

УДК 628.381.4

ТРАНСФОРМАЦИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЗОНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ОРОШЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «СГЦ “ЗАПАДНЫЙ”»)

О.Е. Чезлова, А.А. Волчек

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси

Поверхностные воды, находящиеся в зоне влияния мелиоративных систем с использованием животноводческих сточных вод, подвергаются значительному загрязнению и эвтрофикации при отсутствии научно-разработанной технологии.

Цель работы – оценить влияние химических и микробиологических компонентов осветленных животноводческих сточных вод ОАО «СГЦ “Западный”» на качество поверхностных вод.

Материал и методы. *Определялись химические и микробиологические показатели поверхностных вод мелиоративных каналов в зоне влияния сельскохозяйственных полей орошения непосредственно после полива стоками и через 9 месяцев. При этом использовались фотометрический, титриметрический, турбидиметрический, гравиметрический и другие методы исследования.*

Результаты и их обсуждение. *Основными химическими загрязнителями поверхностных вод явились биогенные формы азота. В месте выпуска дренажных вод через 9 месяцев по азоту аммонийному наблюдалось превышение ПДК в 3,5 раза, по азоту нитритному в 2,3 раза, по азоту нитратному в 2 раза. Основными бактериологическими загрязнителями поверхностных вод явились общие колиформные бактерии. Через 9 месяцев после поливов стоками в воде мелиоративного канала гигиеническая норма по этому показателю превышена в 2,4 раза.*

Заключение. *Полив сельскохозяйственных полей орошения сточными водами свиноводческого комплекса вызывает ухудшение качества поверхностных вод в местах выхода дренажных коллекторов до 9 месяцев.*

Ключевые слова: *поверхностные воды, сточные воды, сельскохозяйственные поля орошения, химическое загрязнение, бактерии.*

TRANSFORMATION OF THE QUALITY OF SURFACE WATERS OF THE EXPOSURE AREA OF AGRICULTURAL IRRIGATION FIELDS (ON THE EXAMPLE OF PIG-BREEDING COMPLEX “ZAPADNY”)

O.E. Chezlova, A.A. Volchak

*Polesky Agrarian and Ecological Institute of the National Academy
of Sciences of the Belarus*

Surface waters located in the zone of influence of reclamation systems using livestock wastewater are subject to significant pollution and eutrophication in the absence of a scientifically developed technology.

The purpose of the work is to evaluate the effect of chemical and microbiological components of clarified livestock wastewater of pig-breeding complex “Zapadny” on the quality of surface waters.

Material and methods. *The chemical and microbiological indicators of surface water of reclamation canals in the zone of influence of agricultural irrigation fields immediately after irrigation with runoff and after 9 months are estimated.*

Findings and their discussion. *The main chemical pollutants of surface water were biogenic forms of nitrogen. At the place of drainage water discharge, after 9 months, the maximum concentration limit was exceeded by ammonia nitrogen by 3,5 times, by nitrite nitrogen by 2,3 times, and by nitrate nitrogen by 2 times. The main bacteriological pollutants of surface water were common coliform bacteria. 9 months after irrigation with drains in the water of the drainage channel, the hygiene norm for this indicator was exceeded by 2,4 times.*

Conclusion. *Irrigation of agricultural fields of irrigation with sewage from a pig-breeding complex causes deterioration in the quality of surface water at the exit points of drainage collectors up to 9 months.*

Key words: *surface water, wastewater, agricultural irrigation fields, chemical pollution, bacteria.*

При орошении животноводческими сточными водами (СВ) сельхозугодий создается реальная угроза нарушения экологического равновесия в существующих экосистемах, ведь при этом происходят накопление и перенос химических загрязнителей и патогенной микрофлоры [1–4].

Исследование химического и микробиологического состава вод дренажного стока сельскохозяйственных полей орошения (ЗПО) и путей миграции их компонентов необходимо, во-первых, для обоснования рациональных

норм СВ на орошаемых почвах; во-вторых, при разработке мероприятий по охране окружающей среды, оценке влияния вод дренажного стока на состав и качество воды водоприемников, на их гидробиоту; в-третьих, эти сведения определяют конструктивные особенности дренажа, направленные на оптимизацию факторов плодородия почв [5].

