

Использование нового метода обезвоживания осадков сточных вод

Затраты на переработку, обезвреживание и утилизацию осадков, образованных в процессе очистки городских сточных вод, являются существенной частью эксплуатационных расходов. На современном обезвоживающем оборудовании (фильтр-прессах и центрифугах) с использованием высокомолекулярных полиакриламидов (флокулянтов) достигается степень обезвоживания осадка 20–30% по сухому веществу. Большие объемы осадков такой консистенции утилизируются следующими способами [1]:

депонирование или использование в качестве рекультиванта на отработанных карьерах и полигонах твердых бытовых отходов;

компостирование с природными наполнителями (торфом) для использования в сельском и/или зеленом хозяйстве;

термическая утилизация (сжигание) с последующим вывозом и использованием золы

в качестве рекультиванта на полигонах, добавок при производстве строительных материалов или в дорожном строительстве.

Общим моментом во всех схемах утилизации обезвоженного осадка канализационных очистных сооружений является минимизация объемов утилизируемого осадка, а соответственно и его влажности. Увеличение стоимости земельных площадей и энергоресурсов, ужесточение требований к инженерному обеспечению современных полигонов, рост экологических платежей за размещение осадков в природной среде существенно увеличивают затраты на обращение с отходами. Так, например, стоимость строительства полигона, отвечающего современным требованиям, для средней полосы России на сегодняшний день приближается к 1000 руб. за 1 м³ его емкости. Затраты на эксплуатацию полигонов

(с учетом экологических платежей) составляют порядка 800 руб. за 1 м³. В зависимости от удаленности полигонов суммарные затраты на депонирование осадков составляют в ряде случаев от 2000 до 3500 руб. за 1 м³ утилизируемого осадка.

Анализ зависимости насыпного объема осадка от его массы, плотности и влажности показывает, что только снижение влажности с 75 до 50% приводит к сокращению объема утилизируемого осадка в 2 раза. Дальнейшее снижение влажности осадка механическим способом уже не приводит к существенному уменьшению объема. Таким образом, влажность осадка в пределах 50% является оптимальной для минимизации объема осадка и энергетических затрат. Дальнейшее снижение влажности осадка возможно только с использованием термических методов, а экономическая целесообразность должна быть обоснована

¹ Мешенгиссер Юрий Михайлович, доктор технических наук, президент ГК «Экополимер»
115054, Москва, Большой Строченовский пер., 7, тел.: (495) 981-98-80, e-mail: president_eco@ecopolymer.com

² Колесник Юрий Васильевич, начальник технологического отдела, ГК «Экополимер»
Тел.: (495) 981-98-80, e-mail: Kolesnik@ecopolymer.com

³ Зинченко Дарья Борисовна, инженер-технолог, ГК «Экополимер»
Тел.: (495) 981-98-80, e-mail: Dasha@ecopolymer.com

⁴ Дайнеко Федор Андреевич, кандидат технических наук, директор Люберецких очистных сооружений ПУ «Мосочиствод», МГУП «Мосводоканал»

140008, Москва, пос. Некрасовка, 2-я Вольская ул., 30, тел.: (495) 706-93-50, e-mail: lbsa_secret@mosvodokanal.ru

⁵ Ганин Андрей Владимирович, начальник отдела обработки осадка Управления канализации, МГУП «Мосводоканал»
105005, Москва, Плетешковский пер., 2, тел.: (499) 263-22-19, e-mail: ganin@mosvodokanal.ru

с учетом конечного цикла утилизации осадка.

Для таких методов утилизации осадка, как рекультивация открытых карьеров или компостирование осадка с целью последующего сельскохозяйственного использования, очень глубокое обезвоживание осадка (ниже 50%) нецелесообразно. Снижение объемов почти в 2 раза и улучшение физико-механических свойств обезвоженных до 50% осадков делают почвенную утилизацию таких осадков весьма привлекательной.

