

УДК 669.743.27: 669.054.83

## СПОСОБЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Мишурина О.А.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,  
Магнитогорск, e-mail: moa\_1973@mail.ru

В работе рассмотрены основные способы разделения и концентрирования гидрофильных металлсодержащих дисперсных систем. Рассмотрены особенности применения каждого метода, учитывая технологические параметры работы оборудования и физико-химические особенности обрабатываемых растворов. Дана сравнительная характеристика эффективности применения существующих методов извлечения дисперсных систем в процессах водоподготовки. Установлено что наиболее перспективным направлением в технологии разделения гидрофильных металлсодержащих дисперсных систем являются электрохимические методы. Данные методы позволяют максимально концентрировать и извлекать ценные компоненты из технических растворов. При этом они являются экологически чистыми, исключая «вторичное» загрязнение воды анионными и катионными остатками, характерными для реагентных методов. Кроме того, эффективность электрофлотационного способа обусловлена возможностью проведения флотации при низкой скорости газового потока, малым размером образующихся газовых пузырьков, а также наличием на их поверхности электростатического заряда, что является определяющим фактором при обосновании параметров технологии безреагентного извлечения гидрофильных осадков. При этом электрофлотационный метод и оборудование могут использоваться как самостоятельно, так и в составе действующих очистных сооружений после других способов извлечения ценных компонентов. Кроме того, существует возможность корректировать эффективность извлечения металлов из растворов, в зависимости от исходного состава обрабатываемой воды, за счет варьирования основными параметрами электрофлотационного процесса, без изменения технологической схемы и конструктивного оформления процесса. При этом наличие электролитов в обрабатываемых растворах обеспечивает необходимую электропроводность воды, и делает процесс электрофлотации экономически целесообразным.

**Ключевые слова:** извлечение, флотация, электрофлотация, дисперсная фаза, дисперсионная среда, марганец, параметры, эффективность

## METHODS OF EXTRACTION OF METAL-CONTAINING DISPERSED SYSTEMS FROM AQUEOUS SOLUTIONS

Mishurina O.A.

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: moa\_1973@mail.ru

The paper discusses the main methods of separation and concentration of the hydrophilic metal-containing dispersed systems. The peculiarities of application of each method, taking into account technological parameters of equipment operation and physical-chemical features of the treated solutions. Comparative characteristics of the effectiveness of existing methods of extraction of dispersed systems in the processes of water treatment. Established that the most promising direction in the technology of separation of the hydrophilic metal-containing dispersed systems are electrochemical methods. These methods provide maximum concentration and recovery of valuable components from industrial solutions. They are environmentally friendly, eliminating the «secondary» water pollution with anionic and cationic residues characteristic of chemical methods. In addition, the efficiency of the flotation method is the possibility of flotation at low gas flow rate, small size of the formed gas bubbles, and the presence on their surface electrostatic charge, which is a determining factor in the substantiation of parameters of technology of reagent-free extraction of hydrophilic precipitation. Under this flotation method and equipment can be used both independently and as part of operating treatment facilities after other methods of extraction of valuable components. In addition, there is a possibility to adjust the efficiency of extraction of metals from solutions, depending on the initial composition of treated water, due to the variation of the main parameters of the flotation process, without changing technological schemes and design of the design process. The presence of electrolytes in the treated solutions provides the necessary conductivity of the water, and makes the process of electro-flotation economically viable.

**Keywords:** extraction, flotation, electroflotation, dispersed phase, dispersion medium, manganese, parameters, efficiency

В лабораторных и производственных условиях для отделения металлсодержащей дисперсной фазы от дисперсионной среды наиболее часто применяют процессы фильтрации, отстаивания и флотации [1-6, 8, 10, 11].

