

## ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЗОНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ОРОШЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «СГЦ «ЗАПАДНЫЙ»)

**А.А. Волчек, О.Е. Чезлова, А.Н. Лицкевич**

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

В ходе исследования качества поверхностных вод, находящихся в зоне воздействия сельскохозяйственных полей орошения выявлены изменения по химическим и микробиологическим показателям, которые носят длительный характер (до 9 месяцев). 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 раз, 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.

### Введение

Исследование химического и микробиологического состава вод дренажного стока сельскохозяйственных полей орошения (ЗПО) и путей миграции их компонентов необходимо во-первых, для обоснования рациональных норм сточных вод (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 [1].

Состав дренажных вод (ДВ) мелиоративных систем, сформированных под влиянием сточных вод (СВ) свиноводческих комплексов, имеет большое количество химических и микробиологических компонентов, которые, при отсутствии научно-разработанной технологии, мигрируют в окружающие природные экосистемы, способствуя их загрязнению и эвтрофикации [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Кроме того с дренажным стоком происходит значительная потеря элементов питания растений. Так, было установлено, что в дренированных ЗПО, орошаемых осветлёнными стоками свиноводческого комплекса, при дозе внесения азота 870 кг/га в год содержание в ДВ азота нитратов составило 5,65 мг/дм<sup>3</sup>. При очень высокой дозе вносимого азота (около 1600 кг/га) среднее содержание аммиачного азота в ДВ достигало 18 мг/дм<sup>3</sup>, а общий вынос азота с ней составлял 700 кг/га в год [11].

Наибольшее бактериальное загрязнение ДВ наблюдается в течение первых дней после полива СВ. Через 11 дней после полива ДВ становятся в 10 раз чище СВ по колититру, а по общей бактериальной обсемененности степень очистки составляет 99,4 – 99,9 % [12]. Однако даже при такой высокой степени очистки микробиологическая загрязненность водоприемников ДВ остается высокой. 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 [5, 13].

Оценка выноса загрязняющих веществ и бактерий за пределы ЗПО селекционно-гибридного центра (СГЦ) «Западный» приобретает большую актуальность в связи с размещением данных 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.

Целью настоящей работы является оценка влияния химических и микробиологических компонентов осветленных животноводческих СВ СГЦ «Западный» на качество поверхностных вод (ПВ).

В ходе выполнения работы решались задачи определения в дренажных и поверхностных водах:

- химических показателей: азота аммонийного, азота нитратного, азота нитритного, фосфора фосфатного, сульфатов, хлоридов, общей минерализации (сухого остатка);
- микробиологических показателей: общих колиформных бактерий (ОКБ), термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ), энтерококков, сульфитредуцирующих кластридий, патогенных бактерий р. *Salmonella*, общего микробного числа (ОМЧ).

### Методика и объекты исследования

ОАО «СГЦ «Западный» является типичным животноводческим комплексом юго-запада Беларуси, рассчитанный на воспроизводство, выращивание и откорм в течение года более 100000 голов свиней. В год на предприятии образуется до 400 тыс. м<sup>3</sup> 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 [14].

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 г.). 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 (рисунок 1).

