

высоким содержанием красителя. При этом концентрация красителя в обрабатываемом растворе падала от значения 15 мг/л (верхняя сплошная прямая на рис. 3, что соответствует цветности по кратности разбавления 1:250), до значения 1 мг/л (нижняя пунктирная прямая, что соответствует цветности по кратности разбавления 1:20) при пропускании порядка 220 Кило Кулон на 1 м³.

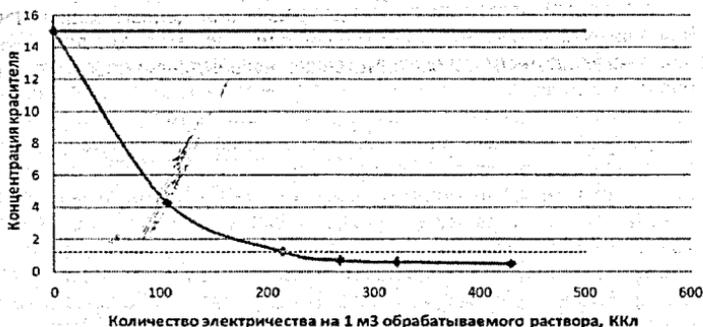


Рис. 3 — Зависимость концентрации красителя от удельного количества электричества

Были сделаны следующие выводы:

1. Способ электрокоагуляции позволяет эффективно снижать цветность сточных вод текстильных предприятий, обусловленную прямыми красителями, до показателей допустимых к сбросу в коммунальную канализацию.

2. Наибольший эффект при удалении прямых красителей из сточных вод при применении метода электрокоагуляции с растворимыми алюминиевыми анодами наблюдается в интервале 215-430 ККл на 1 м³ обрабатываемого раствора.

3. Метод электрокоагуляции легко осуществить в производственных условиях, для его проведения не требуются дефицитные материалы, сложное оборудование. При применении в производственных условиях на установках непрерывного действия затраты электроэнергии на обесцвечивание 1 м³ сточных вод, содержащих прямые красители, должно составить от 0,25 до 0,5 кВт — ч на 1 м³ обрабатываемого раствора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков А.И., Мангайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод. — М.: Стройиздат, 1977. — 204 с.

УДК 628.337(476)

Яловая Ю.С.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Строчак П.П.

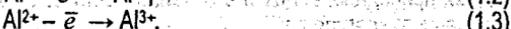
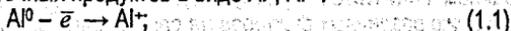
ОСОБЕННОСТИ АНОДНОГО РАСТВОРЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Электрохимическое растворение металлов включает в себя две основные группы процессов: анодное растворение металлов и самопроизвольное химическое растворение в результате взаимодействия с раствором электролита. Анодное поведение металлов зависит от их природы, состава электролита, состояния поверхности и величины поляризации [1].

Процесс анодного растворения начинается с разрушения кристаллической решетки и заканчивается образованием ионов металла в растворе. Энергия удаления отдельного структурного элемента кристаллической решетки зависит от того места, которое он за-

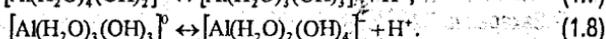
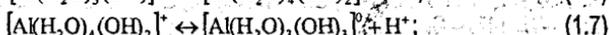
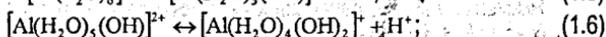
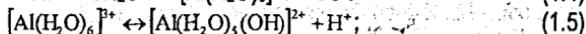
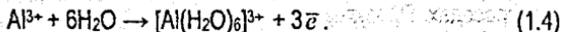
нимает на поверхности кристалла. Наименее прочно связаны структурные элементы, расположенные в углах кристалла, где каждый из них окружен только тремя ближайшими такими же элементами. Перевод такого структурного элемента решетки кристалла в раствор облегчается еще потому, что к нему может подойти наибольшее число молекул воды, поскольку три его стороны обращены к жидкой фазе. Удаление структурного элемента из ребра кристалла потребует преодоления связи уже с четырьмя соседями, а удаление элемента из любой точки на самой поверхности грани – с пятью ближайшими соседями. Подход молекул воды и возможность проявления их сил притяжения в этих случаях также более ограничены. Поэтому анодное растворение идеальных кристаллов начинается с углов и ребер кристалла и приводит к появлению поверхностных образований. Анодное растворение металла облегчается при появлении в структуре решетки дефектов, нарушений или дислокаций.

