

УДК 502/504:628.387.3

**Р. П. ВОРОВЬЁВА**

Алтайский филиал ФГУП НИИ по сельскохозяйственному использованию сточных вод (НИИССВ) «Прогресс», Барнаул

**С. В. МАКАРЫЧЕВ, Н. И. АЛЕШИНА**

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайский государственный аграрный университет», Барнаул

## **СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД**

*Для использования городских сточных вод в целях орошения необходимо проводить их дополнительную подготовку. Предложена и успешно использована технология подготовки сточных вод в картах полей фильтрации (прудах-накопителях).*

*Городские сточные воды, орошение, карты полей фильтрации, Алтайский край, земледельческие поля орошения, грунтовые воды, пруды-биофильтры.*

*For the purpose of urban waste waters usage for irrigation it is necessary to carry out their additional preparation. We have offered and successfully used a technology of waste water preparation in the maps of filtration fields (storage ponds).*

*Urban waste water, irrigation, maps of filtration fields, the Altai area, agricultural fields of irrigation, ground water, ponds – biofilters.*

Во многих регионах России загрязненные сточные воды становятся угрозой для окружающей среды. Неочищенные или недостаточно очищенные стоки, содержащие различные загрязнения, попадая в поверхностные и подземные воды, представляют огромный риск для здоровья людей. Две задачи, которые необходимо решить в ближайшем будущем: научиться экономить воду и обеспечивать водой орошаемые земли.

Учитывая, что в Алтайском крае большинство населенных пунктов, имеющих канализацию, сбрасывает сточные воды на поля фильтрации или на рельеф местности и в реки без глубокой биологической очистки, поиски экологически безопасных и экономически обоснованных технологий являются актуальными. Один из распространенных способов очистки и утилизации сточных вод – использование их на земледельческих полях орошения (ЗПО). В результате использования ЗПО обеспечивается круговорот биологически очень значимых элементов плодородия земель и надежная охрана окружающей среды от загрязнения. По

достигаемому эффекту очистки сточных вод земледельческие поля орошения целесообразнее искусственно созданных сооружений.

К проблеме использования сточных вод для орошения необходимо подходить, учитывая ряд аспектов:

во-первых, следует выделить ресурсосберегающий аспект, связанный с дефицитом чистой пресной воды. Прежде всего это касается малоувлажненных и засушливых районов, где особенно остро стоит проблема водоснабжения как для питьевых, так и хозяйственно-бытовых и промышленных нужд. Орошение сельскохозяйственных площадей сточными водами позволяет сократить объемы пресных вод, используемых для орошения;

во-вторых, орошение сточными водами можно рассматривать как водоохранное, т. е. экологическое мероприятие, направленное на сохранение качества природных подземных и поверхностных вод;

в-третьих, сельскохозяйственный аспект, связанный с повышением продуктивности пашни. Использование

сточных вод, содержащих легкодоступные, необходимые для растений питательные вещества, позволяет существенно сократить внесение минеральных удобрений.

Сточные воды города Алейска образуются в результате смешения хозяйственно-бытовых и отработанных вод прачечных и котельных в системе городской канализации. Сточные воды после механической очистки (горизонтальных песколовок с круговым движением воды и двухъярусных отстойников) в объеме 1,2 млн м<sup>3</sup> в год подаются на поля фильтрации, вследствие кольматации почвы превратившиеся в пруды-накопители. Поля фильтрации расположены в 2...3 км от Алейска, на землях ОАО «Колпаковский». В настоящее время существует 15 карт полей фильтрации.

Почвенный покров земель ОАО «Колпаковский», согласно почвенно-географическому районированию Алтайского края, преимущественно представлен (более 90 %) черноземами обыкновенными, по мощности гумусового горизонта относящимися к мало- и среднемощным, а по гранулометрическому составу – к среднесуглинистым.

