

лизата позволяет достичь:

- увеличения питания активного ила, флокулообразования, разделения на вторичных отстойниках и отсутствия загнивания ила;
- снижения токсического воздействия на активный ил промышленных поллютантов за счет анаэробного разложения их в процессе брожения;
- увеличения эффективности удаления всех форм азотсодержащих веществ;
- глубокого удаления биогенных элементов, таких как сера и фосфор.

1. Технический справочник по обработке воды. – 2-е изд. Т.1, 2. – СПб., 2007. – 1696 с.

2. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы. – М., 2006. – 470 с.

3. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М., 2003. – 512 с.

*Получено 11.01.2010*

УДК 628.334

**В.Н. ЧЕРНЫШЕВ, В.Ф. КИЖАЕВ**

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Макеевка*

### **БИОТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБОКОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

Обосновано направление исследований обработки осадков городских сточных вод, связанное с углублением минерализации их органического вещества, разработаны требования к новой технологии обработки и проведены экспериментальные исследования. Результаты экспериментов показали высокую эффективность минерализации, что значительно упрощает технологию выделения тяжелых металлов.

Обґрунтовано напрямом досліджень обробки осадків міських стічних вод, пов'язане з поглибленням мінералізації їхньої органічної речовини, розроблено вимоги до нової технології обробки й проведені експериментальні дослідження. Результати експериментів показали високу ефективність мінералізації, що значно спрощує технологію виділення важких металів.

The direction of researches of processing of deposits of the urban sewage, bound to an excavation of a mineralization of their organic matter is reasonable, requests to new technology of processing are developed and experimental researches are made. Results of experiments have shown high performance of a mineralization, that considerably simplifies technology of selection(abjection) of heavy metals.

*Ключевые слова:* осадки городских сточных вод, ионы тяжелых металлов, методы удаления, глубокая минерализация, экспериментальные исследования.

Осадок городских сточных вод по своему составу характеризуется высоким уровнем содержания биогенных элементов – азота, фосфо-

ра и калия – и является ценным органоминеральным удобрением. Этот способ утилизации является наиболее желательным, поскольку наименее затратный и возвращает в природу необходимые для растений питательные вещества. Однако даже в высокоразвитых европейских странах использование таких осадков в качестве удобрений ориентировочно составляет только около 30% общего их количества. Сдерживает применение этого способа утилизации присутствие в осадках различных токсичных органических минеральных загрязнений и в особенности тяжелых металлов. Только небольшая часть осадков сжигается или используется при производстве строительных материалов, остальное количество накапливается на свалках в отвалах, на иловых площадках или в иловых прудах и т.д. Тем самым окружающей среде наносится серьезный экологический ущерб, не говоря о занятых под хранение этих отходов земельных площадях. Несомненно, что количество накопленных осадков из года в год увеличивается, что усугубляет рассматриваемую проблему.

Присутствие в осадках городских сточных вод тяжелых металлов, как показали исследования [1], связано не только со сбросом в городскую канализационную сеть производственных стоков, но и с рассеянными источниками загрязнения, особенно в промышленных и густонаселенных регионах. Таким образом, присутствие тяжелых металлов в осадках очистных станций, не принимающих производственные стоки, также вполне вероятно.

Удалению из осадков сточных вод тяжелых металлов посвящены работы различных исследователей. Среди предлагаемых вариантов технологий удаления обращают на себя внимание методы реагентного и реагентно-микробиологического выщелачивания [1, 2]. Процесс реагентного выщелачивания основан на переводе тяжелых металлов в растворенное состояние и отделении иловой воды от твердой фазы осадка с последующим концентрированием металлов в виде шламов. Выщелачивание протекает в кислой среде и требует большого расхода кислоты (до 70% от массы сухого вещества). Кроме того, в этих условиях происходит обеднение осадка азотом и фосфором, что ставит под сомнение дальнейшее использование осадка в качестве удобрения. Следует учитывать и тот факт, что обработанный таким образом осадок требует последующей нейтрализации.

