

УДК 622.765
DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-4-33-37

**ПЕРЕРАБОТКА КАРБОНАТНО-ФЛЮОРИТОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ
МОНГОЛИИ И ЗАБАЙКАЛЬЯ**

**PROCESSING OF CARBONATE-FLUORITE ORE DEPOSITS OF MONGOLIA
AND TRANSBAIKAL REGION**



*А. В. Фатьянов,
Забайкальский
государственный
университет, г. Чита
fatyanov.albert@yandex.ru*

*A. Fatyanov,
Transbaikal State University,
Chita*



*Л. Г. Никитина,
Забайкальский
государственный
университет, г. Чита
nikitina-lg@yandex.ru*

*L. Nikitina,
Transbaikal State University,
Chita*



*С. А. Щеглова,
Забайкальский
государственный
университет, г. Чита
ssheglova@mail.ru*

*S. Scheglova,
Transbaikal State University,
Chita*

Рассматривается проблема обогащения карбонатно-флюоритовых руд как наиболее сложных для переработки. При их обогащении не удается получить богатые флюоритовые концентраты при высоком извлечении ценного компонента. Проблема обогащения состоит в том, что флюорит и кальцийсодержащие породообразующие минералы обладают сильными гидрофобными свойствами и флотируются практически одинаково, то есть в условиях флотации очень трудно добиться селекции этих минералов. В статье изложены вопросы регулирования процессов структурирования дисперсионной среды флотационной пульпы с помощью различных методов и представлены два варианта технологических схем для карбонатно-флюоритовых руд месторождений Забайкалья и Монголии. Для отечественной промышленности рекомендована схема флотационного обогащения флюоритовых руд с карбонатным модулем 0,95, состоящая из основной флотации и 8 перечистных операций, с применением кислого жидкого стекла в качестве депрессора карбонатов. В этом случае возможно получение флюоритового концентрата марки ФФ-97А, содержащего 98,28 % CaF_2 и 0,13 % CaCO_3 при извлечении CaF_2 63,4 %. Для Монголии рекомендована схема флотации карбонатно-флюоритовых руд с применением нового реагента собирателя ON-60. Схема позволяет получить концентрат марки ФФ-95Б, содержащий CaF_2 – 97,3 %, CaCO_3 – 1,82 % при извлечении CaF_2 – 70,99 %. Обе технологии рекомендуются для применения в промышленных условиях

Ключевые слова: флотационное обогащение; флюоритовые руды; карбонатный модуль; жидкое стекло; концентрат; извлечение; флотация; карбонатный модуль; интенсификация; структурирование

The carbonate-fluorite ores are the most difficult of all flotation ores to be processed. Fields with such composition are growing in number nowadays but it is not possible to get rich fluorite concentrate with high recovery of a valuable component while processing them. The problem with processing is that the fluorite and calcium-containing rock-forming minerals have strong hydrophobic properties and are floated practically in the same way, which means that it is very difficult to achieve filtering of these minerals with flotation. The article deals with the issue of regulating processes of structuring of the flotation pulp dispersive medium by various methods. Two variants of technological schemes for the carbonate-fluorite ore deposits of the Transbaikal region and Mongolia are presented in the article as well as a scheme for flotation beneficiation of fluorite ores with the carbonate module of

0,95, consisting of the basic flotation and 8 recleaning operations, using acidic sodium silicate as a depressant agent, recommended for the domestic industry. In this case, it is possible to obtain FF-97A grade fluorite concentrate, containing — 98,28 % of CaF_2 and 0,13 % of CaCO_3 recovering 63,4 % of CaF_2 . The scheme for flotation of carbonate-fluorite ores by using ON-60, a new collecting agent, is recommended for Mongolia. This scheme makes it possible to obtain FF-95B grade concentrate, containing 97,3 % of CaF_2 , 1,82 % of CaCO_3 recovering 70,99 % of CaF_2 . Both technologies are recommended for applying under production-line conditions

Key words: flotation beneficiation; fluorite ores; carbonate module; sodium silicate; concentrate; recovery; flotation; carbonate unit; intensification; structuring

Введение. На горном факультете Забайкальского государственного университета работает организованная в 2001 г. на основании решения ученого совета Читинского государственного университета научная аналитическая лаборатория, занимающаяся развитием теории и практики новых технологий в горной промышленности Забайкальского края и Монголии.

