44177.3ZZK

ISSN 0204-3556

ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ

том 18

3

1996

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ОТДЕЛЕНИЕ ХИМИИ

ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
Основан в сентябре 1979 г. Выходит 1 раз в 2 месяца
Том 18, № 3, май — июнь 1996
Институт коллоидной химии и химии воды им. А. В. Думанского

СОДЕРЖАНИЕ

Физическая химия процессов обработки воды

ГОНЧАРУК В. В., ГЕРАСИМЕНКО Н. Г. Электрокинетические свойства продуктов гидролиза основных сульфатов железа в условиях процесса водоподготовки 227

ЗИННАТУЛЛИН Н. Х., СТЕПОЧКИН Б. Ф., МИНАБУТДИНОВ А. С., МИХАЙЛОВ В. К. Расчет пневматической системы аэрации 233

ПРИСЯЖНЫЙ В. Д., КУЗЬМИНСКИЙ Е. В., ПАЦЮК Ф. Н., СЛИПЧЕНКО А. В. Механизм образования активного хлора при бездиафрагменном электролизе хлоридных растворов 237

РУСТАМОВ С. М., ЯГУБОВ А. И. Динамика сорбции трихлорэтилена из промышленных сточных вод на мордените 246

Анализ природных и сточных вод

ЧМИЛЕНКО Ф. А., ПИСКУН Ю. М., ЧМИЛЕНКО Т. С., СМИРНАЯ В. С., САМОХВАЛОВА В. Ж. Спектрофотометрическое определение урана с хромазуролом S в присутствии полисульфона 250

СУХАРЕВ С. Н., ЧУНДАК С. Ю. Фотометрическое определение алюминия в водах в виде его ионных ассоциатов в присутствии поверхностно-активных веществ 254

© Институт коллоидной химии и химии воды им. А. В. Думанского НАН Украины, 1996

Технология водоподготовки и деминерализация вод

МЕКВАБИШВИЛИ Т. В., ЛУКЬЯНОВА Н. Л., ГЕФТЕР Е. Л. Ионитное умягчение воды перед ее обессоливанием электродиализным методом 258

КАРДАШИНА Л. Ф., ГОРЛОВ Е. А. Исследование применения керамических микрофильтров для водоподготовки 269

АГАМАЛИЕВ М. М., КРИКУН М. М., НАСИБОВ А. Г. Растворимость гипса в условиях опреснения минерализованных вод мембранными методами 274

ЯСКЕВИЧ А. Л., КАСПЕРЧАК В. П., БИЛЬДЮКОВИЧ А. В., СОЛДАТОВ С. В. Некоторые свойства новых композитных ультрафильтрационных мембран 280

РАМАЗАНОВ А. Ш., АХМЕДОВ М. И., РАМАЗАНОВ О. М. Удаление железа и дезактивация подземной воды нефтяного месторождения 285

ГОРДИЕНКО А. И., УЛАНОВСКИЙ М. Л., ДРОЗДНИК И. Д., КРАТЕНКО И. С., НИЯЗОВА Г. А., АВРАМЕНКО В. П., СПЕКТОР А. Л. Очистка воды углеродным сорбентом 289

ПОЛАДЯН В. Э., АВЛАСОВИЧ Л. М., АНДРИАНОВ А. М. Применение озонирования для регенерации активного угля БАУ, насыщенного фенолом 296

КОСТИК В. В., БАБИНЕЦ С. К., БЕЛЬДИЙ М. Г., КУЛИКОВ Н. И. Флотационная очистка сточных вод производства печатных плат 300

ФОНДОРКО Е. М. Разработка технологии очистки сточных вод мясокомбинатов 304

КРИВОРУЧКО А. П., ПОНОМАРЕВ М. И., КОРНИЛОВИЧ Б. Ю., МАСЬКО А. Н. Дезактивация маломинерализованной радиоактивно загрязненной воды методом электродиализа 309

КОЗУБ Г. А., ТАРАСЕВИЧ Ю. И., ДОРОШЕНКО В. Е. Применение двухступенчатой пенной флотации в технологии очистки сточных вод текстильных предприятий 313

Биологические методы очистки воды

ЛЮБЧЕНКО О. А., МОГИЛЕВИЧ Н. Ф., ГВОЗДЯК П. И. Влияние волокнистой насадки на активность нитрификации в очистке воды 323

СЕЛИВАНОВСКАЯ С. Ю., ПЕТРОВ А. М., ЕГОРОВА К. В., НАУМОВА Р. П. Формирование иммобилизованного биоценоза, очищающего сточные воды от комплекса ароматических загрязнений 328

1. *Клинле Х., Бадер Э.* Активные угли и их промышленное применение. – Л.: Химия, 1984. – 215 с.