Предлагаемый метод реагентно-микробиологического выщелачивания, описанный в работе [1], основан на комбинировании химических и биологических приемов. Суть этой технологии заключается в следующем. Сброженный в анаэробных условиях осадок обрабатывается серной кислотой и солями двухвалентного железа, Кислая среда

способствует поддержанию активности специфической биомассы, основу которой составляют автотрофные аэробные бактерии рода *Thiobacillus*. Эти бактерии используют в качестве источника получения энергии восстановленные формы серы и способны окислять в кислой среде ионы железа до трехвалентного состояния. При этом происходит разрушение нерастворимых сульфидов тяжелых металлов и их органо-комплексов. Расход кислоты составляет 10-15% от массы сухого вещества, расход железа 1-2%. Затем обработанный осадок подвергается механическому обезвоживанию, фильтрат нейтрализуется для выделения тяжелых металлов. Обезвоженный осадок также подвергается обработке нейтрализующими реагентами. Как отмечается в работе, основная масса азота и фосфора при такой обработке сохраняется, а содержание тяжелых металлов в осадке уменьшается в 2-3 раза. Анализируя приведенную выше технологию, следует отметить, что и она требует значительных затрат реагентов, сложна в эксплуатации и не всегда может обеспечить содержание металлов в осадках в допустимых концентрациях.

Изучение возможности перехода тяжелых металлов в жидкую фазу при аэробной стабилизации активного ила [3] позволило установить, что такой переход возможен за счет подкисления ила в результате происходящих параллельно процессов нитрификации. Однако это не привело к значительному снижению концентрации металлов в твердой фазе ила.

Таким образом, рассмотренные выше технологии обладают рядом существенных недостатков, что свидетельствует о необходимости поиска других технологических приемов обработки осадков с целью выделения из них тяжелых металлов.

Поиски проводили в двух направлениях. Первое направление связано с изучением реагентного выщелачивания предварительно стабилизированного осадка. Так как при аэробной стабилизации за счет нитрификационных процессов рН осадка существенно снижается, к тому же снижается и его буферность, то реагентное выщелачивание такого осадка требует значительно меньшего расхода кислоты, чем выщелачивание необработанного осадка. Исследования проводили на активном иле, стабилизированном в течение 15 сут. Стабилизированный ил имел величину рН 4,6, в дальнейшем подкисляли соляной кислотой до рН 2,0. После подкисления ил в течение 30 мин. перемешивали на магнитной мешалке и фильтровали для отделения иловой воды. В фильтрате затем определяли содержание ионов тяжелых металлов. Одновременно содержание металлов определяли в иловой воде необработанного и стабилизированного ила. Анализы проводили атомно-

абсорбционным методом. Результаты выполненных анализов приведены в таблице.

Содержание тяжелых металлов в иловой воде до и после обработки активного ила

№ п/п	Вид пробы	Содержание иона в иловой воде, мкг/л						
		Cr	Cu	Fe	Ni	Zn	Cd	Pb
1	Иловая вода активного ила до обработки	3,1	25,3	330,0	10,0	111,4	0,3	2,7
2	Иловая вода стабилизированного активного ила	6,3	194,5	2410,0	103,1	709,1	1,1	3,2
3	Иловая вода стабилизированного и подкисленного активного ила	44,8	579,6	2570,0	1287,0	4314,1	6,8	7,2

Как следует из таблицы, после проведения стабилизации практически по всем металлам наблюдается увеличение их содержания в иловой воде. Еще в большей степени содержание металлов увеличивается при подкислении стабилизированного ила. Следует отметить, что степень увеличения содержания в иловой воде ионов разных металлов различная. Так, максимально увеличивается концентрация никеля (в 128 раз после подкисления), цинка (в 38 раз), меди (в 22,9 раз). В меньшей степени увеличивается концентрация свинца. Кроме того, анализ показывает, что снижение концентрации тяжелых металлов в сухом веществе активного ила после стабилизации и кислотной обработки происходит для разных металлов также в различной степени (от 20 до 90%). Вследствие этого гарантированное удаление всех металлов из осадков до допустимых норм таким способом является задачей достаточно сложной.

Второе направление связано с замеченной зависимостью содержания металлов в иловой воде от степени распада беззольного вещества осадка при аэробной стабилизации [3].

