

Аспекты экологической безопасности орошения сточными водами

В. Л. Головин, Г.Г. Гулюк, Фам Тхи Тхом

Департамент морских арктических технологий (Политехнический институт) Дальневосточного федерального университета (ДВФУ); АО Дальневосточный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
Суханова ул., 8, Владивосток, 690091

Ключевые слова: орошение; сточные воды; обезвреживание; снижение опасности нарушения почвообразовательных процессов.

Keywords: irrigation, wastewater, neutralization of hazard reduction, soil violations of educational processes.

В работе предпринята попытка уточнения критериев определения эффективности орошения сточными водами на основе анализа отклика микробной активности почв на концентрации некоторых опасных веществ, которые могут находиться в оросительной воде. Авторы связывают это с тем, что по опыту применения мелиоративных мероприятий на сельскохозяйственных полях орошения (ЗПО) не всегда в полной мере учитывается опасность подавления почвенного микробиома, такими компонентами как хлорорганические вещества (канцерогены), и соли алюминия в структуре реагентов, используемых в процессах предварительной подготовки сточных вод. Обосновано, что направленность почвообразовательных процессов в конечном итоге определяет вероятность развития и степень деградации почв, следовательно, важнейшим моментом оказывается оценка условий жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, в основном обуславливающих эти процессы. Отсутствие факторов подавления активности почвенного микробиома может оказаться главным показателем в оценке оптимальности этих условий.

The paper attempts to clarify the criteria for determining the effectiveness of wastewater irrigation based on the analysis of the response of microbial activity of the soil to the concentration of some hazardous substances that may be in the water. The authors attribute this to the fact that, according to experience, the use of reclamation measures in agricultural irrigation fields does not always fully consider the danger of suppression of the soil microbiome by components such as organochlorine substances (carcinogens) and aluminum salts in the structure of reagents used in wastewater pretreatment processes. It is proved that the orientation of soil educational processes ultimately determines the probability of development and the degree of soil degradation, therefore, the most important point is the assessment of the living conditions of soil microorganisms that mainly cause these processes. The absence of factors, suppression of the activity of the soil microbiome may be the main indicator in assessing the optimality of these conditions.

Введение. Во многих странах мира одним из перспективных способов орошения сельскохозяйственных культур является использование хозяйственно-бытовых сточных вод и стоков от животноводческих комплексов. В последние годы такое направление развития мелиорации оказывается не только вынужденной мерой для стран с засушливым климатом при дефиците водных ресурсов. Сейчас уже можно расценивать его как вполне целесообразный, экономически и экологически оправданный прием улучшения условий сельскохозяйственного производства. При этом такое направление можно считать биологической мелиорацией, благоприятно воздействующей на состояние почв и именно биологические методы во многих странах считаются наиболее рациональными и экономически обоснованными, а также наиболее эффективными для улучшения экологической ситуации в случае, например деградации почв. По этой причине вопросам защиты окружающей среды с помощью биологических методов уделяется большое внимание во всем мире.

При орошении сельскохозяйственных культур сточными водами, как известно, одновременно решается несколько важнейших экологических задач, относящихся к защите природных водных объектов и к восполнению биогенных веществ земель, активно используемых в сельскохозяйственном производстве. При этом должно соблюдаться важнейшее экологическое требование, которое определяет отсутствие какого-либо отрицательного воздействия на агрохимическое, мелиоративное и санитарное состояние почвы, а также на качество растениеводческой продукции [8, 9]. Однако применяемые мероприятия не всегда обеспечивают выполнение указанного требования поскольку в полной мере не учитываются возможные изменения направленности почвообразовательных процессов. Причем, как известно, в этих процессах трудно переоценить роль почвенной микрофлоры. Предотвращение попадания в почву стрессоров, в том числе токсинов, может существенно влиять на появление рисков подавления активности микроорганизмов и на развитие деградации почв. Зачастую не учитывается присутствие в стоках таких токсичных веществ, как хлор- или озонорганические соединения, образующихся при обеззараживании сточных вод или специфичные продукты алюминия при использовании реагентов для предварительной обработки воды. Указанные продукты и особенно хлорорганические канцерогены могут оказывать негативное влияние прежде всего на почвенную микрофлору и, следовательно, их присутствие является крайне нежелательным.