При термической утилизации осадка более глубокое его обезвоживание позволяет использовать автотермичность процесса горения. При наличии внешнего источника тепловой энергии (газ или мазут) процессы сушки и сжигания осадка можно проводить в одну стадию. При этом процесс сжигания будет состоять из нескольких фаз: затраты тепла на подогрев осадка до температуры 100 °С; испарение воды; дальнейший разогрев сухого вещества до температуры сгорания 650–800 °С; разогрев массы режимного воздуха до температуры 650–800 °С; горение с выделением тепла.

Для обеспечения автотермичности процесса горения затраты тепла в фазе подготовки осадков к сжиганию не должны превышать количество выделенного тепла в фазе горения (с учетом тепловых потерь).

Основными параметрами, влияющими на теплотехнические показатели процесса сжигания осадка, являются зольность и влажность. Анализ взаимосвязи этих параметров показывает, что при содержании золы около 45% влажность осадков сточных вод, подаваемых на сжигание, должна быть близка к 55%. Для достижения такой

влажности осадок необходимо подвергать сушке. При этом аппаратное обеспечение может быть весьма разнообразным (турбосушки, дисковые, барабанные, ленточные сушки, «кипящий слой» и т. п.), но должно подтверждать техническую и экономическую целесообразность используемой технологической схемы. Лучшие образцы сушек обеспечивают расход тепла 750–850 ккал/кг испаренной влаги (0,9–1 кВт·ч/кг). Это означает, например, что для снижения влажности осадка, содержащего 1 т абсолютно сухого вещества и 4 т воды, с 80 до 55% потребуется испарить 2,78 т воды и затратить на испарение 2 224 000 ккал тепловой энергии, что эквивалентно затратам 2587 кВт·ч электроэнергии, либо сжиганию 262 м³ природного газа, либо сжиганию 218 кг дизельного топлива или мазута.

Таким образом, для безопасной утилизации осадка, образованного в процессе очистки городских сточных вод, технически и экономически це-

лесообразно снижение влажности обезвоженных осадков до 50%.

Целью настоящей работы является апробация нового, более экономичного способа уменьшения объема и массы осадков сточных вод после обезвоживания – электроосмотического удаления влаги. В основе этого метода лежат широко известные явления электрофореза (направленное движение заряженных частиц коллоидных систем в жидкой среде под действием внешнего электрического поля) и электроосмоса (движение влаги через капилляры или поры под влиянием постоянного электрического тока в сторону падения электрического потенциала). В настоящее время для реализации процесса электроосмоса используются установки ELODE® (Electro Osmosis Dehydrator). Процесс электроосмотического обезвоживания проходит несколько характерных этапов (рис. 1):

1 – отрицательно заряженные (–) частицы осадков перемещаются к аноду;

