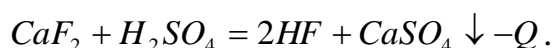


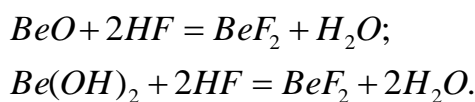
**А.С. КИРНАРСКИЙ**, д-р техн. наук  
(Германия, Engineering Dobersek GmbH)

## УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ФЛЮОРИТОВОЙ РУДЫ НА КУРЧАТОВСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

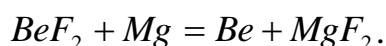
Курчатовская обогатительная фабрика является ведущим предприятием Казахстана по переработке кварц-флюоритовой руды. Фтор относится к числу самых активных в природе окислителей. В это отношении он сильнее кислорода. Получаемый на фабрике флюоритовый концентрат ( $CaF_2$ ) идет на производство плавиковой кислоты ( $HF$ )



Плавиковая кислота способна растворять как металлы, так и стекло, силикаты и алюмосиликаты. Особенно востребованна плавиковая кислота при производстве фтористого бериллия из его оксидов



Восстанавливая фторид магнием, получаем чистый бериллий, который применяется в атомных реакторах как замедлитель нейтронов



Таким образом, Курчатовская обогатительная фабрика (рис. 1) является уникальным предприятием по переработке минерального сырья стратегического назначения. В настоящее время перед предприятием поставлена задача существенного повышения производительности фабрики без изменения фронта флотации.

Добыча и крупное дробление кварц-флюоритовой руды осуществляется на руднике Караджал, территориально расположенного в пределах площади Семипалатинского ядерного полигона. По характеру оруднения на месторождении выделяются редкометально-флюоритовый и флюоритовый участки. Последний сформирован в останце осадочных пород среди гранитов в северном эндоконтакте верхнепермских гранитов массива Дегелен. Породы, слагающие данный останец, представлены преимущественно карбонатными отложениями баянаульской свиты  $D_{1-2}$ . Внутреннее строение отложений баянаульской свиты неоднородные. В нижней части их разреза наблюдаются роговики по песчаникам и гравелитам, которые сменяются пироксен-кварцевыми роговиками с про-

## **Загальні питання технології збагачення**

слоями алевролитов и пелитов. Выше залегает слоистый пакет разномерных алюмосиликатов и известняков. Перекрывают разрез известковых пород песчаники с редкими прослоями алевролитов, ороговикованные большей частью до биотит-палевошпат-кварцевых роговиков. Интрузивные образования представлены гранитами, которые однообразны по составу и неоднородны по структурной особенностям. Метасоматические образования развиты на месторождении широко представлены скарнами и грейзенами. Скарны составляют наиболее пестрый ряд метасоматитов, что обусловлено сложным характером наложенных на них преобразований. Содержание флюорита в скарнах простого состава не превышает 10%, а в грейзенизированных достигает 30-45%. Флюорит представлен обычно белой, бесцветной, часто зеленоватой разностью и лишь изредка встречаются его выделения с неравномерной пятнистой окраской от зеленой или белой до фиолетовой и розовой. Содержание его варьирует от 20 до 90%. Кварц-флюоритовое оруднение месторождения Караджал относится к жильному типу. Кварц-флюоритовые жилы различны по протяженности, порой достаточно крупные (30-640 м) и вместе с тем характеризуется незначительной и крайне изменчивой вертикальной мощностью (8-45 м). Быстрое выклинивание на глубине обуславливает в большинстве случаев и значительную изменчивость горизонтальной мощности жил. Вследствие этого они нередко в разрезе имеют форму опрокинутого конуса, достаточно мощные на поверхности, но быстро сужаются, выклиниваясь на глубине 10-30 м. В результате такой морфологии и глубины залегания жил, принятая ранее проектом сеть канав и скважин (40×40 м) не позволила оконтурить разведываемые тела с требуемой точностью. Принятая в процессе работ сеть 20×20 м позволяет отнести данное месторождение к III группе сложности. Коэффициент вариации по содержанию  $\text{CaF}_2$  составляет 48%, а по мощности – 108%. Физико-механические свойства руды приведены в таблице 1.