Целью работы является обоснование дополнительных требований к обезвреживанию сточных вод, используемых на ЗПО, для снижения опасности экологического нарушения и снижения активности почвообразовательных процессов.

Аналитический обзор, опасность почвенной деградации при орошении сточными водами. В современной практике, как считают большинство специалистов [3–10], одним из перспективных способов

использования хозяйственно-бытовых сточных вод и особенно стоков животноводческих комплексов является орошение сельскохозяйственных культур. В первую очередь следует отметить снижение негативной экологической нагрузки на природные водные объекты поскольку исключается или значительно сокращается сброс неочищенных или недоочищенных сточных вод, а также может быть существенно снижен объем водоотбора из этих объектов на орошение. Еще одним важным обстоятельством является обогащение почв биогенными веществами сточных вод, которые расцениваются как органические удобрения, что считается более эффективным приемом повышения продуктивности почв. Сокращение же использования минеральных удобрений в такой ситуации почти всегда определяет экономическую выгоду.

При таком орошении одной из важнейших задач является искусственное увлажнение почвы при одновременном внесении в нее, как отмечено, большого количества органических вещества, содержащегося в недоочищенных стоках. Действительно считается, что при использовании сточных вод для орошения могут быть существенно снижены требования к их степени очистки. Это определяет возможность применять упрощенные технологии обработки стоков. В частности, может быть проведена только обработка в первичных отстойниках и частичная биологическая очистка, а сложная доочистка, которая необходима для удаления устойчивых к деградации биогенов перед сбросом в природные водные объекты может быть полностью исключена. В большинстве случаев такое упрощение гарантирует существенную экономическую заинтересованность в развитии и применении орошения сельскохозяйственных культур сточными водами.

Однако при использовании сточных вод в сельскохозяйственном производстве важнейшей задачей считается обеспечение экологической безопасности природной среды. Это прежде всего означает недопустимость негативных изменений качества получаемой сельскохозяйственной продукции, которая не должна содержать какие-либо вредные компоненты, поскольку напрямую или косвенно используется человеком и непосредственно влияет на его здоровье. Культивирование на открытых ЗПО овощных, в том числе картофеля, ягодных, фруктовых, бахчевых, салатных культур запрещается. Именно в этой связи следует оценивать и все другие возможные отклики среды. В частности, почва – важнейший из элементов среды, определяющий качественные показатели продукта питания и первый, принимающий на себя потенциальное негативное воздействие сточных вод, содержащих не только питательные вещества, но и некоторые опасные загрязнители.

Подпочвенные слои зоны аэрации, водонасыщенные грунты, а также водоносные горизонты также подвергаются опасности негативных изменений в связи с возможным попаданием в них загрязняющих веществ сточных вод. Таким образом предотвращение такой опасности оказывается главной

проблемой при организации орошения сельскохозяйственных культур сточными водами.

Рассматривая экологические аспекты применения сточных вод в сельскохозяйственном производстве для орошения, большинство исследователей отмечают полезность такого мероприятия с точки зрения восполнения почв питательными веществами и, следовательно, повышения продуктивности почв, а также возможность поддержания оптимального увлажнения. При этом опыт применения такого мелиоративного приема подтверждает вероятность некоторых негативных проявлений. К ним прежде всего относят загрязнение почв различными и прежде всего токсичными компонентами, которые могут содержаться в сточной жидкости. Принято считать, что именно загрязнения определяют деградацию почв, а деградировавшая почва очень трудно или вообще не поддается восстановлению.