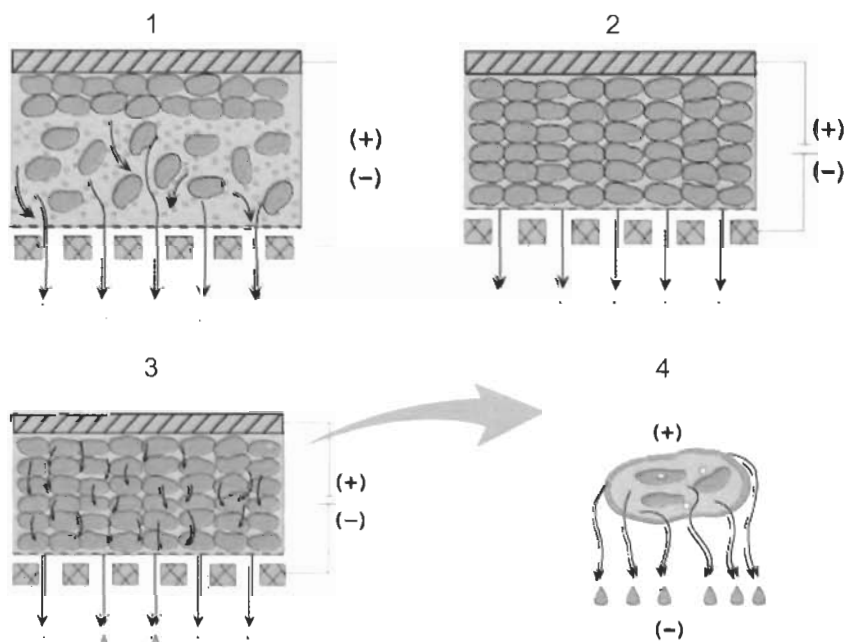


Рис. 1. Этапы электроосмотического процесса ELODE®

2 — вода, выделенная электроосмосом, фильтруется через сетку со стороны катода;

3 — связанная вода осадков перемещается к катоду под действием капиллярного давления;

4 — разрушение клеточных мембран осадков позволяет выпустить связанную воду.

При проведении процесса электроосмотического обезвоживания температура осадка повышается до 60–80 °С, в результате чего происходит разрушение клеточных оболочек живых организмов и, как следствие, обеззараживание. С помощью этого метода влажность предварительно обезвоженного осадка может быть снижена еще на 25–35% без применения реагентов.

Работы по изучению этого метода проводились ведущими научно-техническими центрами СССР. Были разработаны и испытаны пилотные установки, в том числе и для обработки осадков целлюлозно-бумажного производства. Так, например, Иркутским институтом органической химии Сибирского отделения АН СССР была внедрена опытная установка непрерывного обезвоживания шлам-лигнина [2]. В Москве подобные работы проводились специалистами НИИ ВОДГЕО. Метод электроосмотического обезвоживания был определен как перспективный и экономичный. В настоящее время он промышленно освоен и широко применяется в строительстве (осушение грунтов, водопонижение, осушение стен и фундаментов и т. п.), производстве строительных и отделочных материалов (подготовка сырья для высококачественных керамических изделий), пищевой промышленности (концентрирование жидких продуктов, водные вытяжки).

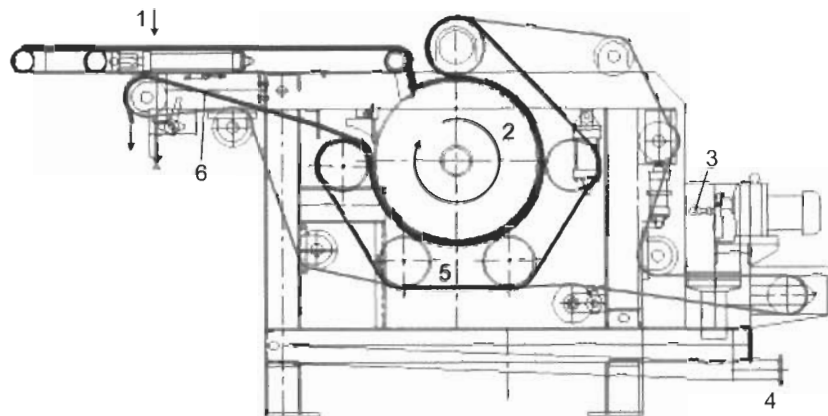


Рис. 2. Схема работы установки ELODE®

1 — подача исходного осадка на транспортер; 2 — анод (барабан); 3 — промывка ленты; 4 — отвод фильтрата и промывных вод; 5 — катод («гусеница»); 6 — фильтровальная лента с дополнительно обезвоженным осадком

Серийный выпуск оборудования для непрерывного электроосмотического обезвоживания осадков сточных вод ELODE® первой в мире освоила южнокорейская компания SAMWOO INTECH Co., Ltd. (2004 г.). В настоящее время имеется положительный опыт эксплуатации целого ряда установок ELODE® в различных отраслях промышленности в Южной Корее и Японии. Принципиальная схема установки ELODE® приведена на рис. 2.