2. *Когановский А. М.* Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. – Киев: Наук. думка, 1983. – 239 с.

3. *Левченко Т. М., Бойко Т. В., Гора Л. Н. и др.* // Химия и технология воды. – 1987. – 9, № 2. – С. 115 – 117.

4. *А. с. 259067 СССР, МКИ С 01 В.* / Ф. И. Струков. – Опубл. 12. 12. 69, Бюл. № 2.

5. *Cooney D. O., Nagert A., Hines A. J.* // Water. Res. – 1983. – 17, N 14. – P. 403 – 410.

6. *Тарковская А. И., Гоба В. Е., Томашевская А. Н. и др.* // Химия и технология воды. – 1992. – 14, № 5. – С. 348 – 356.

7. *Тарковская И. А., Гоба В. Е., Атаманюк В. Ю. и др.* // Там же. – 1991. – 13, № 3. – С. 38 – 41.

8. *Очистка* и использование сточных вод в промышленном водоснабжении // А. М. Косановский, Н. А. Клименко, Т. М. Левченко и др. – М.: Химия, 1983. – 285 с.

9. *Лукиных Н. А., Липман Б. Л., Криштул В. П.* Методы доочистки сточных вод. – М.: Стройиздат, 1978. – 155 с.

10. *Галуткина К. А., Пархомова Е. А.* // Очистка и утилизация промышленных отходов. – Л.: Химия, 1988. – С. 125 – 128.

11. *Лурье Ю. Ю.* Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984. – 148 с.

12. *Замелин В. И.* Окисление фенолов в водных растворах // Хим. технология и хим. машиностроение. – Калинин, 1974. – С. 63 – 68.

13. *Губен-Вейль.* Методы органической химии. – М.: Химия, 1963. – 1032 с.

14. *Разумовский С. Д., Заиков Г. Е.* Озон и его реакции с органическими соединениями. – М.: Наука, 1974. – 322 с.

Физ.-хим. ин-т им. А. В. Богатского
НАН Украины, г. Одесса

Поступила 13. 12. 94

УДК 622.765.06

В. В. Костик, С. К. Бабинец, М. Г. Бельдий, Н. И. Куликов

ФЛОТАЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Установлена возможность использования флотационного метода для очистки сточных вод, загрязненных ионами меди. На примере промышленных сточных вод производства печатных плат Хмельницкого НПО "Катион", содержащих 150 мг/дм^3 хлорида меди, показано, что обработка флотационным собирателем сточной воды с pH 7,5–10,0 и последующей флотацией в течение 30 мин позволяет выделить 99,9% ионов меди.

Известно [1], что сточные воды производства печатных плат являются одним из главных источников загрезнения окружающей среды высокотоксичными ионами меди. Очистку промывных вод и отработанных растворов, содержащих медь, травильных отделений обычно осуществляют электрохи-

© В. В. КОСТИК, С. К. БАБИНЕЦ, М. Г. БЕЛЬДИЙ, Н. И. КУЛИКОВ, 1996

мическим методом [2,3]. Однако этот метод нерационально применять при использовании в технологии травления печатных плат хлоридно-пероксидных растворов меди, так как процесс водоочистки в этом случае сопровождается образованием большого количества газообразного хлора, утилизация которого представляет сложную задачу. Поэтому поиск новых эффективных методов очистки таких сточных вод сегодня особенно актуален.

В работе приведены данные опытов, поставленных с целью выяснения возможности использования флотационного метода для очистки сточных вод, загрязненных хлоридами меди.

Объектами исследований служили сточные воды производства печатных плат Хмельницкого НПО "Катион", содержащие 150 мг/дм^3 хлорида меди.

