

НОВАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ

Виктор Нездойминов, Валентин Чернышев

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

Аннотация. Рассмотрены процессы глубокой аэробной минерализации осадков городских сточных вод, представлена конструкция и показатели работы производственного минерализатора.

Ключевые слова: минерализатор, осадки, активный ил.

ВВЕДЕНИЕ

Для большинства станций биологической очистки сточных вод существует острая проблема обработки и размещения осадков [9]. Из-за сложного экономического положения не внедряются эффективные технологии и оборудования для утилизации осадков сточных вод. Повсеместно осадки накапливаются на иловых площадках, оказывая пагубное влияние не только на экологическую и санитарную ситуацию, но и на эффективную работу сооружений очистки сточных вод. Данная обстановка не может продолжаться бесконечно, так как новые территории, выделяемые для иловых площадок, ограничены [10, 11].

Особую напряженность испытывают промышленные районы страны, к числу которых относится Донбасс. Например, на территориях очистных канализационных комплексов, подведомственных КП «Компания «Вода Донбасса» предприятий водопроводно-канализационного хозяйства, накоплено около 2 млн. т осадков по сухому веществу, которые занимают площадь более 200 га. С учётом крупных промышленных городов Донецкой области количество осадков естественной влажности на территории региона уже превышает 100 млн. т. Эти осадки занимают суммарную площадь более 500 га плодородных земель [1, 2].

В целом на территории Украины количество накопленных осадков превышает 50 млн. т [3]. Это отнимает из хозяйственного оборота страны более 10 тыс. га земли – только в Донецкой области более 500 га.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Наиболее экологически приемлемым способом утилизации осадков является использование их в качестве органоминеральных удобрений, учитывая то, что по своему составу они характеризуются высоким уровнем содержания биогенных элементов – азота, фосфора и калия [11, 12]. Это наименее затратный способ утилизации осадков, возвращающий в природу необходимые для растений

питательные вещества. Внедрение в производство данного метода сдерживается присутствием в осадках токсичных органических веществ и ионов тяжелых металлов.

Известные методы обезвреживания осадков [13, 14, 15], содержащего тяжелые металлы (термическая и/или термохимическая обработка), несмотря на внешнюю привлекательность, экологически не безопасны, поскольку в той или иной мере происходит загрязнение атмосферы, требуются сложные системы очистки газовых выбросов от загрязняющих веществ, очистки вторичных сточных вод.

На наш взгляд с экологической и экономической точки зрения наиболее оправданным способом утилизации осадков является технология глубокой аэробной минерализации осадков с илоотделением во взвешенном слое.

Целью исследований является научное обоснование и разработка технологии глубокой минерализации осадков сточных вод.

Сущность нового метода заключается в аэробной обработке смеси избыточного активного ила и сырого осадка разнообразными группами микроорганизмов, способных к окислению органических веществ и биологическому удалению соединений азота. Неотъемлемой частью технологии является фракционное отделение минерализованного ила во взвешенном слое. При глубокой минерализации достигается разрушение беззольной части осадка до 90...95 %.

Отсюда возникает резонный вопрос, за счет чего достигается глубокий распад органического вещества. Это достигается за счет формирования и удержания в сооружении специфического биоценоза микроорганизмов активного ила с постоянным отделением и выведением из сооружения высокоминерализованных частиц осадка.

Исследования ряда авторов [4, 5], а также собственные показали, что при длительной аэрации активного ила или его смеси с сырым осадком на смену микроорганизмам, потребляющим относительно высокие концентрации легко биоразлагаемой органики, приходят микроорганизмы, потребляющие высокомолекулярные органические вещества с достаточно низкими скоростями. Но поскольку скорости разбавления микроорганизмов при традиционной аэробной стабилизации обычно превышают удельные скорости их роста, то эта технология не позволяет сохранить и создать условия для дальнейшего развития, установившегося к концу стабилизации биоценоза, способного обеспечить более глубокую минерализацию осадка.

Замена традиционного гравитационного илоуплотнения на илоотделение за счет осветления во взвешенном слое позволяет отделить от основного количества осадка его высокоминерализованную мелкодисперсную часть, а основную часть, содержащую сформировавшийся специфический биоценоз, способный к биоразложению высокомолекулярных соединений, вернуть в аэробный минерализатор.

