением их с пометом в почву, а увеличением подвижности форм, имеющих в почве, в связи с образованием комплексов тяжелых металлов почв с водорастворимыми органическими

лигандами продуктов трансформации помета.

В то же время, по полученным авторами данным, при принятых на производстве дозах помета с опилками (около 100 т/га) загрязнения поверхностных вод на дерново-подзолистых почвах среднесуглинистого гранулометрического состава не происходит. Так, в поверхностных водах вблизи Глебовской и Петелинской птицефабрик содержание нитратов составляло 3...12 мг/дм³, нитритов – менее 0,02, аммиака по азоту – до 0,2, общая минерализация не превышала 500 мг/дм³. Перманганатная окисляемость была не более 5 мг/дм³. Превышение ПДК установлено по мутности, запаху, цветности, привкусу, содержанию общего железа. Не установлено превышение ПДК по микробиологическим показателям: общему микробному числу, содержанию общих колиформных бактерий, содержанию термотолерантных колиформных бактерий.

Однако в одном образце поверхностных вод маленькой речки вблизи Петелинской птицефабрики установлена перманганатная окисляемость 3,9 мг/дм³ (в два раза выше предельно допустимой концентрации) и общее микробное число (число образующихся колоний в 1 мл) до 120 при предельно допустимой концентрации менее 50 (полученные данные относятся к маю, а показатели состава поверхностных вод существенно меняются в зависимости от погодных условий).

Согласно проведенным исследованиям, причины загрязнения водной среды при применении в земледелии больших доз помета следующие: миграция минеральных и органических соединений вниз по профилю в почвах легкого гранулометрического состава и по трещинам в почвах тяжелого гранулометрического состава; смыв с поверхности склонов (на почвах среднесуглинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава) и по мерзлому слою (на всех почвах); подъем в верхние водоносные горизонты по капиллярам на почвах тяжелого гранулометрического состава и при наличии водонапорных горизонтов вод.

Наряду с основными причинами загрязнения вод продуктами трансформации помета объясняется и сопутствующими причинами. Такими причинами при миграции вод вниз по профилю являются:

состав помета и компостов на его основе; дозы, время и способы внесения в почву; водопроницаемость и влагоемкость почв; наличие водоупорных слоев; емкость поглощения почвами ионов и молекул; содержание гумуса; микробиологическая активность; перехват мигрирующих вод корнями растений. Смыв с поверхности регулируется всеми методами борьбы с водной эрозией, запашкой помета на большую глубину, созданием различных геохимических барьеров. Следует отметить, что миграция определяется и градиентом различных геофизических полей: гравитационного, электрического, магнитного и т. д., изменяющихся в локальном масштабе. Подъем грунтовых вод регулируется различными мелиоративными приемами и созданием на определенной глубине пористых прослоек.

В значительной степени загрязнение водной среды под влиянием высоких доз помета определяется природой мигрирующих токсикантов: микробиологической активностью мигрирующих компонентов и наличием патогенов, концентрацией в мигрирующих продуктах нитратов, аммония, фосфатов, калия, тяжелых металлов, водорастворимого органического вещества. Состав этих продуктов зависит от доз, химического и биохимического состава помета, условий его трансформации и минерализации в почве (кислотно-основных и окислительно-восстановительных условий). Очевидно, что для каждого из перечисленных токсикантов существуют свои факторы, определяющие их миграцию и определяющие геохимические барьеры, улавливающие и инактивирующие мигрирующие продукты. Как правило, необходимо наличие пакета геохимических барьеров на разной глубине и на разном расстоянии от источника загрязнения.

Таким образом, необходимо выделять многовариантность причин миграции, наличие сопутствующих причин трансформации помета в почве и причин его миграции. Как правило, происходит миграция вещества, энергии и информации, что вызывает изменение свойств почв, структурных взаимосвязей в почве, почвенных и почвообразовательных процессов, процессов саморазвития и эволюции почв. Миграция продуктов из почв в водную среду сопровождается увеличением энтропии почв.

С точки зрения авторов статьи, для уменьшения загрязнения водной среды под влиянием высоких доз помета целесообразно воздействовать на причины и сопутствующие причины, а не на следствие, так как любое воздействие на следствие обратимо. Значимым фактором уменьшения скорости и интенсивности миграции продуктов трансформации помета в поверхностные и грунтовые воды является регулирование почвенных и почвообразовательных процессов как фактора формирования геохимических барьеров – горизонтов, экологических ниш, сорбционных мест, степени развития дернового процесса, оглеения, оподзоливания, лессиважа.

Уменьшение миграции азота, фосфора, калия, органического вещества и тяжелых металлов в грунтовые воды может быть достигнуто благодаря увеличению интенсивности развития дернового процесса почвообразования. Такой процесс – следствие нейтрализации рН, увеличения емкости поглощения почв, повышения микробиологической активности, расширения отношения С : N в органических удобрениях на основе помета от 5 до 20...40, оптимизации влажности и температуры почв, окислительно-восстановительных условий.

С учетом полученных материалов размещение новых птицефабрик в Московской области предпочтительно на территориях, где нет загрязнения вод, на почвах среднесуглинистого гранулометрического состава, не испытывающих оглеения и развития эрозии. Это почвы четвертого почвенного района с преобладанием светло-серых лесных и дерново-подзолистых среднесуглинистых почв.