К химическим загрязнителям сельскохозяйственных земель в районе расположения животноводческих объектов относятся нитраты, нитриты, аммоний, медь, цинк, сульфаты. При этом основными источниками загрязнения являются минеральные азотные соединения [3; 6]. Поверхностные воды (ПВ) в зоне размещения ЗПО загрязняются преимущественно биогенными и органическими веществами, интенсивность поступления которых зависит от природных условий и технологии орошения стоками [2].

Наибольшее бактериальное загрязнение дренажных вод (ДВ) наблюдается в течение первых дней после полива СВ. Через 11 дней после полива ДВ становятся в 10 раз чище СВ по коли-титру, а по общей бактериальной обсемененности степень очистки составляет 99,4–99,9% [7]. Однако, как показывают исследования, во все годы полива ЗПО животноводческими стоками качество речных вод, находящихся в зоне их воздействия, не соответствует гигиеническим нормам. Так, содержание лактозоположительной кишечной палочки в воде реки достигало 24000 КОЕ/100 мл, энтерококка – 23 КОЕ/100 мл, сальмонеллы – до 5 КОЕ/1000 мл. После прекращения поливов СВ санитарно-бактериологическое состояние вод улучшается, патогенная флора в воде исчезает [8].

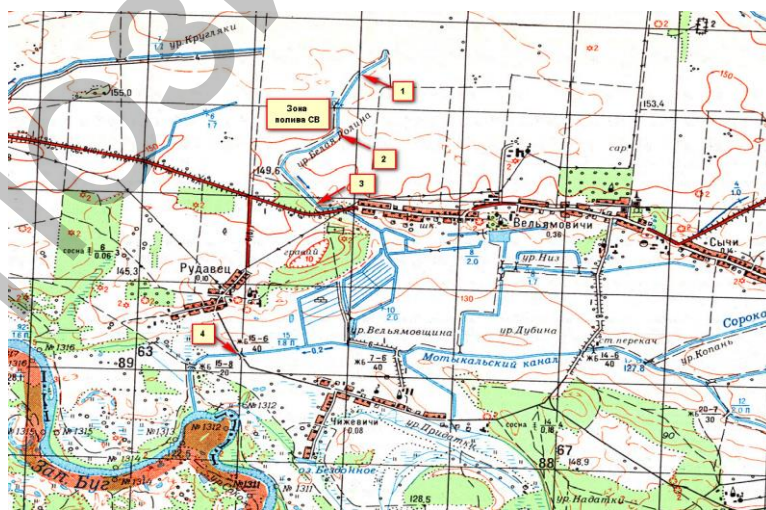
Оценка выноса загрязняющих веществ и бактерий за пределы ЗПО селекционно-гибридного центра (СГЦ) «Западный» приобретает большую актуальность в связи с размещением указанных территорий в пределах водосбора трансграничной реки Западный Буг. Согласно проведенному анализу экологической обстановки в бассейне данной реки, проведенному Национальной системой мониторинга окружающей среды, отмечается усиление трансграничного переноса загрязняющих веществ (в основном биогенных элементов) за счет поступления их на пограничном участке с промежуточных водосборов.

Цель работы – оценка влияния химических (азота аммонийного, азота нитратного, азота нитритного, фосфора фосфатного, сульфатов, хлоридов, общей минерализации) и микробиологических (общих колиформных бактерий (ОКБ), термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ), энтерококков, сульфитредуцирующих кластридий, патогенных бактерий р. *Salmonella*, общего микробного числа (ОМЧ)) компонентов осветленных животноводческих СВ СГЦ «Западный» на качество ПВ.

Материал и методы. ОАО «СГЦ “Западный”» является типичным животноводческим комплексом юго-запада Беларуси, рассчитанным на воспроизводство, выращивание и откорм в течение года более 100000 голов свиней. В год на предприятии образуется до 400 тыс. м³ стоков, которые утилизируются на ЗПО.

