

УДК 628.2

Ю.В. Куликова, Ю.В. Завизион

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТАНЦИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Рассмотрена проблема утилизации осадков сточных вод, образующихся при эксплуатации станций очистки сточных вод. Проведен сравнительный анализ существующих технологий утилизации осадков сточных вод. Представлены результаты лабораторных исследований по термической сушке осадков сточных вод. Предложен оптимальный вариант применения термической сушки осадков сточных вод, позволяющий снизить затраты на утилизацию больших объемов осадков станций очистки сточных вод.

Ключевые слова: осадки сточных вод, осадок первичных отстойников, избыточный активный ил, термическая сушка, технико-экономическая оценка.

В результате роста городов, их благоустройства, урбанизации территорий и развития промышленных предприятий в значительной мере увеличивается водопотребление. Это требует повышения мощности существующих очистных сооружений и повышения эффективности их работы.

Основным этапом очистки сточных вод является биохимическая очистка. Эксплуатация сооружений биохимической очистки городских сточных вод приводит к образованию значительных объемов отходов, основная доля которых приходится на осадок первичных отстойников (ОПО) и избыточные активные илы (ИАИ). Ежегодно в России на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства образуется около 1 млрд м³ осадков сточных вод (ОСВ), утилизация которых является сложной экологической и технологической проблемой.

В качестве объекта исследования были выбраны городские очистные сооружения мощностью порядка 450 тыс. м³/сут, в ходе эксплуатации которых образуется 9900 м³/сут или 3,6 млн м³/год осадков сточных вод. Целью исследования являлась технико-экономическая оценка оптимальной технологии утилизации осадков сточных вод.

К многотоннажным отходам станции очистки сточных вод относятся:

- осадок первичных отстойников, представляющий собой вязкую суспензию с влажностью 95–96 % и долей органических соединений в сухом веществе 75–80%; они быстро загнивают, издавая неприятный запах;

- избыточный активный ил, представляющий собой темно-коричневую жидкую массу, обладающую землистым запахом, с влажностью 98–99 %, рН=4–9 и долей органических соединений 70–90 % [1].

Особенностью осадков сточных вод, образующихся при биохимической очистке сточных вод, является высокое содержание в них тяжелых металлов, серосодержащих и хлорсодержащих соединений, что усложняет процессы их утилизации.

Основным способом утилизации осадков сточных вод в настоящее время является механическое обезвоживание, складирование и накопление обезвоженных осадков на иловых картах или илонакопителях. С увеличением объемов осадков сточных вод, не пригодных к утилизации, требуется все больше площадей для их размещения, а увеличение стоимости земель приводит к неуклонному росту средств на эксплуатацию и обслуживание мест складирования.

Хранение осадков сточных вод на иловых площадках (картах), как правило, сопровождается экологическими рисками загрязнения поверхностных и подземных вод, почв, растительности. Таким образом, данный метод не отвечает современным экологическим и техническим требованиям.

В связи с постоянным увеличением объемов ОСВ и ростом тарифов на захоронение на внешних объектах, целесообразным является поиск оптимальных интенсивных методов утилизации.

Для сравнительного анализа технологий утилизации осадков сточных вод использовался метод экспертных оценок.

Сравнение проводили методом попарного сравнения по следующим критериям оценки: воздействие на окружающую среду, капитальные и эксплуатационные затраты, производительность технологического оборудования, сложность аппаратурного оформления технологического процесса, простота эксплуатации и обслуживания технологического процесса, надежность технологического оборудования, потребность в энергоресурсах для реализации технологии, выход полезных продуктов для

дальнейшего использования, наличие сертификатов на оборудование, используемое для реализации технологии, промышленный опыт применения технологии на территории РФ, промышленный мировой опыт применения технологии.

После парного сравнения технологий утилизации ОСВ по одному из критериев проводилось суммирование вертикальных строк сравнительной таблицы. Полученные баллы по каждому критерию суммировались, а затем проводилось ранжирование, т.е. определение наиболее рациональной технологии утилизации ОСВ.

Результаты сравнительного анализа технологий утилизации осадков сточных вод представлены на рис. 1.

