

## СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФОРМАЛЬДЕГИДА РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Формальдегид, как химическое соединение, широко используется в промышленности и научных лабораториях, в результате чего он становится основным загрязнителем сточных вод. Негативные экологические последствия и высокая токсичность формальдегида требуют разработки эффективных методов очистки сточных вод.

Традиционные методы очистки природных и сточных вод, содержащих микрозагрязнители (в частности формальдегид) в большинстве случаев малоэффективны, а такие методы как, например, сорбция обладают избирательной эффективностью [1].

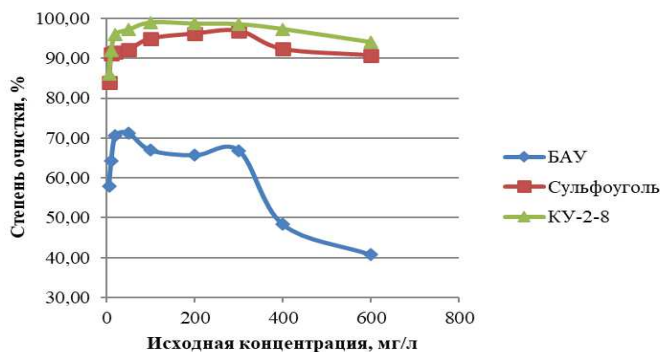
В связи с этим, эффективными следует признать способы очистки воды от формальдегида, основанные на процессах окислительной деструкции. Усовершенствованные окислительные методы (Advanced Oxidation Methods – AOMs) [2] в последнее время находят широкое применение в решении проблем очистки сточных вод от органических соединений. В основе таких процессов лежат реакции окислительной деструкции, инициированные гидроксильными радикалами [3], которые, в свою очередь, или дополнительно увеличивают скорость реакции окисления или, наоборот, выступают в качестве поглотителей радикалов и существенно снижают эффективность деструкции органического соединения. К АОМs относится совместное действие УФ-излучением, пероксидом водорода, озоном, сочетание  $O_3/H_2O_2$ ,  $O_3/УФ$ ,  $УФ/H_2O_2$ ,  $H_2O_2$  + катализатор, электрохимическое действие совместно с озонированием, каталитическое, фотокаталитическое озонирование, гетерогенные фотокаталитические процессы, а также различные комбинации этих методов [1-3].

Цель данного исследования заключается в проведении глубокого сравнительного анализа эффективности различных методов очистки сточных вод от формальдегида с учетом их применимости в реальных условиях.

Сорбция в статических условиях проводилась с использованием 2 марок углей и катионита КУ-2-8. Опыт проводили в конических колбах объемом 300 мл, куда заливали 250 мл исследуемого раствора

и добавляли навеску сорбента массой 5 г и ставили на перемешивание в течении одного часа.

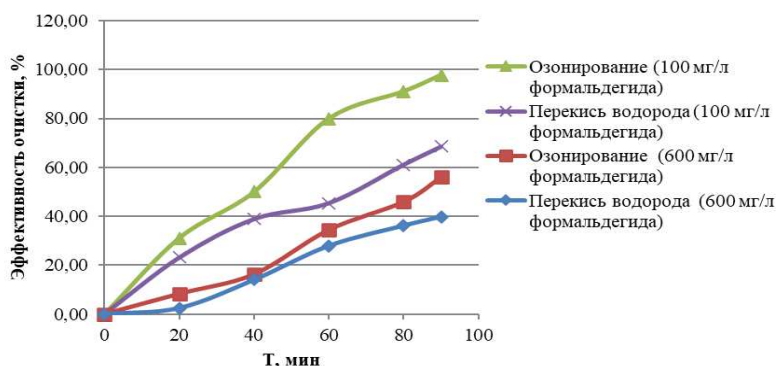
Графическая зависимость степень очистки от исходной концентрации формальдегида представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Графическая зависимость степени очистки от исходной концентрации формальдегида**

Из рисунка 1 видно, что самая высокая степень очистки при низких концентрациях у катионита КУ-2-8. При увеличении исходной концентрации степень очистки резко снижается. Как видно из графика у сульфоугля степень очистки значительно выше, чем у активированного угля марки БАУ. Из полученных данных следует, что адсорбция может применяться при высоких концентрациях формальдегида в сточных водах. При низких концентрациях формальдегида эффективность сорбционных методов сильно снижается. Окисление формальдегида в присутствии сильных окислителей (озон, перекись водорода).

