

IV. Металлургия и обогащение

Влияние некоторых факторов флотации при обогащении вольфрамовых руд

Доц. Д. С. Емельянов

Успешность обогащения полезных ископаемых методом флотации зависит от очень многих факторов. Однако в литературе до настоящего времени должного внимания этому вопросу не уделяется. Опубликованные материалы из этой области обычно касаются далеко не всех факторов и оставляют в стороне рассмотрение всей совокупности их и взаимосвязи.

Наибольшее влияние на результаты обогащения руд флотацией оказывают, в основном, следующие факторы: 1) состав руды и применяемой при флотации воды, 2) степень раскрытия минералов и размеры частиц руды после измельчения и классификации, 3) флотационные реагенты и условия введения их в пульпу, 4) плотность пульпы, 5) продолжительность контакта минеральных частиц с реагентами, 6) продолжительность флотации, 7) концентрация водородных ионов в пульпе, 8) интенсивность перемешивания пульпы, 9) степень насыщения пульпы диспергированным воздухом, 10) температура флотационной пульпы, 11) тип флотационной машины и 12) схема флотации.

Оптимальные значения всех этих факторов, оказывающих взаимное влияние одних на другие, для каждого объекта исследования устанавливаются экспериментальным путем, что при многочисленности факторов крайне затрудняет установление оптимального режима флотации.

Ниже кратко приводятся результаты исследования влияния на обогащение гюбнеритовой руды некоторых факторов флотации, которым обычно не приписывается большого значения.

При мыльной флотации вольфрамитов основным затруднением является получение богатых первичных концентратов, из которых путем очистных операций было бы возможно получить кондиционные концентраты.

Обычно очистные операции позволяют получать кондиционные флотационные концентраты только в том случае, если степень концентрации при первичной флотации будет составлять не менее 15—20. Основным недостатком многих работ по флотации вольфрамовых минералов являлось стремление к высокому извлечению WO_3 при первичной флотации, не смущаясь низкой степенью обогащения. В этом стремлении были достигнуты значительные успехи, однако в таких случаях очистные операции

не давали сколько-нибудь значительного эффекта и богатых концентратов не удавалось получить.

Исследование некоторых факторов флотации гюбнеритовой руды $FeMnWO_4$ ¹ позволило автору значительно повысить степень обогащений при первичной флотации. В числе других факторов, особенно значительными оказались: режим питания реагентами, плотность пульпы, измельчение перед флотацией и концентрация ионов водорода в пульпе.

При испытании различных флотационных реагентов было найдено, что лучшие результаты флотации получаются при совместном

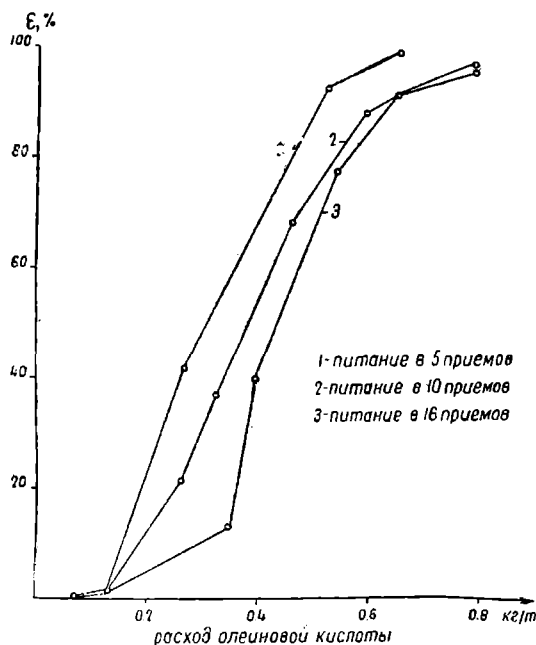


Рис. 1.

применении олеиновой кислоты, олеата натрия и бихромата калия. При этом характер дозировки олеиновой кислоты и олеата натрия оказал особенно большое влияние.

При флотации чистого минерала гюбнерита влияние интенсивности дозировки олеиновой кислоты показано на рисунке 1.

Рисунок 1 позволяет сделать вывод, что в пределах расходов олеиновой кислоты от 0,13 до 0,66 кг/т увеличение количества реагента, даваемого в один прием, повышает эффективность флотации чистого гюбнерита, однако при расходах выше 0,66 кг/т разница между питанием большими или малыми дозами становится не столь существенной.