Основными элементами установок ELODE® являются анод (барабан) и катод (гусеничного типа). Исходный, предварительно обезвоженный осадок направляется транспортером на фильтровальную ткань между анодом и катодом. На электроды подается постоянное напряжение 40–90 В от выпрямителя, расположенного в шкафу управления. Напряжение и ток регулируются, что позволяет подобрать режим обработки, наиболее подходящий для данного типа осадка. В межэлектродном пространстве осадок разогревается до температуры 60–80 °С.

Испарения от установки отводятся через воздухозаборный зонтик и направляются на очистку. Фильтрат собирается в поддон

и отводится от установки. Обезвоженный осадок снимается с сетки скребком и поступает на транспортер. Сетка промывается водой, подаваемой насосом высокого давления через форсунки. Процесс электроосмотического обезвоживания происходит непрерывно и регулируется с помощью шкафа управления, где расположены выпрямитель, органы управления, сигнализации и индикации. Установки ELODE® производятся в двух основных вариантах:

отдельное устройство (серия SELO), размещаемое после оборудования механического обезвоживания (ленточных фильтр-прессов, вакуум-фильтров, центрифуг и т. п.);

составная часть ленточного фильтр-пресса или гравитационного стола на единой раме (серия BELO).

Установки ELODE® имеют ширину полотна от 500 до 3000 мм. Для осадков с исходной влажностью не более 80% (в зависимости от структуры и свойств осадка) удельная производительность установок составляет до 0,4 т/ч по сухому веществу на один метр ширины полотна. Удельные затраты электроэнергии составляют 250–300 кВт·ч/т по сухому ве-

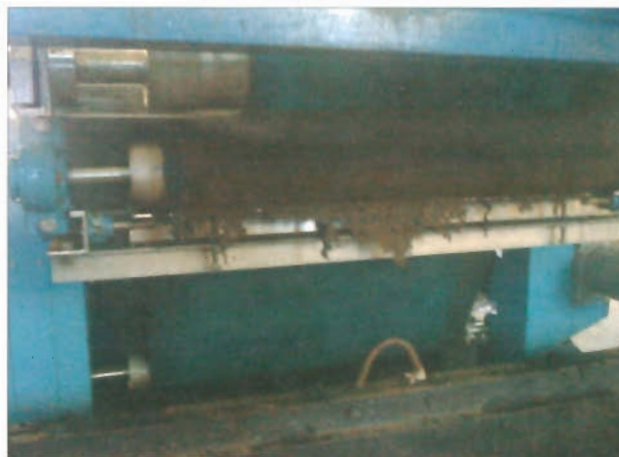


Рис. 3. Установка ELODE® в цехе механического обезвоживания осадков Люберецких очистных сооружений

пештву, или 180 кВт·ч/т удаляемой влаги. По сравнению с методом термической сушки осадка энергетические затраты при электроосмотическом обезвоживании ниже в 5–6 раз.

Установки ELODE® сертифицированы в Евросоюзе и Российской Федерации (информация на сайте www.ELODE.co.kr).

В сентябре–декабре 2008 г. в цехе механического обезвоживания осадков Люберецких очистных сооружений Москвы были проведены пилотные испытания экспериментальной установки DEMO SELO-1000 с барабаном диаметром 688,4 мм и шириной полотна 1000 мм. Целью этих испытаний являлось изучение возможностей нового вида оборудования в условиях реально действующих очистных сооружений. В качестве исходного материала для дополнительного обезвоживания использовался осадок после механического обезвоживания на камерном фильтр-прессе.

Исходный осадок (влажностью приблизительно 78% после механического обезвоживания) направлялся в приемный бункер объемом 0,2 м³, из которого шнековым насосом подавался на транспортер электроосмотической установки. Для

равномерной подачи осадка на ленту транспортера было изготовлено специальное устройство в виде щелевого раструба. Экспериментальная установка ELODE® показана на рис. 3.