Почва ЗПО характеризуется как дерново-подзолистая, глееватая. На исследуемом участке заложен гончарный дренаж на глубине 1,2 м. Зона исследования включала участок, отведенный для орошения, – 40 га и прилегающие мелиоративные каналы. Среднегодовое количество атмосферных осадков по метеостанции Брест составляет около 610 мм, а суммарное испарение – 550 мм [9].

Отбор проб для исследования производился дважды: первый – в 2014 году через 5 дней после полива (24.09.2014); второй – в начале вегетационного сезона 2015 года (11.06.2015) (рис. 1).



1 – мелиоративный канал 200 м выше зоны орошения; 2 – выход дренажных вод в мелиоративный канал; 3 – мелиоративный канал 500 м ниже зоны полива; 4 – Мотыкальский канал

Рис. 1. Зона проведения исследований и точки отбора проб

Точки отбора проб: 1 – ПВ мелиоративного канала в 200 м выше зоны орошения; 2 – 2014 г. – ДВ непосредственно из дренажного устья; 2015 г. – вода мелиоративного канала возле дренажного устья; 3 – ПВ мелиоративного канала в 500 м ниже зоны орошения. В 2015 году дополнительно исследована точка 4 – ПВ Мотыкальского мелиоративного канала, левого притока р. Западный Буг.

Полив исследуемого участка осветленными СВ производился в августе-сентябре 2014 г. после уборки выращиваемой культуры (ячмень). Фактическая оросительная норма на исследуемом участке составила в среднем 2000 м³/га (более 1000 кгN/га). Химический состав СВ, мг/дм³: сухой остаток – 1901; азот аммонийный – 135; азот нитритный – 0,0012; азот нитратный – 3,42; фосфор фосфатный – 1,45; сульфаты – 832; хлориды – 523.

Погодные условия в день отбора проб в 2014 г. были следующими: среднесуточная температура воздуха – +7,6°С, без осадков. В период, предшествовавший отбору проб (с 18.09 по 23.09.2014 г.), погода отличалась неустойчивостью: среднесуточная температура воздуха колебалась от 15,1°С (18.09.2014 г.) до 9,4°С (23.09.2014 г.); осадки наблюдались 20.09, 22.09, 23.09. 2014 г. (соответственно 0,5; 18,0; 5,0 мм). Погодные условия в день отбора проб в 2015 г.: среднесуточная температура воздуха – +17,1°С, без осадков.

Отбор проб дренажных и поверхностных вод проводился в соответствии с СТБ ГОСТ Р 51592-2001 «Вода. Общие требования к отбору проб». Пробы отбирались с глубины 10–15 см от поверхности воды. До начала исследования пробы хранились в холодильнике.

Определение азота аммонийного, нитратного и нитритного, фосфора фосфатного проводилось фотометрическим методом, хлоридов – титриметрическим, сульфатов – турбидиметрическим, общей минерализации – гравиметрическим.

Выявление бактериологических показателей осуществлялось стандартным методом. Из отобранных образцов вод готовились серии десятичных разведений и производился посев на диагностические среды в соответствии с выбранным показателем. Результат выражался в КОЕ в 100 мл (ОКБ, ТКБ, энтерококки), КОЕ в 1000 мл (сальмонеллы), КОЕ в 20 мл (сульфитредуцирующие клостридии), КОЕ/мл (ОМЧ).

Результаты и их обсуждение. Оценивая длительность биогенного загрязнения ПВ вследствие поливов СВ в районе ЗПО СГЦ «Западный» (рис. 2), необходимо заметить, что содержание минеральных форм азота в месте выхода ДВ в канал в начале следующего после поливов сезона (через 9 месяцев) по азоту аммонийному снижается в 26 раз и достигает значения 1,349 мг/дм³; по азоту нитритному возрастает в 37 раз и достигает значения 0,056 мг/дм³; по азоту нитратному возрастает в 1,8 раза и достигает значения 18,4 мг/дм³. По всем формам азота в данной точке отбора проб наблюдалось превышение ПДК: по азоту аммонийному в 3,5 раза, по азоту нитритному в 2,3 раза, по азоту нитратному в 2 раза. Количество фосфора фосфатного в районе дренажного устья в 2015 году возрастает до уровня ПДК (0,067 мг/дм³).