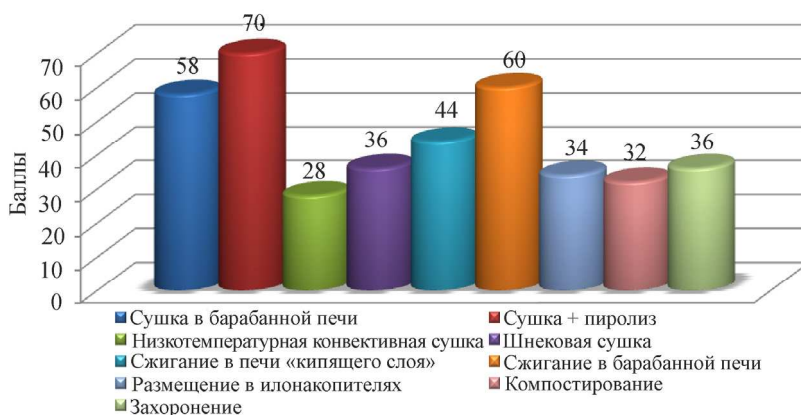


Рис. 1. Результаты сравнительного анализа технологий термической утилизации осадков сточных вод

На основании проведенного анализа технологий утилизации с помощью метода попарного сравнения было определено, что наилучшей технологией переработки и утилизации осадков сточных вод является низкотемпературная конвективная сушка.

Термическая сушка предназначена для обеззараживания и уменьшения массы осадков сточных вод, предварительно механически обезвоженных на вакуум-фильтрах, центрифугах или фильтр-прессах. Этот прием упрощает задачу удаления осадков с территорий очистных станций и их дальнейшей утилизации.

Наиболее распространен конвективный способ сушки, при котором необходимая для испарения влаги тепловая энергия непосредственно передается высушиваемому материалу теплоносителем – сушильным агентом. В качестве сушильного агента могут использоваться топочные газы, перегретый пар или горячий воздух [2].

В ходе анализа существующей информации по исследованию процесса термической сушки ОСВ и в связи с уникальностью осадка, образующегося на исследуемой станции очистки сточных вод, не было выявлено данных о зависимости влажности осадка и его насыпной плотности. Вследствие чего было принято решение о проведении серии лабораторных опытов по термической сушке ОСВ.

Осадки сточных вод, используемые в опыте, представляли собой смесь осадка первичных отстойников и избыточного активного ила, ранее механически обезвоженные до влажности около 80 %.

В лабораторном опыте по исследованию процесса термической сушки ОСВ было использовано 4 образца: 1 – ОСВ; 2 – смесь ОСВ с 5 % цемента (марка ПЦ400-Д20); 3 – смесь ОСВ с 7 % цемента (марка ПЦ400-Д20); 4 – смесь ОСВ с 5 % ротгипса (рис. 2). Термическую сушку образцов проводили в сушильном шкафу при $T = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для получения наиболее точных результатов исследования, измерения объема и массы образцов проводились каждые 30 мин на протяжении всего времени сушки.

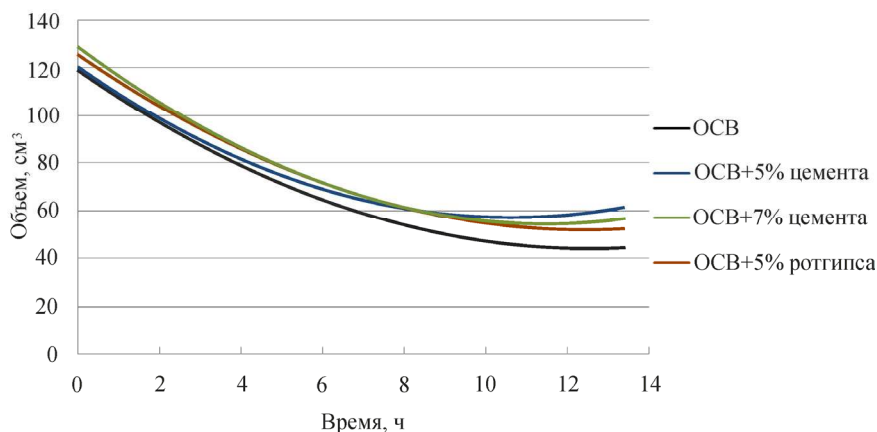


Рис. 2. Зависимость объема образцов от времени сушки

Зависимость, представленная на рис. 2, показывает, что после 8 ч сушки образцов их объем практически не снижается. Таким образом, дальнейшая сушка является не целесообразной. Начальный объем образцов с исходной влажностью около 80 % снизился за время сушки в 2,5–3 раза. Масса образцов снизилась в 3,5–4 раза.

По результатам проведенных измерений была построена зависимость объема образцов от влажности (рис. 3). При изменении влажности осадка до 40 % происходит снижение основной массы воды, присутствующей в образцах.

Зависимость скорости снижения объема образцов от влажности представлена на рис. 4.