Исследования процессов аэробной стабилизации осадков станций аэрации, а также опыт эксплуатации сооружений показывает, что распад беззольного вещества при стабилизации достигает 20-30%. Степень распада зависит от многих факторов и в первую очередь от состава очищаемых сточных вод и параметров работы сооружений биологической очистки. Возможность углубления распада органической части осадка при его аэробной стабилизации была установлена исследованиями, проведенными в ИПЦ «Биотехнология очистки воды» при Макеевском инженерно-строительном институте (ныне Донбасская национальная академия строительства и архитектуры) [4]. Согласно исследованиям, за счет дополнительного использования процесса денитрификации в технологии стабилизации степень распада увеличива-

ется до 50% и более.

Как известно, как при анаэробной, так и при аэробной стабилизации принято понятие предела распада органического вещества. При этом считается, что распаду подвергается только биоразлагаемая часть беззольного вещества осадка, остальная часть является инертной и биологическому распаду не поддается. Такое разделение беззольного вещества, на наш взгляд, является достаточно условным, так как нет четкой методики, которая позволяет разделить его на такие части. Величина предела распада может меняться в зависимости от условий и параметров проведения процесса. Анализ процесса аэробной стабилизации свидетельствует о том, что в связи с самоокислением бактериальной составляющей осадка биоценоз микрофлоры постепенно изменяется в зависимости от изменяющегося состава органической части осадка. При этом скорости распада органического вещества постепенно падают, снижается скорость потребления кислорода, общее количество микроорганизмов уменьшается. Уменьшение скоростей процессов обусловлено также и накоплением в стабилизируемом осадке растворенных продуктов метаболизма, в частности нитратов, а также мелкодисперсных, глубоко минерализованных иловых частиц, препятствующих массообменным процессам. Таким образом, к завершению стабилизации в осадке накапливаются высокомолекулярные трудно окисляемые органические вещества. Обращает на себя внимание и тот факт, что в ходе аэробной стабилизации биоценоз активного ила изменяется не только в количественном, но и в качественном отношении. На смену микроорганизмам, потребляющим относительно высокие концентрации легко биоразлагаемой органики, приходят микроорганизмы, потребляющие высокомолекулярные органические вещества с достаточно низкими скоростями. Последние можно было бы, используя принятую классификацию водоемов, отнести к микроорганизмам  $\beta$ -мезосапробной зоны. К тому же развитие этих микроорганизмов характеризуется и низкими скоростями роста. Но поскольку скорости разбавления микроорганизмов при аэробной стабилизации превышают удельные скорости их роста, то эта технология не предусматривает сохранение и развитие установившегося к концу стабилизации биоценоза, способного обеспечить глубокую минерализацию осадка. Поэтому рассмотренные обстоятельства, на наш взгляд, не позволяют достичь высокой степени распада органического вещества осадка в этом случае.

Все приведенные выше доводы были учтены при конструировании экспериментальной установки. Основная задача при конструировании состояла в создании условий для осуществления технологии

такого разделения иловой смеси, которое обеспечивало бы сохранение в аэробном стабилизаторе сформировавшегося биоценоза и отделение от осадка иловой воды, содержащей нитраты и высоко минерализованные иловые частицы. Установка состояла из аэробного стабилизатора и специального илоотделителя. Технологический режим работы всей установки, кроме того, обеспечивал и возможность протекания денитрификации. В установку загружался активный ил аэротенков, а выводилась только иловая вода. Проведенные в течение полугода исследования по минерализации активного ила Макеевских очистных сооружений показали положительные результаты. Так, при концентрации загружаемого активного ила 4-5 г/л и продолжительности стабилизации от 7 до 10 суток, отделяемая иловая вода содержала в пределах 100-400 мг/л взвешенных веществ. Зольность загружаемого ила составляла 24-25%. Зольность взвешенных частиц иловой воды – 44-46%. В отдельные периоды зольность частиц иловой воды увеличивалась до 50, а иногда и до 70%. Концентрация ила в стабилизаторе колебалась в пределах 6-7 г/л. Его зольность находилась на уровне 32-33%. Отмечалось также значительное увеличение солесодержания отделяемой иловой воды по сравнению с иловой водой исходного ила. Таким образом, экспериментальные исследования показали, что эффективность минерализации на установке обеспечивает уменьшение массы сухого вещества ила на 92-97%. Исследования были продолжены на активном иле Ларинских очистных сооружений г.Донецка, при этом получены аналогичные результаты. Проведенные эксперименты дали возможность сделать заключение о целесообразности в дальнейшем из иловой воды выделять ионы металлов путем ее подщелачивания. Подщелачивание иловой воды проводилось до pH 8,5, после чего она подвергалась отстаиванию в течение 60 мин. Анализ осветленной при отстаивании жидкости показал, что содержание в ней ионов тяжелых металлов находится на уровне их содержания в очищенных сточных водах. Объем образующегося осадка при этом не превышал 1% от объема иловой воды.