¹ В чистом минерале $FeMnWO_4$ — 22% MnO .

Результаты, показанные на рисунке 1, связаны с флокуляцией: при питании малыми дозами она наступает позже в сравнении с питанием большими дозами, хотя общий расход реагента и остается постоянным.

Отсюда, между прочим, можно сделать вывод, что при флотации чистых минералов явление флокуляции несомненно является очень полезным для флотации и в том случае, когда применяемые реагенты не обладают достаточной вспенивающей способностью, флокуляция является основной причиной успешности или неуспешности флотации чистого минерала.

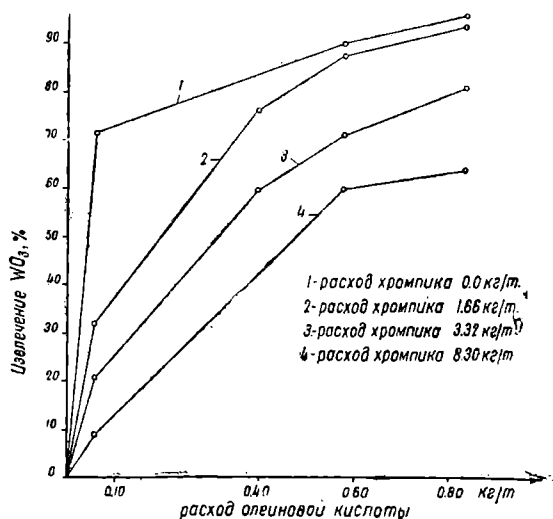


Рис. 2.

При переходе от опытов флотации чистых минералов к флотации естественной руды оказалось, что флокуляция минералов под действием флотационных реагентов играет отрицательную роль, так как она не позволяет удовлетворительно отделять гюбнерит от кварца.

Поэтому роль интенсивности питания коллектором при флотации естественной руды оказалась еще более значительной, чем при флотации чистого минерала.

Еще в 1936 г. автором (1) было установлено, что только при введении олеиновой кислоты в флотационную пульпу малыми дозами (7—8 приемов при общем расходе до 0,6 кг/т) удастся получить удовлетворительные результаты флотации гюбнерита. Позднее автором было найдено (2), что для снижения флокуляции недостаточно только дробной загрузки олеиновой кислоты; существенную роль играет также применение бихромата калия, являющегося пептизатором для шламов.

Влияние бихромата калия на флотацию чистого гюбнерита показано на рис. 2 и на флотацию естественной руды — на рис. 3.

Как показывают рисунки 2 и 3, увеличение расхода бихромата калия при флотации чистого минерала снижает извлечение, а при флотации естественной руды увеличение концентрации бихромата в пульпе до известного предела способствует увеличению извлечения и содержания гюбнерита в концентрате.

Применение соды, извести и растворимого стекла при флотации естественной руды не дало положительных результатов, хотя при флотации синтетических смесей гюбнерита и кварца приме-

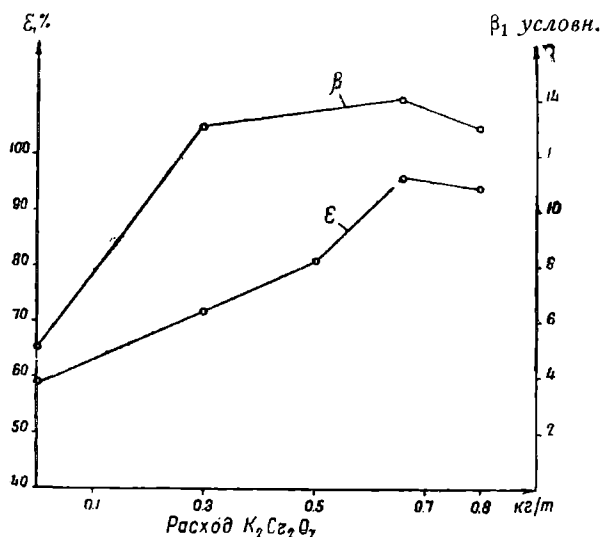


Рис. 3.

нение перечисленных реагентов позволило получить очень высокие показатели разделения минералов.