Сельскохозяйственной культурой, выращиваемой на опытно-экспериментальном участке орошения, является многолетняя злаковая трава «кострец безостый». Это многолетний верховой среднеспелый длиннокорневищный злак полуозимого типа имеет развитую и проникающую глубоко в почву корневую систему, что обеспечивает его хорошую зимостойкость и засухоустойчивость. Он прекрасно реагирует на орошение сточными водами, выдерживает высокие оросительные нормы, длительное затопление (до 45 сут) паводковыми водами, хорошо переносит вневегетационные зимние поливы и является ведущей культурой для оросительных систем с использованием сточных вод. Его охотно поедают животные.

Орошаемая территория расположена на водораздельном склоне реки Чистюнька. Рельеф характеризуется как

слабоволнистый с уклоном до 0,02, с западинами и просадочными блюдцами на водоразделе и верхних участках водораздельных склонов.

В гидрологическом отношении рассматриваемый опытно-экспериментальный участок расположен в пределах Барнаульско-Кулундинского артезианского бассейна пластово-поровых пород. Под участком орошения уровень грунтовых вод находится на глубине 7...10 м. Питание их осуществляется за счет осадков и орошения. Коэффициент фильтрации водовмещающих суглинков, по данным опытно-фильтрационных работ и обобщенным материалам фильтрационных свойств пород Алтайского края, изменяется в пределах 0,05...0,02 м/сут, средняя водопроницаемость водоносного горизонта – 2 м<sup>2</sup>/сут, средняя пористость – 0,418.

Сточные воды, используемые для орошения, характеризуются щелочной реакцией среды (рН солевой равен 7,0..8,1), слабкой минерализацией – 0,4...0,5 г/л. Содержание иона натрия составляет 22,0...26,0 мг/л и превышает концентрацию катионов кальция и магния. Плотный остаток солей достигает 0,440...0,452 г/л. Среди анионов доминируют бикарбонаты (221,5...229,0 мг/л) и хлор (69,4...75,0 мг/л). Причем содержание хлоридов выше сульфатов более чем в 2 раза. Отмечено высокое содержание нитратов в данных водах. Помимо указанных компонентов химического состава сточных вод следует обратить внимание на большое значение химической потребности в кислороде (ХПК). Так, содержание окисляющих веществ в сточных водах города Алейска за годы исследований (1991–2003) изменялось в пределах 101,1...1566,2 мг O<sub>2</sub>/л, причем 7,2...56,1 % – это органические соединения. Из зольных элементов питания выявлены: азот – 0...25,5, фосфор – 0...48,2, калий – 5,0...23,6 мг/л. Отрицательные свойства сточных вод при орошении могут привести к органическому и биологическому загрязнению почвы, ее деградации, снизить урожай возделываемой культуры и ухудшить качество растениеводческой продукции.

Проведенные многолетние исследования сточных вод показали, что эффективность механической очистки от органических и неорганических веществ, тяжелых металлов на городских сооружениях очень низкая. Содержание тяжелых металлов в сточных водах Алейска на 1–2 порядка ниже уровней предельно допустимых концентраций для хозяйственно-питьевого водопользования. В сточных водах Алейска отмечено повышенное содержание свинца (в среднем в 1,5–2,0 раза). В городских сточных водах содержание канцерогенов находится на уровне от  $12,8 \cdot 10^{-12}$  до  $567,610^{-12}$  мг/л, что значительно ниже ПДК ( $5 \cdot 10^{-6}$  мг/л) для воды хозяйственно-питьевого пользования.

Для того чтобы использовать городские сточные воды в орошаемом земледелии, необходимо проводить их дополнительную подготовку. Авторами разработана технология подготовки сточных вод в картах полей фильтрации (прудах-накопителях), которая находит все большее распространение. Обработка сточных вод в картах ведется проточным и контактными способами. В проточных картах сточные воды последовательно перетекают из одной карты в другую (число ступеней карт равно пяти). При этом степень чистоты воды постепенно повышается, происходит оседание яиц гельминтов. В контактных картах полей фильтрации сточная вода находится примерно 2–3 мес. до полного обеззараживания, а затем поступает на орошение.

Данные по изучению химического состава и микробиологических показателей свидетельствуют, что сточные воды после предварительной подготовки (отстаивание, усреднение) можно использовать для орошения сельскохозяйственных культур в условиях Алтайского края.

