УДК 622.755

Ю.П.БАТУРА, М.В.УГЛОВСКАЯ
Читинский государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФАКТОРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ФЛОТИРУЕМОСТИ КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ

Показана возможность развития технологии обогащения на примере кварц-карбонатно-флюоритовых руд Олимпийского участка Гарсонуйского месторождения с карбонатным модулем 0,95. Проводились экспериментальные исследования обогащения карбонатно-флюоритовой руды. В задачу исследований входило выяснение основных факторов, определяющих флотационные свойства флюорита и кальцита, изучение взаимодействия минералов с флотационными реагентами, разработка оптимального реагентного режима флотационного обогащения флюорита и кальцита. По результатам исследований разработана и рекомендована для проведения промышленных испытаний схема флотации с получением карбонатного концентрата и флюоритового – марки ФФ-97А.

The article describes possibility of technology development in terms of processing quartz-carbon-bearing fluorite ores of the Olimpyskiy site at the Garsonuiskiy deposit, which carbonaceous module equals 0.95. Experimental research in carbon-bearing fluorite ore dressing was held in the course of investigation. The research problem included identification of principal factors which determine flotation properties of fluorite and calci-spar, studying interaction of minerals with flotation agents, working out the optimal reactant mode of fluorite and calci-spar flotation concentration. Flotation flow chart to obtain carbonaceous and fluorite (ФФ-97А) concentrates was developed as the result of this research and recommended for commercial testing.

Существует серьезная проблема, связанная с вовлечением в переработку комплексных и труднообогатимых карбонатно-флюоритовых руд с низким содержанием флюорита. Сложность переработки заключается в трудной селекции кальцийсодержащих минералов с почти одинаковыми флотационными свойствами и увеличивается с уменьшением карбонатного модуля. Это требует применения новых подходов к поиску и разработке сочетаний селективнодействующих депрессоров для подавления не подлежащих флотации минералов.

Бурное развитие химической и алюминиевой промышленности требует увеличения выпуска высокосортных флюоритовых флотоконцентратов с содержанием CaF_2 не менее 97-98 %.

В Горном институте Читинского государственного университета под руководством проф. А.В.Фатьянова и доц. Л.Г.Никитиной была проведена студенческая научно-исследовательская работа «Изучение флотируемости кальцита и флюорита на основе многофакторного планирования эксперимента».

В этой работе показана возможность развития технологии обогащения на примере кварц-карбонатно-флюоритовых руд Олимпийского участка Гарсонуйского месторождения с карбонатным модулем 0,95. Опыты проводились на чистых минералах $CaCO_3$ и CaF_2. Крупность минералов, подвергаемых исследованиям, составляет от –0,2 до +0,044 мм. Был проведен минералогический анализ проб.

Определены основные факторы, влияющие на извлечение флюорита и кальцита, из литературы по рассматриваемой проблеме.

Для исследования факторов, влияющих на показатели обогащения, была применена методика рационального планирования многофакторного эксперимента, в основу которой положена нелинейная множественная корреляция, а также матрица и формула, предложенная М.М.Протодьяконовым для обработки статистических данных. В ре-

зультате получена возможность изучения следующих факторов: расход хлористого кальция, кислого жидкого стекла (КЖС), олеиновой кислоты, Т-80; времени перемешивания с реагентом; времени флотации[*].

В результате многофакторного планирования эксперимента были получены графические зависимости исследуемых факторов, влияющих на технологические показатели. Анализируя проделанные расчеты и исходя из реальных условий процесса флотации минеральных частиц, а также на основании анализа функций, выбран оптимальный режим флотации. При извлечении флюорита и подавлении кальцита в оптимальном режиме значения факторов совпадают.

Результаты контрольных опытов в выбранных оптимальных условиях флотации подтвердили правильность выбранных режимов.

В настоящее время внимание исследователей привлекает кислое жидкое стекло – реагент, являющийся сильным депрессором кальцита. Кальцит различных участков Гарсонуйского плавикошпатового месторождения обладает высокой флотационной активностью при флотации олеиновой кислотой в дистиллированной воде. В наших исследованиях установлено, что кислое жидкое стекло (КЖС) активизирует флотацию флюорита и депрессирует кальцит при одних и тех же расходах собирателя.

При исследовании флотации флюорита и кальцита в присутствии КЖС было замечено, что при определенном соотношении КЖС и хлористого кальция пульпа теряет прозрачность, становится мутной, визуально можно наблюдать образование коллоидных частиц крупного размера.