В качестве флотационных собирателей использовали выпускаемые отечественной промышленностью технические мыла (таблица), которые вводили в обрабатываемую сточную воду в виде 0,5–2,0%-ных водных растворов.

Характеристика исследованных флотационных собирателей

Флотационный собиратель	Концентрация рабочего раствора, %	Основной компонент флотационного собирателя	Тип, марка, изготовитель
ЖМ	2	Омыленные технические жиры и растительные масла [4]	РСТ УССР 106-79
ТМ	2	Омыленные синтетические жирные кислоты, включающие кислоты фракции C_{10} – C_{16} [5]	ГОСТ 18-368-80
РЖ	065	Омыленные отходы рыбоперерабатывающей пром-сти [6]	ИНБЮМ (г. Севастополь)

Электрокинетический потенциал частиц сублата (продуктов взаимодействия флотационного собирателя с извлекаемым ионом [4–7]) определяли методом микроэлектрофореза [8]. Величину pH обрабатываемых сточных вод корректировали, добавляя 0,1 н растворы NaOH и HCl. Значение pH измеряли с помощью прибора pH-121 со стеклянным электродом. Флотационную обработку сточных вод осуществляли на лабораторной установке, описанной в [9]. В процессе флотации очищаемую воду периодически анализировали на содержание в ней ионов меди, используя колориметрический метод [10].

Проведенные исследования показали, что наиболее полная флотационная очистка воды от ионов меди возможна при pH 7,5–10,0 (рис. 1,*а*). Это обусловлено, по-видимому, формами нахождения меди в обрабатываемой воде (рис. 1,*б*). Сопоставляя кривые, отражающие зависимость степени флотационного выделения меди и форм нахождения ее в воде от pH, легко прийти к заключению, что наиболее флотоактивной формой меди является гидроксид меди (рис. 1,*б*, *3*).

Электрокинетический ζ-потенциал частиц сублата отрицателен (рис. 1,*в*). С учетом этого можно предположить, что мицеллы, образующиеся при взаимодействии меди с карбоксилсодержащими флотационными собирателями, будут иметь следующее строение:

$$\{m[Cu(OH)_2]_n RCOO^- (n - x)Cu(OH)^+\}xCu(OH)^+ .$$

Величина ζ-потенциала частиц сублата незначительна и при оптимальных условиях водоочистки колеблется в пределах − 10÷17 мВ (рис. 1,*в*), благодаря чему частицы сублата хорошо коагулируют, а процесс флотационной очистки сточной воды, загрязненной медью, протекает в режиме пленочной флотации и сопровождается (как это наблюдалось в опытах) образованием сухой пенки. Объем обрабатываемой воды, переходящей во времени флотации в пенную фракцию, не превышает 0,5%.

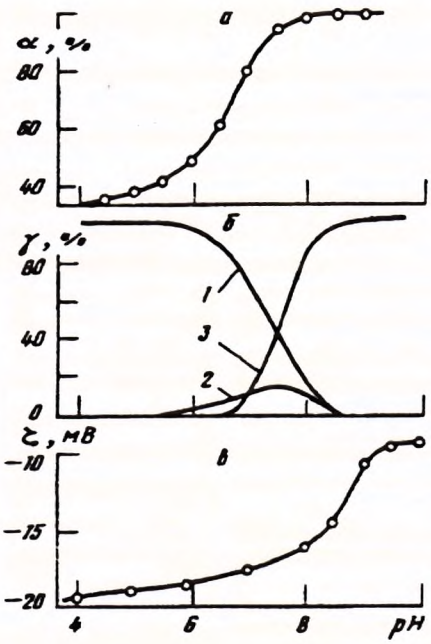

Рис. 1. Влияние концентрации ионов водорода (pH) на степень флотационного выделения α меди (*а*); количество γ ионов меди (*б*), находящихся в форме Cu^{2+} (*1*), $Cu(OH)^{+}$ (*2*) и $Cu(OH)_2$ (*3*); величину электрокинетического потенциала ζ частиц сублата (в), образованного в результате взаимодействия ионов меди с флотационным собирателем ТМ