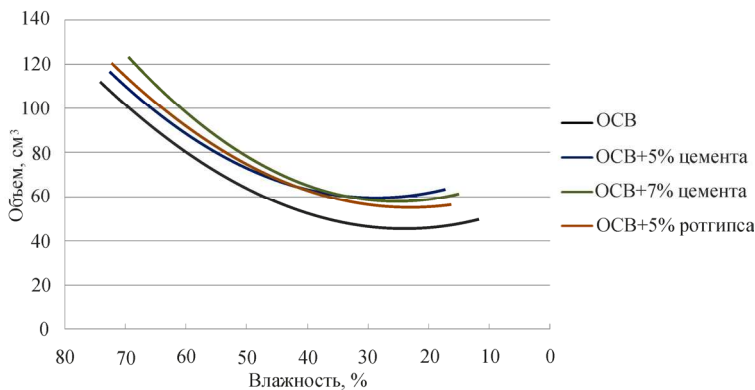


Рис. 3. Зависимость объема образца от влажности

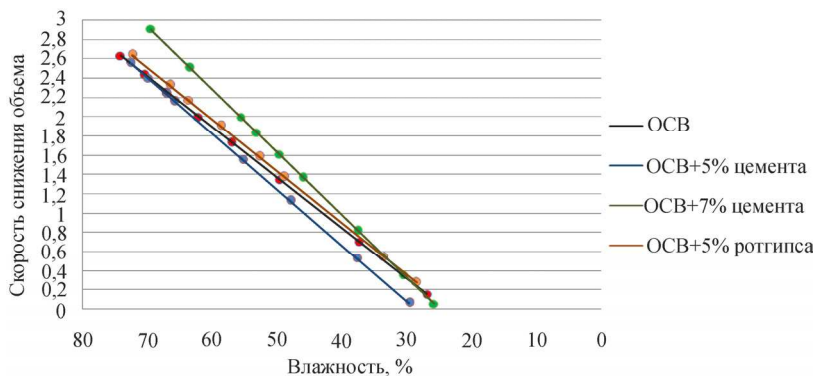


Рис. 4. Зависимость скорости снижения объема образцов от влажности

Как показывают полученные результаты (см. рис. 3 и 4), наиболее целесообразным является снижение объема образцов до влажности 25–30 %, так как перестает уменьшаться объем исходных образцов, а также становится минимальной скорость снижения объема образцов.

Для того чтобы определить экономические затраты, необходимые на испарение воды, находящейся в ОСВ, в процессе термической сушки, было проведено сравнение затрат при использовании электроэнергии и газа (рис. 5, 6).

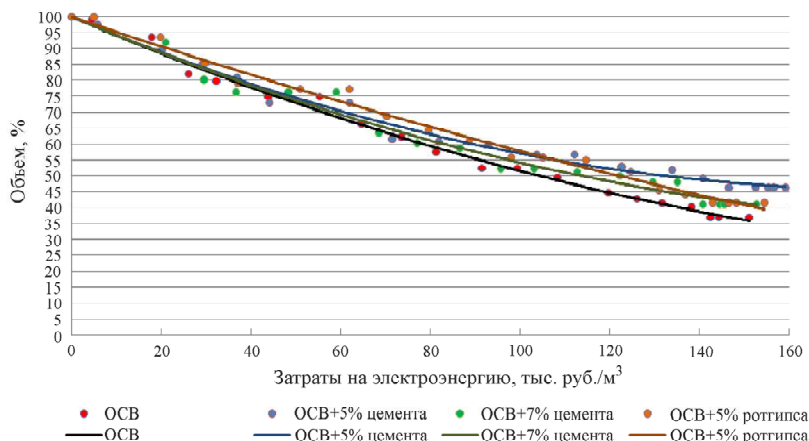


Рис. 5. Зависимость объема образцов от затрат на электроэнергию

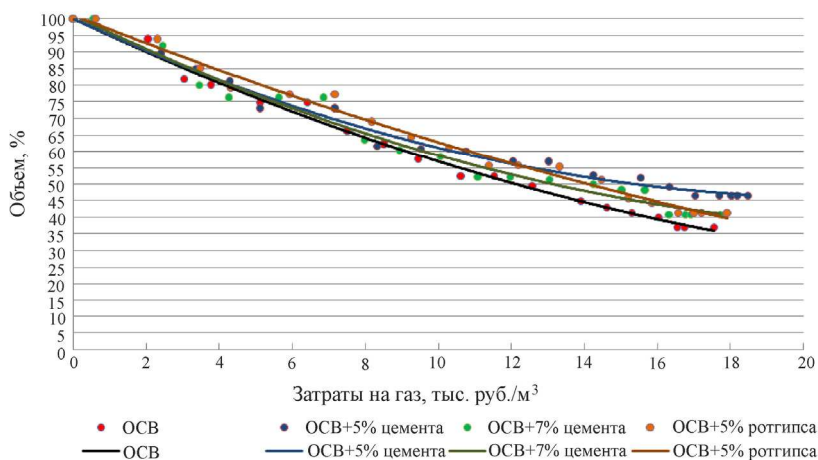


Рис. 6. Зависимость объема образцов от затрат на газ

Представленные на рис. 5 и 6 зависимости показывают, что затраты на испарение воды, находящейся в ОСВ, при использовании электроэнергии в 10 раз выше, чем при использовании газа.

Оптимальным решением является проведение сушки ОСВ при снижении их влажности до 20–30 % от исходной, так как для дальнейшего снижения влажности осадка требуются значительные энергетические и денежные затраты, что не целесообразно при утилизации больших объемов ОСВ.

В результате проведенных лабораторных опытов высушивание образцов обезвоженного осадка (рис. 7) до постоянной массы позволило получить образцы сухого вещества в осадке (абсолютно сухое состояние) (рис. 8).



Рис. 7. Образец механически обезвоженного осадка (влажность около 80 %)



Рис. 8. Образец осадка после высушивания до постоянной массы (абсолютно сухое состояние)

Добавление в обезвоженный осадок сточных вод связующих, таких как цемент и ротгипс, при термической сушке образцов, не дало заметного эффекта в сравнении с образцом без добавок. Результаты лабораторных опытов всех 4 образцов оказались близкими по значениям. Следовательно, термическую сушку ОСВ целесообразно проводить без добавок и до влажности 20–30 %, тем самым снижая энергетические и денежные затраты. В результате термической сушки происходит значительное снижение массы и объема осадка, что позволяет рекомендовать ее для утилизации осадков станций очистки сточных вод.

Преимуществами современных установок для термической сушки ОСВ являются: простота конструкции; эффективная сушка при низких температурах (до 120 °С), обеспечивающая безопасность эксплуатации; низкие инвестиционные затраты; полная автоматизация процесса; рекуперация энергии, обеспечивающая снижение эксплуатационных расходов; формовка гранул в пластичной фазе осадка, предотвращающая пылеобразование; тепло, необходимое для сушки, которое извлекается из

отходов; полная утилизация без образования отходов, подлежащих захоронению; соблюдение требований противопожарной и экологической безопасности [3].

В результате анализа научно-технической информации, были выделены наиболее эффективные примеры применения установок для термической сушки ОСВ в крупных городах:

1. *Низкотемпературная конвективная сушилка Pro-Dry фирмы «KLEIN» (Германия)*. В качестве сушильного агента используется теплый воздух с температурой до 120 °С. Особенность технологии Pro-Dry заключается в том, что благодаря низкой температуре сушки в процессе можно ввести следующие источники тепла: первичные (мазут, уголь, солнечная энергия) и вторичные (биогаз, пар, отработанное масло, охлаждающая вода, воздух из помещения). Влажность осадка после обработки составляет 8–30 %. Широко используется во многих крупных городах мира, в том числе и в России (г.Уфа) [4].

2. *Конвейерная сушилка типа BDS фирмы «Andritz 3SYS» (Швейцария)*. Степень сушки осадка может варьироваться в диапазоне 65–90 % по сухому веществу. Равномерное распределение высушенных осадков на ленте позволяет получить одинаковые условия и параметры сушки по всему слою осадка в каждом пункте конвейера. Применяется в г. Карлштадте (Германия) [5].

3. *Установка для низкотемпературной двухступенчатой сушки INNODRY 2E компании «Дегремон» (Франция)*. Рабочая температура сушки ниже 110 °С обеспечивает безопасность эксплуатации. Степень сушки осадка увеличивается с 15 % на входе аппарата до 45–55 % на выходе. Используется в г. Варшава (Польша), г. Умеа (Швеция), г. Арендаль (Норвегия) и др. [3].

Осадок после термической сушки представляет собой безвредный в санитарном отношении, не загнивающий, свободный от гельминтов и патогенных микроорганизмов, внешне сухой сыпучий материал, удобный для транспортировки и хранения.

