

нами результати та описані в науковій літературі дозволяють стверджувати, що біологічна редокс-послідовність підпорядкована електрохімічним закономірностям [14].

З викладеного вище можна зробити висновок, що облігатно аеробних бактерій в їх сучасному визначенні не існує. В процесі еволюції аеробні бактерії, вірогідно, з'явилися як ферментуючі чи анаеробно дихаючі разом з облігатними анаеробами до виникнення фотосинтезу. З появою в Біосфері вільного кисню, анаеробні Mn(IV)-редуючі бактерії потенційно були здатні використовувати O₂ як термінальний акцептор електронів, бо E⁰ реакції відновлення кисню і чотиривалентного марганцю (MnO₂) однакові - 1228 мВ. Отже можна припустити, що анаеробіоз у аеробів є первинною ознакою по відношенню до аеробіозу, і біологічна редокс-послідовність підпорядкована електрохімічним закономірностям: при сумісній присутності в середовищі кількох окисників, що можуть слугувати бактеріям термінальними акцепторами електронів, в першу чергу мікроорганізми використовують ті елементи зі змінним ступенем окислення, E⁰ реакції відновлення яких вищий.

УДК 576.8(26)(28)

*Юрченко В.А., к.б.н., Головка Г.П., Бригада Е.В.
УГНИИ УкрВОДГЕО, г. Харьков, Украина*

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ АКТИВНОГО ИЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЕГО ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ В СООРУЖЕНИЯХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Биологическая очистка сточных вод (СВ) путем аэрации с активным илом в аэротенках представляет собой комплекс физических, химических и биологических реакций. Основная роль в деградации загрязнений принадлежит наиболее многочисленной группе микроорганизмов активного ила — бактериям. Физиологические, морфологические и биохимические свойства бактерий, населяющих активный ил, определяют функциональную активность биоценоза в целом.

Тестирование состояния ила, т.е. количественная оценка его качества и потенциальной активности в окислении органических и неорганических загрязнений — важнейший инструмент, как научно-исследовательских работ, так и практики эксплуатации очистных сооружений. Однако до настоящего времени задача методических разработок и практического применения тестов состояния активного ила решена далеко не в полной мере.

Несколько удобных и достоверных биологических тестов (некоторые из них используются на промышленных сооружениях

очистки) разработаны к настоящему времени для анализа состояния ила, окисляющего органические соединения. Самым известным и широко распространенным является гидробиологический анализ, в котором при оценке состояния ила используются определенные, так называемые, индикаторные организмы. К сожалению, он характеризует скорее общее состояние биоценоза, его способность в целом функционировать в системе азротенк-отстойник, т.е. сорбировать загрязнения, окислять их и осаждаться, чем одну основную функцию — способность к окислению загрязнений. Такую же характеристику ила, как способность нитрифицировать $N-NH_4$, гидробиологический показатель оценить, не способен.

Ряд методов, определяющих состояние микроорганизмов активного ила, основан на определении их ферментативной активности (дегидрогеназной, каталазной, пероксидазной, а также некоторых других ферментов), т.е. представляет собой биохимическую характеристику биоценоза. Наиболее широко распространена в практике научных экспериментов и контроля илов на промышленных сооружениях методика определения дегидрогеназной активности (ДГА). Она основывается на биохимических реакциях диссимиляции, согласно которым, основной путь биологического окисления состоит в дегидрировании субстрата и прохождении активного водорода (электронов) через систему ферментов-переносчиков водорода до соединения его с конечным акцептором (в аэробных процессах — кислородом). Для оценки количества протонов (электронов), передаваемых ферментами дыхательной цепи к O_2 (а, следовательно, суммарной дегидрогеназной активности микробного сообщества), используются соединения, которые в силу своих окислительно-восстановительных свойств способны перехватить поток протонов, замещая кислород и играя роль конечного акцептора. В биохимической практике с этой целью обычно используется трифенилтетразолий хлорид (ТТХ), бесцветная окисленная форма которого при восстановлении переходит в ярко-красный формазан. Количество образовавшегося формазана пропорционально активности дегидрогеназ и напряженности окислительных процессов, осуществляемых микробиологическим материалом.

Различные варианты этого метода широко используются для оценки окислительной способности чистых и смешанных культур микроорганизмов. В настоящее время этот метод стали применять в анализе смешанных биоценозов — активных илов при оценке способности ила окислять органические субстраты, определения полноты очистки СВ, окончания регенерации ила или аэробной стабилизации. Установлено, что ДГА коррелирует с количеством сапрофитных бактерий (микробным числом, определяемым при посеве на МПА) в активном иле. Однако оценить нитрифицирующую активность ила с помощью показателя ДГА по известным до

настоящего времени методикам определения невозможно. Наиболее часто используемые методы оценки нитрифицирующей способности ила с помощью микробиологического и физиологического анализа активного ила чрезвычайно трудоемки, требуют сложного оборудования, дорогостоящих реактивов, высок квалифицированных специалистов-микробиологов и исключительно долгосрочны в исполнении (до 3-х месяцев).