Использование в минерализаторе затопленной эрлифтной системы аэрации обеспечивает совмещение процессов одновременной нитрификации и денитрификации, а также поддержание активного ила во взвешенном состоянии [16]. Наличие процессов денитрификации не позволяет накапливаться нитратам сверх допустимых концентраций, которые тормозят процесс распада органической части осадка [19, 20].

Отличительная особенность затопленного эрлифта от традиционного подъемного заключается в том, что верхний срез эрлифта расположен ниже поверхности воды и газожидкостная смесь не выбрасывается выше уровня жидкости в сооружении, а исключительно вовлекается в замкнутую циркуляцию [17, 18].

В объеме емкостного сооружения размещается водоподъемное устройство (циркуляционная колонна), несущие элементы, которого собраны из металлического профиля, а боковые поверхности обтянуты синтетической лавсановой тканью. Низ колонны приподнят над днищем, а верх опущен ниже уровня жидкости. Внутри эрлифта на определенной глубине размещается система диспергирования воздуха.

При работе затопленного эрлифта образуются три характерных зоны с различными гидродинамическими структурами потоков: верхняя – интенсивная турбулентность, средняя – область стабилизации потока и нижняя – зона взмучивания придонного слоя активного ила.

При введении воздуха под слой жидкости возникает эрлифтный эффект, который приводит к образованию основной замкнутой циркуляции потока: восходящий внутри водоподъемного устройства эрлифта и нисходящий за водоподъемной трубой. В восходящем потоке скорость движения пузырей складывается из скорости движения жидкости и собственной скорости пузырей относительно жидкости.

В верхней зоне дополнительно образуется локальный циркуляционный поток жидкости, который увлекает за собой часть пузырьков воздуха, увеличивая время их контакта с жидкостью. Таким образом, в сооружении создается пространственное турбулентное течение, значительно более сложное, чем при барботажной аэрации. Кроме того, в водоподъемной трубе эрлифта и в верхней зоне происходит интенсивное дробление хлопков ила, что увеличивает приток субстрата и кислорода к поверхности хлопка и отток продуктов метаболизма.

Интенсивность затягивания пузырьков воздуха зависит от заглубления верха эрлифта, диаметра пузырьков воздуха, соотношения площадей эрлифта и биореактора, а также от скорости нисходящего потока.

В средней зоне наблюдается стабилизация нисходящего потока. В этой зоне интенсивность турбулизации потока снижается, что способствует соединению отдельных клонов и увеличению размеров флоккул хлопков.

Таким образом, новая технология глубокой минерализации осадка дает возможность отказаться от сложной и достаточно затратной технологии его обезвоживания благодаря практически полному биологическому окислению его органической части. Полученные нами ранее результаты исследований на экспериментальных установках [6, 7, 8] позволили выполнить проект и смонтировать полномасштабную производственную установку глубокой минерализации на действующих канализационных сооружениях г. Макеевки на базе радиального отстойника диаметром 18 м.

Аэробный минерализатор оборудован встроенным илоотделителем в состав, которого входит эрлифтная система откачки уплотненного взвешенного ила, пульсатор, а также дырчатая система сборных трубопроводов для отвода осветленной воды. Эрлифтная система откачки ила служит для корректировки высоты взвешенного слоя осадка в илоотделителе в зависимости от илового индекса. Производительность эрлифта напрямую связана с иловым индексом. Кроме того, постоянный возврат уплотненного осадка из илоотделителя в минерализатор

исключает вынос специфического биоценоза микроорганизмов, имеющего большой возраст. Пульсатор представляет собой систему труб герметичную в верхней части, а в нижней открытые торцы. Внутри установлено устройство сифонного типа для впуска небольшого количества воздуха, обеспечивающее периодическое выталкивание и затягивание жидкости в пульсатор с определенной частотой колебания.