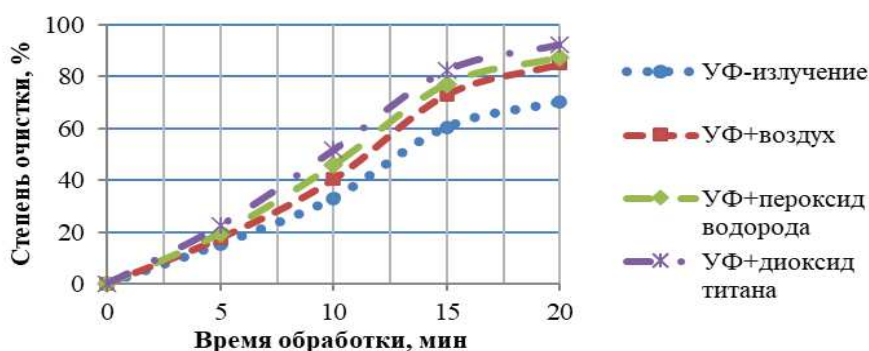
Для эксперимента использовались растворы формальдегида 100 и 700 мг/л. Обработку озоном проводили в течение 90 мин (концентрация озона в воде 5-10 мг/л), количество перекиси водорода добавлялось исходя из реакции полного окисления формальдегида с избытком 10 %. Результаты представлены на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Графическая зависимость степени очистки от времени обработки озоном и перекисью водорода (исходная концентрация формальдегида 100 и 600 мг/л)**

Как видно из представленных данных, природа окислителя существенно влияет на эффективность очистки формальдегидсодержащих сточных вод также, как и концентрация формальдегида. При озонировании удастся достичь лучших результатов, но при этом эффективность зависит от условий проведения процесса. При оптимальных условиях достигается степень очистки 97-98%.

Фотохимическое окисление проводили на установке с источником ультрафиолетового излучения мощностью лучистой энергии 36 Вт и излучающая в диапазоне 240-320 нм. В качестве катализатора применялся дисперсный порошок  $TiO_2$ . Состав катализатора в пересчете на оксиды (масс.%):  $SiO_2$  – 68,  $TiO_2$  – 29,  $H_2O$  – 3. Удельная поверхность –  $150 \text{ м}^2/\text{г}$ . Катализатор вносился в реактор в виде водной суспензии. Результаты представлены на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Зависимость степени очистки сточных вод (концентрация формальдегида 100 мг/л) от времени ее обработки при различных условиях**

По убыванию окислительной способности представленные способы можно расположить в следующем порядке: УФ+фотокатализатор, УФ+пероксид водорода, УФ+воздух. Стоит отметить скорость реакции окисления и высокую степень очистки при использовании фотокаталитического метода

Результаты исследования подчеркивают важность выбора метода в зависимости от конкретных условий очистки. Эффективное решение может включать комбинацию методов, обеспечивая оптимальное сочетание экологической устойчивости, экономической целесообразности и технической реализуемости. Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование технологий и интеграцию методов для достижения максимальной эффективности в очистке сточных вод от формальдегида в университетской среде.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дубина А.В., Марцуль В.Н. Использование УФ-облучения в процессах очистки и доочистки сточных вод / А.В. Дубина,

В.Н. Марцуль // Химическая технология и техника : материалы докладов 84-й научно-технической конференции, посвященной 90-летнему юбилею БГТУ и Дню белорусской науки (с международным участием), Минск, 03-14 февраля 2020 г. – Минск: БГТУ, 2020. – С. 354–355.

2. Kowalik P. Chemical pretreatment of formaldehyde wastewater by selected Advanced Oxidation Processes (AOPs) // Challenges of Modern Technology. 2011. Vol. 2. P. 42–48.

3. Hong Q. I. Sun D., Chi G. Formaldehyde degradation by UV/TiO<sub>2</sub>/O<sub>3</sub> process using continuous flow mode // Journal of Environmental Sciences. 2007. Vol. 19. No. 9. P. 1136-1140.

УДК 661.872.22-13-12

Е. Н. Казимирская, асп.; А. В. Лихачева, зав. кафедрой  
промышленной экологии, канд. техн. наук  
(БГТУ, г. Минск)

### **ПОЛУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ СОРБЕНТОВ ИЗ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА МЕТОДОМ СООСАЖДЕНИЯ**

Магнитные наночастицы (МНЧ) оксидов железа в последние годы привлекают все большее внимание исследователей из различных областей химии, биологии и медицины. Интерес к этим наночастицам вызван рядом необычных физических и химических свойств, что связано с проявлением квантовых наноразмерных эффектов. Бесспорное достоинство МНЧ заключается в возможности управлять их перемещением с помощью внешнего постоянного магнитного поля.

Способ получения магнитных материалов оказывает большое влияние на размер, форму и химический состав поверхности магнитных наночастиц, что влияет на область их применения. Синтез магнитных наночастиц определенного размера и формы всегда был сложной задачей. Для получения частиц с требуемыми характеристиками было предложено большое количество методов синтеза [1].

Наиболее часто используемым методом синтеза наночастиц является метод соосаждения солей железа в высокоосновных растворах (аммоний, гидроксиды калия и натрия) [2]. Этот метод, вероятно, является самым простым и эффективным химическим путем получения магнитных частиц. Магнетит обычно получают путем выдержки в мольном соотношении 1:2 соединений двух- и трехвалентного железа в водной среде, в результате обменной реакции:

