

## **Биологическая очистка сточных вод с глубоким удалением азота и фосфора**

Биологические методы очистки городских и промышленных сточных вод получили широкое распространение. Несомненными достоинствами этих методов являются широкий спектр удаляемых загрязнений, в том числе токсичных, образование простых конечных продуктов, отсутствие вторичного загрязнения воды.

Вместе с тем для эффективного функционирования сооружений биологической очистки необходимо строго соблюдение технологических параметров (температура, значение рН сточных вод, отсутствие токсичных компонентов в концентрациях, ингибирующих жизнедеятельность микроорганизмов, наличие биогенных элементов, концентрация растворенного кислорода в сооружениях аэробной очистки и т. д.). Изменения одного или нескольких из этих параметров оказывают воздействие на состав и процессы жизнедеятельности организмов активного ила, на потребление ими загрязнений и могут привести к нарушению процесса очистки. Знание последствий, к которым приводит изменение параметров очистки, и умение оперативно обнаружить эти последствия, установить и ликвидировать причину позволяет управлять процессом, обеспечивать высокую эффективность очистки.

На кафедре биотехнологии и биоэкологии Белорусского государственного технологического университета разработано методическое руководство по контролю процесса биологической очистки городских сточных вод [1]. Данное руководство включает методики анализа сточных вод и активного ила, а также содержит информацию по обработке и интерпретации результатов с целью использования полученных данных для управления процессом биологической очистки городских сточных вод, протекающим в аэротенке.

Ключевыми аспектами контроля процесса биологической очистки являются химический, биохимический, бактериологический и гидробиологический анализы.

Одни химические показатели (химическая (ХПК) и биохимическая (БПК) потребность в кислороде, их соотношение, наличие токсикантов) позволяют судить о принципиальной возможности очистки сточных вод данного состава биологическими методами, другие (температура, рН, растворенный кислород, содержание фосфора, азота) свидетельствуют о наличии благоприятных условий для жизнедеятельности организмов активного ила.

Оперативно контролировать токсичность производственных сточных вод, поступающих на биологические очистные сооружения, устанавливать допустимые концентрации и нагрузки позволяют биохимические методы, в частности, определение изменения активности ферментов-дегидрогеназ активного ила перед подачей в систему биоочистки и в процессе биоочистки [2].

Из двух составляющих бактериологического анализа (санитарно-бактериологического и определения общей численности и морфологического разнообразия бактерий в составе хлопьев активного ила) особо важное значение имеет контроль нитчатых бактерий, чрезмерное развитие которых наиболее часто является причиной вспухания активного ила, нарушения его седиментационных свойств и выноса из вторичных отстойников.

И, наконец, основное значение для контроля работы аэротенков имеет гидробиологический анализ. Общее количество, видовое разнообразие и физиологическое состояние организмов активного ила являются индикаторами протекающего процесса очистки. На каждом очистном сооружении формируется свой специфический биоценоз активного ила, уровень его развития и деструкционный потенциал определяются составом сточных вод, конструкцией и режимом эксплуатации очистных сооружений. При воздействии неблагоприятных факторов, нарушающих процесс очистки, состояние биоценоза активного ила меняется очень быстро, когда изменения химических параметров еще не фиксируются. Поэтому гидробиологический анализ позволяет наиболее оперативно выявлять нарушения процесса очистки, а также делать заключения о возможных причинах этих нарушений.

Разработанная на кафедре электронная база данных «Активный ил», содержит информацию о водных беспозвоночных животных – обитателях активного ила сооружений биологической очистки городских сточных вод Республики Беларусь [3]. База данных дает возможность оперативно определять систематическую принадлежность организмов активного ила, относить их к определенным индикаторным группам, т. е. оценивать уровень развития активного ила и по состоянию активного ила изучать влияние различных факторов на эффективность очистки.

В настоящее время в связи с возрастанием содержания в городских сточных водах соединений азота и фосфора и обострением проблемы эвтрофикации водоемов произошла смена приоритетов в подходе к очистке сточных вод, основным видом загрязнений, подлежащих удалению, являются биогенные элементы – азот и фосфор. Разработано большое количество модификаций технологических схем для удаления азота и фосфора, основанных на чередовании зон с разным уровнем аэрации (аэробных, анаэробных, анаэробных). Существование различных модификаций этих схем обусловлено проблематичностью обеспечения условий для совместной эффективной очистки сточных вод от азота и фосфора [4].

