

Краевая научно-практическая конференция
учебно-исследовательских работ учащихся 6-11 классов
«Прикладные и фундаментальные вопросы математики»

Флотация в домашних условиях и изучение данного явления

Дилаваров Рамил Мушвиголы
11 класс, МБОУ «Лицей №1», г.Пермь

Саввина Марина Витальевна
Учитель физики высшей категории
МБОУ «Лицей №1», г.Пермь

Пермь. 2016.

Обоснование выбора темы флотация

Флотация — один из методов обогащения полезных ископаемых, который основан на способности минералов удерживаться на межфазовой поверхности, обусловленный различием в удельных поверхностных энергиях. Гидрофобные (плохо смачиваемые водой) частицы минералов избирательно закрепляются на границе раздела фаз, обычно газа и воды, и отделяются от гидрофильных (хорошо смачиваемых водой) частиц. При флотации пузырьки газа или капли масла прилипают к плохо смачиваемым водой частицам и поднимают их к поверхности. Флотация применяется также для очистки воды от органических веществ и твёрдых взвесей, разделения смесей, ускорения отстаивания в химической, нефтеперерабатывающей, пищевой и других отраслях промышленности

Актуальность разработки флотационного метода очень велика, так как при различных её видах мы осуществляем очистку сточных вод, обогащение полезной руды и в медицинских целях, и при этом данный метод занимает минимум компонентов для его осуществления.

Таким образом, целью работы является исследование использования флотации человеком на основе анализа специальной литературы.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ специальной литературы, на основе которого:
 - выделить виды флотации и её применение в производстве;
 - вывести описание процесса флотации;
 - провести собственный опыт и сделать математические вычисления;
2. Сделать выводы о роли флотации в современном мире.

Флотация

Флотация (фр. flottation, от flotter — плавать) — один из методов обогащения полезных ископаемых, который основан на различии способности минералов удерживаться на межфазовой поверхности, обусловленный различием в удельных поверхностных энергиях. Гидрофобные (плохо смачиваемые водой) частицы минералов избирательно закрепляются на границе раздела фаз, обычно газа и воды, и отделяются от гидрофильных (хорошо смачиваемых водой) частиц. При флотации пузырьки газа или капли масла прилипают к плохо смачиваемым водой частицам и поднимают их к поверхности. Флотация применяется также для очистки воды от органических веществ и твёрдых взвесей, разделения смесей, ускорения отстаивания в химической, нефтеперерабатывающей, пищевой и др. отраслях промышленности. В развитии теории флотации сыграли важную роль работы рус. физикохимиков — И. С. Громека, впервые сформулировавшего в конце XIX века основные положения процесса смачивания, и Л. Г. Гурвича, разработавшего в начале XX века положения о гидрофобности и гидрофильности. Существенное влияние на развитие современной теории флотации оказали труды А. Годена, А. Таггарта (США), И. Уорка (Австралия), советских учёных П. А. Ребиндера, А. Н. Фрумкина, И. Н. Плаксина, Б. В. Дерягина, профессора В. Р. Кривошеина и других.

Области применения:

Флотация - один из главных методов обогащения полезных ископаемых. С ее помощью обогащаются все медные, молибденовые и свинцово-цинковые руды.

Посредством флотации можно разделять также водорастворимые соли, взвешенные в их насыщенных растворах. Благодаря флотации в промышленное производство вовлекаются тонко вкрапленные руды, и обеспечивается комплексное использование полезных ископаемых. Флотацию применяют также для очистки воды от органических веществ (нефти, масел и др.), тонкодисперсных осадков солей и шламов, для выделения и разделения бактерий и т. д.

Помимо горно-перерабатывающих отраслей промышленности флотацию используют в химических, пищевых и др. отраслях для ускорения отстаивания, выделения твердых взвесей и эмульсированных органических веществ; для разделения синтетически органических ионитов и выделения из пульп ионитов, нагруженных различными адсорбентами. При переработке бумажных отходов для отделения чистых целлюлозных волокон от испачканных. Для очистки натурального каучука от примесей; для извлечения нафталина из воды, охлаждающей коксовый газ; очистки промышленных стоков и др.