В процессах фильтрации в качестве фильтрующего материала широко используют дробленый базальт и базальтовый гра-

вий, кварцевый песок, доломит, карбонат кальция, мрамор, антрацит, полимерные изделия [10]. Применение базальта позволяет получить высокое качество очистки воды, поскольку он обладает щелочными свойствами и способствует ускорению процессов окисления марганца. В качестве фильтрующей загрузки широко используется и марганцевая руда карбонатного

типа, термически модифицированная при 400–600 °С в течение не менее 30 мин, которая одновременно выступает и в качестве катализатора процесса окисления марганца до малорастворимого диоксида марганца. В данном случае обеспечивается упрощение и удешевление процесса извлечения ионов  $Mn^{2+}$  из техногенных вод за счет исключения операции возобновления каталитических свойств фильтрующей загрузки химическими реагентами [10].

Наряду с этим процессы фильтрации имеют ряд существенных недостатков: сложности, связанные с регенерацией используемых сорбентов и фильтров, а также и то, что данные технологии наиболее эффективны только при низких концентрациях взвешенных веществ в воде (до 10 мг/дм<sup>3</sup>) [10].

Флотационные способы разделения металлосодержащих дисперсных растворов в настоящее время более перспективны. Они позволяют значительно интенсифицировать процесс разделения дисперсных растворов. Так, удельная производительность с площади зеркала воды по сравнению с отстаивающими и осветлителями увеличивается в 2–5 раз. Метод флотации рекомендуется применять при содержании в стоке более 10 мг/дм<sup>3</sup> тонко-диспергированных взвешенных веществ гидравлической крупностью менее 0,2 мм/с и [4-6].

Для извлечения коллоидных осадков металлов из техногенных вод на практике наиболее часто применяются пневматические, напорные и электрофлотационные аппараты (рисунок) [9].

Применение пневматических флотомашинок наиболее распространено при флотации тонкозернистых пульп и оборотных жидкостей. Аэрация жидкостей в этом случае осуществляется путем пропускания воздуха или какого-либо газа через различные пористые

элементы, например, керамику, пористую резину и т.п. Пневматический способ аэрации заключается в подаче воздуха в машину под давлением через пористые перегородки или через патрубки. Эффект флотации зависит от величины отверстий материала, давления воздуха, расхода воздуха, продолжительности флотации, уровня воды во флотаторе.

Измельчение пузырьков воздуха достигается при пропускании его через специальные сопла на воздухораспределительных трубках. Обычно применяют сопла с отверстиями диаметром 1,0–1,2 мм, рабочее давление перед ними 0,3–0,5 МПа. Скорость струи воздуха на выходе из сопел 100–200 м/с.

Для очистки небольших количеств сточных вод применяют флотационные камеры с пористыми колпачками. Сточную воду подают сверху, а воздух в виде пузырьков – через пористые колпачки. Пена переливается в кольцевой желоб и удаляется из него. Осветленную воду отводят через регулятор уровня. Установки могут иметь одну или несколько ступеней.

Основным преимуществом пневматических флотационных машин является возможность подачи воздуха в любом количестве при сравнительно небольшом расходе электроэнергии. Однако эти машины имеют существенный недостаток, отрицательно сказывающийся на процессе флотации – поступающий из пневматической машины воздух недостаточно диспергируется, в результате чего образуются пузырьки повышенной крупности, что отрицательно сказывается на эффективности процесса флотации. Метод пневматической флотации подходит только для растворов, содержащих небольшой процент дисперсной фазы (до 5%). Причем для извлечения гидрофильных осадков необходимо введение в раствор дополнительных реагентов – ПАВ [4-6, 7].