Здесь следует отметить, что зачастую некоторые авторы рассматривают как одну из задач, решаемых при орошении, «почвенную очистку сточных вод» [3–7, 10, 11]. Это не совсем точно поскольку в результате очистки при проведении определенных мероприятий должен быть получен некий продукт с качественными показателями, существенно улучшенными по сравнению с начальными (до очистки). Таким продуктом может быть только жидкость после удаления из нее загрязнений, но поскольку очищенная вода здесь не фигурирует как конечный продукт, то и процесс, проходящий в почве при орошении сточными водами, не следует считать очисткой тем более в отношении опасных веществ. Таким образом то, что происходит в почвенном слое ЗПО после орошения сточными водами, прошедшими лишь упрощенную очистку, можно представить как накопление загрязняющих компонентов и их микробиологическая переработка почвенной микрофлорой в результате почвообразовательных процессов.

Наиболее экологически безопасным способом увлажнительной мелиорации считается внутрпочвенное орошение, когда сточные воды подаются непосредственно в почву на глубину не менее полуметра от поверхности и не оказывают существенного влияния на внешнюю среду. В частности, при постепенном распространении стоков от дрен-оросителей в толще грунта, где наблюдаются анаэробные условия, считается, что гибнут яйца гельминтов и другие патогенные бактерии [8]. Причем обезвреживание в данном случае в большей мере обусловлено резко изменяющимися и неприемлемыми условиями в верхних слоях почвы для упомянутых микроорганизмов и червей. При этом в почвенной среде имеется собственный микробиом, видовой состав которого лучше приспособлен к этим условиям и, следовательно, в соответствии с законами экологии имеет преимущества в конкурентной борьбе. Таким образом при внутрпочвенном орошении опасные продукты, содержащиеся в сточных водах на поверхность почвы не выносятся. Возможность загрязнения ими грунтовых вод также исключена,

если они находятся на достаточной глубине, поскольку при правильном режиме орошения глубина промачивания стоками не превышает 1,5 м [8].

При поверхностном орошении сточными водами по бороздам или дождевальной техникой создается более напряженная экологическая ситуация, связанная с тем, что накопление опасных и потенциально опасных продуктов прослеживается в пределах прикорневой зоны растений и не исключается прямой контакт с атмосферой. Исследованиями, проводимыми многими специалистами [3, 4, 6, 7, 10, 11], определено, что при поливе сточными водами и животноводческими стоками по сравнению с поливом природной водой, необходимо контролировать концентрацию взвешенных веществ в стоках. При повышенной их концентрации на поверхности почвенного слоя образовывалась слабопроницаемая корка, снижающая скорость впитывания воды и стоков, при следующем поливе появлялся поверхностный сток. В результате циклического орошения стоками на протяжении 30 лет отмечается накопление в почве низкоагрегатированного ила или повышение ее плотности не менее чем на 20%, что приводит к ухудшению условий аэрации почв и состава почвенного воздуха, снижает всхожесть семян. При этом отмечается, в частности, что «морфологически пахотный горизонт выглядит как монолитная плита, разбитая трещинами» [4]. Указанное во многом ухудшает условия жизнедеятельности почвенной микрофлоры [1, 2, 12] и, следовательно, переуплотнение почвы и нарушение условий аэрации определяет снижение активности почвообразовательных процессов и постепенную деградацию почв, даже если при этом в сточных водах отсутствуют токсичные вещества. При поверхностном орошении процесс накопления загрязняющих компонентов проходит в верхнем прикорневом слое почвы [6] и здесь деградация ее со снижением продуктивности крайне нежелательна. Причем накопление этих компонентов происходит не только непосредственно в момент орошения, но в процессе переработки загрязнителей почвенной микрофлорой продукты метаболизма также могут накапливаться в почве. Здесь важно не допускать наличия прежде всего токсичных веществ в составе сточных вод.

Это означает только то, что при соблюдении режима и безопасных норм орошения, при возможности разбавления сточных вод, а также при правильном подборе возделываемых культур такой способ орошения также экологически безопасен. Это достаточно полно регулируется нормативными требованиями и подтверждено положительным опытом применения. К настоящему времени можно считать доказанным, что полив сточными водами со степенью разбавления 1:4 вносит в почву большое количество биогенных веществ, увеличивается содержание гумуса, возрастает ее емкость поглощения. Таким образом орошение сточными водами при соблюдении оптимальных условий является удобрительным, существенно повышающим продуктивность почв, позволяет упростить технологию обработки стоков – исключить, в частности, третичную очистку, и не наносит вреда окружающей среде [3, 4, 6, 7, 10, 11].

