

**СВЧ ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД**

Сырые осадки сточных вод (ОСВ) имеют высокую влажность и содержат большое количество микроорганизмов, вызывающих их порчу. Для предотвращения снижения качества ОСВ и повышения их безопасности они должны подвергаться обезвоживанию и переработке [1].

Для обезвоживания ОСВ применяются илоуплотнители, иловые площадки, способы механического обезвоживания под разряжением (вакуум-фильтры); под давлением (фильтр-прессы); в центробежном поле (шнековые, декантерные центрифуги).

Основным оборудованием для обезвоживания осадков являются осадительные шнековые центрифуги, обрабатывающие в среднем 30 м<sup>3</sup> осадка/час с добавками органических флокулянтов для увеличения водоотдачи и производящие кек с влажностью 75 %.

На заключительной стадии обработки ОСВ применяется термическая сушка механически обезвоженных осадков, позволяющая снизить их влажность до 35–40% и повысить энергоемкость при сжигании, сократить расходы при транспортировке ОСВ к местам захоронения или получить удобрение из осадков в виде сыпучих материалов.

Существенное снижение затрат при обработке ОСВ может быть достигнуто за счет использования комплексных способов обработки осадков. Одним из таких способов является СВЧ обработка [2, 3], позволяющая обеспечить обеззараживание и обезвоживание ОСВ.

Цель работы – анализ обезвоживания ОСВ при СВЧ обработке.

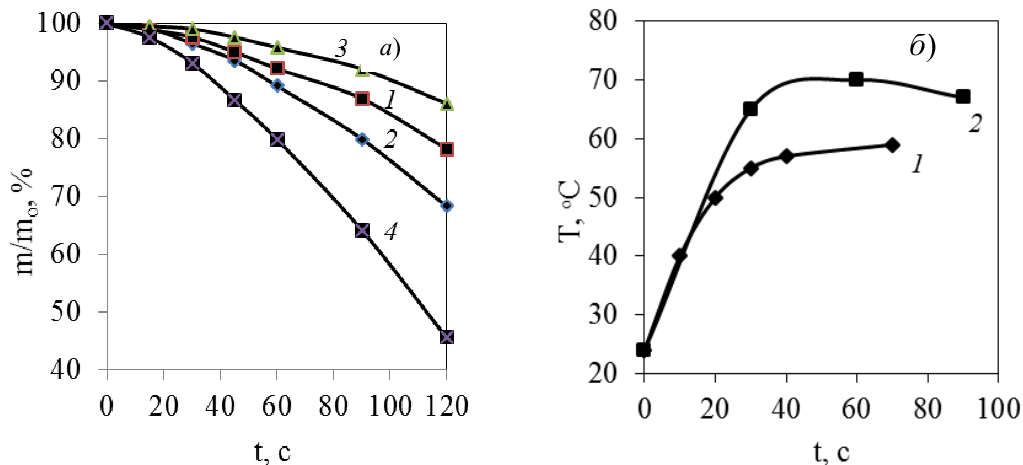
В работе использовали ОСВ очистных сооружений г. Минска, отобранные согласно [4]. Влажность ОСВ определяли весовым методом [5]. Массу ОСВ измеряли на цифровых весах «Scout Pro» (США) с погрешностью 0,01 г. Температуру осадков после обработки регистрировали при помощи термометра 0–100°С.

СВЧ обезвоживание ОСВ проводили в лабораторных условиях в открытых ч. Петри в СВЧ-печи Samsung CE935GR при  $f = 2450$  МГц, мощности 300–600 Вт,  $t = 0 - 10$  мин, контролируя  $T$  и массу ОСВ после СВЧ обработки. Полученные данные обрабатывали статистически, используя программное обеспечение Microsoft Excel.

