

УДК 622.765.063

**ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИЯ ПРИ ОЧИСТКЕ ВОДЫ И СТОЧНЫХ ВОД
ELECTROFLOTATION IN WATER AND WASTEWATER TREATMENT**

А.В. Шунькевич, Л.В. Маркевич, А.С. Парфёнова
Научный руководитель – Ю.П. Ярмольчик, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
yarmolchik@bntu.by

A. Shunkevich, L. Markevich, A. Parfenova
Supervisor – Yu. Yarmolchik, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: в данной статье основное внимание уделяется извлечению ионов тяжелых металлов с помощью электрофлотации и соответствующему механизму, который может быть ионным, осадочным или сорбционным. В последнем случае используется адсорбент (например, порошкообразный гетит). Была рассмотрена флотация следующих металлов: меди, цинка, никеля, мышьяка. Также была изучена роль размера частиц (например, при изучении флотации минеральных частиц солевого типа).

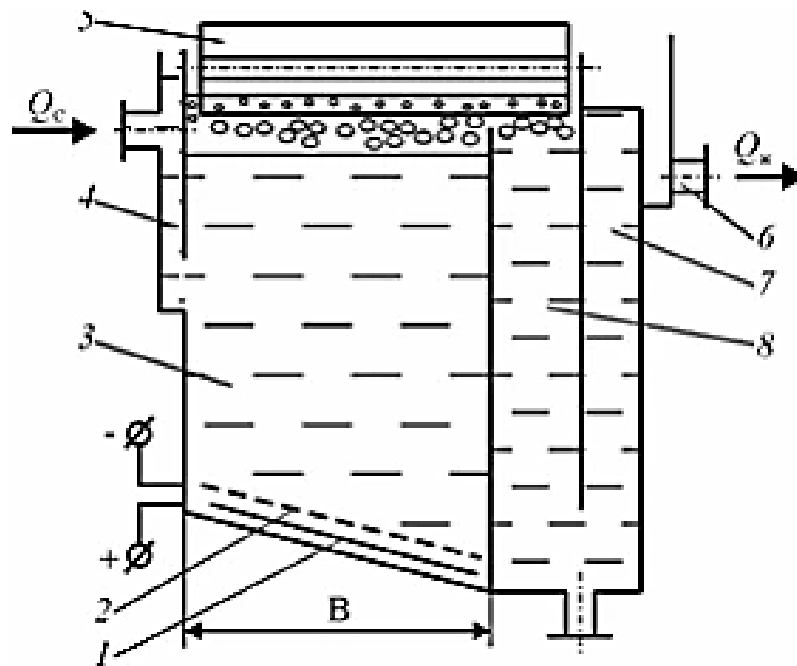
Abstract: this article focuses on the extraction of heavy metal ions by electroflotation and the corresponding mechanism, which can be ionic, sedimentary or sorption. In the latter case, an adsorbent is used (for example, powdered goethite). The flotation of the following metals was considered: copper, zinc, nickel, and arsenic. The role of particle size has also been studied (for example, in studying the flotation of salt-type mineral particles).

Ключевые слова: флотация, электрофлотация, ионная флотация, сорбционная флотация, гетит, флокулянт.

Keywords: flotation, electroflotation, ion flotation, sorption flotation, goethite, flocculant.

Введение

Процесс флотация первоначально появился в области переработки полезных ископаемых и подразумевает процесс разделения нужного вещества от ненужного. На сегодняшний день флотация закрепились в области химводоочистки для очистке воды и сточных вод. Флотация – это процесс разделения суспензии, основанный на использовании пузырьков газа как транспортной среды. Взвешенные гидрофобные твердые частицы прикрепляются к образовавшимся пузырькам и перемещаются к поверхности водного раствора. Существуют различные методы образования пузырьков. В данной статье использовался метод – электрофлотация, или, правильнее сказать, электролитическая флотация, получила свое название благодаря использованию электролиза водной среды. На рисунке 1 изображена принципиальная схема электрофлотатора.



