

УДК 628.316.12

ЖЕЛТОУХОВА И. В., студентка гр. Э-41 (РХТУ им. Д.И. Менделеева)
САРАНЦЕВА А. А., студентка гр. МЭ-11 (РХТУ им. Д.И. Менделеева)
Научный руководитель КУРБАТОВ А. Ю., к.т.н., доцент
(РХТУ им. Д.И. Менделеева)
г. Москва

ОЧИСТКА МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ СТОКОВ ПОД ФЛОТАЦИЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ

В естественных условиях металлы встречаются в форме руд и минералов. Этот вид веществ может определяться в воздухе, почве и воде. Выплавка металлов из руд и использование их в различных областях человеческой деятельности привели к существенному увеличению их содержания в окружающей среде [1].

В связи со стремительным ростом химической промышленности резко увеличиваются объемы сточных вод, загрязненных различными тяжелыми металлами. Данные элементы не поддаются биологической деструкции в естественных условиях и способны к биоаккумуляции в живых организмах, что приводит к негативному воздействию на гидросферу и экосистему в целом [2-3]. Таким образом, проблема эффективной очистки промышленных сточных вод от тяжелых металлов актуальна в настоящее время.

Медь является одним из самых распространенных металлов, загрязняющих водные объекты. В сточные воды медь может поступать как в виде ионов Cu^{2+} , так и в виде комплексных труднорастворимых соединений. Большая концентрация меди в водном объекте может приводить к изменению его органолептических свойств, негативно влиять на способность к самоочищению, а также вызывать гибель растений и живых организмов [4].

Одним из основных источников поступления тяжелых металлов, нефтепродуктов, растворенных солей и других токсичных веществ в сточные воды являются гальванические производства [5]. Загрязненные стоки образуются при многократном промывании деталей, подвергшихся поверхностной металлообработке, и отработанных электролитов [6]. При этом образуются кислотно-щелочные воды с разным значением pH, что дополнительно затрудняет очистку [7].

Существует множество химических, физических и биологических способов очистки промышленных сточных вод от ионов меди, но ни один из них не может обеспечить эффективную очистку до уровня нормативных

требований [8]. Отметим, что ПДК ионов меди Cu^{2+} в сточных водах составляет 1 мг/л [9]. С целью обеспечения высокой эффективности очистки сточных вод от соединений меди на большинстве предприятий используют различные комбинации методов. К примеру, достаточно часто для очистки сточных вод, содержащих медь, совместно применяются реагентный и флотационный способы [10].

Флотация – процесс молекулярного прилипания частиц флотируемого материала к поверхности раздела газа и жидкости, обусловленный избытком свободной энергии поверхностных пограничных слоев, а также поверхностными явлениями смачивания [11]. В процессе флотации через пульпу (смесь твёрдых частиц и жидкости) пропускают пузырьки воздуха. Гидрофобные частицы прикрепляются к пузырькам и поднимаются вместе с ними на поверхность, образуя пену. Гидрофильные частицы остаются в объёме пульпы.

Одним из методов организации процесса флотации может стать использование кавитации с целью насыщения сточной воды пузырьками воздуха. Кавитация – это процесс образования пузырьков в жидкости за счет изменения давления в ней. Применение данного способа генерации пузырьков жидкости является крайне перспективным, так как он позволяет достичнуть эффективного перемешивания. Также в ходе кавитации возможно образование активных радикалов-окислителей, что может интенсифицировать процессы очистки сточных вод.

Целью данной работы являлось изучение возможности очистки медьсодержащих стоков с применением гидродинамической кавитации.

Объектом исследования стала модельная вода с исходной концентрацией ионов меди (Π), равной 50 мг/л.

На начальном этапе работы необходимо подщелачивание модельного раствора посредством добавления гранулированного гидроксида натрия до образования обильного хлопьевидного осадка. Хлопьеобразование происходит при рН, равном 11,3-11,5.

После доведения рН раствора до нужного уровня модельная вода подвергается насыщению пузырьками воздуха, образованными выделением из раствора при прохождении его через гидродинамическое устройство. В ходе эксперимента наблюдалось образование флотационной пены, осветление сточной воды. Насыщенная пузырьками модельная вода отстаивалась в течение 20 часов после проведения флотации.

Отбор проб был произведен в течение 10, 20, 30 минут и 20 часов после начала флотации. Остаточные концентрации ионов меди в очищенной воде были вычислены фотометрическим методом [5]. Степень очистки α была посчитана по формуле (1):

$$\alpha = \frac{C_h - C_k}{C_h} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где C_h – начальная концентрация ионов меди, C_k – конечная концентрация меди в очищенной воде.

Результаты эксперимента представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1. Результаты эксперимента

Время	Оптическая плотность	Концентрация меди, мг/л	Степень очистки, %
11 минут	1,338	6,445	87,11
20 минут	1,335	6,430	87,14
30 минут	1,322	6,368	87,26
20 часов	0,371	1,787	96,43