Вторым фактором, оказавшим большое влияние на улучшение результатов флотации в присутствии олеиновой кислоты и олеата натрия, является плотность пульпы.

Таггарт (3) пишет, что «при основной флотации для руд со средним количеством шламов содержание в пульпе твердого обычно колеблется от 18 до 25%. При шламовых пульпах содержание твердого понижается до 15—10%. Пульпа более плотная, чем указано выше, обычно дает низкую степень извлечения и низкое качество концентрата».

При флотации гюбнеритовой руды, как показали опыты автора, получается противоположный результат: более плотные пульпы повышают степень извлечения при сохранении содержаний гюбнерита, примерно, на одинаковом уровне.

На рис. 4 показано влияние плотности пульпы на результаты обогащения в пределах от 50 до 9% твердого в пульпе.

Увеличение плотности пульпы снижает продолжительность флотации и естественно снижает расход реагентов (рис. 4 и 5).

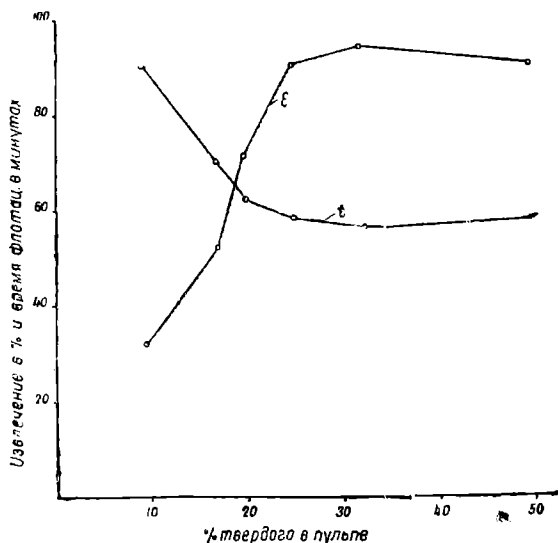


Рис. 4.

Наиболее высокое извлечение гюбнерита наблюдается в случае флотации при отношении твердого к жидкому от 1:1 до 1:2, т. е. от 50 до 33% твердого.

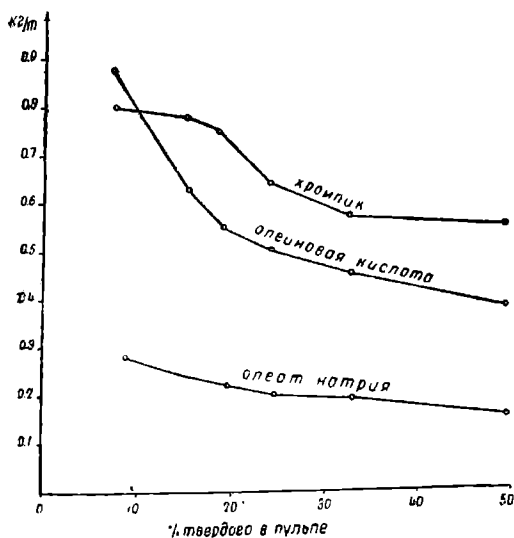


Рис. 5.

Содержание гюбнерита в хвостах повышается от плотной к более разжиженной пульпе. Так, если при $\tau : ж = 1 : 1$ содер-

жание WO_3 в хвостах принять равным единице, то при $t ж = 1$ 5 содержание в хвостах будет равно 1,87, а при $t ж = 10-4,5$.

При этом время флотации менее плотной пульпы значительно возрастает.

Таким образом, при более плотной пульпе повышается извлечение, сокращается время флотации и уменьшается расход флотационных реагентов.

Увеличение расхода реагентов в случае разжиженных пульп Ганзен (4) объясняет необходимостью создания равновесия между концентрациями в растворе и на поверхности частиц. Однако только этим нельзя объяснить, почему при увеличенных расходах флотореагентов в разжиженных пульпах извлечение полезного минерала значительно ниже, чем в плотных пульпах. Повидимому, здесь играет роль не только определенная концентрация реагентов в растворе (это можно изменять по желанию экспериментатора), но и определенная концентрация твердой поверхности минеральных частиц в пульпе.

Если допустить, что при различной плотности пульпы единица поверхности минерала поглощает одно и то же количество флотационного реагента, то при любой плотности можно легко найти общее количество реагента, которое связывается суммарной поверхностью минерального порошка.

