УДК 622.765.06; 578.087.1

А.Ш.ГЕРШЕНКОП, Г.А.ЕВДОКИМОВА
Кольский научный центр РАН, Апатиты
Ю.Е.БРЫЛЯКОВ
ОАО «Апатит», Апатиты

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ОБОРОТНЫХ ВОД НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФЛОТАЦИОННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАТОВ НА ПРИМЕРЕ ОАО «АПАТИТ»

Приводятся данные по флотации апатита из апатит-нефелиновой руды на оборотной воде. Рассматривается влияние основных ионов, входящих в состав оборотной воды, на флотируемость минералов, содержащихся в перерабатываемых рудах на ОАО «Апатит». Показано ухудшение флотируемости апатита и кальцита в зависимости от различных концентраций основных видов бактерий, выделенных из оборотной воды. Сделан вывод о необходимости учета бактериологической составляющей оборотных вод и необходимости дальнейших исследований в направлении исключения влияния этого фактора.

The paper contains the data on apatite flotation from apatite-nepheline ore on recycling water. The influence of the basic ions, appeared in the recycling water composition, on flotability of minerals composing the ore processed at Apatit JC is shown. It has been shown that minerals flotability of apatite and calcite worsens due to different concentrations of basic types of bacteria of the recycling water. A conclusion is made on the necessity to carry out further investigations into elimination of this factor effect.

Влияние ионного состава оборотной воды на флотационное выделение апатита изучалось многими исследователями [1, 3, 5]. Ионы Ca^{2+}, образуя труднорастворимые мыла во флотационной пульпе, приводят к перерасходу реагентов-собирателей, нарушают селективность процесса, что является отрицательным моментом при ведении технологического процесса. С другой стороны, их положительная роль заключается в активизации поверхности минералов и, соответственно, повышении их флотируемости в щелочной среде. Регулируя содержание ионов кальция во флотационной пульпе, используя диспергаторы кальциевых мыл карбоновых кислот, можно добиться высоких показателей флотации апатита и темноцветных минералов. Последнее важно для обратной флотации нефелина. Присутствие избытка кальция в этом процессе приводит к прямой флотации нефелина, что вызывает ухудшение качества нефелинового концентрата. В этом случае для повышения качества нефелинового концентрата возможна прямая флотация нефелина после предварительного выделения темноцветных минералов [4, 7].

Присутствие в воде значительного количества ионов CO_3^{2-} дает возможность при значениях pH λ 10 снижать отрицательное влияние ионов Ca^{2+} на флотационный процесс. По этой причине одним из путей повышения технологических показателей является ввод кальцинированной соды, что позволяет связывать избыток ионов кальция в пульпе с одновременным уменьшением расходов жидкого стекла [2]. Роль ионов SO_4^{2-} сводится к повышенному пенообразованию, которое нивелируется соответствующими реагентами-регуляторами [8]. Таким образом, состав оборотных вод определяет технологические показатели апатитового и нефелинового циклов и характер технологического процесса в целом.

Говоря о составе оборотной воды и его влиянии на технологические показатели,

нельзя не отметить присутствие органической составляющей в виде остаточных концентраций используемых собирателей, концентрации неомыляемых составляющих, находящихся в технических органических продуктах, и продуктов разложения органических соединений. Этот фактор, на наш взгляд, является отрицательным с точки зрения прямого влияния на технологический процесс, а органика может быть питательной средой для размножения различного рода бактерий. Роль бактерий, их влияние на флотацию ранее не изучались, также не проводились исследования по изменению поверхностных свойств минералов.

Выполняемая работа является первой попыткой проследить влияние бактериальной составляющей оборотных вод на флотируемость апатита и на технологические показатели в целом. Учитывая, что практически флотируемость всех основных минералов, входящих в состав апатит-нефелиновых руд, связана с кальцием, входящим в состав кристаллической решетки апатита, сфена, эгирина, можно ожидать, что этот ион наряду с фосфором апатита является питательным элементом для бактерий. Такое положение согласуется с рядом работ, где отмечается рост числа бактерий и их взаимодействие с кальцием и фосфором в природе [6]. Наличие этих элементов в рудах, перерабатываемых на обогатительных фабриках ОАО «Апатит», дает основание предположить, что активные центры минералов, связанные с кальцием, могут быть центрами активизации деятельности бактерий, что должно сказаться на флотируемости минералов.