Выводы

При продолжительности взаимодействия птичьего помета с почвой более двух лет происходит существенное улучшение экологического состояния почв (в пределах ПДК), изменение разнообразия и численности актиномицетов. Предлагается производить проверку и сертификацию не почв, куда вносились удобрения, а технологий, как принято в западных странах, при сертификации экологически чистой продукции.

С учетом инактивации значительной части патогенной микрофлоры и паразитов в почве в течение двух лет предлагается вносить помет и органические

удобрения на его основе в почву (рассчитывая дозу с учетом свойств почв, рельефа, антипатогенной функции) без использования в течение двух лет под сельскохозяйственные культуры и при выполнении мероприятий для исключения смыва удобрений в водоемы.

При внесении в модельных опытах высоких доз помета (с опилками) до 1000 т/га значительно увеличивается содержание водорастворимых нитратов (до 1000 мг/л), калия, водорастворимого органического вещества, возрастает содержание водорастворимых фосфатов и тяжелых металлов в связи с образованием их комплексов с водорастворимыми лигандами продуктов трансформации помета в почве.

При внесении принятых на производстве доз помета с опилками в дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы (до 100 т/га) в течение ряда лет содержание подвижных фосфатов возрастает до 500...1500 мг/кг, обменного калия – до 250...400 мг/кг. Однако химический состав поверхностных вод находится в пределах предельно допустимых концентраций с наличием превышений норм по мутности, цветности, запаху, содержанию водорастворимого железа.

1. **Дабахова Е. В.** Научное обоснование использования органических удобрений промышленного птицеводства в агросистеме: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М.: ВНИИА, 2005. – 44 с.

2. **Башкин В. Н., Учватов В. П., Кудярова А. Ю.** Эколого-агрогеохимическое районирование Московской области. – Пущино, 1992. – 171 с.

3. **Карпухин А. И.** Функциональная роль комплексных соединений в генезисе почв и питания растений: Гуминовые вещества в биосфере: тезисы 1-й Международной конференции. – М.: Наука, 1993. – С. 117–125.

4. **Орлов Д. С., Лозановская И. Н., Попов П. Д.** Органические вещества почв и органические удобрения. – М.: МГУ, 1985. – 97 с.

5. **Чуркина Н. А.** Продуктивность и качество картофеля в зависимости от норм термически высушенного и сырого птичьего помета на связно-песчаных дерново-подзолистых почвах центральных районов Нечерноземной зоны: автореф.

дис. ... канд. с.-х. наук. – М.: НИИ картофельного хозяйства, 1984. – 220 с.

6. Али Аджидж Басам. Исследование методов и разработка установок для физико-химической очистки природных вод от нитратов и нитритов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГУП, 1995. – 25 с.

7. Поддубная О. В. Сезонная динамика минеральных форм азота в водных источниках, прилегающих к техногенным объектам: Агрохимия и экология: история и современность: материалы Международной научной конференции. – Н.Новгород: ВВАГС, 2008. – Т.3. – С. 75–78.

8. Седых В. А., Савич В. И., Сидоренко О. Д. Применение в земледелии органических удобрений на основе птичьего помета. – М.: РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, 2011. – 172 с.

9. Лысенко В. П., Еськов А. И., Нови-

ков М. Н. Подготовка и переработка помета на птицефабриках. – Сергиев-Посад: РАСХН, ВНИТИП, 2006. – 107 с.

Материал поступил в редакцию 21.12.12.

Байбеков Роман Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАСХН, заместитель директора по научной работе

Тел. 8 (499) 976-47-89

Дубенок Николай Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАСХН

Тел. 8 (499) 124-84-90

Савич Виталий Игоревич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Тел. 8 (499) 976-16-17

Седых Владимир Александрович, доктор биологических наук, генеральный директор

Тел. 8-985-725-00-15

УДК 502/504:631.6

А. Е. КАСЬЯНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ФИЛЬТРАЦИИ В МЕЛИОРАЦИИ

Приведены гидромеханические решения задач фильтрации в локально-неоднородных плоских областях течения. Рассмотрена фильтрация к дренам в траншейной засыпке, фильтрация к дрене в дренажном фильтре. Даны гидромеханические решения задач фильтрации в трехмерных областях течения. Выполнен расчет фильтрации к сходящимся дренам участка контроля дренажа.

Задачи фильтрации, фильтрация в локально-неоднородной плоскости, дрена в траншейной засыпке, дрена в дренажном фильтре, фильтрация в трехмерных областях течения.

There are given hydromechanical solutions of filtration problems in locally heterogeneous flat areas of the flow. There is considered a filtration to the drains in the trench filling, filtration to the drain in the drainage filter. Hydromechanical solutions of the filtration problems are given in the flow three-dimensional areas. Filtration calculation is fulfilled to the convergent drains of the drainage control site.

Filtration problems, filtration in the locally heterogeneous plane, drain in the trench filling, drain in the drainage filter, filtration in the flow three-dimensional areas.

Гидромеханические методы решения задач фильтрации широко применяли в гидротехнике и мелиорации до середины XX века. Рассматривали плоские движения в вертикальной плоскости в

однородных и слоистых грунтах. Были получены классические решения задач фильтрации к дренажной щели на водопоре, к дрене без водопора, к плоскому флютбету без водопора, к флютбету с