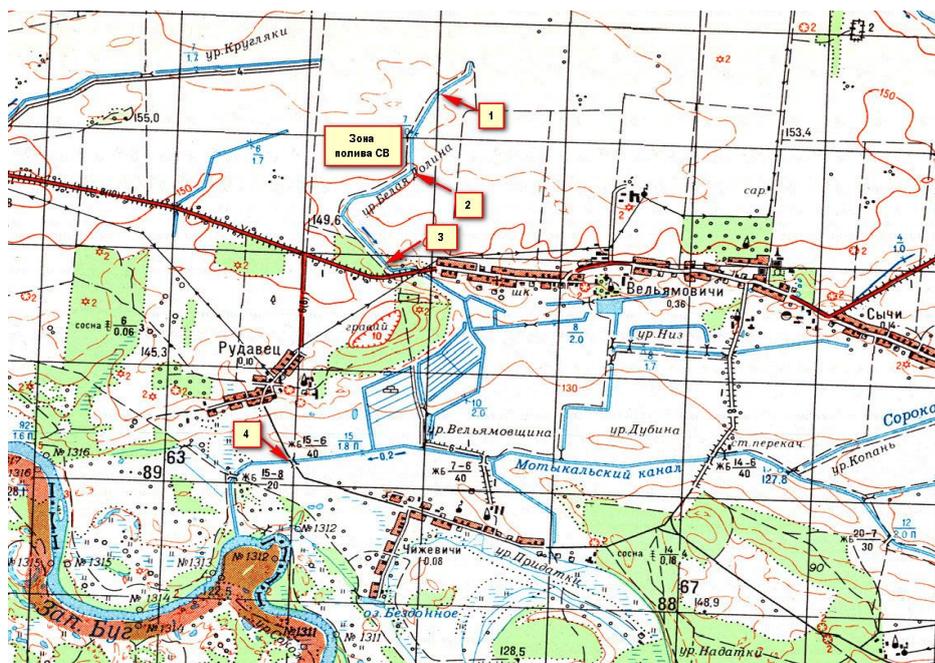


Рисунок 1– Зона проведения исследований и точки отбора проб

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

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 м<sup>3</sup>/га (более 1000 кгN/га). Химический состав СВ, мг/дм<sup>3</sup>: 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 следующие: 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. Определение хлоридов проводилось титриметрическим, сульфатов – турбидиметрическим, общей минерализации – гравиметрическим методом.

Определение бактериологических показателей проводилось методом прямого посева. 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**

К основным 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. [9, 15].

Оценивая длительность биогеоценногo загрязнения ПВ вследствие поливов СВ в районе ЗПО СГЦ «Западный» (рисунок 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/дм<sup>3</sup>; по азоту нитритному возрастает в 37 раз и достигает значения 0,056 мг/дм<sup>3</sup>; по азоту нитратному возрастает в 1,8 раза и достигает значения 18,4 мг/дм<sup>3</sup>. По всем формам азота в данной точке отбора проб наблюдалось превышение ПДК: по азоту аммонийному в 3,5 раз, 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/дм<sup>3</sup>).

### Азот аммонийный

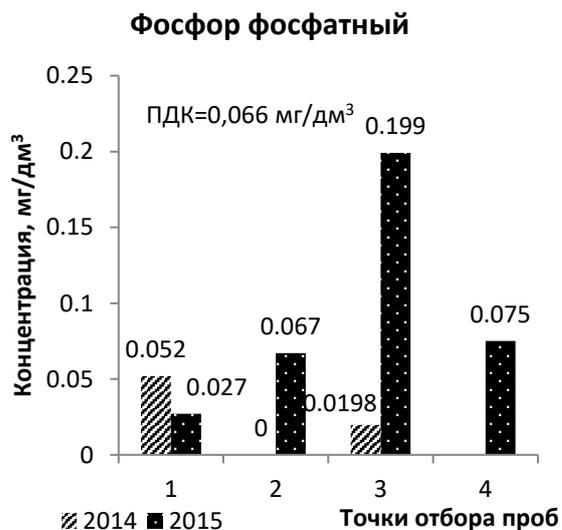
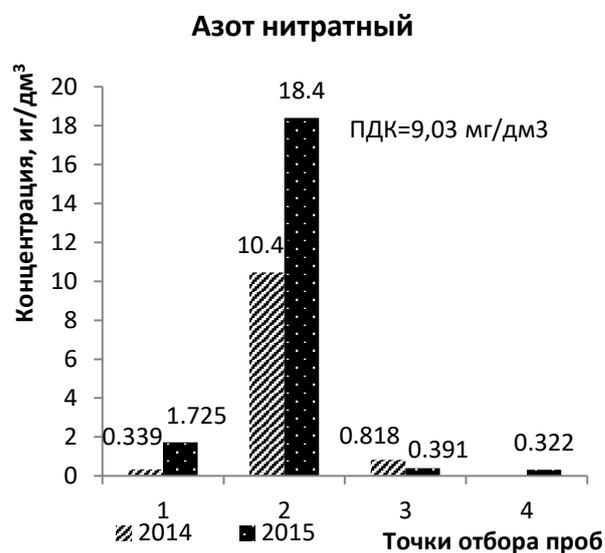
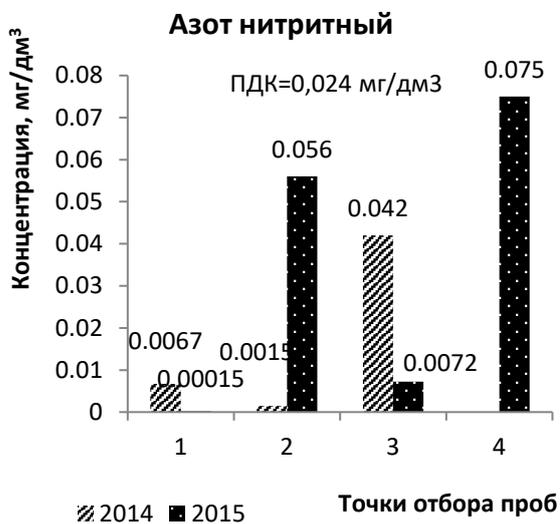
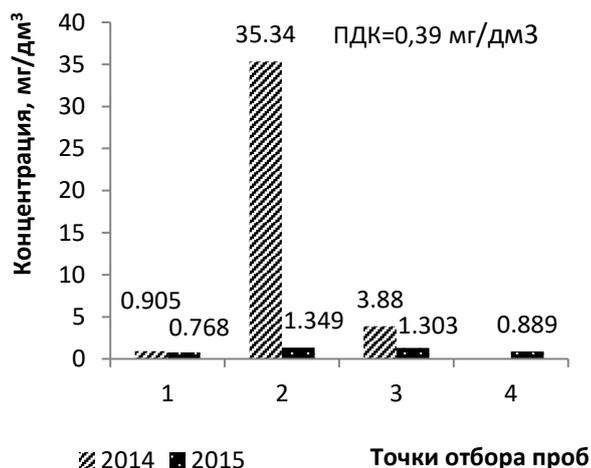


