

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А. П. Секирина¹⁾, И. А. Ровенская²⁾

¹⁾ Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь, s.sekirina@gmail.com

²⁾ Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси, ул. Купревича, 2, 220084, Минск, Беларусь, rovenskayaia@rambler.ru

Проблема очистки промышленных стоков и подготовки воды для технических и хозяйственно-питьевых целей с каждым годом приобретает все большее значение. Сброс недостаточно очищенных стоков в водоемы приводит к ухудшению качества воды и нарушению нормальных условий жизнедеятельности гидробионтов, эвтрофикации. В настоящее время многие водоемы мира из-за загрязнения утратили свое значение как источники рыбохозяйственного и санитарно-бытового водопользования. Сложность очистки связана с чрезвычайным разнообразием примеси в стоках, количество и состав которых постоянно изменяется вследствие появления новых производств и изменение технологии существующих.

Ключевые слова: сточные воды; загрязняющие вещества; биологическая очистка; поля фильтрации; биологические пруды.

WASTEWATER TREATMENT IN NATURAL CONDITIONS

A. P. Sekirina¹⁾, I. A. Rovenskaya²⁾

¹⁾ International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Dolgobrodskaya str., 23/1, 220070, Minsk, Belarus, s.sekirina@gmail.com

²⁾ Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Kuprevicha str., 2220084, Minsk, Belarus, rovenskayaia@rambler.ru

The problem of industrial wastewater treatment and water treatment for technical and household drinking purposes is becoming increasingly important each year. The discharge of insufficiently treated wastewater into reservoirs leads to deterioration of water quality and disruption of normal living conditions of aquatic organisms, eutrophication. Currently, many water bodies in the world have lost their importance as sources of fisheries and sanitary water use due to pollution. The complexity of treatment is associated with an extreme variety of impurities in wastewater, the amount and composition of which is constantly changing due to the emergence of new industries and changes in the technology of existing ones.

Keywords: wastewater treatment; biological treatment; filtration fields; biological ponds.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2025-2-231-234>

Биологическая очистка сточных вод – это процесс перевода коллоидных и растворенных органических веществ в минеральные соединения за счет жизнедеятельности бактерий [1].

Биологическая очистка сточных вод является одним из самых распространенных способов обезвреживания бытовых и производственных вод перед выпуском в поверхностный водный объект. В его основе лежит процесс биологического окисления органических соединений, которые невозможно удалить механическим путем из-за того, что они находятся в коллоидном и растворенном состоянии в сточных водах предприятий и отводимых от населения. Биодegradация загрязнений осуществляется сообществом аэробных микроорганизмов, включающим множество различных бактерий, простейших и ряд более высокоорганизованных организ-

мов – водорослей, грибов и т. д., связанных в единый комплекс сложными взаимоотношениями (метабиоза, симбиоза и антагонизма). Процессы биологической очистки во многом аналогичны процессам самоочищения в природных водоемах, интенсифицированных применением систем инженерных сооружений, таких как: аэротенки, биологические фильтры, биологические пруды, поля орошения, поля аэрации и прочие.

Процесс очистки сточных вод от органических веществ микроорганизмами происходит в две фазы.

Первая – фаза сорбции. В основе ее лежат физико-химические процессы адсорбции органических веществ и коллоидов поверхностью микробной клетки.

Вторая фаза – внутриклеточное окисление растворенных и адсорбированных органических веществ.

Распад органических соединений разных классов происходит в определенной последовательности и с различной скоростью. Разложение углеводов до углекислого газа и воды идет чрезвычайно быстро, всего несколько часов. Медленнее окисляются жиры. Наиболее сложно и длительно осуществляется распад белковых веществ. Процесс нитрификации связан с потреблением большого количества кислорода, что учитывается при организации биологической очистки. Нитрификация – процесс экзотермический, это значительно облегчает эксплуатацию очистных сооружений в зимнее время. Нитрификацию следует рассматривать не только как минерализацию азотистых органических соединений, но и как накопление связанного кислорода в воде. При дефиците кислорода в водном объекте связанный кислород нитратов может быть мобилизован в процессе денитрификации.

Поля орошения – специально подготовленные и спланированные участки земли, предназначенные для очистки сточных вод и для их одновременного использования в агротехнических целях, обычно с целью доочистки [2].

Поля состоят из карт, спланированных горизонтально или с незначительным уклоном и разделенных земляными оградительными валиками. Очистка в этих условиях идет под действием почвенной микрофлоры, солнца, воздуха и под влиянием жизнедеятельности растений. Сточная вода распределяется по картам оросительной сетью. Вода, профильтрованная через слой почвы, отводится осушительной сетью [3].

При очистке сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения – эти участки в последствии используют для сельскохозяйственных целей. На полях выращивают огородные или кормовые культуры, сеяные травы. Земледельческие поля орошения могут быть круглогодичного или сезонного действия. При использовании такого метода достигается высокий (до 99 %) эффект бактериальной очистки. Для полей орошения основной задачей все-таки является очистка сточных вод [4].

Поля фильтрации – это земельные участки, предназначенные только для полной биологической очистки предварительно осветленных сточных вод. [3]. Принцип процесса очистки на полях состоит в поглощении органических веществ сточных вод пленкой микроорганизмов поверхности почвы. В верхних слоях почвы происходят процессы окисления и нитрификации, а в нижних слоях – денитрификация, поскольку с увеличением глубины содержание кислорода уменьшается. Сточные воды, направляемые на поля орошения и фильтрации, должны предварительно отстаиваться, что позволяет уменьшить в них содержание патогенных микроорганизмов примерно на 50-60 %. Поля орошения и фильтрации используются во всех климатических районах, за исключением северных [5]. Для их обустройства подходят песчаные и супесчаные грунты, но можно использовать также суглинистые и черноземные почвы. Размеры карт полей фильтрации зависят от рельефа местности, количества сточной воды, общей рабочей площади и способа обработки почвы. Сточная вода распределяется по картам оросительной сетью, а очищенная вода, профильтровавшаяся через слой почвы, отводится осушительной сетью, либо с помощью дренажной системы в поверхностный водный объект [2].