Попытки проследить изменения качества сточных вод, попавших в почву непосредственно после орошения, довольно широко проводились во всем мире в конце прошлого века. При этом анализировался состав лизиметрических вод, и вода из наблюдательных скважин [8]. Результаты таких исследований позволяют сделать вывод о том, что по химическому составу почвенно-грунтовые воды из скважин, близки к артезианским и почвенно-грунтовым водам из скважин, заложенных вне системы ЗПО. В почвенно-грунтовых водах минеральный состав, содержание нитритного и нитратного азота, хлоридов, сульфатов, ХПК и БПК₅ находятся в допустимых пределах, регламентируемых правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. Кроме того, лизиметрические воды, при поливе стоками и при поливе чистой водой, близки по составу [8]. В связи с этим правомерно сделать вывод об эффективной сорбции почвой всех основных загрязняющих компонентов, но если они накапливаются в почвенном слое, то важнейшим вопросом оказывается то, как такие процессы могут влиять на качество самой почвы, как долго можно накапливать загрязнения стоков в почве и как они трансформируются при воздействии почвенного микробиома.

Действительно здесь следует обратить внимание на то, что современная экология требует контролировать не столько качество оросительных сточных вод, сколько качество принимающей среды, в данном случае почвы. Причем контроль изменений качественных показателей почвы необходим в объеме на определенной площади и глубине. Почва оказывается очень динамичным объектом при важности ее микробиома, представляющего собой активную биомассу, благодаря которой проходят почвообразовательные процессы. Затухание этих процессов допустить нельзя поскольку их активность определяет главное свойство почвы – ее продуктивность. В связи с тем, что это свойство практически полностью зависит от функционирования комплекса почвенных микроорганизмов, то и при орошении стоками главным показателем могут быть характеристики условий их метаболизма, формирующиеся в почве.

Вообще требования к содержанию в оросительной воде нежелательных компонентов достаточно легко контролировать. Тем более, что на практике есть возможность оперативно реагировать на превышение некоторых показателей качества сточных вод, например, разбавлять их чистой водой. Часто применяют и продолжительное отстаивание стоков в прудах-накопителях, которые обычно имеются в составе ЗПО.

Материалы и методы исследования причин снижения активности почвообразовательных процессов. При неоспоримой ценности почвы как природного ресурса не следует забывать, что ключевым фактором является некий предел устойчивости, определяющий некоторый критический объем или массу наиболее опасных веществ, который может привести к частичному или полному затуханию почвообразовательных процессов и обуславливает деградацию почв. Главной причиной деградации, как выясняется, является нарушение условий метаболизма почвенной микрофлоры. Как известно, почва

самый обитаемый природный объект, в каждом кубическом сантиметре которого даже не миллионы, а миллиарды клеток бактерий [1, 2, 5, 12], именно они перерабатывают практически все продукты, поступающие в почву со сточными водами. Таким образом устойчивость микробиоценоза является показателем того, что в почвенном слое не превышен критический объем стрессоров – веществ, сколько-нибудь существенно влияющих на метаболизм бактерий.

В настоящее время нет норматива качества для сточных вод, попадающих в почву при орошении, существуют только некоторые ограничения, о которых говорилось выше. В такой ситуации важно достаточно точно определить допустимые концентрации наиболее опасных компонентов сточных вод, используемых для орошения. Такие ограничения по наиболее часто встречающимся веществам в настоящее время обоснованы эмпирически и применяются при проектировании и эксплуатации ЗПО с орошением сточными водами. В частности, вполне очевидно, что в оросительных водах должны отсутствовать соли тяжелых металлов, имеющие явно выраженные токсичные свойства и, следовательно, они способны подавлять активность почвенных микроорганизмов. Недопустимо и присутствие в оросительной воде и других явных стрессоров, так или иначе подавляющих активность биоценоза почвы и его динамику.