В результате действия внешнего электрического тока на алюминиевом аноде происходит окислительная электрохимическая реакция, в которой алюминий переходит в раствор в виде ионов, оставляя эквивалентное количество электронов в металле. По данным авторов работ [2,3], если реакция протекает с участием трех электронов, возможны три пути ее течения: с одновременным участием всех трех электронов, т.е. с осуществлением реакции в одну стадию; с участием двух электронов, а затем третьего или, наоборот, в две стадии; с участием каждого электрона в отдельности (три стадии процесса). Большинство исследователей [3,4,5,6] объясняют ход анодного процесса в виде трех стадий с образованием промежуточных продуктов в виде Al^+ , Al^{2+} :



Анодное растворение поливалентных металлов, к которым относится алюминий, как правило, происходит в первую очередь с образованием ионов той валентности, при которой реакция ионизации имеет наиболее отрицательный потенциал. С повышением плотности тока вследствие поляризации, потенциал анода будет становиться более положительным. В результате может начаться растворение анода с образованием ионов другой валентности, при которой потенциал ионизации еще более положителен. Чем больше поляризация, тем больше возможность протекания второй реакции [7].

Переход ионов алюминия в раствор сопровождается химической реакцией около электрода с образованием аква- и гидросокомплексов [8] и зависит от pH раствора электролита:



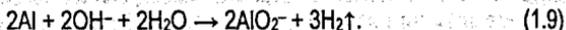
Процессы анодного растворения металлов являются основой метода электролитической коагуляции. Коагуляция частиц обусловлена введением положительных многозарядных ионов металла, гидролизующихся в воде с образованием гидроксидов и других промежуточных соединений. Анодное растворение алюминия в кислой среде приводит к образованию гидратированного иона $[Al(H_2O)_6]^{3+}$, в слабокислой и нейтральной среде – труднорастворимого гидроксида $[Al(OH)_3(H_2O)_3]^0$, а в щелочной – иона $[Al(OH)_6]^{3-}$.

Заключительным процессом электролитической коагуляции является адгезия коллоидных частиц примесей и образовавшихся малорастворимых соединений.

Электродный процесс на металлических электродах может сопровождаться адсорбцией на них неорганических и органических веществ, которые усоряют или замедляют

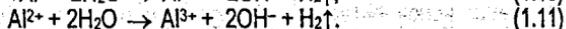
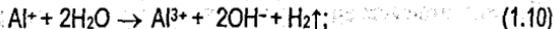
скорость химических реакций [6].

Кроме процесса растворения на алюминиевом аноде наблюдается выделение газов, которые способны переносить вещество из жидкости на ее поверхность (электрофлотация). В их составе 96,5% кислорода и 3,5% водорода [6]. Одна из причин выделения водорода связана с химическим взаимодействием анода, образующимся при электролизе в щелочном растворе:



Реакция 1.9 возможна при условии отсутствия на поверхности анода оксидной пленки в нагретых растворах.

Другой причиной выделения на аноде водорода при анодной поляризации может быть, как предполагает Е.Д. Бабенков [9], образование в средах, содержащих хлорид-ионы, ионов алюминия низшей валентности, которые, окисляясь водой, выделяют водород по реакциям 1.10, 1.11:



Такой же точки зрения придерживаются авторы работы [4], изучавшие процесс анодного окисления алюминия в водных растворах галогенов, хлоратов, броматов и нитратов.

Несмотря на известные особенности и закономерности анодного растворения алюминия при электролизе, применительно к очистке природных вод, приведенных данных для эффективного получения алюминиевого коагулянта электролитическим коагулированием недостаточно. Отсутствуют систематические исследования по комплексному влиянию различных факторов на растворение алюминиевого анода в малоконцентрированных природных водах и его депассивацию, эффективное образование электрогенерированного коагулянта.

Это вызвало необходимость тщательного изучения данного процесса для разработки эффективной электрокоагуляционной технологии очистки маломинерализованных природных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия / Л.И. Антропов. – М.: Высшая школа, 1979. – 512 с.
2. Скорчелетти В.В. Теоретическая электрохимия / В.В. Скорчелетти. – Л.: Химия, 1974. – 567 с.
3. Ярославский З.Я. Очистка питьевой воды электрокоагулированием на сельских водопроводах. Проектирование сельскохозяйственных зданий и сооружений / З.Я. Ярославский. – М.: Изд-во Гипромсельхоз, 1963. – 274 с.
4. Якименко Г.Я. О депассивации электродов при электрокоагуляционной очистке сточных вод / Г.Я. Якименко, С.П. Новикова, Е.Я. Сокол // Вестник Харьк. политех. ин-та. – 1978. – № 147. – С. 27-30.
5. Захарьина С.Б. Устранение пассивации электродов в процессе электрокоагуляции масляных эмульсий / С.Б. Захарьина, Н.В. Срыбная // Вестник Харьк. политех. ин-та. – 1999. – № 159. – С. 59-62.
6. Михайлова Л.А. Катодное поведение платинированных титановых электродов в режиме реверса тока в проточных системах электролиза воды / Л.А. Михайлова, Л.М. Якименко // Электрохимия. – 1998. – Т. 34, № 12. – С. 1485-1492.
7. Левин А.И. Теоретические основы электрохимии / А.И. Левин. – М.: Металлургия, 1972. – 544 с.
8. Кульский Л.А. Физико-химические основы очистки воды коагуляцией / Л.А. Кульский. – Киев: Изд-во АН УССР, 1990. – 334 с.
9. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами / Е.Д. Бабенков. – М.: Наука, 1977. – 356 с.