1 – положительно заряженный электрод (анод); 2 – отрицательно заряженный электрод (катод); 3 – камера флотации; 4 – подводящий карман; 5 – скребковый механизм; 6 – сливной патрубок; 7 – отводящий карман; 8 – камера дополнительной очистки.

Рисунок 1 – Принципиальная схема электрофлотатора

Наши сточные воды, которые являются электролитом, поступают через подводящий карман в камеру флотации. Где происходит электролиз воды, при котором через очищаемую жидкость пропускается постоянный электрический ток. В результате электролиза

на катоде выделяется водород в виде пузырьков. Эти пузырьки, поднимаясь, захватывают и флотируют (выносят на поверхность) мелкие взвешенные частицы, образуя пенный слой. Этот слой пены удаляется скребковым механизмом, а очищенная вода поступает на дополнительную очистку. Для улучшения удаления осадка, электроды устанавливаются под углом не менее 30 градусов, что также способствует удалению крупных пузырьков из межэлектродного пространства. Данная технология электрофлотации находит применение в производстве различных материалов и химических веществ, таких как сорбенты, коллекторы и пенообразователи.

Несмотря на простоту конструкции и высоко функциональность можно признать, что по сравнению с другими методами электрофлотация требует больших энергетических затрат, необходимых для электролиза. Однако часто во многих случаях. эта стоимость амортизируется за счёт снижение потребления коллекторов или, возможно, даже работой без них. Также обеспечивается большая скорость флотации, лучшее качество концентрата, возможность полного использования сырья или эффективной переработки (включая извлечение побочных продуктов).

Основная часть

Рассмотрим следующие механизмы флотации. Ионная флотация включает в себя удаление поверхностно-активных ионов из водных растворов путем

добавления поверхностно-активных веществ или собирателей, обычно с ионом, имеющим заряд, противоположный заряду удаляемого иона металла. Собиратели – это тип поверхностно-активных веществ, которые повышают естественную гидрофобность поверхности, повышая отделяемость гидрофобных и гидрофильных частиц. Метод ионной флотации был использован для удаления ионов металлов из растворов, содержащих низкие концентрации тяжелых металлов, которые могут быть получены в результате любого промышленного процесса: металлообработка, производство полупроводников, металлообрабатывающая промышленность и шахтные воды.

В ходе эксперимента, который проводился в трубке «Hallimond», ионной флотации для изучения эффективных факторов и кинетики удаления ионов $Zn(II)$ из сточных вод было выявлено, что флотация осадка при pH выше 8, при котором цинк перестает быть нерастворимым гидроксидом, является более эффективным процессом удаления, чем пенное отделение растворимых металлов. Использовалось для удаления $Zn(II)$, $Ni(II)$ коллектор: додецилсульфат натрия с 0,17 % этанола, флокулянт: «Zetag» с концентрацией 87,4 мг/л. Время флокуляции 5 минут, 60 об/мин, воздух в объеме 425 см³/мин.

Технология сорбционной флотации представляет собой эффективный способ удаления растворимых ионных загрязнителей (токсичных катионов металлов и оксианионов) из разбавленных водных растворов, типичных для сточных вод. Этот метод, детально изученный в лабораторных экспериментах (как в периодическом, так и в непрерывном режимах), основан на двух последовательных стадиях. Первая стадия – сорбция, заключающаяся в извлечении целевых ионов металлов из раствора с использованием подходящих сорбентов в виде мелких или ультрадисперсных частиц. Сорбция, в широком смысле, описывает процесс адгезии заряженных частиц (ионов металлов) к поверхности твердого сорбента. Вторая стадия – флотация, позволяющая отделить насыщенные металлом частицы сорбента от очищенного водного раствора. Кинетика сорбции определяется комплексом последовательных процессов, влияющих на скорость захвата ионов.