Рисунок 2 – Динамика биогенных элементов в дренажных и поверхностных водах  
 1 – мелиоративный канал 200 м выше зоны полива; 2 – дренажное устье; 3 – мелиоративный канал  
 500 м ниже зоны полива; 4 – Мотыкальский канал

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/дм<sup>3</sup>), что вызвано, по-видимому, иным источником загрязнения.

При оценке качества воды Мотыкальского канала необходимо 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 превышено в 2,3 раза.

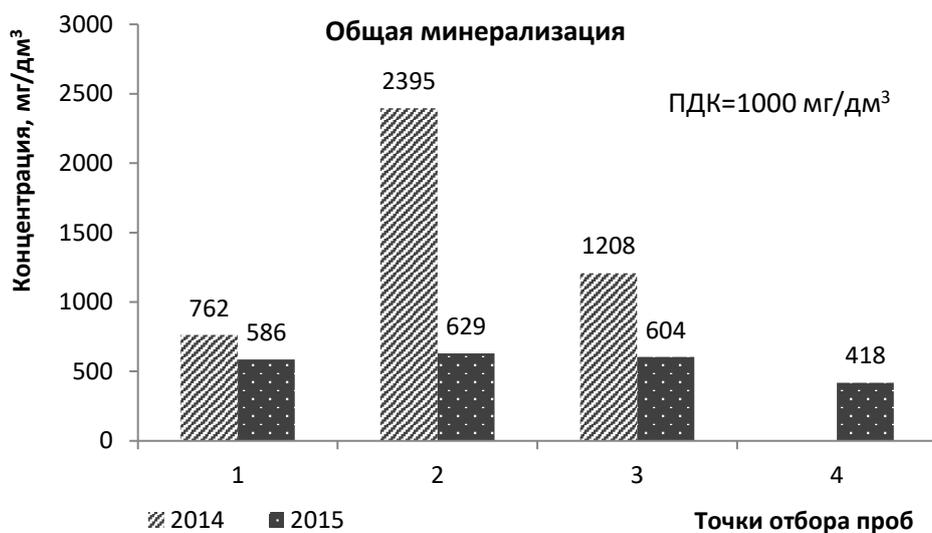


Рисунок 3 – Общая минерализация в дренажных и поверхностных водах  
 1 – мелиоративный канал 200 м выше зоны полива; 2 – дренажное устье; 3 – мелиоративный канал 500 м ниже зоны полива; 4 – Мотыкальский канал

Общая минерализация ДВ снижается через 9 месяцев после поливов СВ в 3,8 раз и определяется на уровне 629 мг/дм<sup>3</sup> (рисунок 3). В точке отбора в 500 м ниже по течению этот показатель изменяется незначительно (до 604 мг/дм<sup>3</sup>). Сравнивая полученные значения с содержанием сухого остатка в Мотыкальском канале (418 мг/дм<sup>3</sup>), 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/дм<sup>3</sup> соответственно) находилась значительно ниже ПДК и в 2 раза ниже их количества в Мотыкальском канале. Концентрация хлорид-иона в водах мелиоративного канала (91–95 мг/дм<sup>3</sup>) превышала в 4 раза его количество в Мотыкальском канале, но ПДК по данному компоненту превышено не было (рисунок 4).

