

УДАЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Целью настоящей работы является исследование процессов денитрификации и дефосфатирования, разработка технологии удаления биогенных элементов на очистных сооружениях городской канализации.

В настоящее время изменились приоритеты в технологии очистки сточных вод, направленные в первую очередь на глубокое удаление биогенных элементов. Данный факт связан в первую очередь с интенсивно развивающимися процессами эвтрофикации поверхностных водоемов.

Наиболее существенное значение в процессах очистки сточных вод имеют соединения азота и фосфора. Данные элементы вызывают эвтрофикацию водоёмов, ухудшение кислородного режима водоёмов, повышенный рост водорослей, угнетение жизни рыб, делают воду непригодной для питья.

Соотношение БПК:N:P на входе в блок биологической очистки сточных вод должно быть в пределах 100:5:1, и в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-202-2010 следует предусматривать добавки биогенных элементов в аэротенки [1].

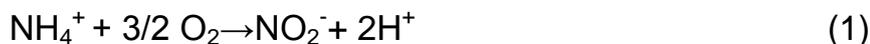
Однако соединения азота и фосфора в избытке, попадая в поверхностные водоемы, вызывают бурный прирост водорослей, приводят к резкому снижению количества растворенного кислорода в водоеме, угнетению жизни рыб и так называемому «цветению воды». Такие водоемы не пригодны для купания и забора воды для хозяйственно-питьевых целей.

Сущность биологического метода удаления азота из сточных вод состоит в трансформации азота из связанного в газообразное состояние при помощи микроорганизмов активного ила.

Обычно в городских сточных водах содержится 20–50 мг/л соединений азота, в основном в виде аммиака или производных аммония (NH_4 и NH_3) и таких органических веществ, которые в процессе обработки легко превращаются в аммоний [2].

Так, например, процентное соотношение различных форм азота в поступающей на очистку сточной воде г. Барановичи выглядит следующим образом (рис. 1):

Процесс биологической трансформации азота протекает в две стадии [3, 4]. Первая стадия заключается в превращении соединений азота аммонийных солей в нитриты, а затем в нитраты. Данный процесс называется нитрификацией, и протекает он по следующим уравнениям:



Процесс нитрификации осуществляется группами бактерий хемоавтотрофов: *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*. В активном иле их количество колеблется в пределах до 10% от общей биомассы.

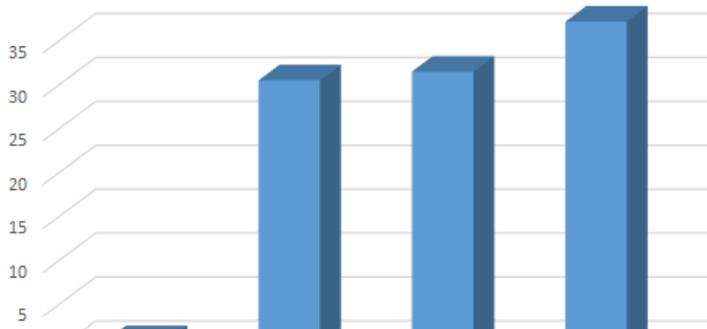


Рисунок 1 – Процентное соотношение форм азота и фосфора в сточной воде

На скорость нитрификации большое влияние оказывает концентрация растворенного кислорода. Оптимальное значение растворенного кислорода для эффективного протекания нитрификации находится в диапазоне 2–4 мг/л. Концентрация растворенного кислорода выше 4 мг/л не влияет на скорость нитрификации, содержание растворенного кислорода менее 1 мг/л является лимитирующим и существенно замедляет процесс нитрификации. Оптимальное значение возраста ила — не менее 6–9 суток.

К ингибиторам нитрификации, замедляющим либо прекращающим процесс, относят тяжелые металлы, СПАВ, фенолы, амины.

В процессе второй стадии трансформации азота, азот нитратный превращается в соединения газообразного азота и удаляется в атмосферу. Данный процесс называется денитрификацией.

Процесс денитрификации протекает без присутствия свободного кислорода и связан со способностью некоторых микроорганизмов в процессе своей жизнедеятельности использовать связанный кислород из нитратов (нитратное дыхание активного ила). Условия протекания денитрификации называют аноксидными.

Восстановление азота до газообразных форм требует наличие энергетического субстрата:



В качестве субстрата может быть использован метанол, различные кислоты низшего ряда, либо использован внутренний источник углерода в неочищенной сточной воде (ее легкоокисляемой части).

В активном иле преобладают бактерии группы *Pseudomonas*, из общей массы ила способны использовать для дыхания кислородосодержащие соединения азота 70–80% микроорганизмов. Постоянное повторение цикла содержания ила в аноксидных условиях приводит к накоплению и укреплению сообщества денитрифицирующих микроорганизмов.