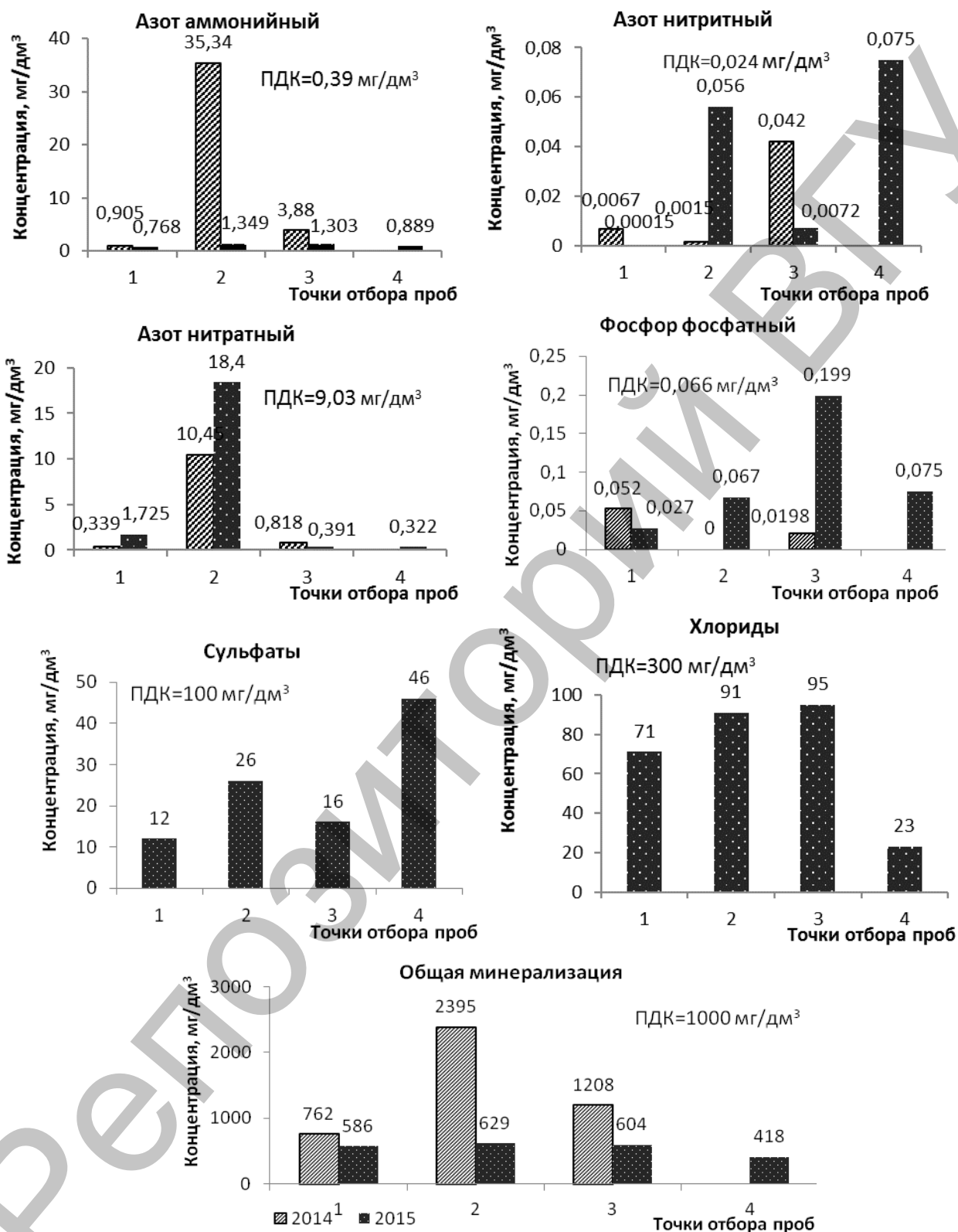
В дальнейшем по ходу мелиоративных каналов наблюдалось снижение количества минеральных форм азота. В точке в 500 м ниже по течению содержание азота нитритного и нитратного уменьшалось, соответственно, в 7,8 и 47 раз и было значительно ниже ПДК (соответственно в 3,3 и 23 раза) за счет процессов денитрификации, потребления фитопланктоном и высшей водной растительностью. Количество азота аммонийного снижалось незначительно, ПДК оставалось превышено в 3,3 раза. Обращает на себя внимание значительное повышение в данной точке количества фосфора (до 0,199 мг/дм³), что вызвано, по-видимому, иным источником загрязнения.