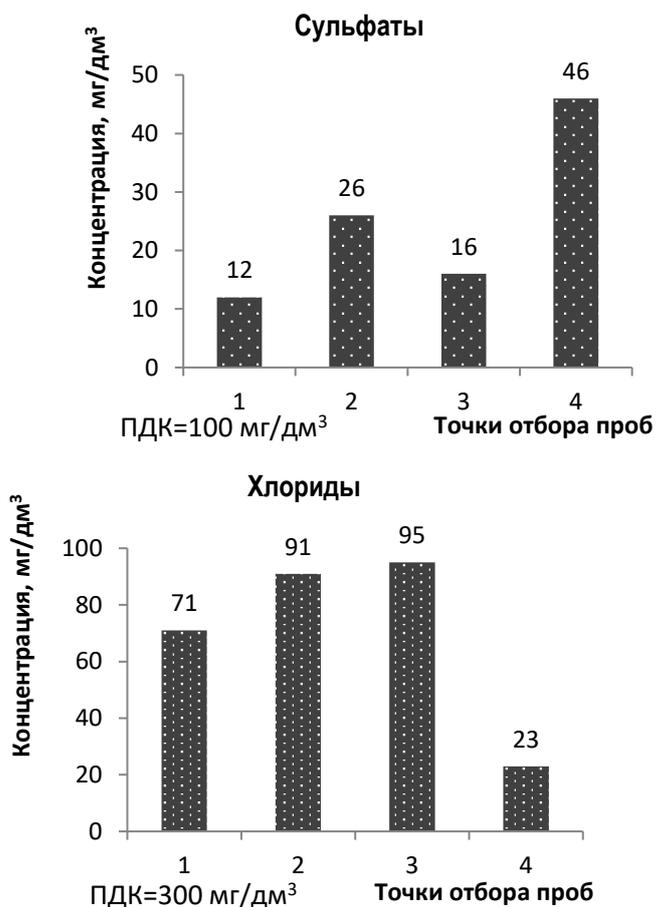


Рисунок 4 – Содержание сульфатов и хлоридов в поверхностных водах в 2015 году  
 1 – мелиоративный канал 200 м выше зоны полива; 2 – дренажное устье; 3 – мелиоративный канал 500 м ниже зоны полива; 4 – Мотыкальский канал

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 (Сомов Г.П., Литвин В.Ю., Гершун В.И., Бузолева Л.С. и др.) 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 [16].

Согласно проведенных нами ранее исследований [17] 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 составило 2400 КОЕ/100 мл, что превышает гигиеническую норму в 2,4 раза (рисунок 5). 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.



Рисунок 5 – Общие колиформные бактерии в дренажных и поверхностных водах ЗПО

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

Почвенная очистка в отношении энтерококков в течение первых 5 суток после поливов стоками была высокой, составив 96,7% [17]. 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% [17]. Как следствие, данный микроорганизм не обнаруживался в пробах поверхностных вод ни в 2014, ни в 2015 году. Сальмонеллы также не были обнаружены в исследуемых пробах.

По показателю ОМЧ эффективность почвенной очистки в 2014 году составила 81,3% [17]. По данному показателю ДВ относились к IV классу качества вод – «загрязненные» [18]. 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» (рисунок 6).