Присутствие некоторых стрессоров в почве не контролируется, а часто даже и не рассматривается как нежелательные вещества, вызывающие негативные эффекты. В частности, при обеззараживании оросительных сточных вод хлорированием или озонированием всегда образуются хлор- или озонорганические соединения, которые являются канцерогенами – токсинами первого класса опасности. При наличии таких веществ в почве может существенно снижаться активность почвообразовательных процессов и, следовательно, повышается вероятность деградации почв. Обеззараживание стоков должно рассматриваться как необходимая технологическая операция, поскольку неочищенные и биологически очищенные сточные воды могут содержать яйца гельминтов и другие опасные организмы, которые следует обезопасить. К другим стрессорам, которые могут присутствовать в сточных водах, следует, в частности, относить и соли алюминия, используемые при обработке стоков на очистных станциях и при обработке осадка для его обезвоживания.

При обеззараживании сточных вод активными окисляющими агентами после биологической очистки хлорированием или озонированием не только не гарантируют достаточной степени обезвреживания, но и привносят высокотоксичные вещества. Такие токсины наносят биоценозу почв или природных водных объектов едва ли не больший вред, чем орошение вообще не очищенными и не обеззараживаемыми сточными водами. Причем, содержание остаточного хлора чаще всего не является показателем эпидемиологической безопасности, поскольку “остаточный” хлор

связывается, входит в структуру сложных органических токсичных соединений и практически полностью утрачивает обеззараживающий эффект. Аналогично ведет себя и озон, причем соединения его с остаточной органикой сточных вод по токсичным свойствам в определенной мере превосходят хлористые образования.

Инактивировать болезнетворные и опасные микроорганизмы в водных средах можно разрушением генома бактериальной клетки или нуклеиновой кислоты вируса физическими методами, к которым относятся ультрафиолетовое или радиоактивное облучение, ультразвуковое воздействие или термообработка. Применение ультрафиолетового облучения (УФО) для обеззараживания бытовых сточных вод невозможно оценивать однозначно. Известно, в частности, что микроорганизмы, находящиеся в воде, могут быть иммобилизованы на компонентах взвешенных частиц или находиться внутри таких частиц, что защищает их от непосредственного воздействия УФ-лучей. Наличие взвеси в стоках рассеивает направленное излучение, отражая его или экранируя, чем способствует снижению обеззараживающего эффекта и часто приводит лишь к замедлению активности развития бактерий и некоторых водных простейших. При отсутствии пролонгирующего действия УФО, которым воздействуют обычно на проточные среды, эффект подавления микрофлоры становится кратковременным. В этой ситуации при наличии в воде достаточного количества питательного субстрата – органики (в том числе угнетенных и погибших бактерий) стимулируется повторное заселение и восстановление микрофлоры в водной среде уже с повышенной мутагенной активностью, а значит с существенно измененным видовым составом.

Однако именно УФО для обеззараживания очищенных сточных вод в последние годы приобретает все большую популярность. На первый взгляд этот способ лишен недостатков, связанных, например, с орошением и повышением токсикологических нагрузок на почву, являющейся принимающей средой. При этом все же не следует забывать, что принцип УФО, как, впрочем, и других известных способов обеззараживания, заключается в попытке полностью устранить из стоков или неизбежно подавить все виды микроорганизмов независимо от их эпидемиологической опасности. Такой подход, как известно, вступает в определенное противоречие с принципом Макарута, согласно которому возможности среды всегда используются с максимальной биологической продуктивностью и максимальным заполнением пространства среды, не оставляя никакой ниши. Действительно, природа не терпит пустоты и любая ниша обязательно, и достаточно быстро будет заполнена. Если процесс такого “заполнения” оказывается неуправляемым, то и развитие биоценоза почвы, в которую поступили стоки с подавленной микрофлорой, будет проходить непредсказуемо с наибольшей вероятностью активного развития патогенных

или потенциально патогенных микроорганизмов, наиболее устойчивых к различным изменениям условий среды в полном соответствии с законом толерантности Шелфорда. В связи с этим обеззараживание сточных вод посредством УФО нельзя признать достаточно безопасным при подготовке стоков для орошения.