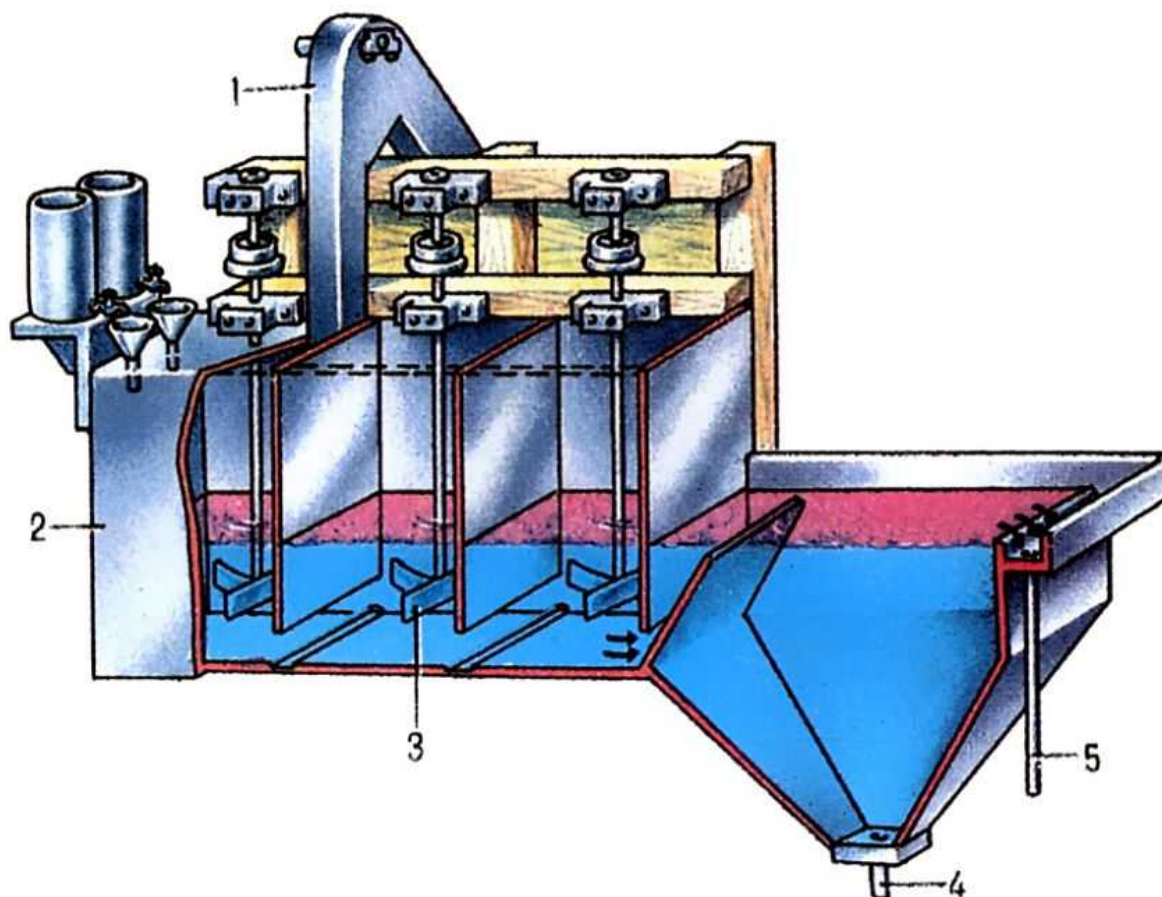
Широкое применение флотации привело к появлению большого числа разновидностей процесса.

Методы флотации:

В зависимости от характера и способа образования межфазных границ (вода — масло — газ), на которых происходит закрепление разделяемых компонентов (см. Поверхностно-активные вещества) различают несколько видов флотации.

Масляная флотация была предложена первой, на которую В. Хайнсу (Великобритания) в 1860 году был выдан патент № 488[1]. При перемешивании измельченной руды с маслом и водой сульфидные минералы избирательно смачиваются маслом и всплывают вместе с ним на поверхность воды, а порода (кварц, полевые шпаты) осаждается. В Российской империи масляная

флотация графита была осуществлена в 1904 году в Мариуполе.



Пленочная. Способность гидрофобных минеральных частиц удерживаться на поверхности воды, в то время как гидрофильные тонут в ней, была использована А. Нибелиусом (США, 1892) и Маквистеном (Великобритания, 1904) для создания аппаратов плёночной флотации, в процессе которой из тонкого слоя измельченной руды, находящегося на поверхности потока воды, выпадают гидрофильные частицы.

Пенная флотация - наиболее распространенный способ флотации, к-рым в мире ежегодно обогащают 1 млрд. т горной массы более 20 типов руд. Первый патент на этот способ был выдан братьям Адольфу и Артуру Бесселям (Германия, 1877). Согласно патенту, частицы графита, закрепившиеся на газовых пузырьках, образующихся при кипячении суспензии (пульпы), всплывали на поверхность жидкости и выводились из зоны разделения. В дальнейшем для увеличения числа и суммарной поверхности пузырьков такой способ их образования заменили принудительной подачей газа(обычно воздуха) в аппарат для разделения - флотационную машину.