Для проведения исследований выделены основные виды бактерий из оборотной воды и прослежено их влияние на флотацию чистых разностей апатита. Для сравнения проведены работы по флотируемости кальцита – минерала, не содержащего фосфор. Флотация проводилась на водопроводной воде при t = 18÷20 °С в трубке Халлимонда, крупность минералов –71+20 мкм. Введение бактерий осуществлялось в водопроводную воду (такая вода использовалась для поддержания жизнедеятельности бактерий), куда подавался минерал и собиратель олеат натрия, значения pH = 9,5÷9,8. Для каждого опыта исходная концентрация бактерий в воде понижалась в 10 раз, что диктовалось необходимостью проведения серии опытов. Полученные данные свидетельствуют о несомненном влиянии бактерий на флотируемость рассматриваемых минералов. В первую очередь необходимо отметить интенсивную флокуляцию, что вызвано, вероятно, снижением заряда поверхности исследуемых минералов. Проведение таких опытов дало основание перейти на флотационные опыты на руде.

Предварительно был проведен микробиологический анализ оборотных вод и продуктов обогащения на обогатительных фабриках АНОФ-2 и АНОФ-3 (табл.1). Определялись численность и разнообразие бактерий по методу посева на селективные питательные среды. Обращает на себя внимание, что по сравнению с оборотной водой и питанием мельниц, значительный рост численности всех групп бактерий происходит в пенном продукте III перечистки и фильтрате. Следовательно, на фабриках технологический процесс способствует размножению бактерий и, в первую очередь, это связано с температурой пульпы, которая выше, чем в хвостохранилищах, и аэрацией пульпы, что также способствует размножению бактерий.

Далее были изучены процессы флотации апатита из руды в присутствии сапротрофных бактерий рода Proteobacteria, выделенных из оборотной воды АНОФ-2 (табл.2) и в присутствии сапрофитов и бактерий, использующих минеральные формы азота, выделенных из оборотной воды АНОФ-3 (табл.3).

Опыты проводились на водопроводной воде, расход собирательной смеси во всех опытах был одинаков, ее состав также не менялся для руды АНОФ-2 и АНОФ-3. Бактерии вводились в водопроводную воду в различных количествах, и на такой воде при pH = 9,5÷9,8 велась флотация. Таким образом, обеспечивалось влияние только одной составляющей оборотной воды. Причем в воде АНОФ-2 преобладало влияние

Таблица 1

Численность бактерий (тысяч клеток в 1 мл или 1 г) при переработке апатит-нефелиновых руд на АНОФ-2 и АНОФ-3 (средние данные)

Наименование продуктов	Сапротрофы	Бактерии, использующие минеральный азот	Олиготрофы	Бактерии специфические
АНОФ-2				
Питание мельниц (руда)	80	35	41	17
Мельничный слив	2	4	5	2
Пенный продукт III перечистки	5754	4044	185	353
Хвосты апатитовой флотации	4781	1140	206	166
Слив сгустителей	990	499	295	346
Фильтрат	2491	1349	693	440
Оборотная вода	109	448	19	7
Неонол	0	1	5	15
Собирательная смесь	0	0	0	0
АНОФ-3				
Питание мельниц (руда)	150	61	113	0.6
Мельничный слив	13	1	1	0.1
Пенный продукт III перечистки	5975	3843	5136	272
Хвосты апатитовой флотации	24692	1230	393	63
Слив сгустителей	56	27	31	3
Фильтрат	1608	278	483	9
Скруберная вода	351	29	118	8
Оборотная вода	156	12	18	0.6

Примечание. 0 – не выявлены.

Таблица 2

Результаты флотации апатита из руды в замкнутом цикле в присутствии сапротрофов и бактерий, использующих минеральные формы азота (КАА), выделенных из оборотной воды АНОФ-2

Выход концентрата, %	Содержание P_2O_5, %	Извлечение P_2O_5, %	Численность бактерий, кл./мл
36,30	40,42	94,60	Водопроводная вода, 0
36,30	39,5	95,30	10^2
38,30	38,12	95,10	10^3
39,00	37,45	95,00	10^6
37,40	39,39	95,50	10^7
36,40	39,83	95,40	10^8 (КАА)
37,20	39,70	94,40	10^8 (смесь 2 культур)

Примечание. Опыты с плотностью бактерий 10^2, 10^3 и 10^6 ставились зимой (январь-февраль), а с плотностью 10^7 выполнялись в апреле.