Одна из основных задач при почвенной очистке сточных вод – регулирование водно-воздушного режима территории, орошаемой такими водами. Это достигается нормами и сроками полива. На опытно-экспериментальном участке

проводилось орошение сточными водами двумя способами: а) полив дождеванием и б) вневегетационные поливы – намораживанием до 1,5 м. Вегетационная оросительная норма в среднем составила  $3200 \text{ м}^3/\text{га}$ . Однако поливы напуском и намораживанием приводили к очень большим нагрузкам сточных вод на 1 га, превышающим расчетную оросительную норму в 2–3 раза.

Очистка сточных вод на полях орошения осуществляется в ходе фильтрации под влиянием механических, физических, физико-химических, химических и биологических почвенных процессов.

Очистке сточных вод способствует корневая система растений, которая (включая ее ризосферы) прямо или косвенно участвует в процессе очистки сточных вод на полях орошения. Она поглощает из сточных вод соединения азота, фосфора, калия, необходимые для роста и развития растений. Выделяемые ризосферой слабые кислоты разлагают органические вещества сточных вод на простые минеральные вещества, в частности при этом выделяется углекислота, которая активно используется корневой системой и, следовательно, самими растениями.

Эффективность очистки сточных вод повышается за счет разнородности генетических горизонтов (гумусового, иллювиального, карбонатного и т.д.), некоторые из них – гумусовый и иллювиальный – это природные «барьеры», обладающие высокой поглотительной способностью к ряду минеральных и органических веществ.

Наиболее активно очистка и обеззараживание сточных вод осуществляется в слое 60...100 см, где сосредоточена основная масса корневой системы растений и почвенных микроорганизмов. Однако процесс очистки сточных вод протекает не только в метровом слое почвы, он осуществляется всей зоной аэрации (т. е. толщей до грунтовых вод). При фильтрации сточных вод ниже 60...100 см в процесс очистки включаются другие горизонты почв

(иллювиальный, карбонатный и материнская порода), где в основном протекают физико-химические процессы. Мощность зоны аэрации для большинства почв значительная, в частности для черноземных почв Алтайского края она варьирует от 5 до 12 м.

Результаты исследований авторов по очистке сточных вод города Алейска подтверждают высокую эффективность почвенного метода очистки на полях орошения. Результаты исследований показывают, что с учетом доочистки стоков в нижележащих слоях загрязнение грунтовых вод при указанном поливном режиме (нагрузке) практически исключено.

Лизиметры конструкции Е. И. Шиловой монтировались в стенку почвенного шурфа на глубину 0...40 и 0...70 см. Обваловывали учетные площади, которые поливали городскими сточными водами Алейска по нормам, соответствующим производственным (3200 м<sup>3</sup>/га) при орошении. Объем поданной сточной воды и полученного фильтрата замерялся, данные этих замеров использовали в балансовых расчетах веществ в системе «сточная вода – почва – фильтрат (лизиметрические воды)». Опыт проводили под многолетними травами («кострец безостый»). Результаты анализов показали, что очистка городских сточных вод города Алейска на участке с «кострецом безостым» выразилась в снижении рН поливной воды от 8,4 до 6,4. Слой почвы 0...40 см очищает сточные воды от бикарбонатов на 4,6 %, от солей сухого остатка – на 7,8 %, от магния – на 76 %, слой почвы на 0...70 см очищает сточные воды от бикарбонатов на 22,8 %, от органических веществ по ХПК – на 36 %, от фосфатов – на 92,9 %, от взвешенных веществ – на 100 %. В проведенном авторами опыте отмечен вынос из почвы в фильтрат сульфатов, хлоридов и натрия. Это может являться обоснованием для строительства дренажной системы во избежание загрязнения грунтовых вод солями, вымытыми из почв.

При подаче сточных вод в зимний период происходит намораживание, при этом наблюдается их частичная очистка, чему способствует солнечная радиация, разбавление сточных вод и обогащение кислородом при напуске на поля орошения. При этом, если нет оттепели, на полях орошения уже через 10–15 дней микробы группы кишечной палочки погибают в толще льда на 99 %. Тем самым достигается эффект, вполне идентичный хлорированию. Подобный результат получается лишь при постоянном замораживании сточных вод. В случае периодического оттаивания и последующего замораживания бактерии *Escherichia coli* отмирают только на 80...85 %.