Влияние растворенного в воде кислорода рассматривают в сочетании с концентрацией органических веществ, используя значение окислительно-восстановительного потенциала (минус 100-200 мВ), концентрацию растворенного кислорода в зоне денитрификации следует снижать до минимального уровня. Ингибиторами денитрификации являются те же вещества, что и для нитрификации.

В неочищенной сточной воде фосфор содержится в следующих видах: ортофосфаты, полифосфаты, фосфор органический растворенный, фосфор органический взвешенный, фосфор общий [5].

В отличие от азота, который может выводиться из системы в газообразном состоянии при денитрификации, фосфор распределяется между илом и очищенной водой. Биологическое, не связанное с применением реагентов, удаление фосфора заключается только в выводе его в составе избыточного активного ила. С увеличением массы избыточного ила возрастает масса удаляемого фосфора, но это входит в противоречие с накоплением в иле нитрифицирующих бактерий в результате вывода их вместе с приростом ила. Поэтому для увеличения вывода фосфора необходимо увеличить его содержание в клеточном веществе бактерий. Клетки обычного ила в аэротенках содержат 1,5–2% фосфора, следовательно, в 28–32 г избыточного ила содержится 0,4–0,6 г фосфора. Если количество фосфора в иле удастся увеличить, будет снижаться его концентрация в очищенной воде.

Некоторые микроорганизмы природного биоценоза способны накапливать фосфор (фосфораккумулирующие бактерии (ФАО) или Р-бактерии). Избыточное количество фосфора в клетке, большее, чем потребность для размножения бактерий, наблюдается при чередовании анаэробных и аэробных (аноксидных) условий при перемещении ила по биоблоку.

В анаэробных условиях, когда в иловой смеси нет растворенного химически связанного кислорода (в форме нитритов и нитратов), микроорганизмы активно ила приспосабливаются к экстремальным условиям, включая в систему дыхания процессы трансформации фосфора. Бактерии выводят фосфор в виде ортофосфатов и продуцируют низшие кислоты жирного ряда (это характерно для кислого брожения органических веществ загрязнений в сточных водах в анаэробных условиях).

В аэробных условиях микроорганизмы активно поглощают и накапливают фосфаты в виде полифосфатов. Таким образом, чередование анаэробных и аэробных

условий вызывает миграцию фосфора из клеток в воду и обратно (рис. 2). Если из системы выводить ил в момент наибольшего поглощения фосфора (конец аэробной зоны), то можно удалить его из системы, не нарушая баланс природы и вывода биомассы нитрифицирующих бактерий.

Накопление полифосфатов в активном иле зависит от состава примесей в сточных водах интенсивности перемешивания иловой смеси, способности микроорганизмов, находящихся в иловой смеси, адаптироваться к анаэробным условиям.

Технология биологического удаления биогенных элементов

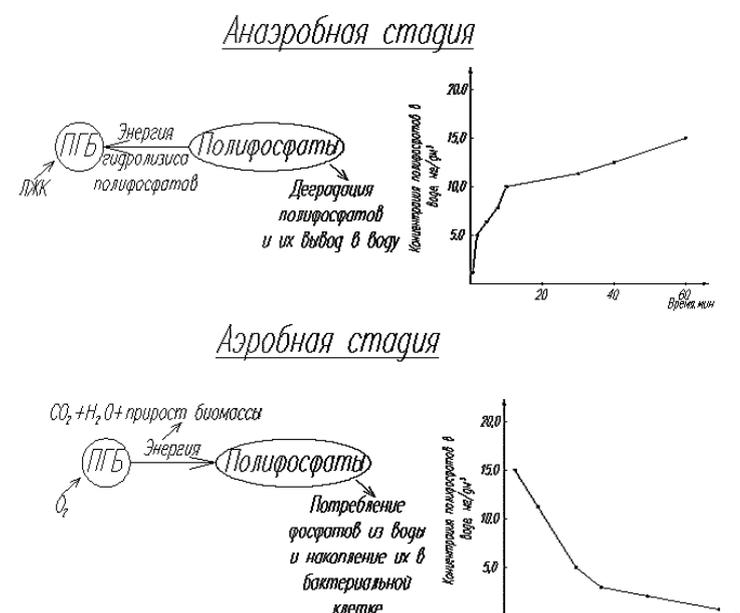


Рисунок 2 – Метаболизм ФАО в анаэробных и аэробных условиях

получила название «Денифо» и основана на сочетании анаэробно-аноксидно-оксидных условий обработки смеси активного ила и очищаемой сточной воды [6].