Основное научное направление лаборатории — неравновесные процессы в технологии переработки минерального сырья. Его главной особенностью являются развиваемые специалистами лаборатории представления о том, что устойчивость дисперсной флотационной системы может регулироваться в условиях изменения колебательных режимов неравновесных процессов. Для этого предложено использовать гармонические колебания или колебания более сложного характера, называемые пульсирующими.

Цель исследований. Основная идея исследований связана с использованием представлений о результатах кооперативного взаимодействия в неравновесных системах, определяемых понятием об их структурировании, т.е. самоорганизации с образованием диссипативных структур. Возможности изменения структуры дисперсионной среды обоснованы с разработкой и обоснованием ее изменяемых свойств под действием флотируемых минералов и флотореагентов, а также при использовании воздействий различных физических полей. Следует отметить, что данное представление находится в духе современных теорий структурообразования: синергетики, теории катастроф и термодинамики необратимых процессов. В настоящее время аналогичные идеи находят развитие в биологии,

химии, физике и других научных направлениях, где исследуются сложные системы вдали от состояния равновесия. Доказано, что неравновесные системы под действием слабых энергетических воздействий могут претерпевать значительные структурные изменения, направленное регулирование которых может широко использоваться в промышленности для интенсификации процессов флотации труднообогатимых полезных ископаемых [4].

Методы исследования. Для практического применения в лаборатории предложены технологические методы регулирования процессов структурирования дисперсионной среды флотационной пульпы: солевая флотация в присутствии нейтральных солей, избирательная стабилизация пульпы, электрохимическая обработка флотационной пульпы при переработке различных по составу типов руд Забайкалья и Монголии. Многие особенности технологического характера изучены на рудах Югодзырского, Хубсугульского, Начирского, Олимпийского, Гарсонуйского, Антоновского, Шахматного, Удоканского и других месторождений. Исследованы и обоснованы технологические решения с применением нестандартных приемов в таких направлениях, как разработка нетрадиционных технологий обогащения ряда руд старых и новых месторождений полезных ископаемых Забайкалья и Монголии с применением различных физико-химических воздействий на компоненты и фазы, интенсификация флотации труднообогатимых руд Забайкалья и Монголии на основе структурирования дисперсионной среды, разделение минералов в нестационарном центробежном поле, разработка технологических схем для промышленного освоения более эффективных

технологий переработки многокарбонатных флюоритовых и других руд.

В последние годы выполнены исследования по обогащению наиболее сложных по составу карбонатно-флюоритовых руд отечественных и монгольских месторождений и рекомендованы два принципиально разных варианта схем.

Результаты исследований. Для отечественной промышленности рекомендована схема флотационного обогащения руды Начирского и Олимпийского месторождений, представленной промпродуктом после гравитационного обогащения с карбонатным модулем 0,95 и содержащим, %: CaF_2 – 30,32; CaCO_3 – 23,07; MgCO_3 – 8,97; SiO_2 – 32,7. Для проведения промышленных испытаний рекомендована схема, состоящая из основной флотации и 5...8 перечистных операций, в зависимости от того, концентрат какого качества необходимо получить. Схема предусматривает селекцию кальциевых минералов с флотацией флюорита и подавлением флотиремости карбонатов. Продукт первой перечистки и хвосты основной флотации выводятся в отвал. В качестве собирателя рекомендована олеиновая кислота, а в качестве депрессора карбонатов – кислое жидкое стекло с pH раствора менее 1, приготовленное по специальной методике. Предусматривается введение нейтральных солей CaCl_2 и NaCl в цикл измельчения для регулирования структуры водной фазы. Рекомендуется применять хлористый натрий в виде водного раствора, а хлористый кальций – в виде кислого раствора, для чего в свежеприготовленный раствор добавляется концентрированная соляная кислота с доведением pH до величины менее 1. Специальная операция по стабилизации окислительно-восстановительного состояния пульпы, контролируемая с помощью платинового и хлор-серебряного электродов для достижения величины $E_h = 1300$ мВ вводится после измельчения руды. В промышленных условиях этот процесс осуществляется путем перемешивания пульпы после измельчения руды в течение 12...15 мин в контактном чане или камерах флотации без подачи воз-