Классен В.И. и Мокроусов В.А. связывают изменение флотационной активности минералов с различной скоростью закрепления собирателя на разных минералах. В связи с этим особое внимание уделено времени перемешивания с реагентами. Время перемешивания для максимального извлечения флюорита составляет 2,5 мин. При перемешивании до 2 мин кальцит извлекается в концентрат, а при перемешивании до 3 мин извлечение кальцита резко падает. Это связано с тем, что частицы кальцита образуют флокулы больших размеров, которые остаются в объеме камеры[**].

Для подтверждения полученных данных были проведены опыты на рудах Олимпийского участка Гарсонуйского месторождения в выбранном оптимальном режиме при многофакторном планировании эксперимента. В результате предложена технологическая схема для получения высококачественных концентратов марки ФФ-97А (получено положительное решение на патент, авторы А.В.Фатьянов, Л.Г.Никитина, С.В.Никитин и др.). Рекомендованная технологическая схема обладает существенными экономическими преимуществами по сравнению с вариантами переработки таких руд на действующих российских и зарубежных обогатительных фабриках.

Предложена схема флотации в составе основной и 5-8 перечистных операций флюоритового концентрата с выводом в отвал хвостов основной флотации и промпродукта первой перечистки. Предусмотрено получение двух концентратов – флюоритового и карбонатного.

Полученные основные практические результаты сводятся к следующему:

1. При необходимости получения высококачественных флюоритовых концентратов марки ФФ-97А рекомендовано применение в цикле измельчения двух структурообразователей – хлористого натрия и кислого раствора хлористого кальция.

В этом случае получены флотоконцентраты: флюоритовый с содержанием CaF_2 – 98,28 %, $CaCO_3$ – 0,13 % при извлечении CaF_2 – 63,34 % и карбонатный с содержанием $CaCO_3$ – 43,56 %, CaF_2 – 35,34 % при извлечении $CaCO_3$ – 39,65 %, CaF_2 – 17,18 %. Общее извлечение CaF_2 в оба концентрата достигает 80,52 %.

2. Высокая селективность процесса разделения кальцийсодержащих минера-

[*] *Малышев В.П.* Математическое планирование металлургического и химического эксперимента. Алма-Ата: Наука, 1977.

[**] *Астахов Р.Я.* Селективная флотация флюорит-карбонатных руд / Р.Я.Астахов, К.А.Никифоров, М.В.Мохосоев. Новосибирск: Наука, 1983.

лов подтверждена на жесткой воде, взятой из водопровода обогатительной фабрики Гарсонуйского рудника, перерабатывающей карбонатно-флюоритовые руды Начирского и Олимпийского участков Гарсонуйского месторождения.

3. Разработанная технологическая схема флотации рекомендуется для проведения промышленных испытаний и имеет следующие технологические преимущества по сравнению с применяемой на обогатительной фабрике Гарсонуйского рудника:

• схема по своей структуре имеет наиболее прогрессивное решение – флотация ведется в открытом цикле, при котором пенный продукт последней перечистки является кондиционным флюоритовым концентратом, а все промпродукты объединяются и являются кондиционным карбонатным концентратом. Такой вариант обеспечивает получение наиболее высоких технологических показателей обогащения;

• в схеме исключена пропарка в любом виде. Флотация проводится при естественной температуре пульпы после измельчения руды, что значительно снизит затраты на производство концентратов;

• схема разработана при измельчении руды до 72-75 % класса –0,074 мм, при котором в настоящее время работает обогатительная фабрика;

• выпуск двух флотоконцентратов – флюоритового и карбонатного значительно повышает комплексность использования минерального сырья и технико-экономические показатели производства;

• сокращается время флотации, за счет этого останавливается 12 камер флотомашин (10 камер ФМР-10, 2 камеры ФМР-4) по сравнению с существующей схемой.

При выполнении НИР разработаны методы интенсификации процессов разделения кальцийсодержащих минералов при флотации сложных по составу карбонатно-флюоритовых промпродуктов руд Начирского и Олимпийского участков Гарсонуйского месторождения с карбонатным модулем 0,95 за счет регулирования структуры жидкой фазы и ислительно-восстановительного состояния флотационной дисперсной системы.

Научный руководитель к.т.н. доц. *Л.Г.Никитина*