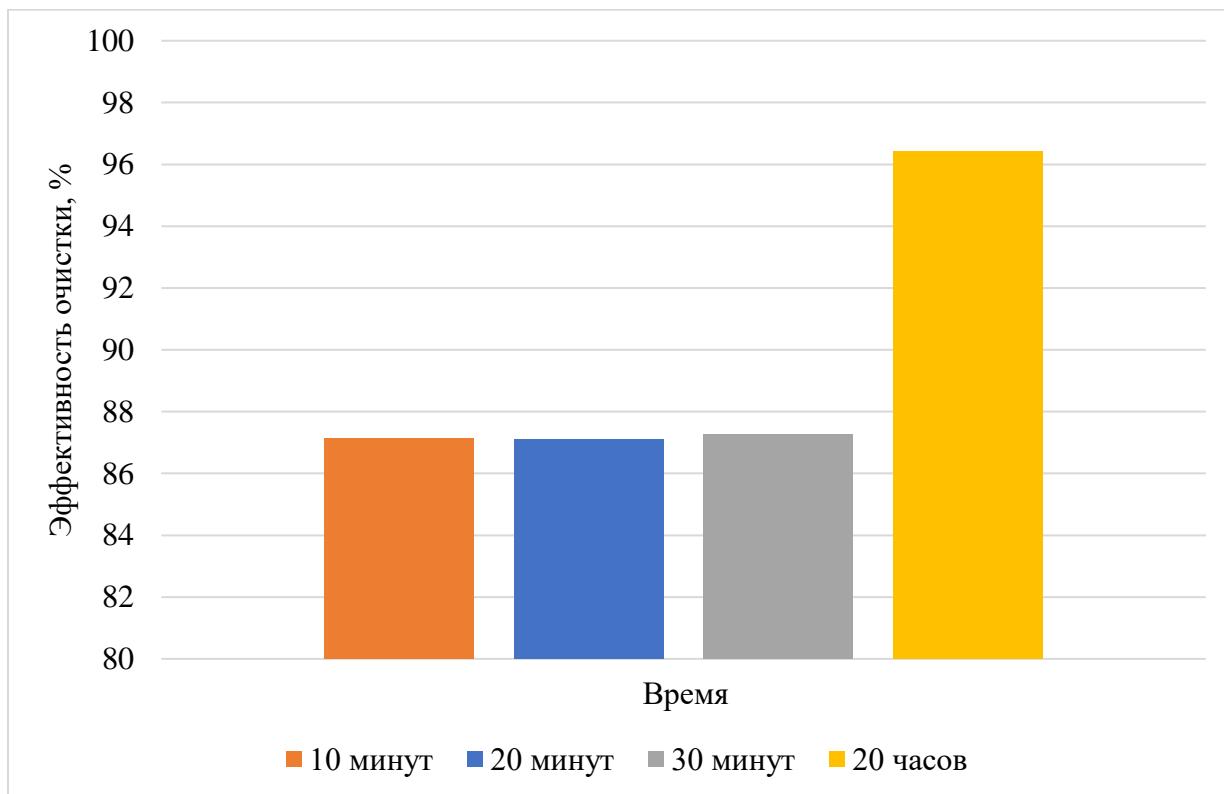


Рисунок 1. Зависимость степени очистки ионов меди от времени

В результате анализа данных можно сделать вывод о том, что основная масса осадка гидроксида меди (II) всплывает за первые 10 минут после начала флотации, при этом эффективность удаления ионов меди (II) составляет $\approx 87\%$. Однако для достижения большей степени очистки необходимо более длительное протекание процесса.

Полученные в результате эксперимента данные позволяют сделать вывод о том, что применение кавитационных технологий в ходе процесса очистки сточных вод методом флотации имеет высокий потенциал. При применении данного метода достигается эффективность очистки, превышающая 85%. При увеличении времени отстаивания наблюдается рост эффективности очистки, однако проведение процесса флотации в течение 20 часов не всегда может быть допустимым в технологическом процессе. В связи с этим данное исследование требует продолжения с целью поиска оптимальных параметров проведения процесса флотации при меньшем времени отстаивания.

Список литературы:

1. Военная токсикология, радиобиология и медицинская защита: Учебник для слушателей и курсантов военно-медицинских вузов / Кузенко С. А., Бутомо Н. В., Гребенюк А. Н. и др.; Под ред. С. А. Кузенко. – СПб.: Изд-во Военно-медицинской академии, 2003. – 524 с.: ил.
2. Грушко Я. М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах/ Справочник. – Л.: Химия. – 1979. – 160 с.
3. Lakherwal D. Adsorption of heavy metals: a review // International Journal of Environmental Research and Development. 2014 Vol. 4 P. 41–48.
4. Смирнова Т. Б., Темерева И. В. Исследование качества сточных вод гальванического производства/ Управление почвенным плодородием и питанием культурных растений. экологические аспекты природопользования. – Омск: ЛИТЕРА, 2015г. – С. 129-135.
5. Кузин Е. Н., Кручинина Н. Е. Комплексные коагулянты очистки сточных вод гальванического производства / Гальванотехника и обработка поверхности. – 2019. – Т. 27, № 4. – С. 43-49.
6. Кузин Е. Н., Кручинина Н. Е., Носова Т. И. Очистка сточных вод электрохимических производств/ Цветные металлы. №10. – 2021г. С. 51-54.
7. Очистка кислотно-щелочных сточных вод гальванического производства с использованием инновационных реагентов / Е. Н. Кузин, А. Б. Фадеев, Н. Е. Кручинина [и др.] // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2020. – Т. 28, № 3. – С. 37-44.
8. Загурский А. В. Варианты технологических решений очистки сточных вод гальванического производства //Материалы V Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.scienceforum.ru/2013/333/6274>. – 2013

9. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 №644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации». Приложение 5.
10. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство. – Общество с ограниченной ответственностью "Глобус", 2002.
11. Родионов А. И., Клушин В. Н., Систер В. Г. технологические процессы экологической безопасности: Учебник для студентов технических и технологических специальностей. 3-е изд., перераб. и доп. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2000. – 800с., ил. табл.