Высушенный осадок можно использовать:

- в качестве органо-минерального удобрения;
- вспомогательного материала для засыпки мест выработки в горнодобывающей промышленности;
- для сооружения полигонов хранения отходов;
- в дорожном строительстве;

- для целей рекультивации почвы;
- для создания откосов насыпей, озеленения магистралей;
- в производстве цемента, асфальта, керамики;
- в качестве добавочного топлива на электростанциях и мусоросжигательных заводах;
- для получения горючего газа при пиролизе (газификации) [6].

На основании результатов лабораторных исследований и анализа научно-технической информации по утилизации осадков станций очистки сточных вод были сделаны следующие выводы:

1. Обезвоживание должно обязательно включаться в процесс предварительной обработки ОСВ, так как оно дает максимальный эффект сокращения объема осадка при минимальных энергетических затратах.

2. Термическая сушка ОСВ требует большого расхода тепла на испарение влаги, поэтому целесообразно сушить осадки до влажности 20–30 %. При этой влажности объем осадка не уменьшается, что позволит избежать излишних энергетических и экономических затрат.

3. Затраты на термическую сушку ОСВ при использовании электроэнергии значительно выше (в 10 раз), чем при использовании газа, позволяющего снизить затраты на утилизацию больших объемов осадков станций очистки сточных вод.

4. Использование низкотемпературной сушки осадков сточных вод в крупных городах поможет не только снизить экологические платежи за размещение отходов, вернуть земли в хозяйственное пользование, а также получить товарные продукты, которые могут найти дальнейшее применение.

Библиографический список

1. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1988. – 256 с.
2. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учеб. для вузов. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 704 с.
3. Низкотемпературная двухступенчатая сушка осадка сточных вод / П. Кноер, М. Бюхлер, А. Пуассон, А.В. Чепурнов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – № 4. – С. 7–11.
4. Томалла М., Нойберт И. Низкотемпературная сушка осадка сточных вод // Экология производства. – 2007. – № 5. – С. 63–67.

5. Чернов В.Б., Сушиньски А. Новые направления безотходной технологии утилизации осадков сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010. – № 1. – С. 63–67.

6. Ветошкин А.Г. Защита литосферы от отходов: учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. – 200 с.

References

1. Turovskiy I.S. Obrabotka osadkov stochnykh vod [Treatment of sewage sludge]. 3rd ed., rev. and add. Moscow: Stroyizdat, 1988. 256 p.

2. Yakovlev S.V., Voronov Yu.V. Vodootvedenie i ochildka stochnykh vod [Drainage and purification waste water]. Moscow: ASV, 2004. 704 p.

3. Knoer P., Buechler M., Poisson A., Chepurnov A. Nizkotemperaturnaja dvustupenchataja sushka osadka stochnykh vod [Low-temperature two-stage drying of sewage sludge]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tekhnika*, 2012, no. 4, pp. 7–11.

4. Thomalla M., Neubert I. Nizkotemperaturnaja sushka osadka stochnykh vod [Low-temperature drying of sewage sludge]. *Ecology production*, 2007, no. 5, pp. 63–67.

5. Chernov V.B., Sushinski A. Novye napravlenija bezotkhodnoj tekhnologii utilizatsii osadkov stochnykh vod [New Directions waste technology sludge disposal]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tekhnika*, 2010, no. 1, pp. 63–67.

6. Vetoshkin A.G. Zashchita litosfery ot otkhodov. Uchebnoe posobie [Protection of the lithosphere of the waste. Textbook]. Penza: Izd-vo Penz. gos. un-ta, 2005. 200 p.

Получено 27.05.2013

Y. Kulikova, Y. Zavizion

TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF SLUDGE UTILIZATION OF WASTEWATER TREATMENT STATIONS

Article is devoted to the problem of disposing of sewage sludge resulting from the operation of wastewater treatment plants. Carried out a comparative analysis of existing technologies for utilization of sewage sludge, presents the results of laboratory studies on thermal drying of sewage sludge. Proposed an optimal version of the application of thermal drying of sewage sludge, allowing to reduce the cost of disposal of large volumes of precipitation wastewater treatment plants.

Keywords: sewage sludge, sediment primary clarifiers, the excess activated sludge, thermal drying, technical and economic assessment.

Куликова Юлия Владимировна (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, кафедра «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: kulikova.pnpu@gmail.com).

Завизион Юлия Владимировна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: juliagubaha@mail.ru).

Kulikova Yuliya (Perm, Russia) – Candidate of Technical Sciences, Environment Protection, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: kulikova.pnpu@gmail.com).

Zavizion Yuliya (Perm, Russia) – master student of Environment Protection, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: juliagubaha@mail.ru).