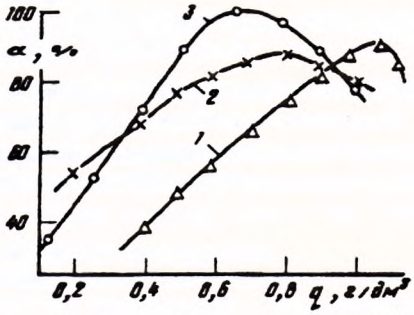

Рис. 2. Влияние расхода флотационных собирателей *q* на степень флотационного выделения α ионов меди, собранных с помощью ЖМ (*1*), РЖ (*2*) и ТМ (*3*)

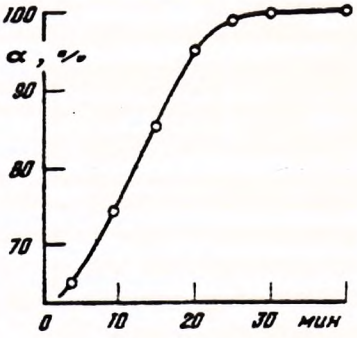

Рис. 3. Кинетика флотационного выделения ионов меди, собранных с помощью флотационного собирателя ТМ

На рис. 2 представлены результаты исследований по определению оптимального флотационного собирателя, эффективность которого оценивали исходя из расхода, необходимого (при прочих равных условиях) для максимальной степени очистки воды от ионов меди. Опыты показали, что с помощью собирателя ЖМ можно извлечь примерно 90% меди. При этом расход собирателя составляет 1 г технического продукта на 1 $дм^3$ обрабатываемых сточных вод. Несколько меньшая степень очистки воды (на 85%), но при более выгодном расходе собирателя (0,85 г/$дм^3$), достигается с помощью собирателя РЖ. Наиболее эффективным из апробированных является флотационный собиратель ТМ, представляющий собой омыленные синтетические жирные кислоты, содержащие в углеводородном радикале 10–16 атомов углерода [5]. При расходе собирателя ТМ 0,65 г/$дм^3$ удается выделить из очищаемой воды 99,9% меди (рис. 2, *3*).

Собирательная способность исследованных технических продуктов обусловлена, очевидно, величиной растворимости соединений меди с карбоксилсодержащими ограническими веществами, входящими в состав флотационных собирателей [11]. Кривые, отражающие зависимость степени флотационного выделения ионов меди от концентрации собирателя (рис. 2), проходят через максимальное значение. Такой сложный характер экспериментальных кривых можно объяснить, например, эффектом "перемасливания" [12].

Процесс флотационного выделения ионов меди протекает достаточно быстро и заканчивается в течение 30 мин (рис. 3). Кинетика процесса флотации описывается уравнением, аналогичным уравнению химической реакции первого порядка

$$\lg(100 - \alpha) = 2 - \frac{K}{2{,}3}\tau,$$

где α – степень флотационного выделения ионов меди (%) за время флотации τ; K – константа скорости процесса (в случае использования флотационного собирателя ТМ величина K составляет 0,033 мин$^{-1}$), и определяется (если исходить из представлений, изложенных в [13] скоростью перехода частиц сублата на поверхность раздела фаз жидкость–воздух, которая в общем случае пропорциональна концентрации сублата.

Таким образом, для очистки сточных вод производства печатных плат, использующих в качестве травильных хлоридно-пероксидные растворы меди, целесообразно применить флотационный метод, который позволяет в результате обработки воды карбоксилсодержащими флотационными собирателями при pH 7,5–10,0 и последующей флотации в течение 30 мин осуществлять практически полную очистку промышленных сточных вод меди (99,9%).

V. V. Kostik, S. K. Babinets, M. G. Beldiy, N. I. Kulikov

FLOTATION TREATMENT OF SEWAGE OF PRODUCTION OF PRINTED CIRCUIT BOARD

Summary

A possibility of the use of flotation method for the treatment of sewage polluted with copper ions has been established. Industrial sewage from production of printed circuit Boards of Khelnitsk Scientific-Production Associstion Kation containing 150 mg/dm^3 of copper chloride serve an sexeamle to demonstrate that the trestment by flotation collector of sewage with pH 7.5–10.0 and following flotation for 30 min permit isolating 99.9% of copper ions.