духа. Применяемая система регулирования структуры жидкой фазы и E_h дисперсной системы совместно с разработанным режимом обеспечивает скоротечность процесса разделения кальцийсодержащих минералов на основе аэрофлокулярной флотации. Наиболее высококачественная продукция получена по схеме с восемью перечистками концентрата, флюоритовый концентрат марки ФФ-97А содержит 98,28 % CaF_2 и 0,13 % CaCO_3 при извлечении CaF_2 – 63,4 %. Второй концентрат – карбонатный – смесь промпродуктов со второй по восьмую перечистки, содержит 43,56 % CaCO_3 ; 35,54 % CaF_2 при извлечении CaCO_3 – 39,65 %; CaF_2 – 17,18 %. Общее извлечение флюорита в оба концентрата составляет 80,52 %. Полученные показатели подтвердились при проверке на местной воде обогатительной фабрики.

Для Монголии рекомендованная схема флотационного обогащения испытывалась на руде месторождений: шахты Бор-Ундур, Урген и Хох-Дэль, планируемых в перспективе для переработки на обогатительной фабрике ГОКа Бор-Ундур. В соответствии с химическим составом содержание пробы составило, %: CaF_2 – 26,55; CaCO_3 – 10,01; SiO_2 – 47,05; P – 0,039; S – 0,042 при карбонатном модуле 2,65.

В результате проведенного исследования в лабораторных условиях для обогащения высококальцитной руды рекомендована технологическая схема и реагентный режим, позволяющие отказаться от подогрева пульпы и снизить ее температуру до +5 ... 8 °С. Рекомендуется применять новый реагент – собиратель из класса перластанов ON-60 для создания таких условий. Проблемы разделения кальцийсодержащих минералов флюорита и кальцита решены с применением модифицированного жидкого стекла, которое используется в качестве депрессора и готовится на основе введения в раствор обычного щелочного жидкого стекла растворов сульфатов железа, алюминия, цинка и др. Схема флотации состоит из основной флюоритовой и шести перечистных операций. Хвосты основной флюоритовой флотации и первой перечистки

являются отвальными продуктами. Конечными продуктами технологии обогащения являются флюоритовый и карбонатный концентраты. Флюоритовый концентрат марки ФФ-95Б, содержащий CaF_2 – 97,3 %; CaCO_3 – 1,82 % получен в качестве пенного продукта шестой перемывки при извлечении CaF_2 – 70,99 %. Карбонатный концентрат представляет смесь промпродуктов со второй по шестую перемывки и содержит 43,53 % CaF_2 и 12,02 % CaCO_3 при извлечении CaF_2 – 20,66 % и CaCO_3 – 45,71 %. Такой концентрат рекомендуется после окомкования использовать в цементной и

металлургической промышленности. Общее извлечение CaF_2 в оба концентрата составляет 91,65 %. В схеме рекомендуется стабилизация Eh в течение 15 мин.

Выводы. Полученные результаты исследования являются перспективными для интенсификации разработки технологии обогащения сложных по составу многокарбонатных флюоритовых руд. Разработанные схемы флотации и реагентный режим могут применяться как на отечественных флюоритовых фабриках, так и обогатительных фабриках Монголии.