Применительно к пенному режиму флотация осуществляется в трехфазной среде "твердые частицы - жидкость - газ", называемой пульпой. Твердая фаза представлена частицами минералов, получаемых при дроблении и помоле руды с целью выделения полезных компонентов из сростков с минералами пустой породы; тяжелые минералы измельчают до крупности 0,1-0,2 мм, легкие (уголь, сера, фосфаты и др.) - до 0,2-3 мм. Жидкая фаза содержит воду, продукты выщелачивания минералов, фотореагенты, растворенные газы, продукты износа оборудования, коллоидные частицы и т. д. Газовая фаза состоит из пузырьков (размеры от десятков мкм до 1-2 мм), образующихся при прохождении воздуха через аэратор. Положительную роль во флотации могут играть газовые пузырьки, выделяющиеся из раствора.[8]

Сущность элементарного акта флотации заключается в следующем. При сближении в водной среде пузырька газа и гидрофобной поверхности минеральной частицы, адгезия которой к воде меньше когезии воды, разделяющая их водная прослойка при достижении некоторой критической толщины становится неустойчивой и самопроизвольно прорывается. Этот этап завершается полным смачиванием частицы, обеспечивающим прочное слипание пузырька и частицы. Вследствие того, что плотность комплексов, или агрегатов "пузырьки - частицы", меньше плотности пульпы, они всплывают (флотируются) на ее поверхность и образуют пенный минерализованный слой, который удаляется из флотационной машины.

Известно несколько модификаций пенной флотации: вакуумная, фло-тогравитация, ионная, электрофлотация, флотация с выделением CO₂, пенная сепарация.

Рассмотрим подробнее вакуумную флотацию. По этому способу, предложенному Ф. Элмором (Великобритания, 1906), жидкость, содержащая твердые частицы, насыщается газом, который при понижении давления выделяется из нее в виде мелких пузырьков на поверхности гидрофобных частиц.

Флотогравитация - комбинированный процесс обогащения полезных ископаемых, совмещающий флотацию и разделение мелких твердых частиц под действием силы тяжести или в поле центробежных сил. Процесс проводят в спец. аппаратах (концентрационные столы, винтовые сепараторы, ленточные шлюзы, концентраторы, осадочные машины). В них благодаря обработке пульпы флотореагентами и введению в нее пузырьков воздуха образуются так называемые аэрофлокулы определенных минералов, имеющие меньшую плотность, чем частицы, не взаимодействующие с воздушными пузырьками. Создаваемое при этом различие в плотности способствует более эффективному разделению частиц минералов, в т. ч. меньшей крупности, чем при обычном гравитационном обогащении. В промышленности флотогравитацию используют для выделения сульфидных минералов из вольфрамовых и оловянных концентратов, а также для отделения циркона от пироклора, шеелита от касситерита и др.

Ионная флотация разработана в 50-х гг. 20 в. (Ф. Себба, ЮАР) для очистки воды, а также извлечения полезных компонентов из растворов. Отдельные ионы, молекулы, тонкодисперсные осадки и коллоидные частицы взаимодействуют с флотореагентами-собираателями, обычно катионного типа, и извлекаются пузырьками газа в пену либо пленку на поверхности раствора. Способ перспективен для переработки промышленных стоков, минерализованным подземных термальных и шахтных вод и морской воды.



Электрофлотация — перспективный метод для применения в химической промышленности, заключается во всплытии на поверхности жидкости дисперсных загрязнений за счет выделения электролитических газов и флотационного эффекта.

Для очистки воды, а также извлечения компонентов из разбавленных растворов в 1950-х годах был разработан метод ионной флотации, перспективный для переработки промышленных стоков, минерализованных подземных термальных и шахтных вод, а также морской воды. При ионной флотации отдельные ионы, молекулы, тонкодисперсные осадки и коллоидные частицы взаимодействуют с флотационными реагентами-собирателями, чаще всего катионного типа, и извлекаются пузырьками в пену или плёнку на поверхности раствора. Тонкодисперсные пузырьки для флотации из растворов получают также при электролитическом разложении воды с образованием газообразных кислорода и водорода (электрофлотация). При электрофлотации расход реагентов существенно меньше, а в некоторых случаях они не требуются.

Широкое использование флотации для обогащения полезных ископаемых привело к созданию различных конструкций флотационных машин с камерами большого размера (до 10-30 м³), обладающих высокой производительностью. Флотационная машина состоит из ряда последовательно расположенных камер с приёмными и разгрузочными устройствами для пульпы. Каждая камера снабжена аэрирующим устройством и пеносъёмником.

