

проводили в интервале концентраций от 10 до 100 мкг/л. Было установлено, что независимо от концентрации металлов в растворе и времени накопления потенциалы, отвечающие максимумам токов растворения металлов, остаются одинаковыми. Это свидетельствует об идентичности процессов, протекающих на индикаторном электроде при накоплении и снятии вольт-амперной кривой, и позволяет предположить хорошую воспроизводимость определения содержания металлов в растворе. Установлено, что для всех определяемых металлов с увеличением их концентрации в анализируемом растворе уменьшается время накопления металлов на электроде, при котором возможно одновременное количественное определение цинка, кадмия, свинца и меди. Из полученных результатов было определено оптимальное время накопления металлов, которое составило: для концентрации 100 мкг/л - 20 секунд, для концентрации 50 мкг/л - 40 с, для концентрации 25 мкг/л - 80 с и для концентрации 10 мкг/л - 130 с.

С целью оптимизации режимов и условий вольтамперного определения цинка, кадмия, свинца и меди нами исследованы модельные образцы, содержащие известное количество определяемых металлов. Подготовку пробы проводили по ГОСТ 26929. Результаты показали, что абсолютная и относительная погрешности анализа в зависимости от природы и содержания металла изменяются в интервале от 1,1 до 2,3 мкг/кг и от 3,6 до 6 % соответственно, что свидетельствует о высокой точности разработанной методики.

Методика анализа была опробована при определении цинка, кадмия, свинца и меди в образцах снега, взятого в 200 разных районах вдоль авто-трассы Минск-Брест. Результаты переданы в РУП «БелдорНИИ» для подготовки карты загрязнения этими металлами придорожных почв.

В целом, разработанная методика инверсионной вольтамперометрии может быть рекомендована к применению для анализа различных объектов на содержание тяжелых металлов.

УДК 628.335

А. Б. Мошев, В.Н. Марцуль
(УО БГТУ, г. Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ В ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА

Одной из наиболее сложных проблем обращения с отходами производства и потребления является проблема осадков сточных вод (ОСВ), в

том числе и избыточного активного ила (ИАИ), образующихся в процессе биологической очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Количество влажных осадков, выделяющихся при очистке сточных вод на современных очистных сооружениях, составляет от 2 до 10 % от расхода поступающих вод [1]. В мире ежегодно образуются десятки миллионов тонн осадков сточных вод (по сухому веществу). Часто осадки содержат значительное количество токсичных тяжелых металлов. Это обусловлено их присутствием в очищаемых сточных водах и способностью осадков сточных вод (прежде всего ИАИ) концентрировать тяжелые металлы. Рассеивание в окружающей среде тяжелых металлов является одним из наиболее значимых видов воздействия при размещении осадков. Высокое содержание тяжелых металлов ограничивает возможности выбора экологически приемлемого метода обращения с данным видом отходов. Решение этой проблемы является необходимым этапом разработки стратегии обращения с осадками сточных вод.

Проведенные исследования состава сточных вод, проходящих очистку на Минской станции аэрации, и моделирование процесса биохимической очистки в лабораторных условиях позволили установить, что аккумуляция тяжелых металлов (ТМ) активным илом, которая имеет место в процессе биологической очистки воды, носит избирательный характер. По способности аккумулироваться биомассой активного ила изученные металлы можно расположить в следующей последовательности: $Zn > Cu > Pb > Ni > Cd$. Для системы сточная вода – активный ил аккумуляция ТМ может быть оценена коэффициентом накопления, который представляет собой отношение концентрации металла в ИАИ к концентрации его в сточной воде, поступающей на биологическую очистку. Значения коэффициентов накопления, рассчитанные как на основании баланса Минской станции аэрации по тяжелым металлам, так и результатов лабораторных исследований, позволяют говорить о том, что в процессе биологической очистки сточных вод имеет место значительное концентрирование тяжелых металлов активным илом. Эти результаты подтверждают известные данные о высокой аккумулирующей способности активного ила [2]. Коэффициенты накопления ТМ активным илом были рассчитаны для довольно широкого диапазона концентраций этих металлов в очищаемых сточных водах (от 0,005 до 6,0 мг/л). Однако для всех металлов была установлена общая тенденция к снижению коэффициента накопления при увеличении их содержания в сточных водах. Причем, чем меньше концентрация ТМ в сточной воде, тем большая способность к аккумуляции металлов характерна для активного ила. Логарифм коэффициента накопления линейно зависит от логарифма концентрации ТМ в сточной воде. Таким образом, можно сделать вывод, что решить проблему тяжелых металлов в осадках сточных

вод невозможно только за счет ограничения поступления ТМ с очищаемыми сточными водами. Необходимы меры, направленные на регулирование состава осадков в плане содержания тяжелых металлов.

Регулирование содержания тяжелых металлов в ОСВ может быть обеспечено путем извлечения металлов либо ограничения их подвижности. В работе были исследованы различные способы обработки активного ила с целью регулирования содержания ТМ. Одним из перспективных способов обработки, по нашему мнению, является ультразвуковая и кавитационная обработка ИАИ.

Необходимым условием размещения осадков сточных вод (тем или иным образом) в окружающей среде является их обеззараживание. Известны различные способы снижения загрязненности ОСВ патогенными микроорганизмами. Весьма эффективным методом бактериальной стабилизации осадков сточных вод является их ультразвуковая обработка [3]. Также представляет интерес использование ультразвука для интенсификации биологической очистки сточных вод и изучения закономерностей аккумуляции тяжелых металлов активным илом [4].