Рис. 1. Курчатовская ОФ по переработке кварц-флюоритовой руды

## Загальні питання технології збагачення

Таблиця 1

### Физико-механические свойства флюоритовой руды

Характеристики руды	Единица измерения	Численное значение
Плотность	т/м <sup>3</sup>	2,95
Влажность	%	5 – 8
Максимальный размер куска	мм	700
Пористость	%	1,02
Прочность на сжатие	МПа	115,8
Крепость по Протодяконову		4,2
Коэффициент хрупкости		18,1
Коэффициент размягчения		0,88
Угол внутреннего трения	град	63

На руднике Караджал селективно добывается богатая кварц-флюоритовая руда с содержанием фторида кальция ( $\text{CaF}_2$ ) на уровне 68-71%. Остальная руда имеет среднее содержание фторида кальция ( $\text{CaF}_2$ ) 55%. Крупное дробление осуществляется на руднике. Крупность крупнодробленной руды -250 мм. Доставка рядовая руда на открытый фабричный склад автотранспортом. Руда складывается навалом на площади 20 тыс. м<sup>2</sup>. Руда со склада фронтальным погрузчиком ГО-28 загружается в приемный бункер и далее посредством пластинчатого питателя в щековую дробилку ШДС 4×9, где она дробится до крупности 70 мм. Среднедробленый материал ленточным конвейером транспортируется на вибрационный грохот ГСТ-31, где отсеивается готовая фракция -20 мм. Надрешетный продукт поступает на мелкое дробление в валковой дробилке до крупности 20 мм. Дробленый продукт накапливается в промежуточных бункере вместимостью 180 м<sup>3</sup>, откуда ленточным конвейером он транспортируется в измельчительное отделение. Гранулометрический состав дробленого продукта приведен в таблице 2.

Таблиця 2

### Гранулометрический состав дробленной флюоритовой руды

Класс крупности, мм	Выход, %	Содержание $\text{CaF}_2$ , %
+ 20	15,8	59,22
15-20	0,9	62,36
10-15	8,5	65,31
6-10	14,7	66,04
2-6	15,8	68,8
0-2	44,0	69,5
Итого	100,0	66,84

Так как полное раскрытие флюорита достигается при крупности 95% класса -0,074 мм, то после дробления применяется двухстадиальное измельчение, при этом необходимо избегать переизмельчения из-за повышенного измельчения флюорита по сравнению с зернами порообразующих минералов. Измельчение первой стадии проводится в шаровой мельнице МШР 2100×3000, работающей в замкнутом цикле со спиральным классификатором 1КСН-12. Диа-

## **Загальні питання технології збагачення**

метр шаров – 80 мм. Содержание твердого поддерживается не более 70%. Слив спирального классификатора (40% кл. -0,074 мм) самотеком поступает в зумпф гидроциклонной установки на основе гидроциклонов диаметром 350 мм, которая работает в замкнутом цикле с шаровой мельнице МШЦ 2100×3000 вместимостью 8,5 м<sup>3</sup>. Диаметр шаров – 60 мм. Содержание твердого на второй стадии измельчения поддерживается 55%. Циркуляционная нагрузка на первой и второй стадиях гидроклассификации составляет соответственно 210 и 125%. Содержание твердого в сливе ГЦ-350 достигает 35-37%, крупность помола – 68-75% класса -0,071 мм.

Флюоритовая суспензия поступает в контактный чан, где она подогревается до 30-40 °С и перемешивается с флотационными реагентами. В качестве собирателя служит олеат натрия (115 г/т), а депрессора – жидкое стекло (450 г/т). Флотационные реагенты готовятся в специальном отделении. Жидкое стекло (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) силикат глыбами загружается в контактный чан с подогретой до 40 °С водой, где раствор обрабатывают четыре часа до достижения требуемой плотности 1,35-1,45 т/м<sup>3</sup>, а затем через промежуточный зумпф дозирующими насосами подается в процесс. Олеат натрия готовится путем растворения гидроксида натрия в подогретой до 50-60 °С воде при постоянном перемешивании до полного омыления кислоты. Рабочая концентрация растворов реагентов – 5%.

Флотация проводится в механических флотационных машинах ФМ-3,2 при общем времени флотации 80 мин. в следующей технологической последовательности: две стадии основной флотации, шесть перечисток и контрольная флотация. Эффективность последних перечисток невысокая, повышение содержания фторида кальция (CaF<sub>2</sub>) не превышает 0,5-1,0%.

Химический состав получаемого флюоритового концентрата ФФ-95-1 приведен в таблице 3.