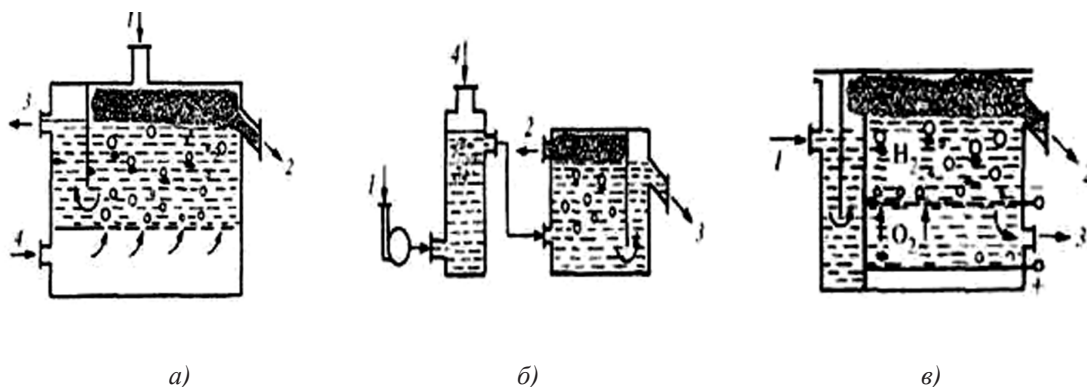


Рис. Схемы флотационных аппаратов для извлечения металлосодержащих осадков: а) аппарат для пневматической флотации; б) аппарат для напорной флотации; в) аппарат для электрофлотации: 1 – сточная вода, 2 – пенный продукт, 3 – очищенная вода, 4 – воздух

Напорная флотация получила достаточно широкое распространение в процессах разделения дисперсных систем. При этом напорную флотацию проводят как с использованием реагентов, так и без добавления различных химических веществ. Широкое использование данного способа разделения и концентрирования дисперсной фазы обусловлено как достаточно высокими показателями извлечения, так и простым аппаратным оформлением [8].

Метод напорной флотации заключается в насыщении сточной воды газом (воздухом) под избыточным давлением, с последующим снижением давления до атмосферного. При этом происходит интенсивная десорбция газа и выделение большого количества мельчайших пузырьков. Пузырьки с прилипшими к ним частичками взвеси всплывают, что позволяет значительно ускорить процесс выделения дисперсных частиц из водных растворов.

В зависимости от местных условий напорные флотационные установки могут работать по прямоточной схеме с насыщением в сатураторе всего расхода сточных вод, поступающих на очистку, или с рециркуляцией при подаче в сатуратор осветленных стоков в количестве 30–50% общего расхода. Прямоточная схема напорной флотации, наиболее простая в осуществлении и эксплуатации, позволяет эффективно извлекать взвешенные вещества из растворов, но требует высоких энергетических затрат и малоэффективна при извлечении коллоидных и хлопьевидных частиц. Напорная флотация с рециркуляцией рекомендуется при использовании в процессе очистки коагулянтов и флокулянтов. Давление насыщения воды воздухом в сатураторе должно быть не менее 0,4–0,5 МПа [8, 9].

К основным конструктивным недостаткам аппаратов для напорной флотации относятся: использование напорного резервуара барботажного типа, не обеспечивающего достаточного насыщения техногенных вод воздухом; распределение сточной воды во флотаторе с помощью перфорированных труб, которые быстро забиваются взвешенными веществами. Кроме того, использование флотационных аппаратов для напорной флотации предполагает наличие значительных по габаритам сооружений, достаточных для установки вспомогательного оборудования (высокоциркуляционные насосы, сатураторы и др.). При этом напорные флотаторы весьма чувствительны к колебаниям производительности по питанию, что ведет к неустойчивости их работы в случае резких отклонений производительности от номинальной величины.

Напорная флотация наиболее часто используется при очистке вод от взвешенных частиц концентрацией от 100 до 1000 мг/дм<sup>3</sup> при больших объемах очищаемых стоков (более 1000 м<sup>3</sup>/сут.) [1, 9].

В настоящее время наиболее перспективным вариантом эффективного извлечения из стоков гидрофильных металлосодержащих осадков является электрофлотационный метод, сущность которого основана на всплытии частиц дисперсной фазы за счет образующихся в процессе электролиза пузырьков газа: водорода и кислорода [10]. Образующиеся электролизные пузырьки газов при всплытии сталкиваются с частицами дисперсной фазы и за счет действия молекулярных и электростатических сил транспортируют их на поверхность раствора частицы взвешенных веществ.