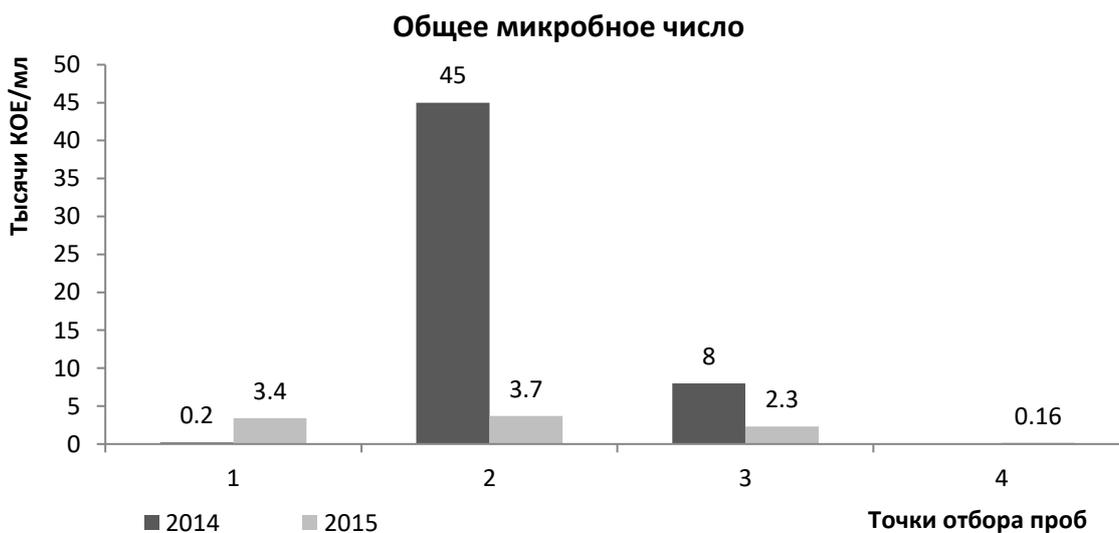


Рисунок 6 – Общее микробное число в дренажных и поверхностных водах

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

Самоочищающая способность воды ниже, чем у почвы и обусловлена действием инсоляции; течением воды, ведущим к снижению концентрации органики; поглощению бактерий простейшими; адсорбцией поверхностью растений и частицами ила и др. Для выяснения степени самоочищения ПВ был определен коэффициент самоочищения, равный  $\text{ОМЧ } 22\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{ОМЧ } 37\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рисунок 7). По завершении процессов самоочищения в водах данный показатель становится выше 4. Оценивая полученные результаты, можно констатировать, что непосредственно в месте выхода ДВ в 2015 году процессы самоочищения еще не завершены (коэффициент самоочищения 0,84). Выше данной точки отбора проб он становится выше (3,3), но не превышает 4, что говорит о продолжающемся самоочищении, которое связано с близостью орошаемых стоками полей.

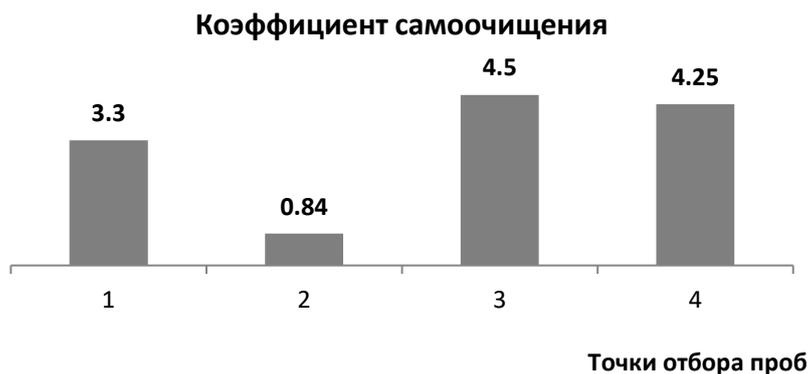


Рисунок 7 – Коэффициент самоочищения поверхностных вод

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

В точке отбора ниже места выхода ДВ и в Мотыкальском канале коэффициент выше 4 (соответственно 4,5 и 4,25) и говорит о завершении процессов самоочищения, что согласуется с другими показателями.

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 [19].

## Выводы

1. Полив земледельческих 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.

2. 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 раз, по азоту нитритному в 2,3 раза, по азоту нитратному в 2 раза.