При оценке качества воды Мотыкальского канала следует отметить значительное возрастание количества азота нитритов (в 10 раз в сравнении с мелиоративным каналом), которое, вероятно, также не связано с поливами СВ. Количество азота аммонийного снижается в 1,5 раза, но ПДК остается повышено в 2,3 раза.

Общая минерализация ДВ снижается через 9 месяцев после поливов СВ в 3,8 раза и определяется на уровне 629 мг/дм³. В точке отбора в 500 м ниже по течению этот показатель изменяется незначительно (до 604 мг/дм³). Сравнивая полученные значения с содержанием сухого остатка в Мотыкальском канале (418 мг/дм³), можно предположить, что через 9 месяцев после поливов СВ влияние дренажного стока ЗПО не существенно. Концентрация сульфатов через 9 месяцев после поливов СВ в месте выхода ДВ и через 500 м ниже по течению (26 и 16 мг/дм³ соответственно) находилась значительно ниже ПДК и в 2 раза меньше их количества в Мотыкальском канале. Концентрация хлорид-иона в водах мелиоративного канала (91–95 мг/дм³) превышала в 4 раза его количество в Мотыкальском канале, но ПДК по данному компоненту превышено не было.

В целом можно предположить, что непосредственно после поливов СВ дренированные ЗПО являются потенциальным источником загрязнения по минеральным формам азота, общей минерализации. К началу следующего после поливов СВ вегетационного сезона они остаются источником загрязнения по биогенным формам азота.

Содержание в ДВ значительного количества бактерий стоков приводит к изменениям в микробиологическом составе ПВ, находящихся в зоне воздействия ЗПО. Экологические исследования последних лет свидетельствуют о том, что многие возбудители инфекций, попадая в окружающую среду, благодаря высокой экологической пластичности могут не только длительно сохраняться в ней, но и размножаться [10].



1 – мелиоративный канал 200 м выше зоны полива; 2 – дренажное устье; 3 – мелиоративный канал 500 м ниже зоны полива; 4 – Мотыкальский канал

Рис. 2. Химические компоненты дренажных и поверхностных вод

Согласно проведенным нами ранее исследованиям [11] почвенная очистка от бактерий кишечной группы через 5 дней после полива СВ составила 11,4%, т.е. значительная часть ОКБ попала в водоприемник ДВ. Через 9 месяцев после поливов СВ в месте выхода ДВ в мелиоративный канал количество данных бактерий достигло 2400 КОЕ/100 мл, что превышает гигиеническую норму в 2,4 раза (рис. 3).