Таблица 3

Результаты флотации апатита из руды в замкнутом цикле в присутствии сапротрофов, выделенных из оборотной воды АНОФ

Выход концентрата, %	Содержание P_2O_5, %	Извлечение P_2O_5, %	Численность бактерий, кл./мл
36,3	40,42	94,60	Водопроводная вода, 0
35,5	40,40	93,96	10^2
36,0	40,17	94,40	10^3
36,4	40,09	94,80	10^6
36,5	40,09	95,25	10^7

сапротрофов и бактерий, использующих минеральные формы азота, а в АНОФ-3 – только сапротрофов, что видно из составляющих, в основном поступающих с оборотными водами.

Таким образом, данные, полученные при флотации чистых разностей минералов и руды, свидетельствуют о несомненном влиянии на процессы флотации бактерий, присутствующих в оборотных водах. Особенно наглядно это прослеживается на чистых разностях минералов. Здесь флотация проводилась в трубке Халлимонда, и флокуляция в этих условиях могла привести к затруднениям подъема пузырьком воздуха сфлокулированных частиц. Вероятно, в этом заключается одна из причин ухудшения флотируемости исследуемых материалов. Нельзя отрицать и блокирование активных центров минералов, что возможно при учете отрицательно заряженной поверхности бактерий.

Сравнивая результаты ухудшения флотируемости апатита и кальцита, нельзя говорить об определяющей роли фосфора в апатите. Из анализа состава сливов сгустителей следует, что присутствие соединений железа в пульпе (АНОФ-3) уменьшает в большей степени количество бактерий, чем соединения алюминия (АНОФ-2). Помимо этого можно отметить и влияние температуры, так как сгустители на АНОФ-3 находятся на открытом воздухе.

Наиболее простым решением вопроса является применение каких-либо окислителей для снижения воздействий бактерий на флотацию. К таким окислителям можно отнести гипохлорит натрия. Требуется провести исследования по его влиянию на флотационный процесс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессточная технология обогащения фосфатного сырья / Г.А.Голованов, С.М.Шифрин, М.М.Мырзахметов и др. М.: Химия. 1984. 136 с.

2. *Брыляков Ю.Е.* Влияние ионного состава пульпы на изменение флотационных свойств минералов, входящих в состав руд Хибин / Ю.Е.Брыляков, М.А.Кострова, А.Ш.Гершенкоп // Направленное изменение физико-химических свойств минералов в процессах обогащения полезных ископаемых: Материалы международного совещания (Петрозаводск, 2003 г.). М.: Альтекс, 2003. С.53-54.

3. Влияние солей жесткости на технологические показатели флотации апатита / Ю.Е.Брыляков, М.Е.Быков, М.А.Кострова и др. // Горный журнал. 2002. № 11-12. С.62-64.

4. *Гершенкоп А.Ш.* Прямая флотация нефелина как доводочная операция для повышения качества нефелинового концентрата / А.Ш.Гершенкоп, Н.А.Гандрусов // Научно-технический прогресс в производственном объединении «Апатит» / Гос. ин-т горно-хим. сырья. М., 1989. Ч.2. С.35-42.

5. *Голованов В.Г.* Внедрение оборотного водоснабжения на АНОФ-2 / В.Г.Голованов, А.А.Петровский, Ю.Е.Брыляков // Горный журнал. 1999. № 9. С.48-50.

6. *Илялетдинов А.Н.* Микробиологические превращения металлов. Алма-Ата: Наука, 1984. 268 с.

7. *Козлов Д.Е.* Проблемы внедрения оборотного водоснабжения на ОАО «Апатит» // Изв. вузов. Горный журнал. 2002. № 1. С.132-138.

8. *Усачев П.А.* Физико-химические особенности формирования и кондиционирования оборотных вод при обогащении апатито-нефелиновых руд / П.А.Усачев, Т.П.Герман, Б.П.Соколов // Теория и практика интенсификации флотации руд в условиях водооборота / ОАО «Апатит». Апатиты, 1989. С.35-40.