Автором были подсчитаны суммарные поверхности навесок для опытов $t ж = 1$ 1, 1 4 и 1 10, а также определены количества олеиновой кислоты, поглощенной поверхностью минерала и количества олеиновой кислоты, остающейся в растворе после реагирования ее с минералом.

В таблице 1 и на рисунке 6 приведены основные результаты этих подсчетов.

Таблица 1

Т:Ж	Навеска, г	Поверхность порошка, кв. см	Относительная величина поверхности	Введено реагента		Поглощ. реагента из раствора		Относительное поглощ. реагента	Концентр. реаг. в растворе мл/л			Относит. концентр. реагента в растворе		
				абсолютный вес, г.	кг/т	абсолютный вес, г			до взаимодействия с минералом	после взаимодействия		до взаимодействия с минералом	после взаимодействия	
1:1	450	8802	7,75	0,234	0,52	0,1985	84,8	2,18	521	79,0		4,57	1,13	
1:4	138	2760	2,43	0,108	0,78	0,0623	57,6	1,48	195	82,5		1,71	1,18	
1:10	58	1135	1,00	0,066	1,14	0,0256	38,8	1,00	114	69,6		1,00	1,00	

Таблица 1 и рисунок 6 показывают, что для достижения оптимального извлечения при флотации пульпы различной плотности необходимо в растворе создавать такую концентрацию реагента, чтобы после взаимодействия его с минералом остаточная концентрация реагента во всех случаях была бы приблизительно одинакова.

Благоприятное влияние увеличения плотности пульпы на скорость флотации и извлечение гюбнерита, повидимому, можно

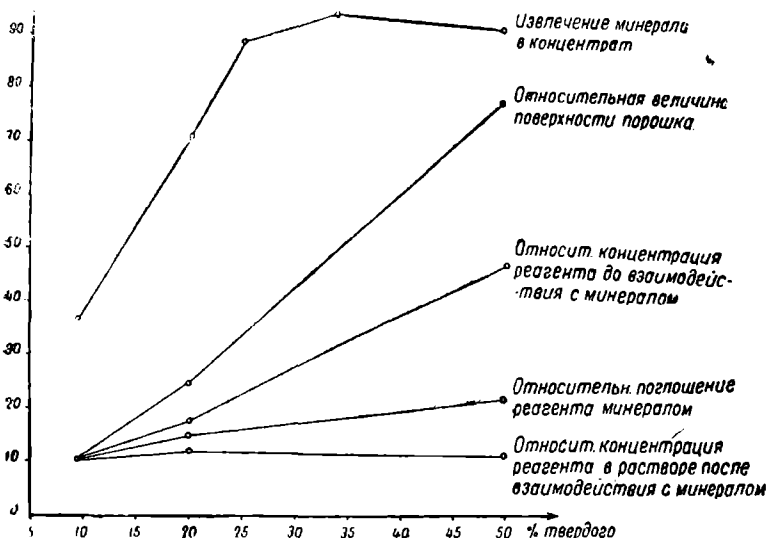


Рис. 6.

объяснить, с одной стороны, увеличением вероятности столкновения минеральных частиц с эмульсированным в воде коллектором типа олеиновой кислоты и с пузырьками воздуха и, с другой стороны, возрастанием флотационных сил, вследствие повышения плотности среды.

Значительное влияние на результаты флотации гюбнерита оказывает измельчение руды перед обогащением.

Результаты флотации при различном измельчении руды показаны на рис. 7. Результаты флотации отдельных классов руды показаны на рис. 8.

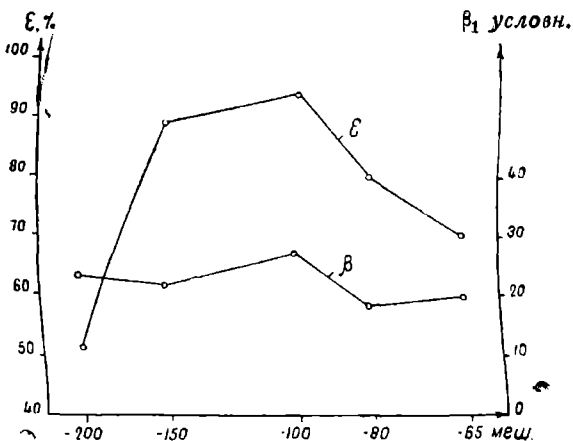


Рис. 7.