Ультразвуковое (УЗ) воздействие значительно повышает степень дисперсности суспензии активного ила. Известно, что при УЗ-обработке происходит частичное разрушение бактериальных клеток и межклеточных образований АИ, также имеет место активизация неразрушенных микроорганизмов за счет повышения клеточной проницаемости, усиления активности ферментов и некоторых клеточных рецепторов. Все перечисленные последствия воздействия ультразвуковых колебаний могут тем или иным образом влиять на содержащиеся в активном иле ТМ.

Ультразвуковую обработку образцов избыточного активного ила Минской станции аэрации проводили на установке типа УЗДН-2Т. После обработки активный ил разделяли на твердую и жидкую фракции, которые подвергались анализу методом атомно-абсорбционной спектроскопии на содержание тяжелых металлов (Cu, Cd, Zn и Pb). Также в процессе исследований контролировали удельное массовое сопротивление осадка.

Проведенные исследования показали, что деструкция структур активного ила приводит к растворению содержащихся в них ТМ. Наибольшая степень растворения металлов была достигнута при времени обработки 60-90 с и практически одинакова для исследованного диапазона частот (22-44 кГц). Характер полученных зависимостей степени растворения ТМ от времени обработки позволяет предположить, что дальнейшее увеличение продолжительности обработки и, соответственно, затрат энергии не приведет к существенному увеличению степени растворения тяжелых металлов. Установлено, что наиболее существенно снижается содержание в твердой фазе активного ила Pb и Zn (на 60 и 80 % соответственно). Сте-

пность растворения Cu и Cd была невысокой и составила порядка 17-26 %. Данный факт можно объяснить различными формами связывания тяжелых металлов активным илом. Первые два металла (Pb и Zn), видимо, содержатся преимущественно в межклеточных структурах АИ, таких, как слизь, капсула и т. п., которые могут быть разрушены путем механического воздействия. Два других (Cu и Cd) включены в гораздо более прочные образования, например мембранные структуры или специфические протеины клетки.

Сравнение полученных зависимостей степени растворения ТМ и удельного массового сопротивления осадка от продолжительности обработки показало, что наблюдается хорошая корреляция между ними. Степень растворения тяжелых металлов, которая достигнута в опытах с УЗ-обработкой, недостаточна для самостоятельного использования такого способа обезвреживания избыточного активного ила. Данный метод воздействия на АИ вполне может найти применение как способ стабилизации и измельчения биомассы, который в сочетании с последующим извлечением тяжелых металлов позволяет существенно повысить общую степень удаления ТМ из обрабатываемого ИАИ.

На практике частичная деструкция активного ила может быть достигнута путем использования для обработки осадка кавитационных технологий. Кавитация по своему воздействию на обрабатываемую среду во многом схожа с УЗ-обработкой и также позволяет повысить степень дисперсности различных суспензий и достичь обеззараживания жидкости [5, 6]. По сравнению с УЗ-обработкой кавитация более проста в реализации, легко встраивается в существующие системы перемещения осадков. Среди всех видов кавитации наиболее приемлемой с точки зрения интенсификации технологических процессов является суперкавитация, которая заключается в создании каверн значительных размеров, замыкающихся за пределами рабочих органов, что предотвращает разрушение последних. Самой распространенной конструкцией можно считать струйный суперкавитатор [5].

В экспериментальной установке циркуляционного типа, оборудованной струйным кавитатором, степень диспергирования обрабатываемого осадка регулировали за счет изменения времени циркуляции. Характер полученной зависимости удельного сопротивления активного ила от продолжительности кавитационной обработки близок к закономерностям, установленным для ультразвуковой обработки осадка. Значит, следует ожидать аналогичного эффекта и в отношении растворения содержащихся в твердой фазе АИ тяжелых металлов. Степень растворения ТМ, достигнутая при максимальной продолжительности обработки осадка, составила, %: Cu – 24,0; Cd – 18,4; Pb – 61,3; Zn – 79,5. Эти результаты близки к дан-

ным, полученным в эксперименте с ультразвуковой обработкой, и позволяют сделать вывод о возможности использования показателя удельного сопротивления осадка для оценки степени растворения ТМ при механической деструкции активного ила.

Таким образом, в практике обработки ОСВ эффект кавитации может быть реализован в системах транспортировки осадка (суспензии АИ), аналогичных по принципу действия использованной в работе экспериментальной установке. Применение таких систем позволяет одновременно с перемещением осадка достигнуть его стабилизации, а в сочетании с последующей стадией извлечения тяжелых металлов можно значительно повысить общую степень удаления ТМ из обрабатываемого активного ила.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вознесенский В.В., Феофанов Ю.В. Экологические технологии: проблемы переработки и утилизации осадков сточных вод // Инженерная экология. 1999. № 1. С. 2-7.
2. Kalinske A. L. Extracting heavy metals and toxic organics from sludge // Water Engineering and Management. 1981. Ref Number. P. 148 - 151.
3. Саидаминов И.А., Саидаминов Ф.И. Обеззараживание осадков сточных вод при их подсушке на иловых площадках // Водоснабжение и санитарная техника. 2000. № 10. С. 30-31.
4. Morgon J.W., Forster C.F. A comparative study of the sonication of anaerobic and activated sludges // J. Chemical Technology and Biotechnology. 1992. V.55. № 1. P. 53-58.
5. Вайтехович П.Е., Петров О.А. Исследование и оптимизация гидродинамических кавитационных диспергаторов // Труды Белорус. гос. технол. ун-та. Серия III. Химия и технология неорганических веществ. – Минск: БГТУ, 2000. – Вып. VIII. – С. 237-244.
6. Широков Е.И. Кавитационные технологии для очистки сточных вод и снижения выбросов мазута, NO_x и SO_2 при сжигании мазута: Информ. листок № 1, 1997 (13) / Мин-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. БелНИЦ «Экология». – Минск, 1997.