Флотореагенты:

Существует несколько типов флотореагентов, отличающихся принципом действия:

Собиратели — реагенты, избирательно сорбирующиеся на поверхности минерала, который необходимо перевести в пену, и придающие частицам гидрофобные свойства. В качестве собирателей используют вещества, молекулы которых имеют дифильное строение: гидрофильная полярная группа, которая закрепляется на поверхности частиц, и гидрофобный углеводородный радикал. Чаще всего собиратели являются ионными соединениями; в зависимости от того, какой ион является активным различают собиратели анионного и катионного типов. Реже применяются собиратели, являющиеся неполярными соединениями, не способными к диссоциации. Типичными собирателями являются: ксантогенаты и дитиофосфаты — для сульфидных минералов, натриевые мыла́ и амины — для несulfидных минералов, керосин — для обогащения угля.

Расход собирателей составляет сотни граммов на тонну руды;

Регуляторы — реагенты, в результате избирательной сорбции которых на поверхности минерала, последний становится гидрофильным и не способным к флотации. В качестве регуляторов применяют соли неорганических кислот и некоторые полимеры;

Пенообразователи — предназначены для улучшения диспергирования воздуха и придания устойчивости минерализованным пенам. Пенообразователями служат слабые поверхностно-активные вещества.

Расход пенообразователей составляет десятки граммов на тонну руды.

Реагенты-активаторы — это реагенты, создающие условия, благоприятствующие закреплению собирателей на поверхности минералов.

Реагенты-депрессоры — это реагенты, применяемые для предотвращения гидрофобизации минералов собирателями. Они предназначены для повышения избирательности (селективности) флотации при разделении минералов, обладающих близкими флотационными свойствами.

Флотореагенты - хим. вещества (чаще всего применяют ПАВ), которые добавляют при флотации в пульпу для создания условий селективного (избирательного) разделения минералов. Флотореагенты позволяют регулировать взаимодей. минеральных частиц и газовых пузырьков, хим. реакции и физ.-хим. процессы в жидкой фазе, на границах раздела фаз и в пенном слое путем гидрофобизации пов-сти одних и гидратации пов-сти др. твердых частиц. По назначению различают три группы флотореагентов: собиратели, пенообразователи и модификаторы. По хим. составу флотореагенты бывают органическими (пре-им. собиратели и пенообразователи) и неорганическими (в осн. модификаторы); те и другие м. б. неионогенными, мало или практически нерастворимыми в воде, и ионогенными, хорошо растворимыми в ней в-вами.

Собиратели (коллекторы). Роль этих реагентов заключается в селективной гидрофобизации (понижении смачиваемости) пов-сти нек-рых минеральных частиц и возникновении тем самым условий для прилипания к ним газовых пузырьков. Гидрофобизация достигается вытеснением гидратной пленки с пов-сти частиц. Закрепление на ней м. б. обусловлено ван-дер-ваальсовыми силами (физ. адсорбция) либо образованием хим. связи (хемосорбция). По структурным признакам собиратели подразделяют на анионные, катионные, амфотерные и неионогенные. Молекулы анионных и катионных реагентов содержат неполярные (углеводородные) и полярные (амино-, карбокси- или др.) группы. Последние обращены к минералу, сорбируются на пов-сти частиц и гидрофобизируют ее, а неполярные группы обращены в воду, отталкивают ее молекулы и предотвращают гидратацию пов-сти частиц.

К анионным собирателям относятся соед., которые содержат сульфгидрильную (меркапто-) или гидроксильную группы, а также их производные - т. наз. сульфгидрильные и оксигидрильные реагенты. Сульфгидрильные реагенты предназначены для флотации минералов сульфидных руд Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Co, Ni, Fe и включают ксантогенаты (изопропил-, пентил- и этилпроизводные), дитиофосфаты (дикрезил- и диэтилпроизводные), меркаптаны и их производные (диалкилтионокарбаматы). Оксигидрильные реагенты применяют для флотации карбонатов, оксидов, сульфатов, фосфатов, фторидов и некоторых др. минералов; к этим реагентам относятся алифатич. (карбоновые) к-ты, моноалкилсульфаты, сульфосукцинаты, ал-кан- и алкиларилсульфонаты, алкилгидроксамовые и алкил-арилфосфоновые к-ты и их соли, алкиларилловые эфиры фосфорных к-т и их соли, сульфированные алкилмоноглициериды.

Катионные собиратели, среди которых наиб. распространены алифатич. первичные амины, а также вторичные амины (в керосине), соли четвертичных аммониевых оснований и аминоэфир с короткой разветвленной цепью, используют для флотации калийных солей (гл. обр. KCl при отделении его от NaCl), кварца, силикатов, сульфидов и т. д.

Амфотерные собиратели имеют в своем составе амино- и карбоксильную группы, благодаря чему сохраняют активность как в кислой, так и в щелочной средах. Данные коллекторы особенно эффективны для флотации минералов класса оксидов в воде повышенной жесткости.