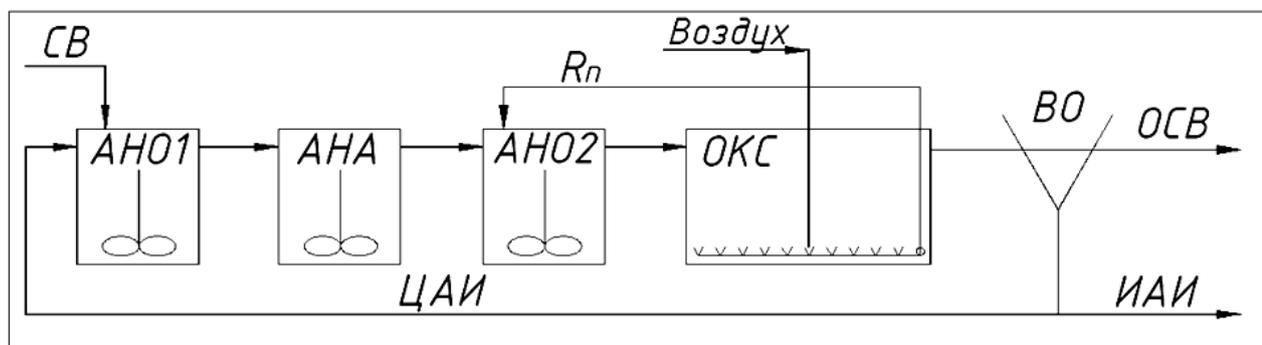
При очистке разбавленных сточных вод с низким содержанием легкоокисляемой органики рекомендуется подача в анаэробную зону сточных вод без первичного отстаивания или осветленных сточных вод, содержащих продукты ацидофикации (сбраживания) сырого осадка [7].

Технологическая схема установки представляет собой видоизмененную схему JNB modification.

Предложенная многоступенчатая технологическая схема с предшествующей денитрификацией является технологически целесообразной и экономически выгодной, так как в процессе наладки и эксплуатации позволяет варьировать многими параметрами, легко реализуется в типовых коридорных аэротенках, обеспечивает окисление части органических веществ (снижение БПК₅) без затрат воздуха, что снижает его расход в целом по аэротенку.

Варьируемые параметры установки: суммарная продолжительность обработки сточной воды (8–12 ч) и в каждой зоне (соотношение объемов всех зон);

кратность циркуляции активного ила (R_n); кратность циркуляции нитратсодержащей смеси (RNO_3); возраст и концентрация ила; распределение подачи сточных вод. Технологическая схема установки представлена на рисунке 3.



АНО 1 — первая аноксидная зона (предденитрификатор); АНА — анаэробная зона дефосфатирования активного ила; АНО 2 — вторая аноксидная зона (денитрификатор); ОКС — оксидная зона (нитрификатор); ВО — вторичный отстойник; СВ — подача предварительно осветленных сточных вод; ОСВ — очищенная сточная вода; R_n — рециркуляция нитратсодержащей иловой смеси; ЦАИ — циркулирующий активный ил; ИАИ — избыточный активный ил.

Рисунок 3 – Технологическая схема установки

Заключение. Биологические методы очистки сточных вод являются наиболее экологически безопасными и дешевыми методами очистки сточных вод.

Внедрение технологических схем с глубоким удалением азота и фосфора имеет следующие преимущества: достижение высоких требований к качеству очищенных сточных вод и улучшение экологической обстановки поверхностных источников; сокращение потребления электроэнергии за счет уменьшения количества подаваемого воздуха на пневматическую аэрацию (в аноксидных и анаэробных зонах); уменьшение прироста активного ила, и как следствие, снижение затрат на перекачку и утилизацию избыточного активного ила.

Применение технологических схем с глубоким удалением азота и фосфора позволит улучшить экологическое состояние поверхностных источников в нашей стране и в странах Западной Европы, куда течет большинство рек Беларуси.

Список цитированных источников

1. Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-202-2010 (02250)
2. Канализация населённых мест и промышленных предприятий / под ред. В.Н. Самохина. – 2-е изд., – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
3. Яковлев, С.В. Биохимические процессы в очистке сточных вод. – М.: Стройиздат, 1980. – 200 с.
4. Голубовская, Э.К. Микроорганизмы очистных сооружений. – Л.: ЛИСИ, 1985. – 74 с.
5. Мишуков, Б.Г. Перспективные схемы биологической очистки сточных вод от азота и фосфора // Вода и экология: проблемы и решения. – 1999 – № 1. – С. 36–39.
6. Хенце, М. и др. Очистка сточных вод: пер. с англ. – МЛ: Мир, 2004. – 480 с.
7. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / под ред. В.Н. Самохина. – 2-е изд., – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
8. Мишуков, Б.Г. Удаление азота и фосфора на очистных сооружениях городской канализации // Прилож. к ж. «Вода и экология: проблемы и решения». 2004. – 72 с.