Результаты исследования и их обсуждение. Как известно [5] микрофлора почвенных макроагрегатов представляет собой некую кооперацию, включающую популяции микроорганизмов различных видов, образовавшуюся в результате конкурентной борьбы за источники питания в конкретных физико-химических условиях почвенного слоя. В нем жизнедеятельность микроорганизмов и взаимоотношения между популяциями отдельных видов, строятся в зависимости от возможности симбиоза между ними. По-видимому, если такие взаимоотношения между видами неантагонистичны и основаны на достаточно четком разделении ролей и интересов, когда каждый из видов способен элиминировать только комплексорганические соединения, например солей определенных металлов, то эта система в сложившихся условиях может считаться устойчивой. При этом таксономический состав микроорганизмов, представляющих различные физиологические группы, непостоянен и изменяется в зависимости от условий, складывающихся в почве (плотность, влагонасыщение, солевой состав и др.). Тем не менее такая система, имея численное превосходство определенных видов бактерий, появление антагонистов воспринимает как конкурентов и посредством специфичных энзимов способна их вытеснить. Это естественное природное свойство почвы вполне целесообразно использовать для обеспечения экологически щадящей защиты почв от поступления в них бактериологических загрязнителей при орошении сточными водами.

Таким образом, основным направлением совершенствования способов дезинфекции стоков следует считать развитие технологических приемов использования микробиологического эффекта конкурентного взаимодействия бактерий различных видов. Этот эффект основан на вытеснении эпидемически опасных микроорганизмов за счет паразитирования на них непатогенных видов или за счет конкурентной борьбы – вытеснения, когда непатогенные виды при преобладающей численности способны лишить питания – доступной органики нежелательных “конкурентов” и подавить их развитие за счет выделения специфичных энзимов, неприемлемых для конкурирующих видов.

Для предотвращения образования токсичных хлорорганических соединений в сточных водах, используемых для орошения, в АО ДальНИИГиМ разработан способ уничтожения патогенной микрофлоры без применения активных окисляющих агентов (хлор, озон). Технология обеззараживания основана на конкурентном взаимодействии непатогенных

бактерий при предварительном обеспечении их численного преимущества с нежелательными видами микроорганизмов, которые могут присутствовать в сточных водах. При этом обеспечивается обезвреживание стоков без образования экологической ниши и без неуправляемого ее заполнения патогенными и потенциально патогенными микроорганизмами. Реализация такого подхода к может быть осуществлена, например, в соответствии с разработанной ранее технологической схемой (патент РФ № 2326822).

Указанный способ заключается во введении в сточную жидкость, прошедшую биохимическую обработку на очистных сооружениях, микробиологического препарата, содержащего только непатогенные микроорганизмы. Причем, ввод его производится перед биореактором с сетчатой насадкой, на которой обеспечивается иммобилизация микрофлоры. В качестве препарата, содержащего непатогенные микроорганизмы, использовался «Восток ЭМ-1» и «AQUVA EM-1». В этих препаратах, изготавливаемых в г. Владивостоке, содержатся штаммы 84-х видов непатогенных микроорганизмов, в частности, фитотрофные и молочнокислые бактерии, дрожжи, актиномицеты и ферментные грибки. При этом генетически модифицированные микроорганизмы и патогенные или потенциально патогенные в этом препарате не обнаруживаются.

Исследования по эффективности дезинфекции хозяйственно-бытовых сточных вод, прошедших очистку по традиционной технологической схеме (решетки, песколовки, первичные отстойники, аэротенки, вторичные отстойники), проводились на одной из станций обработки стоков г. Владивостока. Эффективность щадящего обеззараживания сточных вод, при котором применялись микробиологические препараты, определялась сравнением с результатами, полученными при использовании традиционного хлорирования в разных дозах (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная оценка эффективности обезвреживания сточных вод хлором и микробиологическими препаратами перед орошением