Пульсатор обеспечивает постоянную пульсацию уровня воды в илоотделителе с амплитудой 20-50 мм, которая исключает залегание осадка, а также вынос газообразных продуктов метаболизма микробиологических процессов.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Работу минерализатора оценивали по следующим показателям: содержание взвешенных веществ, их зольность, аммонийный азот, нитриты и нитраты, величина рН среды. Кроме того, периодически замерялся иловый индекс поступающего осадка и иловой смеси минерализатора, температура, определялась величина ХПК иловой воды. В пусконаладочный период, который длился почти четыре месяца, наблюдался нестабильный распад беззольного вещества, что приводило к повышенному выносу взвешенных веществ в иловой воде минерализатора. Очевидно, в этот период формировался новый биоценоз ила минерализатора.

В результате автоселекции в минерализаторе сформировался активный ил коричневого цвета, который имел компактную и округлую форму с высокими скоростями оседания и с низкими значениями илового индекса при возрасте ила 60-90 суток.

Постепенно распад беззольного вещества в минерализаторе стабилизировался, показатели работы минерализатора в этих условиях приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты работы производственного минерализатора

Table 1. The results of working industrial mineralizer

Показатели работы минерализатора	Место отбора проб		
	Усреднитель	Минерализатор	Отвод воды
Взвешенные вещества, г/дм ³	6-10	10-12	0,07-0,25
Зольность, %	32-36	41-45	46-60
рН	7-8	5,95-7,0	6,05-7,15
Аммиачный азот, мг/дм ³	22-50	0,2-1,0	0,2-1,0
Нитриты, мг/дм ³	0,07-0,3	0,08-0,31	0,08-0,1
Нитраты, мг/дм ³	-	420-543	390-502
ХПК иловой воды, мг/дм ³	-	-	94-173

Иловый индекс поступающего в минерализатор осадка колебался в пределах 85-100 см³/г, иловой смеси минерализатора 60-85 см³/г, что свидетельствует о некотором улучшении седиментационных свойств осадка при его минерализации. Температура иловой смеси в минерализаторе в период испытаний колебалась в пределах 8-24°С. Удельная скорость распада беззольного вещества осадка при минерализации вычислялась из следующих средних показателей:

- подача осадка в минерализатор $q = 3,5 \text{ м}^3/\text{час}$;
- концентрация взвешенных веществ в поступающем на минерализацию осадке $C_{oc} = 8 \text{ г/дм}^3$, зольность $S_{oc} = 33\%$;
- концентрация взвешенных веществ в иловой воде, выходящей из илоотделителя $C_{и.в.} = 0,2 \text{ г/дм}^3$, зольность $S_{и.в.} = 50\%$;
- концентрация взвешенных веществ в минерализаторе $C_{мин} = 11 \text{ г/дм}^3$;
- зольность взвешенных веществ в минерализаторе $S_{мин} = 43\%$;
- объем минерализатора $W = 900 \text{ м}^3$.

По указанным данным величина удельной скорости составила:

$$\rho = \frac{q \cdot [C_{oc} (1 - S_{oc}) - C_{и.в.} (1 - S_{и.в.})] \cdot 1000}{W \cdot C_{мин} \cdot (1 - S_{мин})} =$$

$$= \frac{3,5 \cdot [8 \cdot (1 - 0,33) - 0,2 \cdot (1 - 0,5)] \cdot 1000}{900 \cdot 11 \cdot (1 - 0,43)} = 3,26 \text{ мг / (г} \cdot \text{час)}.$$
 (1)

ВЫВОДЫ

1. Анализ существующих технологии обработки осадка показал, что на сегодняшний день существует острая проблема по глубокой переработке и утилизации осадков, образующихся на станциях биологической очистки сточных вод.

2. Разработана новая экологически безопасная биотехнология утилизации осадков, позволяющая перерабатывать органическую часть осадков до 95 %. Удельная скорость распада осадка по беззольному веществу составляет в среднем 3,26 мг на 1 г активного ила минерализатора в час.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дрозд Г.Я., Зотов Н.И., Маслак В.Н.: Техничко-экономические записки по проблеме утилизации осадков городских и промышленных сточных вод, 2001.
2. Нездойминов В.И., Чернышова О.А. Миграция ионов тяжелых металлов при использовании осадков городских сточных вод в качестве удобрения // Вестник ДонНАСА. – Вып. 2010-2(82).
3. Дрозд Г.Я., Зотов Н.И., Маслак В.Н.: Осадки сточных вод как удобрение для сельского хозяйства // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – №12. – С. 33-35.