Неионогенные собиратели представлены неполярными соединениями углеводородными жидкостями преим. нефтяного происхождения (газойли, дизельные масла, керосин и т. д.), а также жирами и др. В виде водных эмульсий они служат для флотации алмазов, графита, калийных солей, молибденита, самородной S, талька, углей, фосфатов и др. минералов с неполярной пов-стью. Совместное применение полярных коллекторов с неполярными, а также диспергирование, напр. с помощью ультразвука, эмульсий последних (что усиливает адгезионное закрепление их на пов-сти минералов за счет физ. адсорбции) существенно улучшает флотацию крупных частиц; при этом наряду с адгезией флотация сопровождается также и хим. реакциями.

Пенообразователи (вспениватели), адсорбируясь на пов-сти раздела газ - жидкость, понижают поверхностное натяжение, способствуют образованию устойчивой гидратной оболочки пузырьков воздуха, уменьшают их крупность и препятствуют коалесценции, умеренно стабилизируют минерализов. пену. В качестве вспенивателей используют одноатомные алифатич. спирты (напр., метилизобутилкарбинол), гомологи фенола (крезолы и ксиленолы), техн. продукты (пихтовое и сосновое масла), содержащие терпеновые спирты, монометиловые и монобутиловые эфиры полипропилен-гликолей, полиалкоксиалканы (напр., 1,1,1,3-тетраэтоксипу-тан) и др. Пенообразующими свойствами обладают некоторые собиратели (амины, карбоновые к-ты).

Модификаторы (регуляторы) позволяют сделать возможной, усилить, ослабить или исключить адсорбцию собирателей на минералах. Благодаря регуляторам уменьшается расход собирателей, достигаются разделение минералов с близкой плотностью, обогащение руд сложного состава с получением нескольких концентратов. Модификаторы, улучшающие закрепление собирателей на поверхности определенных минералов и ускоряющие флотацию, наз. активаторами; регуляторы, затрудняющие закрепление коллекторов- подавителями, или депрессорами.

Для минералов класса оксидов потенциалоопределяющими являются ионы H^+ и OH^- ; их концентрации изменяются путем подачи к-т, щелочей и соды. Для сульфидов потенциалоопределяющими служат катионы металлов и анионы HS^- и S^{2-} . Поэтому распространенным активатором при флотации сульфидов сульфидрильными собирателями является, напр., Na_2S . Жидкое стекло применяют как депрессор флотации силикатных материалов; известь и цианиды подавляют флотацию пирита, сульфидов Cu и Zn и т. д. Для снижения отрицательного воздействия на флотацию частиц микронных размеров (тонких шламов) используют разобщающие их реагенты-пептизаторы (диспергаторы); к ним относятся неорг. (напр., жидкое стекло) и орг. (декстрин, карбоксиметилцеллюлоза, крахмал, лигносульфонаты и др.) соединения. Кроме упомянутых имеются также регуляторы pH среды.

В большинстве случаев флотореагенты обладают комплексным действием (которое зависит от природного состава поверхности минералов, pH среды, т-ры пульпы и т.д.) и приведенная их классификация весьма условна.

Избирательность флотации регулируют наряду с иными факторами подбором реагентов, ассортимент которых достигает нескольких сотен, и их расходом. При увеличении поверхности флотируемых минералов расход собирателей и активаторов возрастает. Расход пенообразователей немного увеличивается при повышенном содержании обрабатываемого минерала и грубом помоле руды. Расход депрессоров возрастает при повышенной флотируемости подавляемых минералов, высоких концентрациях собирателей в пульпе (напр., при разделении коллективных концентратов), а также при использовании малоизбирательных коллекторов, содержащих в молекулах длинноцепочечные углеводородные радикалы (напр., высшие жирные к-ты и мыла).

Флотируемые компоненты руды извлекаются не полностью при недостатке вспенивателей, а при их избытке ухудшается селективность флотации. Средние расходы флотореагентов невелики и обычно составляют от нескольких г до нескольких кг на 1 т руды.

Флотационные машины предназначены для проведения собственно флотации. В них осуществляют перемешивание твердых частиц (сuspендирование пульпы) и поддержание их во взвешенном состоянии; аэрацию пульпы и диспергирование в ней воздуха; селективную минерализацию пузырьков путем контакта с обработанными флотореагентами частицами; создание зоны пенного слоя; разделение пульпы и минерализов. пены; удаление и транспортировку продуктов обогащения. Впервые патент на флотац. машину выдан в 1860; первые образцы машин разработаны в 1910-14 (Т. Гувер и Д. Кэллоу, США).

Широкое использование флотации для обогащения полезных ископаемых привело к созданию разных конструкций машин. Каждая машина состоит из ряда последовательно расположенных камер с приемными и разгрузочными устройствами для пульпы; каждая камера снабжена аэрирующим и пеносъемным устройствами. Различают одно- и многокамерные флотационные машины. К однокамерным относятся флотационные колонны, в которых высота камер превышает их ширину более чем в 3 раза; эти аппараты применяют при флотационном обогащении мономинеральных руд и флотации отделении шламов.