*Таблица 3*

Химический состав флюоритового концентрата ФФ-95А	
Химические соединения	Содержание, %
CaF <sub>2</sub> , не менее	95
CaCO <sub>3</sub>	1,5
SiO <sub>2</sub>	2,0
S	0,2

Пенный продукт флотации направляется в радиальный сгуститель, где он сгущается и перекачивается на два рамных фильтр-пресса периодического действия. Пока один пресс-фильтр загружается пульпой, другой в это время разгружается от кека. Влажность кека – 10-12%. Для снижения влажности флюоритового концентрата до 0,8% применяется термическая сушка. Температура материала на выходе из сушильного агрегата 110 °С. Система водооборота замкнута через хвостохранилище.



Рис. 2. Флотационное отделение Курчатовской обогатительной фабрики

Узким местом в действующей технологии есть ошламование системы илистой высокодисперсной фракцией крупностью  $-0,02$  мм, содержание флюорита в которой не превышает 10%. Наличие этого липкого глинистого шлама в исходной руде (до 30%) затрудняет транспортировку материала, его дробление и измельчение, снижает эффективность флотационной обработки. Для устранения этого технологического изъяна предложено внедрить промывку и обесшламливание на стадии рудоподготовки после среднего дробления руды в щековой дробилке. При определении оптимального места промывки в схеме исходили из того, что предпочтительнее ее назначать в голове процесса, так как каждая последующая стадия связана с потерями флюорита в составе вторичных шламов. Шламы относятся к категории труднопромывистых, поэтому принимаем три стадии обработки руды: промывка в скруббер-бутаре, обесшламливание в спиральном классификаторе и гидроциклоне. Удельный расход оборотной воды  $2-3$  м<sup>3</sup>/т. Схема цепи аппаратов данного технологического решения представлено на рис. 3.

## Загальні питання технології збагачення

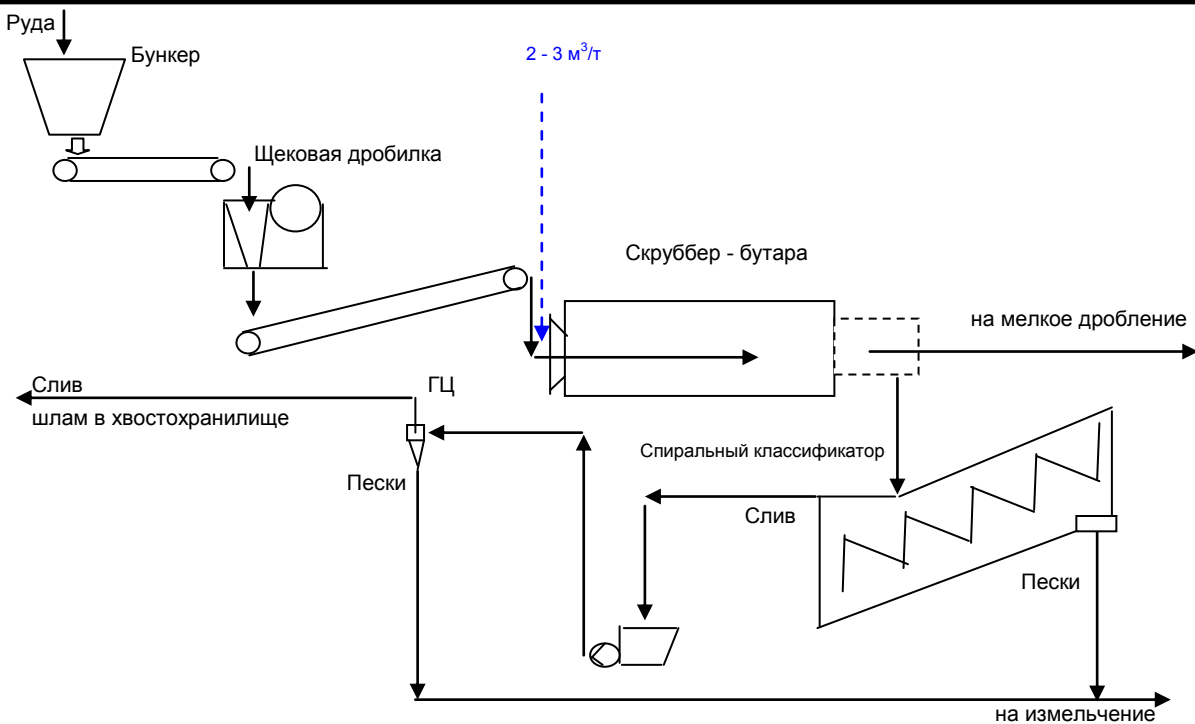


Рис. 3. Технология промывки и обесшламливания флюоритовой руды

© Кирнарский А.С., 2012

Надійшла до редколегії 12.09.2012 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим