

PAPER

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОБИОНТОВ

Д.Б.Бозорова^{1,*}

¹ Бухарский государственный медицинский институт

* bozorova745@mail.ru

Abstract

В данной статье рассматривается очистка сточных вод с использованием гидробионтов, проведенная в системе водоснабжения г. Бухары. В результате, с целью обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов на очистных сооружениях и повышения эффективности глубокой очистки, удалось обеспечить содержание кислорода в аэротенке не ниже 4,6 мг/л, а индекс ИЛ – не ниже 150 мг/л. Очищенные сточные воды рекомендовано использовать для орошения технических и декоративных культур.

Key words: сточные воды, гидробионты, очистка, серобактерии, инфузории.

Введение

Сегодня результаты глобального изменения климата оказывают огромное влияние на климат Узбекистана. В частности, высыхание Аральского моря в течение жизни одного поколения (более 60 лет) и возникновение Аральской пустыни на территории в 5 миллионов гектаров создают сложные социально-экономические и экологические проблемы в оазисе. Такие сложные процессы отражаются на экосистемах Бухарской области. Высокие температуры, засуха, опустынивание из года в год приводят к

нехватке питьевой и оросительной воды. Очистка и повторное использование образующихся технических и бытовых сточных вод являются факторами, смягчающими возникшие проблемы. По этой причине станция очистки сточных вод города Бухары была выбрана в качестве объекта для проведения научных и практических работ, мониторинга, отбора проб, проведения химических и биологических анализов, а также проведения тестовых экспериментов.

Бухарская городская очистная станция сточных вод, принадлежащая Обществу с ограниченной ответственностью «Бухарский водопро-

Compiled on: November 18, 2025.

Copyright: ©2025 by the authors. Submitted to Advances in Science and Environment for possible open access publication under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution \(CC BY\) 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

вод», была введена в эксплуатацию в 1972 году. Первичная очистка осуществлялась механическим способом. Сооружение состояло из здания железных заградений (колец), песколовок, первичных отстойников и биологических искусственных прудов (биопрудов), через которые сточные воды очищались и сбрасывались в канал Саковича. В 1984 году проектная мощность составляла 100 тыс./м³, в 1985 году были построены и введены в эксплуатацию дополнительные первичные отстойники, аэротенки, насосная станция, вторичные отстойники, площадки для сбора ила и хлораторные. Однако объем сточных вод, поступающих на очистные сооружения, достигал 45–50 тыс./м³ за счет сточных вод Бухарского текстильного комбината.

Состав сточных вод был резкощелочной, кислотой, в аэротенке погибали микроорганизмы, показатель ИЛ составлял 50–60 мг/л, а общая эффективность работы сооружения – 30–40%. В соответствии с Постановлением Президента Республики Узбекистан №ПП-1216 от 29 октября 2009 года «О мерах по реализации проекта «Реконструкция очистных сооружений и систем канализации городов Бухары и Самарканда» в 2014–2016 годах на объекте проводились 1-й этап реконструкционных работ. Реконструированы здание чанбараклара, песколовок, первичных отстойников, аэротенков, вторичных отстойников, переоснащены современным оборудованием 6 воздуходоносных станций.

На очистных сооружениях сезонно отбирались пробы воды и гидробиологические показатели, а также проводились химические анализы и испытания в лабораторных условиях.

На очистные сооружения поступает 38–40 тыс. м³ сточных вод, образующихся в городах Бухара и Коган. Их объем и химический состав варьируются в зависимости от сезона. Поступающие на очистные сооружения сточные воды сначала очищаются от крупных механических примесей в кольцевой системе, а анаэробные бактерии, яйца гельминтов, песок, почва и металлические частицы, содержащиеся в сточных водах, задерживаются на 65–70% с помощью песколовок [1,2,4]. На очистные сооружения поступает в среднем 1608 м³ сточных вод в час. Из-за недостатка растворенного кислорода в сточных водах, поступающих на Бухарские

городские очистные сооружения, органические вещества разлагаются при участии анаэробных бактерий. В результате в сточных водах увеличивается содержание нитритов и аммонийных солей. При участии анаэробных бактерий органические вещества в сточных водах разлагаются до нитритов в процессе денитрификации с образованием токсичных газов, таких как аммиак и сероводород.

Процессы очистки сточных вод от взвешенных веществ продолжаются в первичном отстойнике. Первичные отстойники состоят из 4 радиальных отстойников производительностью 25 тыс. м³, 2 из которых рабочие и 2 резервные. Первичные отстойники заключаются в отстаивании взвешенных примесей в сточных водах в течение 2 часов в соответствии с регламентом очистки сточных вод. В установке сточные воды очищаются от 65–70% взвешенных веществ под действием центробежной силы при вращении специальных ведер и попадают в аэратор, в который под сильным давлением подается воздух. Количество растворенного кислорода в воде доводится до 4–6 мг. В результате в воде развивается биоразнообразие (бактерии, ракообразные, амебы, раки, инфузории). [3,6]

Если весной среднее содержание аммония в сточных водах составляло 77,8 кг/м³ в час, то летом этот показатель возрастал до 84,8 кг/м³. Аналогично, содержание нитритов в сточных водах также имеет сезонный характер, их содержание весной составляет 4,5 кг/м³, летом 4,5 кг/м³, осенью в среднем 4,1 кг/м³ и зимой 1,3 кг/м³, тогда как нитраты колеблются от 3,8 до 2,3 кг/м³ от весны к зиме. Количество фосфатов зафиксировано в диапазоне 4,6–7,7 кг/м³. Максимальный показатель количества взвешенных веществ в сточных водах составляет 389,2 кг/м³ (летом), а минимальный – 353,8 кг/м³ (зимой). Состав и количество минеральных солей зафиксировано в диапазоне 249,2–287,8 кг/м³.

Для полного разложения в аэротенке солей аммония и нитритов азота, содержащихся в сточных водах, до нитрат-ионов, показатель активной глины в аэротенке должен составлять 200–250 мг/л, а содержание растворенного кислорода в воде – 4–6 мг/л, а её активное участие в процессе очистки должно обеспечить полное разло-

жение органических веществ, содержащихся в сточных водах. Вторым важным фактором является соотношение объёма воздуха, закачиваемого в аэротенк, которое составляет 4-4 м³ на 1 м³ воздуха. Продолжительность полной очистки сточных вод в аэротенке составляет 10-12 часов.

В результате эксперимента отмечено, что содержание органических веществ в сточных водах аэротенка определяется, прежде всего, активностью и численностью бактерий. По данным А.Г. Родиной (1965), разложение органических загрязнений в сточных водах бактериями происходит в логарифмической графической фазе, а на остальных стадиях бактерии переходят в зоогельную (мутевую) фазу. Можно наблюдать разнообразие состава микроорганизмов в период разложения с участием аэробных бактерий, участвующих в процессе нитрификации сточных вод.

Жизнедеятельность микроорганизмов основана на использовании органических веществ сточных вод в качестве пищи. С ускорением процесса нитрификации в сточных водах, то есть с увеличением содержания растворённого в воде кислорода (4-6 мг/л), солей аммония, диоксида азота в нитраты, представители рода кольчатка стали доминировать в составе активного слоя, вытесняя малоподвижных и свободноплавающих инфузорий. Среди них в числе доминирующих видов были выявлены несколько видов родов *Brachionus*, *Microcolidia*, *Asplanchnia* и *Keratella*, что нашло отражение в проведённых анализах и испытаниях.

Индекс сточных вод характеризует количество организмов в иле. Конкретные показатели эффективности активного ила определялись экспериментальным путём. Уровень эффективности определялся путём проведения экспресс-экспериментальных исследований с использованием сериодафний. Экспресс-эксперименты проводятся совместно со специалистами аналитической лаборатории Бухарского областного управления экологии и охраны окружающей среды на пробах, отобранных на очистных сооружениях.

О доминировании неподвижных и свободноплавающих инфузорий в составе хорошо развитых активных филарий свидетельствует высо-

кий индекс филариатности – 250 мг/л. Отмечено участие нитчатых бактерий – *Cladotrix* и *Sphaerotilus* в очистке сточных вод, преимущественно загрязнённых углеводородами, а также при наличии щелочной или кислой среды в составе сточных вод текстильной промышленности. Даже эти бактерии, в зависимости от типа питания, *Cladotrix* синтезирует азот из любых соединений, а *Sphaerotilus* растёт только за счёт органического азота и образует длинные нити. Они хорошо развиваются в аэробных условиях и, порообразуя активные филарии, образуют пенные вздутия филариевой массы.

Нитчатые серобактерии специализируются на очистке промышленных сточных вод от сероводорода и бытовых сточных вод от ферментированных белков. Окисление сероводорода происходит в две фазы. Вначале сероводород окисляется до серы. В отсутствие кислорода (в анаэробных условиях) процесс окисления сероводорода прекращается.

Эффективность очистки с использованием микроорганизмов в аэротенке Бухарской городской очистной станции сточных вод определяется дозой активного ила выше 5 мкг/л. Показатель активного ила зафиксирован в диапазоне 100-250 мг/л. Изменение этого показателя оказывает отрицательное или положительное влияние на очистку сточных вод, следовательно, приводит к снижению или повышению прозрачности очищенной воды. При показателе прозрачности 3-4 см и выше остальные общезколого-санитарные показатели обеспечивают высокий уровень очистки.

Биопруды состоят из 3-4 ярусов. В бассейнах бактерии используют кислород, образующийся в процессе фотосинтеза, для окисления загрязняющих веществ. Высшие водные растения, в свою очередь, потребляют углекислый газ и нитраты азота, образующиеся при биохимическом разложении органического вещества, и продуцируют большое количество фитомассы. Например, в экспериментах, проведённых в одном из биопрудов Бухарской городской очистной станции (Юлдошов, 2022), было установлено, что 150 г растений ряски малой (*Lemna minor*), высаженных на 1 м² поверхности, могут дать 625 г биомассы за 8 дней.

Согласно данным, представленным в таблице

3, сезонная эффективность очистки очистных сооружений от биогенных веществ составила до 95–96% в весенне-летний период и до 91% в осенне-зимний. Аналогичные результаты получены по удалению нитратов – от 87,4% до 93% и фосфатов – от 93 до 97%. Полностью очищенные сточные воды пропускали через биопруды, нейтрализовали и тестировали в несколько этапов в течение 48 часов с использованием представителя зоопланктона

Daphnia longispina Mull. В ходе эксперимента отмечено, что выживаемость 85–90% опытов, проведенных с использованием 5–7-суточных науплий (личинок) дафний, составила 50–50%.

Краткое содержание

1. Для обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов на очистных сооружениях и повышения эффективности глубокой очистки содержание кислорода в аэротенке должно быть не ниже 4,6 мг/л, а индекс ИЛ – не ниже 150 мг/л.

2. Рекомендовано использовать очищенные сточные воды для орошения технических культур и декоративных растений.

3. Впервые на очистных сооружениях ООО «Бухарское водоснабжение» выявлено более 120 видов микроорганизмов, из которых 15 являются доминирующими индикаторными видами.

Ссылки

1. Пардаев Ш.С., Хикматов У. Экологическое состояние Бухарского нефтеперерабатывающего завода. Важные экологические аспекты устойчивого развития. Бухара 2013, 9–126
2. Пардаев С.Х., Ниёзова Ф., Хайриева Д., «Важные экологические факторы очистки сточных вод». «Факторы смягчения экологических проблем региона», Бухара 2019
3. Пардаев Ш., Пардаев О.Ш. «Гидробиологические методы очистки сточных вод». Материалы научно-теоретической конференции. Навои 1996, 74–75 Пардаев Ш., Неизвестнова И.А. «Некоторые аспекты работы Бухарской городской очистной станции и повышение эффективности ее работы». Теоретические и практические проблемы

экологии. Бухара 1992, стр. 48–51. Мустафоева Б.О. Шамсиева Н.А. «Биологическая очистка стоков» важных экологических факторов устойчивого развития. Бухара 2023 144 с.

4. Родина А.Г. Методика исследования качества водной микробиологии, практическое руководство. "Наук"1965. Унифицированные методы исследования качества вод. "Атлас сапробных организмов"Москва 1977г.
5. Унифицированные методы исследования качества воды. «Методы биологического анализа воды» Москва 1976.