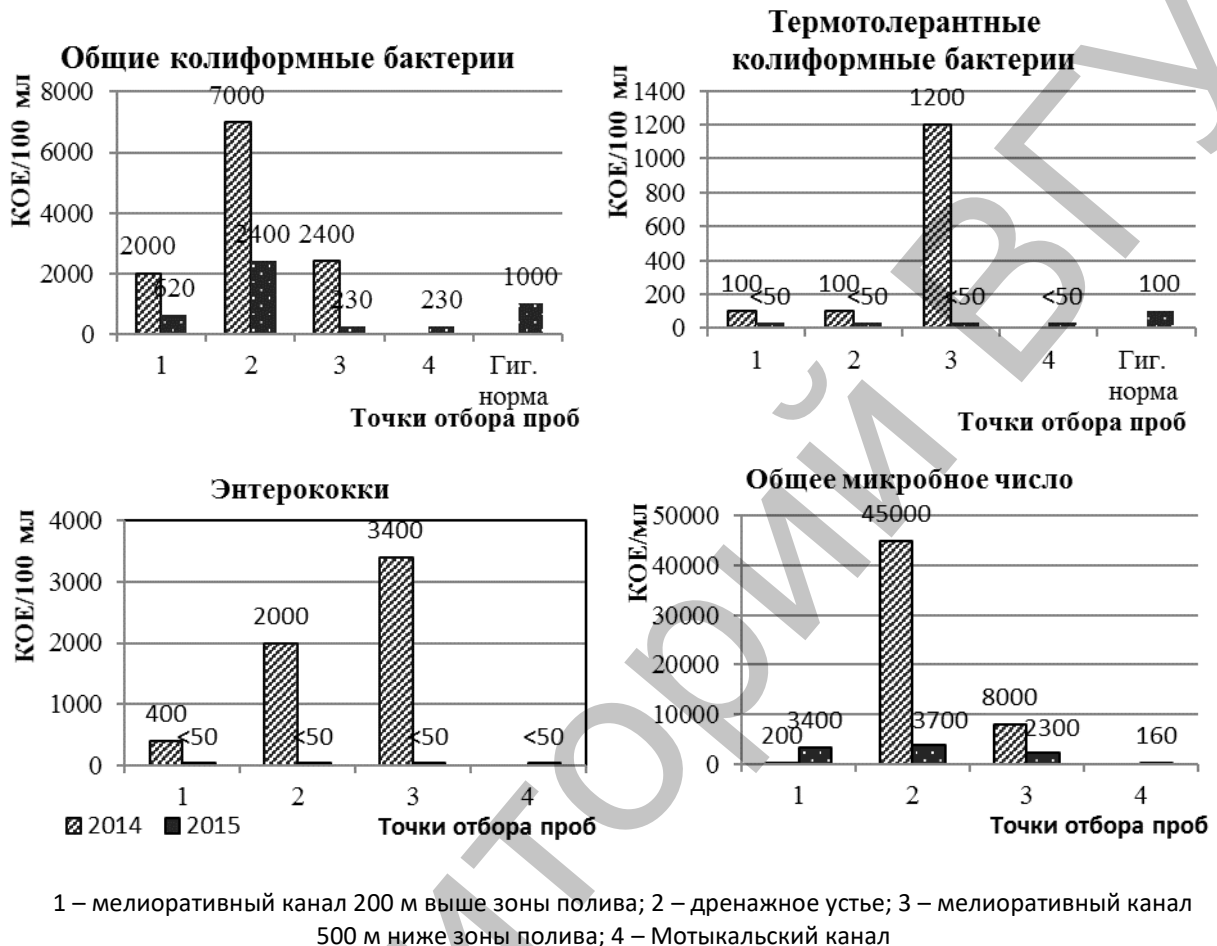


Рис. 3. Микробиологические показатели дренажных и поверхностных вод

В точке отбора в 500 м ниже по течению количество бактерий данной группы снижается в 10,4 раза (до уровня 230 КОЕ/100 мл) и не превышает гигиеническую норму. Содержание ТКБ в данных точках отбора определялось на уровне <50 КОЕ/100 мл при гигиенической норме 100 КОЕ/100 мл.

Почвенная очистка в отношении энтерококков в течение первых 5 суток после поливов стоками была высокой, составляя 96,7%. Через 9 месяцев после поливов по всем точкам отбора проб количество данных бактерий было незначительно и не превышало 50 КОЕ/100 мл.

Очень эффективной явилась почвенная очистка СВ от спор сульфитредуцирующих клостридий – 99,8%. Как следствие, данный микроорганизм не обнаруживался в пробах поверхностных вод ни в 2014, ни в 2015 году. Сальмонеллы также не были выявлены в исследуемых пробах.