Одним из основных показателей контроля эффективности обезвоживания и оценки качества ОСВ является показатель влажности ( $W$ ). Известно, что данный показатель отражает агрегатное состояние ОСВ: при  $W = 99-96\%$  они находятся в жидком состоянии, при 95–85% – в пастообразном, при 85–65% – в твердом сухом и при  $W$  менее

65% – в порошкообразном состоянии [1].

На рисунке 1 приведены результаты обезвоживания и изменения температуры ОСВ в зависимости от времени и мощности СВЧ обработки.



**Рисунок 1 – Кинетика изменения относительной массы (а) и температуры (б) ОСВ при СВЧ обработке:**

**а) 1 – P = 300 Вт (W = 97,4%); 2 – P = 300 Вт (W = 99,2%);  
3 – P = 300 Вт (W = 96,6%); 4 – P = 600 Вт (W = 98,0%);  
б) 1 – P = 300 Вт; 2 – P = 600 Вт (W = 97,4%)**

Как видно из рисунке 1, при увеличении времени СВЧ-обработки наблюдается снижение относительной массы ОСВ и повышение их температуры. Увеличение мощности СВЧ излучения и повышение влажности ОСВ усиливает процессы их разогрева и испарения воды. По мере уменьшения влажности ОСВ температура их нагрева снижается.

Изменение относительной массы ОСВ при СВЧ обезвоживании носит нелинейный характер и свидетельствует о наличии нескольких форм связи воды в ОСВ. В соответствии с классификацией форм влаги в материалах, предложенной П. А. Ребиндером, выделяют 3 группы связанной влаги: химическую, физико-химическую и механическую [1].

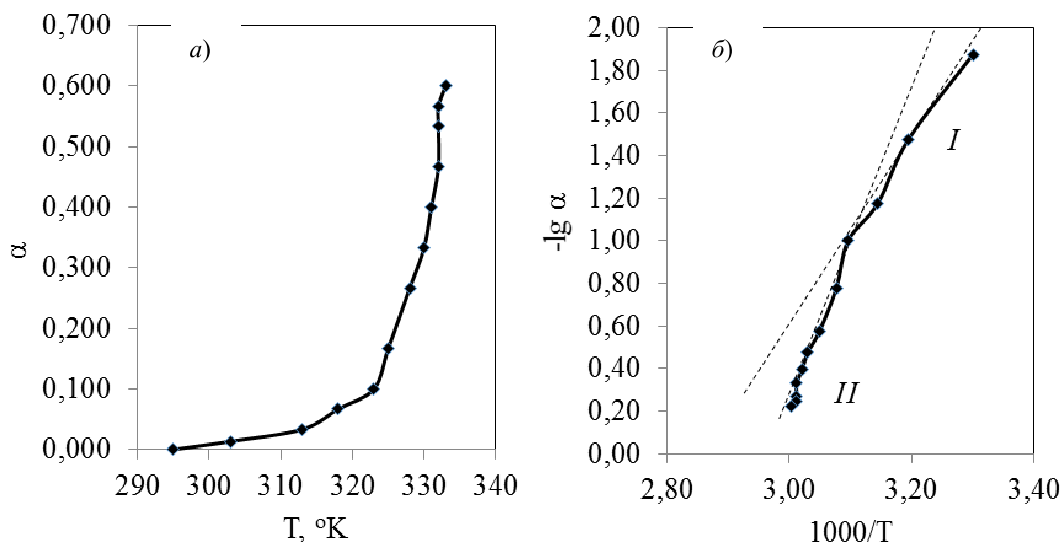
Химически связанная вода прочно удерживается ионными и молекулярными связями, энергия которых находится в пределах 40–100 кДж/моль.

Физико-химически связанная вода подразделяется на адсорбционно связанную влагу, энергия которой зависит от количества слоев связанной влаги, и осмотически удерживаемую влагу, находящуюся в замкнутых порах. Их энергия связи составляет 10–40 кДж/моль.

Механически связанная вода, удерживаемая в открытых микро- и макро- (больше  $10^{-5}$  см) капиллярах, имеет  $E = 0–10$  кДж/моль.