При рассмотрении рисунка 7 видно, что лучшие результаты получаются при измельчении до 100 меш. Извлечение в кон

центраты, примерно с одинаковым содержанием WO_3 , сначала растет от 70 до 95%, а потом снижается до 52%.

Рис. 8 показывает, что извлечение гюбнерита в концентрат возрастает от крупного класса к мелкому. Если при флотации класса 100—200 меш потери в хвостах составляют 18%, то при флотации класса минус 325 меш они равны только 2,5%.

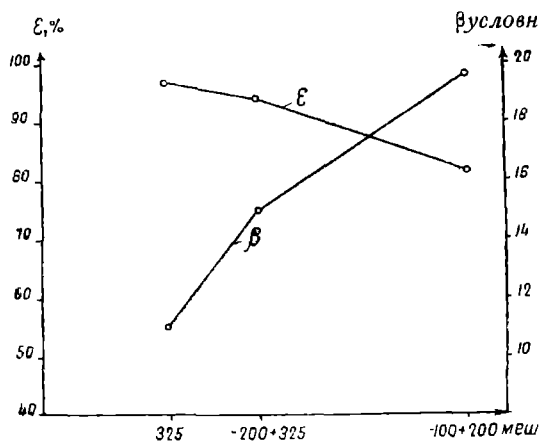


Рис. 8.

В то же время содержание в концентратах закономерно понижается от крупных классов к мелким, что можно объяснить механическим увлечением в пенный продукт иловых частиц в случае флотации тонкоизмельченного материала.

Довольно своеобразным оказалось влияние на флотацию гюбнерита концентрации ионов водорода. Как показано

на рис. 9, высокое извлечение гюбнерита наблюдалось или в слабо кислой среде ($pH = 6,5$) или в щелочной ($pH = 8,5$); в слабощелочной среде извлечение значительно падало. Содержание же вольфрамовой кислоты в концентрате закономерно понижалось с увеличением значения pH .

Влияние pH на извлечение и содержание гюбнерита в концентрате в данном случае, в основном, объясняется различной степенью флокуляции минеральных частиц при различной щелочности среды. Повышение pH с известного момента увеличивало флокуляцию, что вызывало увеличение выхода концентратов, а значит, и извлечение гюбнерита, но при этом концентраты получались беднее вследствие извлечения кварца в пенный продукт в виде флоккул. При значениях pH более 8,5 всегда наблюдалась чрезмерная флокуляция, и концентраты получались очень бедными и плохо поддающимися очистным операциям.

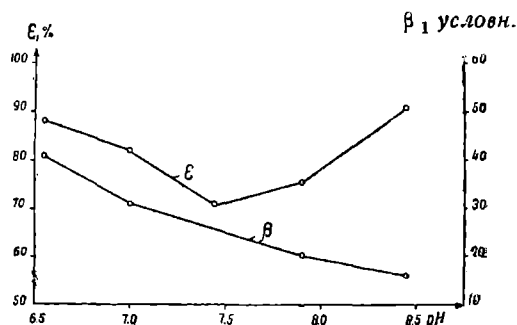


Рис. 9.

Таким образом из приведенных материалов следует сделать вывод, что при флотации гюбнеритовой руды в присутствии олеи-

новой кислоты и олеата натрия резкое улучшение результатов флотации наблюдается при дробной загрузке коллектора (7—8 приемов, при общем расходе 0,5—0,7 кг/т), добавлении бихромата калия, как дефлоккулятора, при большой плотности пульпы (33—50% твердого). Установление оптимальных значений перечисленных факторов позволило резко повысить степень концентрации при первичной флотации, а это обстоятельство, в свою очередь, обеспечило возможность эффективных очистных операций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инж. Д. С. Емельянов. Методика флотации вольфрамсодержащих минералов на базе союзных месторождений. Библиотека Гиредмета, 1936.
2. Проф. Таггарт. Справочник по обогащению, т. II (русский перевод).
3. М. С. Ганзен. Флотация карбонатов жирными кислотами при действии растворимых солей, Сб. Годэн. Основы флотации.

Черемхово, 1944.