Эффективность использования электрофлотационного метода обусловлена отличительными особенностями извлекаемых коллоидных взвесей марганца, а именно их хрупкостью и способностью к передиспергированию при интенсивном перемешивании суспензии. С этой точки зрения процесс электрофлотации, отличающийся высокой степенью дисперсности выделяющихся пузырьков, отсутствием в аппаратах движущихся частей, возможностью плавного регулирования скорости изменения степени насыщения пульпы газовыми пузырьками, а также наличием у них поверхностного электростатического заряда, что является определяющим при безреагентном извлечении гидрофильных осадков, в сравнении с другими флотационными методами извлечения металлосодержащих осадков имеет явные преимущества. При этом наличие электролитов в обрабатываемых растворах обеспечивает необходимую электропроводность воды, и делает процесс электрофлотации экономически целесообразным [6]. Кроме того, электрофлотационный способ достаточно универсален, высокоэффективен и экологически безопасен, отличается простотой изготовления аппаратов и несложностью их обслуживания [4, 5, 11]. К дополнительным преимуществам электрофлотационного процесса можно отнести: высокую производительность на 1 м<sup>2</sup> оборудования, отсутствие вторичного загрязнения воды, отсутствие расхода реактивов и других заменяемых материалов (фильтров, сорбентов и т.д.), простоту эксплуатации и автоматический режим работы, не требующий ежегодного ремонта и остановок [3, 10]. Электрофлотационный метод и оборудование могут использоваться как самостоятельно, так и в составе действующих

очистных сооружений после других способов извлечения ценных компонентов. При этом существует возможность корректировать эффективность извлечения металлов из растворов, в зависимости от исходного состава обрабатываемой воды, за счет варьирования основными параметрами электрофлотационного процесса, без изменения технологической схемы и конструктивного оформления процесса.

#### Список литературы

1. А.с. № 1011548 (СССР). Способ электрохимической очистки сточных вод / Ю.М. Ласков, Е.В. Алексеев, С.Д. Ганичев, В.Г. Марголин, заявл. 23.07.81, опубл. в Б.И.; № 14, 1983.
2. Гольман А.М. Ионная флотация. – М.: Недра, 1982. – С. 30–41.
3. Грановский М.Г., Лавров И.О., Смирнов О.В. Электрообработка жидкостей / Под. ред. Лаврова И.С. – Л.: Химия, 1976. – 216 с.
4. Дерягин Б.В., Духин С.С., Рулев Н.Н. Микрофлотация: Водочистка, обогащение. – М.: Химия, 1986. – 112 с.
5. Ильин В.И. Электрохимическая очистка сточных вод с водооборотом // Современные технологии и оборудование. – 2005. – № 12. – С. 62–64.
6. Колесников В.А. Электрофлотационный способ очистки сточных вод гальванических производств. ВСТ: Вод. и сан. техн. – Haustechn, 1997. – № 8. – С. 10–11.
7. Макаренко В.К. Электрофлотация гидратных осадков тяжелых металлов. «Флотационные методы извлечения ценных компонентов из растворов и очистки сточных вод». Материалы всесоюзного семинара, вып. 1. – М., ротапонт СФТГП ИФ 3 АН СССР, 1972. – С. 96–101.
8. Мапнев А.И. Очистка сточных вод флотацией. – Киев: Будивельник, 1976. – 132 с.
9. Мещеряков Н.Ф., Кузнецов В.Н. Флотационные аппараты для очистки сточных вод. // Обогащение руд. – 1973. – № 1. – С. 11–14.
10. Чантурия В.А., Шадрунова И.В., Медяник Н.Л., Мишурина О.А. Технология электрофлотационного извлечения марганца из техногенного гидроминерального сырья медноколчеданных месторождений Южного Урала // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2010. – № 3. – С. 89–96.
11. Рогов В.М. Применение электрокоагуляции-флотации для очистки сточных вод, содержащих высокодисперсные загрязнения // Автореф. дис... канд. техн. наук. – Новочеркасск, 1973. – 19 с.