В УГНИИ УкрВОДГЕО разработана методика оперативной оценки нитрифицирующей способности активного ила (концентрация аммонийокисляющих бактерий), которая основывается на определении активности гидроксиламиндегидрогеназы (ГДГА) - одного из ферментов мультиферментного комплекса аммонийокисляющих бактерий, осуществляющего первую реакцию окисления $N-NH_4$. Методика представляет собой модификацию традиционного определения ДГА, в которой с помощью подбора физико-химических параметров, концентраций компонентов инкубационной смеси создаются условия, подавляющие дегидрогеназы окисления органических субстратов. При этом создается оптимальный режим для окисления $N-NH_4$ дегидрогеназами нитрифицирующих бактерий. Основная роль в подавлении дегидрогеназ органических соединений и активации дегидрирования $N-NH_4$ принадлежит гидроксиламину - субстрату фермента ГДГА.

На основании данных обследования промышленных очистных сооружений очищающих городские и производственные сточные воды, были установлены корреляционные зависимости между:

- значениями ГДГА и концентрацией аммонийокисляющих бактерий, а также потенциальной способностью ила окислять $N-NH_4$;
- значениями ДГА ила и концентрацией сапрофитных микроорганизмов, а также потенциальной способностью к окислению органических загрязнений (БПК_n).

Таким образом, количественный биохимический анализ ила позволяет прогнозировать скорость окисления как органических, так и неорганических загрязнений сточных вод, т.е. прогнозировать окислительную мощность сооружения. Получаемые данные являются объективным основанием для принятия технологических решений на биохимических очистных сооружениях. Разработанные методы биохимического анализа занимают не более 1,5 ч и не требуют дорогостоящих реагентов и оборудования. Но с учетом лабораторной базы очистных сооружений в УГНИИ УкрВОДГЕО разработаны упрощенные полуколичественные варианты биохимического анализа ила. Для ориентировочной количественной оценки биохимических показателей - ДГА и ГДГА - используется пятибалльная шкала (таблица).

Ориентировочная оценка окислительной способности активного ила по значениям ДГА

(сухой вес ила >> 2,5 г/л)

Оценка ДГА	Цвет	Баллы	Е	Ориентировочные значения ДГА, мкг/г _{бес} ·мин	Потенциальная скорость окисления органич. соед. мг БПК _р /г·ч	Потенциальная скорость окисления N-NH ₄ нитрификации
очень высокая	темно-красный	4	> 0,6	> 1000	> 80	> 5,0
высокая	красный	3	0,35-0,6	1000-500	40-80	3,4
удовлетворительная	светло красный	2	0,06-0,35	500-100	10-40	1,4
неудовлетворительная	слабо-красный	1	< 0,06	< 100	< 10	< 1,4
активность отсутствует	прозрачный	0	0	0	0	0

Определение ДГА и ГДГА одного и того же ила целесообразно выполнять параллельно. В таблице приведены ориентировочные значения экстинкций (для иловой смеси с концентрацией ила по сухому веществу $\gg 2,5$ г/л) по органолептической оценке интенсивности красного окрашивания спиртового раствора формазана, получаемого в результате определений ДГА и ГДГА, а также ориентировочные значения ДГА и ГДГА в мкг/г_{без}·мин. В таблице также приведены технологические характеристики ила, определяемые с помощью контроля ДГА и ГДГА. Эти значения технологических характеристик ориентировочные, и могут быть использованы только для полуколичественной оценки потенциал окислительной способности илов.

УДК 628.544:669.778

О.Н.Горощенко, С.В.Брагина

Государственный научно-исследовательский и проектный институт титана, г.Запорожье, Украина

ПРИМЕНЕНИЕ РЕАГЕНТНОГО И МЕМБРАННОГО МЕТОДОВ ДЛЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ МЫШЬЯКСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

При производстве чистых металлов в сточные воды поступает значительное количество соединений поливалентных металлов и, в частности, мышьяка.

Известно, что для очистки стоков от мышьяка применяют реагентные, сорбционные, экстракционные и другие методы в зависимости от формы растворенного мышьяка, состава, кислотности стоков и других факторов [1].

Вследствие того, что эффективность извлечения соединений пентавалентного мышьяка из сточных вод выше, чем трехвалентного, перед осаждением As^{3+} окисляют до As^{5+} . В качестве окислителей используют хлорную известь, хлор, гипохлоритную пульпу, пероксид водорода, азотную кислоту, озон или отходы, содержащие данные окислители [2].

Для очистки больших объемов воды с высоким содержанием мышьяка практическое применение нашел метод его химического осаждения в виде труднорастворимых соединений - арсенатов щелочноземельных и поливалентных металлов, сульфида мышьяка [1,3]. В качестве окислителей и осадителей применяют также растворы и шламы металлургических производств.