4. Яковлев С.В., Карюхина Е.А.: Биохимические процессы в очистке сточных вод. – М.: Стройиздат, 1980. – 200 с.
5. Карюхина Т.А., Чурбанова И.Н.: Химия воды и микробиология. - М.: Стройиздат, 1974. - 223 с.
6. Чернышев В.Н., Куликов Н.И., Чернышева Е.Н.: Интенсификация аэробной стабилизации осадков городских сточных вод. // "Микробиологические методы борьбы с загрязнением окружающей среды". Тез. Докл. - Пущино. - 1988. – 187 с.
7. Чернышев В.Н., Куликов Н.И., Чернышева Е.Н. : Технология стабилизации осадков сточных вод. // Донецкий ЦНТИ. Информационный листок №067-89, серия 40. - Донецк, 1989.
8. Чернышев В.Н., Чернышева Е.Н. : Аэробная стабилизация активного ила в биореакторах с ершовой насадкой. // "Технология обработки осадков природных и сточных вод и пути их утилизации". - Тезисы докл. научн. техн. семинара. - Московский дом научно-техн. пропаганды им. Ф.Э. Дзержинского. - Москва, 1990. - С. 16-20.
9. Яковлев С.В., Скирдов И.В., Швецов В.Н. и др. : Биологическая очистка сточных вод: Процессы, аппараты и сооружения. - М.: Стройиздат, 1985. – 208 с.
10. Муравьева Н.В. Теоретические предпосылки снижения избыточного активного ила в аэрационных сооружениях.
11. Долобовская А.С., Невзоров М.И. : Об аэробном окислении активного ила. Сб. "Очистка сточных вод и обработка осадков". - Вып. VII, Труды Харьковского отделения водного хозяйства ВНИИ ВОДГЕО. – Харьков, 1977. - 172 с.
12. Экологическая биотехнология. – Под. ред. К.Ф.Форстер. Пер. с англ. – Л.: Химия, 1990.
13. Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е. : Подготовка и использование осадков сточных вод в качестве удобрения. // Водоснабжение и сан. техника. - № 1. - 2003. - С. 25-29.
14. Котюк Ф.А., Штонда Ю.И. : Разработка методов удаления тяжёлых металлов из осадков городских сточных вод // Науч.-техн. сб. "Коммунальное хозяйство". – 2004. - №72. – С. 165-169.
15. Костюк Ф.А. : Разработка экологически безопасного метода обработки осадка городских сточных вод // Науч.-техн. сб. "Коммунальное хозяйство". – 2006. - №74. – С. 95-99.
16. Данилович Д.А., Аджиенко В.Е. : Способ обработки осадков сточных вод с удалением тяжёлых металлов // Патент России. – 1996.
17. Нездойминов В.И., Бескровная М.В., Белоусов В.В. Влияние концентрации растворенного кислорода на процессы одновременной нитри- и денитрификации // Вестник Донецкого ун-та. – 2006. - № 2. – С. 333-336.
18. Энциклопедия эрлифтов / Ф.А. Папаяни, Л.Н. Козыряцкий, В.С. Пашенко, А.П. Кононенко. – Донецк, 1995. – 592 с.
19. Goronszy M.C., Demoulin G., Newland M. : Aerated denitrification in full-scale activated sludge facilities // Water Science and Technology. – 1996. – 34. - P. 487-491.

20. Hanze M. : Capabilities of Biological Nitrogen Removal Processes from Wastewater // Sci. Technol. - 23 (4-6), 669-679 (1991).
21. Яковлев С.В., Свердлик А.А. : Технология глубокой биологической очистки сточных вод от соединений азота в модульных комбинированных колонных и коридорных биореакторах. // Междун. конгресс «Вода: экология и технология» - М., 17-21 сентября 96, С. 396-397.

THE NEW ENVIRONMENTALLY SAFE DISPOSAL TECHNOLOGY

Abstract. The processes of deep aerobic mineralization of sewage sludge, shows design and performance of industrial mineralizer.

Key words: mineralizer, precipitation, activated sludge.