

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ СОСТАВА ФАЗ СУСПЕНЗИИ АКТИВНОГО ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Ультразвуковая обработка является эффективным способом воздействия на жидкие среды различного состава с целью интенсификации процессов диспергирования, фазового разделения, химических превращений. В технологии очистки сточных вод ультразвук используется для обеззараживания сточных вод и осадков, уменьшения количества осадков и подготовки их к анаэробному сбраживанию [1, 2], выделения отдельных компонентов из осадков [3]. К достоинствам ультразвуковой обработки осадков сточных вод можно отнести удобство и сравнительную простоту практической реализации, возможность регулирования интенсивности воздействия в широких пределах.

Объектом исследования по применению ультразвуковой обработки в технологии биологической очистки сточных вод является суспензия активного ила. Ультразвуковая обработка суспензии активного ила очистных сооружений канализации чаще всего используется для регулирования минерального состава твердой фазы иловой суспензии [3] и дезинтеграции биомассы с целью повышения доступности органического вещества для последующего использования или переработки. При определенных условиях при ультразвуковой обработке обеспечивается удаление с поверхностного слоя клеток внеклеточных биополимеров, которые обладают флокулирующими свойствами.

Для выбора режима ультразвуковой обработки суспензии активного ила в зависимости от направления его использования необходимо располагать информацией об изменении состава фаз.

Объектом исследования была суспензия активного ила, отобранная после вторичных отстойников и илоуплотнителей на Минской очистной станции аэрации и очистных сооружениях УП «Витебскводоканал». Ультразвуковую обработку суспензии активного ила проводили на установке ИЛ100-6 при частоте 22 кГц. Амплитуда колебаний изменялась в диапазоне 20-80 мкм, мощность излучателя - в диапазоне 315-630 Вт. Для сравнения различных вариантов ультразвуковой обработки использовали удельный расход энергии (E_a , Дж/г), который для электроакустического излучателя рассчитывали по формуле

$$E_a = NT / (V_a C),$$

где N – мощность излучателя, Вт; T – продолжительность обработки, с; V_a – объем, суспензии, обрабатываемой электроакустическим излучателем, дм^3 ; C – концентрация суспензии, $\text{г}/\text{дм}^3$.

Для оценки влияния условий УЗ-обработки иловой суспензии на состав фаз, после обработки их разделяли на фугат и кек и анализировали на содержание углеводов, С, Н, N, S, тяжелых металлов. Для фугата определяли показатель ХПК.

Содержание тяжелых металлов (Zn, Pb, Cu, Cd) определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии на спектрометре Avanta GM с графитовой печью GF3000 и автосемплером PAL3000. Минерализацию проб активного ила на минерализаторе Минотавр-2 проводили после высушивания при температуре 105 °С и обработки высушенной пробы 15 см³ 65%-ной азотной кислоты и 1 см³ 30%-ного пероксида водорода. Содержание общего фосфора в твердых пробах определяли по ГОСТ 26717. Определение массовой концентрации фосфатионов в жидкой фазе проводили фотометрическим методом с молибдатом аммония [4]. Анализ жидкой и твердой (кек) фаз после ультразвуковой обработки проводили после разделения центрифугированием в течение 5 мин при 5000 мин⁻¹.

Определение содержания углерода, азота, серы, водорода в органическом веществе проводили путем сжигания и последующего анализа продуктов окисления методом газовой хроматографии на анализаторе CHNS фирмы Elementar vario EL III с детектором по теплопроводности. Определение общего содержания углеводов в жидкой фазе суспензии активного ила проводили фенол-сернокислотным методом. Результаты элементного анализа свидетельствуют, что в составе жидкой фазы обработанной ультразвуком суспензии активного ила возрастает содержание азотсодержащих соединений (полипептидов, аминокислот) и углеводов. При увеличении удельного расхода энергии с 7,1 до 19,0 кДж/г содержание углеводов в жидкой фазе возрастает с 6 до 77 мг/дм³.

Показатель ХПК фугата возрастает с увеличением энергозатрат на обработку суспензии активного ила и при расходе энергии 19,0 кДж/г более, чем в 5 раз превышает начальное значение.

Одним из результатов ультразвуковой обработки является дезинтеграция надклеточных образований и выделение в жидкую фазу внеклеточных биополимеров [5]. Так как значительная часть тяжелых металлов, накапливаемых биомассой активного ила, сконцентрирована на поверхности клеточной стенки, капсулы или слизистого слоя, то следует ожидать, что при ультразвуковой обработке они перейдут в составе мелкодисперсных частиц в водную фазу. Установлено, что ультразвуковая обработка обеспечивает переход в жидкую фазу цинка и свинца и в значительно меньшей степени меди и кадмия. 14,7-71,2%.

Исследование влияния ультразвуковой обработки на распределение фосфора между фазами избыточного активного ила (сухой ос-

таток 22,27 г/дм³) показало, что содержание фосфатов в жидкой фазе возрастает более, чем в 5 раз (с 20 до 103 мг/дм³) при удельном расходе энергии 4,3 кДж/г.

С увеличением затрат энергии наблюдается дезинтеграция структур активного ила и увеличение доли частиц с размерами менее 10 мкм. Микробиологический анализ показал, что с увеличением продолжительности обработки происходит уменьшение количества живых особей микроорганизмов, таких, как раковинные амёбы (*Arcella vulgaris*), брюхожесничные инфузории (*Aspidisca sp.*), свободноплавающие инфузории (*Trachelophyllum pusillum*), мелкие и крупные жгутиконосцы (*Peranema trichophorum*). Для раковинных амёб характерно увеличение встречаемости разрушенных раковин. С увеличением времени обработки увеличивается количество поврежденных, деформировавшихся и видоизмененных особей. Значительное уменьшение численности живых особей отмечается как для иловой суспензии, так и для избыточного активного ила. Однако влияние ультразвуковой обработки на состояние живых микроорганизмов в меньшей степени сказывается для уплотненного избыточного активного ила.

Таким образом, в работе установлено, что при ультразвуковой обработке наблюдается значительное изменение состава фаз суспензии активного ила, которое зависит от удельного расхода энергии. Основными процессами, которые могут представлять интерес для практического использования, являются переход из твердой в жидкую фазу тяжелых металлов и фосфатов. В жидкой фазе суспензии активного ила увеличивается содержание биополимеров. При выборе режима ультразвуковой обработки активного ила в процессе биологической очистки необходимо учитывать его влияние на микробный состав.

ЛИТЕРАТУРА

1 Akin, B. Waste Activated Sludge Disintegration in an Ultrasonic Batch Reactor. CLEAN – Soil, Air, Water. 2008. Vol 36, №4. p. 360–365.

2 Bartholomew, R. Conversion of Biosolids: An Innovative Alternative to Sludge Disposal. Pennsylvania Department of Environmental Protection. www.epa.gov/owm/mtb/epa-biosolids.pdf (Доступ 02.09 2010).

3 Deng J., Fen X., Qiu X. Extraction of heavy metal from sewage sludge using ultrasound-assisted nitric acid // Chemical engineering journal. 2009. vol. 152, № 1. p. 177-182.

4 Булатов, А.И. Справочник инженера-эколога нефтеперерабатывающей промышленности: в 3 ч. / А.И. Булатов [и др.]. – М.: ООО «НедраБизнесцентр», 1999. – Ч 1: Вода. – 641 с.

5 Марцуль, В.Н. Исследование процесса аккумуляции тяжелых металлов активным илом / В.Н. Марцуль, А.Б. Мошев // Экотехнология и ресурсосбережение. – 2000. – № 4. – С. 57-60.