Многокамерные машины позволяют реализовать сложные схемы обогащения полиминеральных руд с получением нескольких концентратов.

По способам аэрации пульпы выделяют механическое, пневмомеханическое, пневмогидравлическое и пневматическое машины. В механических машинах взвешивание частиц руды (перемешивание пульпы), засасывание и диспергирование воздуха осуществляется аэратором, или импеллером. В отличие от этих устройств в пневмомеханические машины (схему камеры см. на рис.) воздух подается в зону импеллера принудительно с помощью воздуходувки. В пневмогидравлических машинах воздух диспергируется в аэраторах спец. конструкций (напр., в эжекторах) при взаимодействии струй жидкости и воздуха. В пневматических машинах воздух диспергируется при продавливании через пористые перегородки.

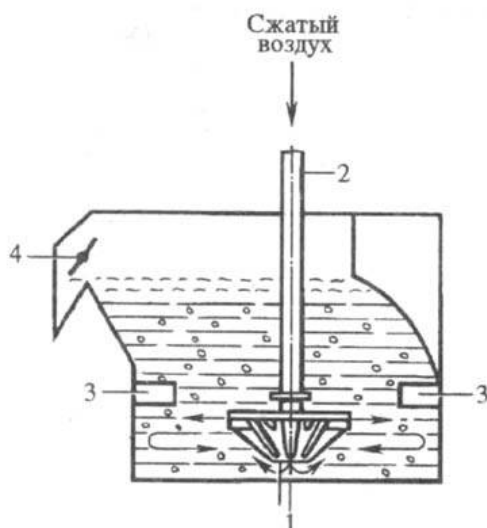


Схема камеры пневмомеханической флотационной машины: 1 – импеллер; 2 – полый вал; 3 – успокоители; 4 – пеноуловитель.

Работа механических и пневмомеханических машин в значительной степени определяется конструкцией импеллера, вариантом подвода к нему воздуха, особенностями перекачивания импеллером пульпы и ее циркуляции в камере. От способа перекачивания пульпы импеллером зависят особенности аэрации пульпы и гидродинамический режим в камере. Последний определяется также размерами зоны интенсивной циркуляции пульпы. По этому признаку различают машины с придонной циркуляцией и циркуляцией во всем объеме камеры.

Характер движения потоков пульповоздушной смеси в камере зависит от конструкции статора машины (имеет вид цилиндров или пластин), устройства для удаления минерализованной пены с поверхности пульпы (обычно применяют лопастной пеноуловитель), успокоителей (предотвращают разрушение пенного слоя), межкамерных перегородок, наличия отбойников и формы камеры (имеет, как правило, скошенные снизу боковые стенки, благодаря чему исключается накопление в углах твердых частиц и облегчается их перемещение у дна от стенок к импеллеру).

Оптимальная степень разделения минералов при изменении характеристики сырья достигается путем изменения количества подаваемого в камеру воздуха, толщины пенного слоя и уровня пульпы, а также производительности импеллера. Средние показатели современных механических и пневмомеханических машин: производительность по потоку пульпы 0,2-130 м³/мин; объем камер от 12-40 м³ (в России) до 30-100 м³ (за рубежом). Применение больших объемных камер позволяет на 20-30% сократить капитальные затраты, металлоемкость машин, а также их энергоемкость (достигает 1,5-3,0 кВт/м³).

По сравнению с механическими и пневмомеханическими машинами пневмогидравлические флотационные машины отличаются большей скоростью, меньшими капитальными затратами, высокой производительностью, низкими металло- и энергоемкостью и т. д. Однако из-за отсутствия надежного в работе и долговечного аэрирующего устройства эти флотационные машины еще недостаточно широко применяются в практике обогащения полезных ископаемых.

Известны также мало распространенные пока машины: вакуумные и компрессионные (аэрация достигается выделением из пульпы растворенных газов); центробежные и со струйным аэрированием; электрофлотационные (аэрация пульпы пузырьками, выделяющимися при электролизе).

Флотация в реальных условиях

Флотацию в домашних условиях удалось не только доказать, но и вычислить пограничный диаметр пластилина, необходимый для всплытия на поверхность воды.