Для определения энергии связи воды в ОСВ была построена за-

висимость изменения доли удаленной влаги ( $\alpha$ ) от температуры ОСВ (рисунок 2 а) и ее трансформация в координатах  $-\lg \alpha$  от  $1000/T$  (рисунок 2 б).



**Рисунок 2 – Изменение доли удаленной воды в ОСВ в зависимости от температуры (а) и ее модификация в координатах  $-\lg \alpha$  от  $1000/T$  (б)**

Долю удаленной влаги определяли, как отношение массы выделенной воды, к общей массе воды, содержащейся в ОСВ. Как видно из рис. 2 б, наблюдаются два линейных участка на экспериментальной зависимости с точкой перегиба при  $323^\circ\text{K}$ , которые могут свидетельствовать о наличии двух форм связанной воды в ОСВ.

На первой стадии обезвоживания ОСВ (участок I, рис. 2) происходит нагрев и удаление свободной воды, а также механически и осмотически связанной влаги, имеющих невысокую энергию связи с ОСВ. Вода, выделяющаяся на второй стадии обезвоживания (участок II, рис. 2), более прочно связана с ОСВ по сравнению с механически связанной влагой и относится к физико-химически связанной влаге.

Проведение обезвоживания до моноадсорбционно связанной влаги нецелесообразно, т.к. это удлинит процесс обработки и увеличивает энергетические затраты, а также приводит к уменьшению температуры осадков и снижению эффективности использования СВЧ.

Достоинством СВЧ обезвоживания ОСВ перед другими методами термообработки является высокая скорость и равномерность нагрева ОСВ по всему объему, а также его более высокая энергетическая эффективность. Кроме того, СВЧ обработка позволяет одновременно проводить обезвоживание и обеззараживание ОСВ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов А. Е. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. / А. Е. Кузнецов [и др.]. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2010. – Т. 1. – 629 с.; – Т. 2. – 485 с.
2. Wojciechowska, E. Application of microwaves for sewage sludge conditioning // Water research, 2005. – № 39. – P. 4749–4754.
3. Yu Qiang, Hengyi Lei, Zhong Li et al. Physical and chemical properties of waste-activated sludge after microwave treatment // Water research, 2010. – № 44. – P. 2841–2849.
4. ГОСТ Р 56226-2014. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Методы отбора и подготовки проб. – М.: Стандартинформ, 2015. – 8 с.
5. Исаева А.М. Очистка сточных вод: методич. указания к лабораторным работам. Ч.1 / А. М. Исаева, И. И. Шпилева, В. С. Тюриков. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 48 с.

УДК 676.088

А.В. Лихачева, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);  
М.С. Бессмертная, лаборант хим. анализа  
(ОАО «Минский завод шестерен», г. Минск)

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА БИОКОМПСТИРОВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД РУП «ЗАВОД ГАЗЕТНОЙ БУМАГИ»**

Осадок сточных вод, который образуется на РУП «Завод газетной бумаги», представляет собой смесь избыточного активного ила, осадка из первичных отстойников и неорганического шлама от процесса подготовки технологической воды. Данный отход имеет 4 класс опасности и характеризуется следующими показателями: влажность 75%, зольность 35%. Проведенные ранее исследования показали, что органическое вещество включает в основном волокнистые материалы, биокомпостирование которых достаточно продолжительно.

Поэтому целью работы являлось исследование возможности интенсификации процесса биокомпостирования осадков сточных вод, с использованием в качестве биоактиватора биодеградированной древесины.

В работе использовали биодеградированную древесину следующих пород деревьев: березы, ольхи, липы, осины, сосны, ели.

Работа выполнялась в несколько этапов предусматривающих: измельчение биодеградированной древесины и разделение ее на различные фракции; отработку методики определения содержания микроорганизмов в пробах биодеградированной древесины различной породы и фракции; определение содержания дереворазрушающих гри-