Проблемой является создание зоны строгого анаэробнозиза из-за неблагоприятных отношений  $N_{\text{общ.}}/БПК$  и  $P/БПК$ , предлагаются варианты схем без предварительного первичного отстаивания, с ацидификацией осадка в первичных отстойниках, с размещением загрузки в анаэробной зоне для удержания микроорганизмов, осуществляющих брожение. Для эффективного удаления фосфора необходимо увеличение отведения избыточного ила, в то время как для обеспечения нитрификации возраст ила должен быть не менее 5 суток. В активном иле содержатся не только аэробные и анаэробные бактерии, но и представители аэробной микрофауны, для которых длительное пребывание без кислорода является смертельным. Оптимальные условия для развития фосфораккумулирующих бактерий в активном иле не установлены. На данном этапе определены только необходимость чередования анаэробных и аэробных условий и наличие легкодоступной органики. Более того, существует точка зрения, что в основном удаление фосфора из сточных вод обеспечивается интенсивным приростом активного ила в зоне аэрации, в то время как в отсутствие кислорода аэробные бактерии погибают, клетки разрушаются, и за счет высвобождения их содержимого повышается содержание фосфора в воде в анаэробной зоне.

Целью наших исследований является установление оптимальных условий накопления фосфора бактериями, выделенными из активного ила, и отработка этих условий на реальном объекте – активном иле городских очистных сооружений для обеспечения одновременного эффективного удаления азота и фосфора.

Для выделения чистых культур бактерий, способных к накоплению фосфора, использовали иловую смесь из аэротенков очистных сооружений гг. Минск, Могилев, Бобруйск, Малорита, Поставы, Кленовичи, Боровка и др. С целью гомогенизации иловой смеси проводили ультразвуковую обработку при частоте 22 кГц в течение 30 секунд.

Первичное установление фосфораккумулирующей способности бактерий, выделенных из активного ила, осуществляли окрашиванием гранул волютина в клетках метиленовым синим по Леффлеру. Для отбора штаммов с наиболее выраженной способностью к накоплению фосфора инкубировали суточную культуру в питательном бульоне, чередуя условия аэрации: аэробноз, анаэробноз, аэробноз. По разности содержания фосфатов в исходной среде и после каждой стадии инкубирования рассчитывали количество поглощенного фосфора на единицу сухой биомассы. Для дальнейших исследований выбран штамм II, характеризующийся самым высоким уровнем накопления фосфора в клетках.

На примере штамма II изучено влияние значения pH среды, содержания уксусной кислоты, продолжительности и порядка чередования стадий с различными условиями аэрации (с аэрацией и без аэрации) на прирост биомассы и накопление фосфора в биомассе. Установлено, что при наличии в среде других усвояемых источников углерода специфического влияния уксусной кислоты на прирост биомассы и потребление ею фосфора не наблюдается, значение pH среды в пределах 6,0–8,0 не влияет на прирост биомассы, наибольший уровень содержания фосфора в биомассе бактерий достигается при следующем порядке чередования условий аэрации: аэробно-анаэробно, анаэробно-аэробно.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маркевич, Р.М. Методическое руководство по контролю процесса биологической очистки городских сточных вод: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-57 01 03 «Биоэкология» / Р.М. Маркевич [и др.]. – Минск : БГТУ, 2009. – 161 с.
2. Токсикогенная нагрузка от промышленных предприятий на активный ил городских очистных сооружений / Р.М. Маркевич, М.В. Рымовская, И.А. Гребенчикова, Е.А. Флюрик, И.П. Дзюба / Техника и технология защиты окружающей среды: материалы Международной научно-технической конференции. – Минск : БГТУ, 2011 – С. 86–89.
3. Активный ил: база данных [Электронный ресурс] / Регистрационное свидетельство № 1750900641 от 01.06.2009 г.; Государственный регистр информационных ресурсов; Обладатель инф. ресурса учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет». – Электрон. дан. (1,3 Гб). – Минск : Флюрик Е.А., Маркевич Р.М., Гребенчикова И.А., Рымовская М.В., Дзюба И.П., 2009. – 2 электрон. опт. диск (CD-ROM).
4. Сопоставление способности активного ила к нитри-денитрификации и дефосфотации / И.П. Дзюба, М.В. Рымовская, И.А. Гребенчикова, Р.М. Маркевич // Материалы VI международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии – 2010». – Гродно : ГрГУ, 2010. – С. 227–229.