Для этого понадобилось:

- Измерить массу использованных в опыте шариков из пластилина
- Стакан газированной воды

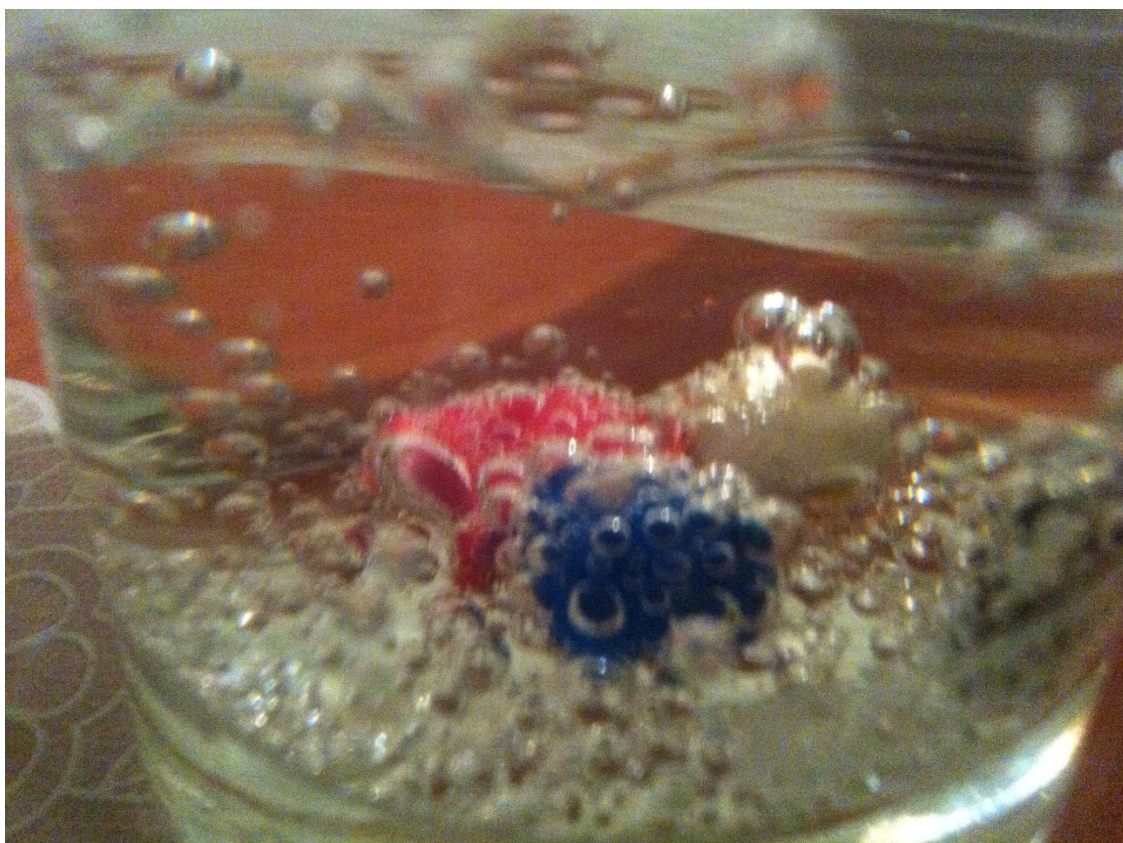


- Лимонная кислота;
- Уксус 9% и 70%;
- Пищевая сода;
- Камера;
- Гирьки 20-500 мг

Сначала залили газированную воду в стакан, после чего одновременно кинули 5 шариков, сначала они все одновременно опустились на дно, но после пузырьки углекислого газа начали обволакивать их. Как только на шариках появлялось достаточное количество пузырьков для всплытия, они начали подниматься вверх, потом на поверхности воды они теряют несколько пузырьков и снова опускались вниз. Такой процесс повторяется неоднократно, это зависит от газированности жидкости и массы шарика.

Увеличив массу до 1г шарика пластилина, время обволакиванием пузырьками увеличилось, но всплыть он уже не мог. Так же на основе проделанного опыта, можно было заметить, что

всплытие шарика не полностью зависит от его массы, а зависит, насколько быстро пузырьки прилипнут к пластилину.



Масса, г	Кубай	Лимонная кислота с пищевой содой	Уксус 9% с пищевой содой	Уксус 70% с пищевой содой
0,2	t _{BC} =3с t _H = 2с	t _{BC} = 4с t _H = 2с	t _{BC} = 2с t _H = 10	t _{BC} = 0 t _H = 0
0,4	t _{BC} = 3с t _H = ∞	t _{BC} = 3с t _H = ∞	t _{BC} = 2с t _H = ∞	t _{BC} = 0 t _H = 0
0,6	t _{BC} = 3с t _H = 15с	t _{BC} = 4с t _H = 2с	t _{BC} = 3с t _H = 5с	t _{BC} = 0 t _H = 0
0,8	t _{BC} = 0 t _H = 0	t _{BC} = 0 t _H = 0	t _{BC} = 3с t _H = 4с	t _{BC} = 0 t _H = 0
1	t _{BC} = 0 t _H = 0	t _{BC} = 0 t _H = 0	t _{BC} = 0 t _H = 0	t _{BC} = 0 t _H = 0