Physico-Chemical Institute of the Environment Production
at I. I. Mechnikov Odessa State University

1. *Рузин Л. И., Шилин А. И.* / Журн. Всесоюз. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева. – 1988. – 33, № 2. – С. 192 – 199.
2. *Запольский А. К., Образцов В. В.* Комплексная переработка сточных вод гальванического производства. – Киев: Техніка, 1989. – 199 с.
3. *Тевтуль Я. Ю., Лавренчук Л. Н., Зуева Т. С., Иванова Л. В.* // Тез. докл. межотрасл. научно-техн. сем. "Экология-90". – Куйбышев, 1990. – С. 31.
4. *Пол. реш. по заявке 5004912/26/059029. МКИ CO2F 1/24.* / Л. Д. Скрылев, В. В. Костик, С. К. Бабинец, М. Г. Бельдий.
5. *А. с. 1643464 СССР, МКИ CO2F 1/24.* / Л. Д. Скрылев, В. В. Костик, С. К. Бабинец и др. – Опубл. 22. 02. 91, Бюл. № 15.

6. *А. с. 1742216 СССР. МКИ СО2F 1/24.* / Л. Д. Скрылев, В. В. Костик, С. К. Бабинец и др. – Опубл. 23. 06. 92, Бюл. № 23.

7. *Себба Ф.* Ионная флотация. – М.: Металлургия, 1965. – 172 с.

8. *Григоров О. Н.* Руководство к практическим работам по коллоидной химии. – М.; Л.: Химия, 1964. – 330 с.

9. *Скрылев Л. Д., Костик В. В., Бабинец С. К., Пурич А. Н.* // Тез. Всесоюз. конф. по совр. проблемам хим. технологии. – Красноярск, 1966. – С. 115 – 117.

10. *Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И.* Химический анализ производственных сточных вод. – М.: Химия, 1074. – 335 с.

11. *Кумок В. Н., Кулешова О. М., Карабин Л. А.* Произведения растворимости. – Новосибирск: Наука, 1983. – 266 с.

12. *Физико-химия* селективной флотации калийных солей / Х. М. Александрович, Ф. Ф. Можейко, Э. Ф. Коршук, А. Д. Маркин. – Минск: Наука и техника, 1983. – 272 с.

13. *Пушкарев В. В.* Физико-химические особенности очистки сточных вод от поверхностно-активных веществ. – М.: Химия, 1975. – 144 с.

Физико-хим. ин-т защиты окруж. среды и человека
при Одес. ун-те им. И. И. Мечникова

Поступила 15. 11. 94

УДК 628.543

Е. М. Фондорко

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЯСОКОМБИНАТОВ

Изучена очистка сточных вод мясокомбинатов методом электрофлотокоагуляции в сачетании с адсорбцией на модифицированном гидроксидом железа монтмориллоните. Приведены результаты лабораторных исследований, на основе которых предложена технология очистки сточных вод Смелянского мясокомбината.

Сточные воды (СВ) предприятий мясной промышленности загрязнены в значительной степени твердыми отходами, взвешенными веществами, жирами и органическими веществами животного происхождения. Наличие в СВ белков, протеинов, жиров, крови обусловливает высокие значения ХПК (от 400 до 9500 мг 0/дм^3) и БПК (от 200 до 3000 мг 0/дм^3). Очистка СВ от твердых отходов и грубодисперсных примесей осуществляется механическими устройствами типа механизированных решеток, сеток, центрифугальных аппаратов и др. Мелкодиспергированные частицы и всплывающие жиры эффективно (до 85%) удаляются осаждением или флотацией. Для глубокой очистки СВ от растворенных органических и эмульгированных веществ используется метод биологического окисления [1]. При этом, как правило, биохимической очистке предшествует физико-химическая обработка СВ [2].

Для очистки коллоидно-дисперстных систем, каковыми являются СВ мясокомбинатов, наиболее перспективными являются электрохимические методы – электрофлотация и электрокоагуляция [3-5]. В результате взаимодействия мелкодиспергированных частиц примесей с частицами электрогене-

© Е. М. ФОНДОРКО, 1996