Для небольших рабочих поселков, малых городов устройство полей орошения и фильтрации можно признать весьма целесообразным в связи со сравнительной простотой их устройства и эксплуатации.

Биологические пруды – искусственно созданные неглубокие (0,5-1 м) водоемы, функционирующие на основе природных процессов самоочищения [2]. Пруды могут быть использованы в качестве самостоятельных очистных сооружений, а также в качестве доочистки сточных вод, уже прошедших биологическую очистку. Процесс очистки в этих сооружениях аналогичен процессам, происходящим при самоочищении водоемов. Биопруды заселены водными организмами, оказывающими благоприятное воздействие на процесс очистки. В ряде научных работ показано, что при использовании микроводорослей для очистки загрязненных вод, выделяются в воду вещества, которые обладают бактерицидными свойствами. В аэробных условиях органические вещества, которые содержат в своем составе наибольшее количество углеродов, постепенно разлагаются до углекислоты и воды. В то же время азотосодержащие органические вещества загрязненных вод окисляются до нитратов и нитритов. Интересно отметить, что нитраты и нитриты быстро усваиваются водорослями и во многих случаях концентрация нитритов снижается до нуля. Это дает большое санитарно-гигиеническое преимущество в процессе очистки загрязненных вод в естественных условиях. После биологической очистки загрязненных вод в искусственных сооружениях, во входящем стоке содержится большое количество азота нитратного, который представляет серьезную опасность для подземных вод и природных водоемов [4].

Для устройства биологических прудов могут быть использованы естественные впадины местности, заброшенные карьеры, а также специально созданные водоемы.

Они представляют собой каскад прудов, состоящий из трех-пяти ступеней, через которые с небольшой скоростью протекает осветленная или биологически очищенная сточная вода. Их применяют в случаях, когда при наличии достаточных площадей отсутствуют хорошо фильтрующие почвы. Данные сооружения являются достаточно эффективными. Качество очистки зависит от времени года (зимой эффективность резко снижается). Различают пруды с естественной и искусственной аэрацией воздуха. Время пребывания сточных вод в первых прудах достигает 7-60 суток, а в прудах с искусственной аэрацией – 1-3 суток [2].

Биологические пруды обеспечивают высокоэффективную очистку – количество кишечной палочки снижается на 95,9–99,9 % исходного, почти полностью задерживаются яйца гельминтов.

Основное достоинство естественных сооружений биологической очистки выражается в сравнительно невысокой стоимости строительства и эксплуатации, а недостатком является низкая интенсивность очистки [6]. В искусственных очистных сооружениях, наоборот, скорость очистки высокая, что позволяет за более короткое время очищать большие объемы сточных вод. Таким образом, сооружения очистки сточных вод в естественных условиях не всегда могут конкурировать с сооружениями искусственной биологической очистки. Особенно в периоды низких температур.

К недостаткам методов очистки сточных вод в естественных условиях относятся:

- низкая окислительная способность в результате заиливания дна биопрудов и грунта полей фильтрации;
- сезонность работы;
- риск попадания загрязняющих веществ в грунтовые воды;
- риск накопления в почве биологически неокисляемых загрязнений и компонентов;
- риск вторичного загрязнения толщи воды соединениями, накапливающимися в донных отложениях, и как следствие необходимость систематической очистки отмершей биомассы;
- потребность в больших территориях.

В литературе практически отсутствуют рекомендации по сезонной эксплуатации биопрудов и полей фильтрации, тогда как в условиях нашего климата фактор сезонности оказывает

огромное влияние на эти сооружения. Подавляющая часть сооружений естественной очистки, эксплуатирующихся в Республике Беларусь, работает недостаточно эффективно. В результате эвтрофикации («цветения») вода, обработанная в таких сооружениях биологической очистки, может содержать существенно больше взвешенных веществ и органических загрязнений, чем та, что поступает на доочистку.

Библиографические ссылки

1. Николаева Л. А., Исхакова Р. Я. Биологическая очистка сточных вод предприятий нефтехимического комплекса и энергетики : учебное пособие // Казань: КГЭУ, 2021. 90 с.
2. Воронов Ю. В., Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод: учеб. для вузов (направление «Строительство»). 4-е изд., доп. и перераб. М.: АСВ: Изд-во МГСУ, 2006. 704 с.
3. Биологическая очистка сточных вод [Электронный ресурс]. URL: https://eor.dgu.ru/lectures_f/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%A1%D0%93%D0%A2/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%208.htm (дата обращения: 10.01.2025)
4. Анализ основных методов биологической очистки как основа интенсификации работы сооружений [Электронный ресурс]. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13007> (дата обращения: 10.01.2025)
5. Биологическая очистка сточных вод с использованием болотных биогеоценозов [Электронный ресурс]. URL: https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/1984/1/bulletin_tpu-2008-312-1-12.pdf. Дата доступа: (дата обращения 22.01.2025).
6. Биологическая очистка сточных вод: [Электронный ресурс]. URL: https://eor.dgu.ru/lectures_f/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%A1%D0%93%D0%A2/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%208.htm (дата обращения: 10.01.2025).