Вычисления

В первую очередь мы исследовали характер колебаний у шариков различных диаметров. В результате этих исследований мы пришли к очевидному выводу, что шарики можно подразделить на три категории:

1. Маленькими мы назвали шарики, которые, всплыв один раз, не тонут больше в течение 20-30 минут (так как достаточно одного-двух пузырьков газа, чтобы поддерживать их наверху). Когда же они, наконец, тонут, то в газированной воде уже практически нет больше газа. Маленькими в наших экспериментах оказывались шарики с диаметром меньше 7-8 мм.
2. Средними мы назвали шарики диаметра 8-9 мм, на которых очень хорошо наблюдается исследуемое явление. Все дальнейшие эксперименты ставились именно над средними шариками.
3. Большие шарики с диаметром больше 9 мм просто не могут всплыть после своего первого погружения в газировку.

Причина такого разделения шариков на категории кроется в том, что сила тяжести, которую надо преодолеть, растет пропорционально объему (кубу радиуса) шарика, а подъемная сила (или количество налипших пузырьков газа) - лишь пропорционально площади его поверхности (квадрату радиуса). Количество налипших пузырьков - это то же самое, что и объем налипших пузырьков, так как легко посчитать критический размер пузырька газа, начиная с которого он уже не удерживается на шарике силами поверхностного натяжения.

Из этих же соображений легко оценить максимальный диаметр среднего шарика теоретически:

Условие всплывания:

$$\rho_{ж}(V_{CO_2} + V_{пл}) = \rho_{пл}V_{пл}$$

$$V_{CO_2} \leq n \cdot \frac{\pi d_{кр}^3}{6},$$

где критический диаметр пузырька $d_{кр} \gg 1$ мм, количество пузырьков $n \approx d_{пл}^2/d_{кр}^2$. Из этих формул следует, что

$$\rho_{ж} \left(4 \frac{d_{пл}^2 \pi d_{кр}}{6} + \frac{\pi d_{пл}^3}{6} \right) \geq \rho_{пл} \frac{\pi d_{пл}^3}{6} \implies d_{пл} \leq 4 \frac{\rho_{ж} d_{кр}}{\rho_{пл} - \rho_{ж}}$$

Теперь подставим известные нам величины в формулу условия всплывания

$$V = 0,00024 \text{ м}^3$$

$$M = 200 \text{ гр} = 0,2 \text{ кг}$$

$$M = \rho V$$

$$\rho = 0,2 : 0,00024 = 833 \text{ кг/м}^3$$

$$d_{кр} \text{ (диаметр пузырька, позволяющий пластину всплыть на поверхность)} = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$$

Высчитываем: $d_{пл} \leq 4 \cdot 833 \cdot 0.001 / (1200 - 833) = 3,332 / 367 = 0,01 \text{ м}$

$d_{пл} \leq 0,01 \text{ м}$ – пограничный диаметр пластилинового шарика для всплывания в газированной воде.

Выводы

В домашних условиях было изучено явление – флотация, и получение ее в домашних условиях, рассмотрели флотацию для очистки полезной руды, а также воспроизвели ситуацию, когда процесс происходит естественным путем. На основе собственных измерений, мы также смогли найти критический диаметр всплытия пластилинового шарика ($d_{пл} \leq 0,01\text{м}$).

В мире благодаря флотации вовлекаются в промышленное производство месторождения тонко вкрапленных руд и обеспечивается комплексное использование полезных ископаемых. Флотация является ведущим процессом при обогащении руд цветных металлов. Внедряется использование оборотной воды, что снижает загрязнение водоёмов.

В заключение хочется сказать, что благодаря одному из методов очистки флотации наши озёра и пруды сохраняют свою первозданную прозрачность и красоту, что, конечно же, очень приятно обычным людям.

Список используемой литературы

1. Абрамов А.А. Собрание сочинений. Том 7. Флотация. Реагенты-собиратели. Учебное пособие. 2012.
2. Абрамов А.А. Собрание сочинений, Том 8. Флотация. Сульфидные минералы. Учебное пособие. 2013.
3. Бадеников А.В. Флотация оловянно-свинцовой руды. 2007.
4. Глембоцкий В. А. Классен В. И. Флотация . 1973.
5. Классен В. И. Барский В. И. Лекции проф. Кривошеина В. Р.
6. Мещеряков Н. Ф. Флотационные машины. 1972.
7. Нарыков В.И. Лизунов Ю. В. Бокарев М. А. — Москва, СпецЛит Гигиена водоснабжения. 2011 г. 120 стр.
8. Справочник по обогащению руд. 1974.
9. <http://www.mining-enc.ru/f/flotaciya/>