После оттаивания льда талые воды поступают в пруд-биофильтр. Оттуда сток сбрасывается в водный объект. Применение прудов-биофильтров – важное водоохранное мероприятие при использовании загрязненных сточных вод для орошения. К моменту сбрасывания из прудов-биофильтров сточная вода приобретает качество чистой речной воды.

Для регенерации воздушной среды от вредного влияния газов предусмотрены мелиоративные лесные насаждения. Санитарно-защитные лесные насаждения располагаются по границам севооборота, вдоль дорог, биоканалов, вокруг регулирующей емкости, карт полей фильтрации, прудов-биофильтров.

Урожайность сена многолетних трав на орошаемом участке оказывается выше по сравнению с неорошаемым в 1,8 раза, а в варианте с намораживанием – в 1,2 раза. При своевременной уборке сено «костреца безостого» оценивается вторым-третьим классом. При несвоевременной уборке (в период созревания семян) сено «костреца безостого» оценивается как неклассное.

Высокая урожайность на полях орошения является показателем хорошей очистки сточных вод, так как культурные растения требуют тех же условий жизни, что и микроорганизмы, обезвреживающие сточную жидкость.

Отсюда следует, что величина урожая на ЗПО является объективным показателем степени очистки сточных вод.

### Выводы

Проведенными исследованиями подтверждена целесообразность полей орошения для ирригационного использования городских сточных вод. Метод почвенной очистки сточных вод экономически самый выгодный и эффективный. При этом сточные воды не только обезвреживаются, но и имеют большой увлажнительный и частично удобрительный эффект. На базе орошения сточными водами есть возможность организовать высокоинтенсивное земледелие

с выращиванием ценных кормовых культур. Исчезает опасность загрязнения и отравления рек, озер, прудов и других открытых водных источников.

Статья поступила в редакцию 27.04.09.

**Воробьева Раиса Петровна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор  
Тел. 8 (3852) 66-50-78

**Макарычев Сергей Владимирович**, доктор биологических наук, профессор, декан института природообустройства  
Тел. 8 (3852) 62-50-51

**Алешина Надежда Ивановна**, кандидат сельскохозяйственных наук  
Тел. 8 (3852) 62-80-82

E-mail: aleshin@ab.ru

УДК 502/504:627.83: 631.6

**А. Р. ХАФИЗОВ, Д. Н. КУТЛИЯРОВ**

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Башкирский государственный аграрный университет»

## ГЕОЭКОЛОГИЯ ВОДОСБОРОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОГО БАШКОРТОСТАНА (БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ)

*Рассмотрена геоэкология водосборов степной зоны Восточного Башкортостана (Башкирского Зауралья). Выполнен детальный анализ геоэкологического состояния водосбора реки Таналык – типичного водосбора степной зоны. Даны рекомендации по повышению экологической устойчивости водосборов.*

*Геоэкология водосборов, степная зона, Башкирское Зауралье, геоэкологический анализ, биологическая продуктивность земель, биотические и абиотические компоненты.*

*Geo-ecology of water catchment of the steppe zone of the eastern Bashkortostan (Bashkirian Zauralje is considered. The detailed analysis is fulfilled of the geo-ecological condition of the Tanalyk river basin – a typical water catchment of the steppe zone. There are given recommendations on increasing an ecological stability of water catchments.*

*Geo-ecology of water catchments, steppe zone, Bashkirian Zauralje, geo-ecological analysis, biological productivity of lands, biotic and abiotic components.*

Водосборы степной зоны Восточного Башкортостана (Башкирского Зауралья) отличаются недостаточным и неустойчивым увлажнением почв, предрасположенностью почвенного покрова к эрозии, засолению, солонцеванию. В этих

местах наблюдаются и значительные техногенные воздействия. Геоэкологическое состояние водосборов оценено с помощью коэффициента экологической устойчивости техноприродных систем на водосборах К<sub>э</sub> [1]. Оценка показала, что водосборы