Средство подавления патогенной микрофлоры	Виды микроорганизмов				Объем токсичных компонентов, поступающих в почву
	Общие колиформные КОЕ в 100 мл	Термотолерантные колиформные КОЕ в 100 мл	Сальмонеллы, КОЕ в 1л	Колифаги, БОЕ в 100 мл	
Хлор с остаточной дозой 1,5 мг/л	520,0	520,0	нет	нет	1,2–1,4% от общего объема стоков
Хлор с остаточной дозой 3,0 мг/л	81,5	81,5	нет	нет	1,5–2,6% общего объема стоков
Восток ЭМ-1	48,6	48,6	нет	нет	нет
AQUVA-EM1	42,8	42,8	нет	нет	нет

В проводимом эксперименте микробиологические препараты вводились в сточную жидкость, отводимую из вторичных отстойников в биореактор с сетчатой насадкой, Концентрация препаратов была принята в пределах 0,15–0,17 % от общего объема сточных вод, при этом время контакта составляло не более 0,36 часа. Оценка полученных результатов позволяет судить о перспективности практического применения разработанного способа щадящего обеззараживания стоков при подготовке их для орошения. В частности, после микробиологического обеззараживания в сточной жидкости остаётся значительно меньшее количество опасных колиформных бактерий, а также не образуются токсичные хлорорганические соединения.

В предварительных опытах при большем содержании взвешенных веществ в исходной жидкости и при времени контакта до 0,5 часа отмечался почти вдвое больший эффект снижения хлорорганических образований. Такая же тенденция наблюдается и при предварительной адаптации микроорганизмов препарата к составу сточных вод. Адаптация проводится в специальной емкости со сточной жидкостью и микробиологическим препаратом с медленным перемешиванием их в течение суток при дальнейшем использовании полученной смеси для обработки стоков, подаваемых на орошение, в сетчатом биореакторе.

Выводы. Почва является важнейшим экологическим объектом и при орошении ее сточными водами прежде всего необходимо учитывать, что главное свойство почвы – ее продуктивность, которая зависит от активности почвообразовательных процессов и затухания этих процессов допустить нельзя, поскольку это может свидетельствовать о ее деградации. Поскольку во многом интенсивность почвообразовательных процессов во многом определяется функционированием комплекса почвенных микроорганизмов, то и при орошении стоками главным показателем могут быть характеристики условий их метаболизма, формирующиеся в почве.

При орошении сточными водами обоснована необходимость исключения попадания в почву стрессоров, негативно влияющих на почвенную микрофлору. В связи с этим должно быть исключено попадание в почву токсичных веществ в том числе и таких, которые образуются при предварительной подготовке сточных вод для орошения. В первую очередь к таким нежелательным веществам-стрессорам отнесены хлор- или озонорганические токсины, обладающие канцерогенными свойствами.

Опытные результаты щадящего обеззараживания хозяйственно-бытовых сточных вод, при котором использовались микробиологические препараты, доказывают достаточно высокий эффект подавления нежелательных видов микроорганизмов без образования токсичных веществ. Возможность получить сточную воду, не загрязненную паразитами и свободную от токсичных веществ, позволяет с большей вероятностью рассчитывать на то, что при ее использовании для орошения почвенная