В результате экспериментов было установлено, что на конечную влажность осадка наибольшее влияние оказывает скорость вращения барабана или продолжительность контакта осадка с электродами. На рис. 4 приведены данные испытаний и аппроксимирующая зависимость. Для количества степеней свободы $df = 35$ табличное значение коэффициента корреляции для уровня значимости $p = 0,05$ составляет $R = 0,33$, а для уровня значимости $p = 0,01$ $R = 0,42$. Полученные данные (рис. 5) имеют большой разброс, однако коэффициент корреляции $R = \sqrt{0,86} = 0,927$ достоверен с уровнем значимости $p = 0,01$.

Разброс экспериментальных данных объясняется тем, что помимо скорости движения осадка в зоне электродов значительное влияние на степень обезвоживания оказывает влажность исходного осадка, которая изменялась в широком диапазоне – от 79,1 до 91%. При этом напряжение на электродах составляло от 60 до 85 В, а ток – от 750 до 1060 А. Однако влияние этих параметров еще предстоит изучать дополнительно. Требуемые значения влажности 50–60% достигались при скорости движения поверхности барабана 2–2,5 м/мин.

Анализ дополнительно обезвоженного осадка на содержание яиц гельминтов показал отсутствие жизнеспособных форм во всех пробах.

Авторы выражают особую благодарность сотрудникам Люберецких очистных сооружений ПУ «Мосочиствод»

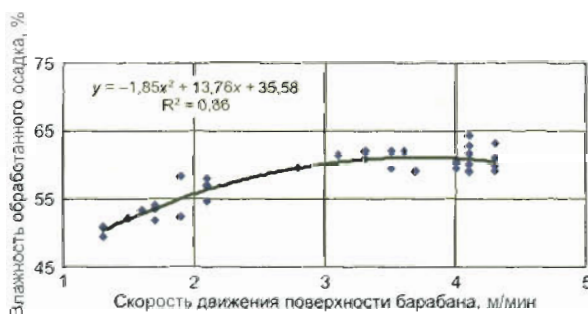


Рис. 4. Зависимость конечной влажности осадка от скорости движения поверхности барабана

В. П. Стенину, А. А. Крючкову, В. А. Самсоненко, В. А. Егорову и специалистам Управления канализации МГУП «Мосводоканал», оказавших помощь в проведении промышленных испытаний установки ELODESM на действующих сооружениях Московской канализации.

Детально ознакомиться с электроосмотическим аппаратом глубокого обезвоживания осадков сточных вод можно на 6-й Международной выставке «ВэйстТЭК–2009» 26–29 мая 2009 г. в Москве в МВЦ «Крокус Экспо» (павильон 3, зал 13, стенд компании «Экополимер» В9.1).

Выводы

1. Для утилизации обезвоженных осадков городских сточ-

ных вод оптимальной является влажность осадка в пределах 50–60%. Из существующих технологических приемов достижения влажности в требуемом диапазоне наиболее экономически обоснованным является использование электроосмотической обработки на аппаратах ELODESM.

2. Промышленные испытания, проведенные в цехе механического обезвоживания осадков Люберецких очистных сооружений Москвы, подтвердили расчетную производительность и параметры процесса электроосмотического обезвоживания осадка. Влажность осадка сточных вод 50–60 % достигалась при напряжении 60–85 В и токе 750–1060 А, скорости движения поверхности барабана

2–2,5 м/мин, что соответствует производительности 1,2–1,5 м³/ч исходного осадка влажностью 75–78% на 1 м ширины ленты. Объем осадка после электроосмотической установки сократился в 2,2–2,4 раза по сравнению с исходным количеством осадка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. G. Burton, F. L. Stensel, H. D. Tchobanoglous. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. – New York, Metcalf & Eddy, Inc., 2003.
2. Сердобольский Е. Н., Бабкин В. А., Новоженин И. Ф., Герасимов А. И. Электрообезвоживание осадков сточных вод // Бумажная промышленность. 1982. № 4.