3. Основными бактериологическими загрязнителями поверхностных вод являются 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. Зайдельман, Ф. Р. Методы эколого-мелиоративных изысканий и исследований почв./ Ф. Р. Зайдельман — М: Колос, 2008. — 486 с.
2. Медведский, В. А. Охрана окружающей среды от загрязнения отходами животноводства: практическое пособие / В. А. Медведский, Т. В. Медведская. – Витебск: ВГАВМ, 2013. – 181 с.
3. Желязко, В. И. Использование бесподстильного навоза на мелиорируемых агроландшафтах. Теория и практика / В. И. Желязко, П. Ф. Тиво. – Мн.: ИООО «Право и экономика, 2006. – 296 с.
4. Баранников, В. Д. Охрана окружающей среды при биологической очистке бесподстильного навоза и использовании его на кормовых угодьях: автореф. дисс. док. биол. наук : 16.00.06; 16.00.08/ В. Д. Баранников ; Рос. акад. сельхоз. наук, Всерос. НИИ ветеринарии, санитарии, гигиены и экологии. – Москва, 1993.– 47 с.
5. Захарова, О. А. Микробоценоз почвы при разных уровнях антропогенного воздействия: Монография./О. А. Захарова, Л. В. Кирейчева, Ю. А. Мажайский. – Рязань, 2004.–162 с.
6. Голченко, М. Г. Влияние орошения кормовых угодий стоками животноводческих комплексов на природную среду / М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко // Проблемы мелиорации и водного хозяйства на современном этапе: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки, 4 – 5 июня 1999 г. : в 2-х ч./ Беларус. сельхозоз. акад.; реценз. В. И. Кумачев [и др.] – Горки, 1999. – Ч.1. – С. 75 – 77.
7. Тиво, П. Ф. Некоторые проблемы использования навозных стоков свинокомплексов / П. Ф. Тиво, Л. А. Саскевич // Мелиорация переувлажненных земель: Сборник научных работ / Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и луговодства. – Минск, 1999. – Т.46. – С. 308 – 319.
8. Саскевич, Л. А. Химический состав животноводческих стоков и их ирригационная оценка / Л. А. Саскевич // Мелиорация переувлажненных земель: Сборник научных работ / Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и луговодства. – Минск, 1998. – Т.45. – С. 274–285.
9. Тарасов, С. И. Агрэкологические особенности длительного применения бесподстильного навоза /С. И. Тарасов, С. И., Н. А. Кумеркина // Химия в сельском хозяйстве – 1996. – № 6. – С. 27 – 31.
10. Tanaš W., Ecological state of environment near complexes of animal production / Tanaš W., Kavgarenja A. N.– Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2006 – Vol. 51(1).–P. 60 – 63.
11. Использование сточных вод животноводческих комплексов на орошение с учётом охраны окружающей среды/ Ю.И. Ворошилов – Москва : Всесоюзный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по сельскому хозяйству, 1984 г. – 59 с. – (Обзорная информация / Всесоюзный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по сельскому хозяйству).
12. Романенко, Н. А Санитарно-эпидемические основы почвенной очистки сточных вод/ Н. А. Романенко, Н. И. Хижняк, И. И. Бобун. – Кишинев «Штиинца»,1993. – 215 с.
13. Кирейчева, Л. В. Микробоценоз ранее мелиорированных земель вблизи крупных свинокомплексов: монография/Л. В. Кирейчева, О. А. Захарова, К. Н. Евсенкин. – Рязань, Политех, 2011.– 426 с.
14. Волчек, А. А. Мухавец: энциклопедия малой реки / А. А. Волчек [и др.]– Брест: Академия, 2006. – 344 с.
15. Демидов, А. Л. Воздействие навозосодержащих отходов животноводческих объектов республики Беларусь на почвенный покров/ А. Л. Демидов, В. В. Мажинская, И. В. Жигунова // Сборник трудов III международной научной экологической конференции «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства» под ред. Трубилина А. И., Белюченко И. С. Кубанский государственный аграрный университет 20 – 21 марта 2013 г. – Краснодар, 2013. – С. 20 – 25.
16. 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.– Москва, 1996.– №2.– С. 101–104.
17. Волчек, А. А. Оценка влияния микробиологической составляющей животноводческих стоков земледельческих полей орошения на дренажные воды (на примере СГЦ «Западный») /А. А. Волчек, О. Е. Чезлова //Природопользовани: сб. науч. тр.; гл. ред. А. К. Карабанов.– Минск, СтойМедиаПроект, 2015.– С. 95 –100.
18. Гусева, Т. В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Т. В. Гусева и др. – М.: Форум: ИНФРА–М., 2007. – 192 с.
19. Минаев, И. В. Экологическое усовершенствование мелиоративных систем / И. В. Минаев.– Мн.: Ураджай, 1986.– 151 с.

## ESTIMATION OF TRANSFORMATION OF QUALITY OF SURFACE WATERS OF THE ZONE OF IMPACT OF AGRICULTURAL IRRIGATION FIELDS

**A.A. Volchak, O.E. Chezlova, A.N. Litskevich**

As a result of assessing the quality of surface waters in the area affected by agricultural irrigation fields, their long-term (up to 9 months) transformation by chemical and microbiological indicators has been identified. The main

chemical pollutants of surface waters were biogenic nitrogen forms. At the point of discharge of drainage water into the canal after 9 months of nitrogen ammonium nitrogen, the concentration limit for ammonium nitrate was 3.5 times higher, for nitrogen nitrite it was 2.3 times, for nitrate nitrogen 2 times. The main bacteriological contaminants of surface water were common coliform bacteria. In 9 months after irrigation, the hygiene rate in the water of the meliorative canal was exceeded by 2.4 times in this indicator