микрофлора будет развиваться в достаточно благоприятных условиях, почвообразовательные процессы будут активны и, следовательно, будет полностью исключена деградация почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гендугов В.М., Глазунов Г.П., Евдокимова М.В., Шестакова М.В. Макрокинетическое обоснование модели микробного роста при одном ведущем компоненте субстрата // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2012. № 2. С. 25–30.
2. Гендугов В.М., Глазунов Г.П., Евдокимова М.В. Макрокинетика роста и отмирания микробов в почве // Микробиология. 2011. Т. 80, № 4.
3. Давыдов А.С., Тиньгаев А.В., Шепталов В.Б. Опыт применения сточных вод для орошения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 12 (50), 2008. С. 43- 45.
4. Захарова О.А. Улучшение водно-физических и агрохимических свойств почвы в условиях цикличного орошения сточными водами / Научные технологии в мелиорации. (Костяковские чтения) Материалы международн. конф. –М.: изд-во ВНИИА, 2005. С. 94–100.
5. Круглов Ю.В. Микробное сообщество почвы: физиологическое разнообразие и методы исследования* (обзор) / Сельскохозяйственная биология, 2016, том 51. с. 46-59
6. Ларионова А.М. Особенности полива сточными водами / Научные технологии в мелиорации. (Костяковские чтения) Материалы международн. конф. –М.: изд-во ВНИИА, 2005. С. 127–130.
7. Мусийчук Н.С., Шмаков В.И. Мелиоративное состояние земель при орошении сточными водами животноводческих комплексов и пути улучшения экологической обстановки / ФГОУ ВПО Омский государственный аграрный университет <http://www.allbest.ru>
8. Ратников А.А. Почвенная утилизация сточных вод //Сантехника, №2, № 3, 2013.
9. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.7.573-96 "Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения".
10. Шишкина О.С. Влияние орошения сточными водами на мелиоративное состояние территории //Мелиорация. -2004. С. 12-13.
11. Шишкина О.С., Лобойко В.Ф. Экологическая эффективность орошения сточными водами //Здоровье и экология. -2004, С. 16-17.
12. Door J., Ben-Josef N. Monitoring effluent quality in the hypertrophic wastewater reservoirs using remote sensing. – *Approp. waste Manag. Technol. Dev. Countries: Technol Pap. Present* // 3rd Int. conf., Nagpur, Febr., 25-26, 1995, Т 1. – Bombay, 1995. – P. 199-207.

REFERENCES

1. Gendugov V.M., Glazunov G.P., Evdokimova M.V., Shestakova M.V. Macrokinetic substantiation of the model of microbial growth with one leading component of the substrate // Vestn. Moscow university ser. 17. Soil science. 2012. No. 2. S. 25–30.
2. Gendugov V.M., Glazunov G.P., Evdokimova M.V. Macrokinetics of growth and death of microbes in soil // Microbiology. 2011. V. 80, No. 4.
3. Davydov A.S., Tingaev A.B., Sheptalov B.B. Experience in the use of water for irrigation // Bulletin of the Altai State Agrarian University No. 12 (50), 2008. P. 43-45.
4. Zakharova O.A. Improving the water-physical and agrochemical properties of the area under conditions of cyclic irrigation with sewage High-tech technologies in land reclamation. (Kostyakov readings) Materials of the international. conf. –M.: VNIIA publishing house, 2005. S. 94–100.
5. Kruglov Yu.V. Microbial community: physiological diversity and research methods* (review) Agricultural biology, 2016, volume 51. p. 46-59.
6. Larionova A.M. Peculiarities of wastewater irrigation High technologies in land reclamation. (Kostyakov readings) Materials of the international. conf. –M.: VNIIA publishing house, 2005. S. 127–130.
7. Musiychuk N.S., Shmakov V.I. Ameliorative state of lands during irrigation with waste waters of livestock complexes and ways to improve the environmental situation / FGOU VPO Omsk State Agrarian University <http://www.allbest.ru>
8. Ratnikov A.A. Soil disposal of wastewater // Sanitary engineering, No. 2, No. 3, 2013.
9. Sanitary rules and norms SanPiN 2.1.7.573-96 "Hygienic requirements for the use of wastewater and their impact on irrigation and pollution."
10. Shishkina O.S. Influence of irrigation with sewage waters on the reclamation state of the territory // Melioration. -2004. pp. 12-13.
11. Shishkina O.S., Loboiko V.F. Ecological efficiency of wastewater irrigation // Health and ecology. -2004, pp. 16-17.
12. Door J., Ben-Josef N. Monitoring effluent quality in the hypertrophic wastewater reservoirs using remote sensing. – Approp. waste Manag. Technol. Dev. Countries: Technol Pap. Present // 3rd Int. conf., Nagpur, Febr., 25-26, 1995, T 1. – Bombay, 1995. – P. 199-207.

ФАМ ТХИ ТХОМ (Вьетнам) аспирантка ДВФУ

ГОЛОВИН ВИКТОР ЛЕОНТЬЕВИЧ канд. техн. наук, зам. генерального директора АО «ДальНИИГиМ», профессор ДВФУ, Заслуженный работник науки и образования, РФ, г. Владивосток. golovin.vll@yandex.ru