Другие исследователи объединили этот метод со сточными водами завода по производству пальмового масла, чтобы снизить соответствующую химическую потребность в кислороде, и модифицировали природный бентонит в качестве адсорбента. Образцы косметических сточных вод также были эффективно обработаны флотацией на воздухе с добавлением коагуляции, то есть $Al_2(SO_4)_3$. Использование наночастиц в качестве адсорбентов вызвало широкий интерес, поскольку они обладают большим отношением площади поверхности к объему и способностью к функционализации различными молекулами. Наночастицы кремнезема были опробованы в этой области для извлечения ионов меди в небольших количествах. Была введена возможность определения гидрофобных свойств (минеральных) поверхностей в воде с использованием концепции коллоидной зондовой атомно-силовой микроскопии. Последнее может быть полезно при проведении флотационных исследований при изучении так называемого гидрофобного эффекта или возникновения небольших газовых слоев на гидрофобных поверхностях.

На рисунке 2 представлено, в качестве примера, применение гетита для удаления оксианиона пентавалентного мышьяка; одновременное добавление вспенивателя улучшило плавучесть загруженного сорбента, что привело к экономии соответствующего расхода коллектора, при использовании бромида цетилтриметиламмония.

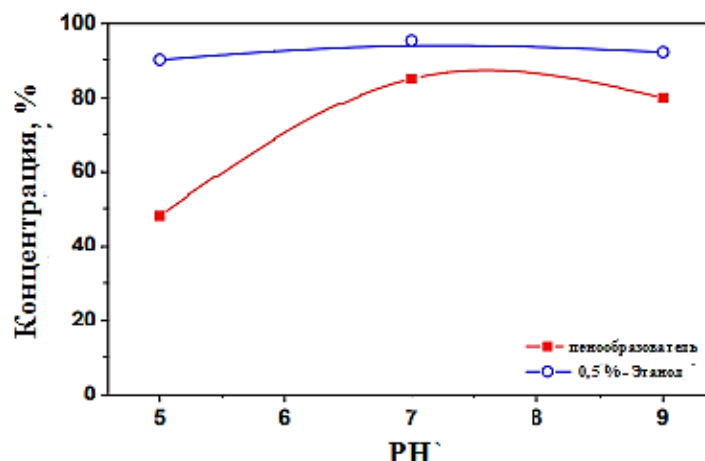


Рисунок 2 – Флотация частиц оксианиона пентавалентного мышьяка применяя гетит

Использование пенообразователя при воздушно-дисперсионной флотации приводило к образованию более мелких пузырьков за счет снижения поверхностного натяжения раствора; его вторичным действием была дополнительная стабилизация слоя пены. Конечно, влияние наноструктур на свойства материалов с большой площадью поверхности становится все более важной областью для понимания, поэтому можно создавать и совершенствовать неорганические материалы для различных технологических применений. Синтезированный материал использовался в лабораторных условиях в двух формах: в виде мелкодисперсного порошка нанокристаллов и зерен (для экспериментов с колоннами с уплотненным слоем).

Заключение

Большая часть теоретических и практических разработок флотации в области очистки сточных вод была основана на передовом опыте в области переработки полезных ископаемых. Считается, что в ближайшем будущем можно добиться многих успехов, поскольку в настоящее время мы все больше беспокоимся об устойчивом развитии, а потребность в источниках питьевой воды становится все более острой во всем мире. Было показано, что флотация может внести значительный вклад в этой области для очистки и осветления воды, а также для эффективного отделения различных загрязняющих веществ (включая исследуемые ионы меди, цинка, никеля, мышьяка)

Литература

1. Абрамов А. А. Флотационные методы обогащения. – Москва: «Недра». – 1984. – 378 с.
2. Глембоцкий В. А. Флотация. Допущено Министерством высшего и специального среднего образования СССР в качестве учебника для студентов вузов. / Глембоцкий В. А., Клаесен В. И и др. – М., «Недра». – 1973. – 384 с.