Таким образом, приведено обоснование технологии обработки осадков городских очистных сооружений, направленной на его глубокую минерализацию с последующим выделением ионов металлов. На примере активного ила экспериментально показана высокая эффективность минерализации по новой технологии и определены ее некоторые параметры.

1.Данилович Д.А., Козлов М.Н., Аджиенко В.Е., Эпов А.Н., Веригина Е.Л. Перспективные технологии в области обработки осадков // Водоснабжение и санитарная техника. – 1996. – №1. – С.12-14.

2.Делалио А., Гончарук В.В. Корнилович Б.Ю., Пшинко Г.Н., Спасенова Л.Н., Криворучко А.П. Утилизация осадков городских сточных вод // Химия и технология воды. – 2003. – Т.25. – №5. – С.458-464.

3.Чернышев В.Н., Пономаренко А.В., Кижаев В.Ф. К вопросу удаления металлов из осадков городских сточных вод // Вісник ДонНАБА. Вип.2(70). – Макіївка, 2008. – С.60-64.

4.Чернышев В.Н., Чернышева Е.Н., Куликов Н.И. Интенсификация аэробной стабилизации избыточного активного ила // Тезисы докл. науч.-техн. конф. «Микробиологические методы защиты окружающей среды». – Пущино, 1988. – С.124-125.

*Получено 07.12.2009*

УДК 628.16

В.О.ОРЛОВ, д-р техн. наук, М.М.ТРОХИМЧУК

*Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне*

### **ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА БАШТ-КОЛОНАХ З ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНИМ ФІЛЬТРОМ**

Наведено конструкції, технологічні параметри та ефективність роботи башт-колон з пінополістирольним фільтром для знезалізнення води.

Показаны конструкции, технологические параметры и эффективность работы башт-колон с пенополистирольным фильтром для обезжелезивания воды.

Constructions, technological parameters and efficiency of work options of tower-column type with a pinopolistiroil filter for the liquidation of iron particles from water are shown.

*Ключові слова:* башти-колони, пінополістирольний фільтр, промивка з різними інтенсивностями, промивна вода, регулювальний об'єм.

На даний час водопостачання більшості невеликих населених пунктів України, а також певних локальних об'єктів здійснюється із забором води з підземних джерел. Підземна вода, зазвичай, характеризується підвищеним вмістом іонів заліза, комплексних сполук дво- або тривалентного заліза (бікарбонати, сульфати, хлориди), тонкодисперсної зависі гідрооксиду заліза. У більшості випадків вміст заліза в підземних водах коливається в діапазоні 1,5-5 мг/л. Крім заліза дана вода може містити значні концентрації сірководню та вільного вуглекислого газу.

У зв'язку з економічною кризою в Україні та браком коштів на будівництво сучасних очисних споруд, найкращим виходом із даної ситуації є суміщення водоочисних фільтрів та інших споруд, комплекс яких забезпечували б очистку води до питної якості.

В даних умовах найбільш перспективними є башти-колони з фільтром, завантаженим фільтруючою засипкою: важкою (цеоліт, кварцовий пісок) або плаваючою (пінополістирол). Фільтрування може бути як з висхідним, так і з низхідним рухом води.