По показателю ОМЧ эффективность почвенной очистки в 2014 году составила 81,3%. По данному показателю ДВ относились к IV классу качества вод – «загрязненные» [12]. По завершении 9-ти месяцев в ПВ в месте выхода ДВ этот показатель снижается в 12 раз, до уровня 3700 КОЕ/мл, что соответствует II классу качества вод – «чистые».

Оценивая в целом трансформацию ПВ в результате поливов СВ, можно констатировать, что через 9 месяцев после полива в месте выхода ДВ вода мелиоративного канала содержит значительное количество биогенных веществ (азот аммонийный, нитритный и нитратный) и микроорганизмов (ОКБ) и потенциально может являться источником загрязнения ПВ ниже по течению. Для минимизации негативного влияния СВ рекомендуется создавать водооборотные системы для повторного использования ДВ. Для этого необходимо создание подземных накопительных емкостей, колодцев, прудов-накопителей.

Заключение. Полив земельных полей орошения сточными водами свиноводческого комплекса вызывает ухудшение качества дренажных вод по химическим и микробиологическим показателям, что приводит к загрязнению поверхностных вод в местах выхода дренажных коллекторов до 9 месяцев.

Основными химическими загрязнителями поверхностных вод являются биогенные формы азота. В месте выпуска дренажных вод через 9 месяцев по азоту аммонийному наблюдалось превышение ПДК в 3,5 раза, по азоту нитритному – в 2,3 раза, по азоту нитратному – в 2 раза. Основные бактериологические загрязнители поверхностных вод – общие колиформные бактерии. Через 9 месяцев после поливов стоками в воде мелиоративного канала гигиеническая норма по этому показателю превышена в 2,4 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведский, В.А. Охрана окружающей среды от загрязнения отходами животноводства: практ. пособие / В.А. Медведский, Т.В. Медведская. – Витебск: ВГАВМ, 2013. – 181 с.
2. Желязко, В.И. Использование бесподстильного навоза на мелиорируемых агроландшафтах. Теория и практика / В.И. Желязко, П.Ф. Тиво. – Минск: ИООО «Право и экономика», 2006. – 296 с.
3. Тарасов, С.И. Агроэкологические особенности длительного применения бесподстильного навоза / С.И. Тарасов, Н.А. Кумеркина // Химия в с/х. – 1996. – № 6. – С. 27–31.
4. Tanaś, W. Ecological state of environment near complexes of animal production / W. Tanaś, A.N. Kavgarenja // Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. – 2006. – Vol. 51, № 1. – P. 60–63.
5. Зайдельман, Ф.Р. Методы эколого-мелиоративных изысканий и исследований почв / Ф.Р. Зайдельман. – М.: Колос, 2008. – 486 с.
6. Демидов, А.Л. Воздействие навозосодержащих отходов животноводческих объектов Республики Беларусь на почвенный покров / А.Л. Демидов, В.В. Мажинская, И.В. Жигунова // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. тр. III Междунар. науч. эколог. конф., Краснодар, 20–21 марта 2013 г. / под ред. А.И. Трубилина, И.С. Белюченко; Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2013. – С. 20–25.
7. Романенко, Н.А. Санитарно-эпидемиологические основы почвенной очистки сточных вод / Н.А. Романенко, Н.И. Хижняк, И.И. Бобун. – Кишинев: «Штиинца», 1993. – 215 с.
8. Кирейчева, Л.В. Микробоценоз ранее мелиорированных земель вблизи крупных свиноккомплексов: монография / Л.В. Кирейчева, О.А. Захарова, К.Н. Евсенкин. – Рязань: Политех, 2011. – 426 с.
9. Волчек, А.А. Мухавец: энциклопедия малой реки / А.А. Волчек [и др.]. – Брест: Академия, 2006. – 344 с.
10. Литвин, В.Ю. Патогенные бактерии, общие для человека и растений: проблема и факты / В.Ю. Литвин, Е.Н. Емельяненко, В.И. Пушкарева // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. – 1996. – № 2. – С. 101–104.
11. Волчек, А.А. Оценка влияния микробиологической составляющей животноводческих стоков сельскохозяйственных полей орошения на дренажные воды (на примере СГЦ «Западный») / А.А. Волчек, О.Е. Чезлова // Природопользование: сб. науч. тр.; гл. ред. А.К. Карабанов. – Минск: СтройМедиаПроект, 2015. – С. 95–100.
12. Гусева, Т.В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Т.В. Гусева [и др.]. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2007. – 192 с.

REFERENCES

1. Medvedski V.A., Medvedskaya T.V. *Okhrana okruzhayushchei sredy ot zagriazneniya otkhodami zhitovnovodstva: prakticheskoye posobiye* [Protection of the Environment from Cattle Breeding Wastes Pollution: Practice Book], Vitebsk: VGAVM, 2013, 181 p.
2. Zheliazko V.I., Tivo P.F. *Ispolzovaniye bespodstilchnogo navoza na melioriruyemykh agrolandschaftakh. Teoriya i ptaktika* [Use of Manure on Ameliorated Agrolandscapes. Theory and practice], Mn.: IOOO "Pravo i ekonomika", 2006, 296 p.
3. Tarasov S.I., Kumerkina N.A. *Khimiya v s.kh.* [Chemistry in Agriculture], 1996, 6, pp. 27–31.
4. Tanaś W., Ecological state of environment near complexes of animal production / W. Tanaś, A.N. Kavgarenja // Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. – 2006. – Vol. 51(1). – P. 60–63.
5. Zaidelman F.R. *Metody ekologo-meliorativnykh izyskaniy i issledovaniy pochv* [Methods of Ecological and Amelioration Research of Soils], M.: Kolos, 2008, 486 p.
6. Demidov A.L., Mazhinskaya V.V., Zhigunova I.V. *Sbornik trudov III mezhdunarodnoi nauchnoi ekologicheskoi konferentsii "Problemi rekultivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i selskokhoziaostvennogo proizvodstva", Kubanski gosudarstvenny agrarny universitet 20–21 marta 2013 g.* [Proceedings of the 3rd International Scientific Ecological Conference "Issues of Recultivation of Domestic, Industrial and Agricultural Wastes", Kuban State Agrarian University, March 20–21, 2013], Krasnodar, 2013, pp. 20–25.
7. Romanenko N.A., Khizhniak N.I., Bobun I.I. *Sanitarno-epidemicheskiye osnovy pochvennoi ochistki stochnykh vod* [Sanitary and Epidemiological Basics of Soil Wastewater Treatment], Kishinev "Shtiintsa", 1993, 215 p.
8. Kireicheva L.V., Zakharova O.A., Yevsenkin K.N. *Mikrobotsenoz raneye meliorirovannykh zemel vblizi krupnykh svinokompleksov: monografiya* [Microbecenosis of Earlier Ameliorated Lands Near Large Pig Complexes: Monograph], Riazan, Politekh, 2011, 426 p.
9. Vilchek A.A. *Mukhavets: entsiklopediya maloi reki* [The Mukhavets: Encyclopedia of a Small River], Brest: Akademia, 2006, 344 p.
10. Litvin V.Yu., Yemelyanenko E.N., Pushkareva V.I. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunologii* [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunology], Moscow, 1996, 2, pp. 101–104.
11. Volchek A.A., Chezlova O.E. *Prirodopolzovaniye: sb. nauch. tr.* [Nature Use: Proceedings], Minsk, StroiMediaProyekt, 2015, pp. 95–100.
12. Guseva T.V. *Gidrokhimicheskiye pokazateli sostoyaniya okruzhayushchei sredy* [Hydrochemical Parameters of the Environment State], M.: Forum: INFRA-M, 2007, 192 p.

Поступила в редакцию 13.01.2020

Адрес для корреспонденции: e-mail: olgachezlova@tut.by – Чезлова О.Е.