Список литературы

1. Астахов Р. Я., Никифоров К. А., Мохосоев М. В. Селективная флотация флюорит-карбонатных руд. Новосибирск: Наука. 1983. 138 с.
2. Берлинский А. И. Структурообразование и депрессирующие свойства жидкого стекла // Труды Центрального научно-исследовательского горноразведочного института. 1967. Вып. 70. С. 23–27.
3. Леонов С. Б., Астахов Р. Я. Флотация карбонатно-флюоритовых руд с использованием в качестве регулятора среды кислого раствора хлористого кальция // Физико-химические и технологические исследования процессов переработки полезных ископаемых. Иркутск, 1973. С. 84–87.
4. Никифоров К. А., Ревнивцев В. А. Направленные превращения минералов. Новосибирск: Наука, 1992. 192 с.
5. Никифоров К. А. Необратимые процессы в измельчении минерального сырья // ФТПРПИ. 1993. № 6. С. 85–87.
6. Никифоров К. А. Самоорганизация как принцип селективной флотации тонкодисперсных систем // Рациональное использование минерального сырья Сибири. Улан-Удэ: БНЦ СО АН СССР, 1990. С. 3–10.
7. Сычков В. В., Астахов Р. Я. Лабораторные исследования и полупромышленные испытания плави-кошпатовой руды Начирского участка Гарсонуйского месторождения // Материалы семинара работников технологических лабораторий геологических организаций. 1970. Вып. 2. С. 110–115.
8. Чантурия В. А. Перспектива устойчивого развития горноперерабатывающей индустрии России // Горный журнал. 2007. № 2. С. 2–9.
9. Чантурия В. А., Чаплыгин П. Н., Вигдергауз В. Е. Ресурсосбережение технологии переработки минерального сырья и охрана окружающей среды // Горный журнал. 2007. № 4.
10. Чантурия В. А. Современные проблемы обогащения минерального сырья в России // Обогащение руд. 2000. № 6.
11. Pople J. A. A theory of the structure of water // Proc. Roy. Soc., 1951/ Ser. A, vol. 205, no. 1081, pp. 163–179.
12. Carbonatites. Genesis and Evolution / Ed. K. Bell. L.: Unwin Hyman, 1989. 618 p.

References

1. Astakhov R. Ya., Nikiforov K. A., Mohosoev M. V. *Selektivnaya flotatsiya flyuorit-karbonatnyh rud* [Selective flotation of fluorite-carbonate ores]. Novosibirsk: Nauka. 1983. 138 p.
2. Berlinsky A. I. *Trudy Tsentralnogo nauchno-issledovatel'skogo gornorazvedochnogo instituta* (Proceedings of the Central Research Institute of Mining and Exploration), 1967, issue 70, pp. 23–27.
3. Leonov S. B., Astakhov R. Ya. *Fiziko-himicheskie i tehnologicheskie issledovaniya protsessov pererabotki poleznyh iskopaemyh* (Physico-chemical and technological studies of processing of minerals). Irkutsk, 1973, pp. 84–87.
4. Nikiforov K. A., Revnivitsev V. A. *Napravlenkiye prevrashheniya mineralov* [Directed transformations of minerals]. Novosibirsk: Nauka, 1992. 192 p.
5. Nikiforov K. A. *FTPRPI* (Fiz.-Tekh.), 1993, no. 6, pp. 85–87.

6. Nikiforov K. A. *Ratsionalnoe ispolzovanie mineralnogo syriya Sibiri* (Rational use of mineral raw materials in Siberia). Ulan-Ude: BNC SO AN SSSR, 1990, pp. 3–10.
7. Sychkov V. V., Astakhov R. Ya. *Materialy seminarov rabotnikov tehnologicheskikh laboratoriy geologicheskikh organizatsiy* (Materials of the seminar of workers of technological laboratories of geological organizations), 1970, issue 2, pp. 110–115.
8. Chanturia V. A. *Gornyy zhurnal* (Mining Journal), 2007, no. 2, pp. 2–9.
9. Chanturia V. A., Chaplygin P. N., Wigderhaus V. E. *Gornyy zhurnal* (Mining Journal), 2007, no. 4.
10. Chanturia V. A. *Obogashhenie rud* (Enrichment of ores), 2000, no. 6.
11. Pople J. A. *Proc. Roy. Soc.* (Proc. Roy. Soc.), 1951/ Ser. A, vol. 205, no. 1081, pp. 163–179.
12. *Carbonatites. Genesis and Evolution* (Carbonatites. Genesis and Evolution); Ed. K. Bell. L.: Unwin Hyman, 1989. 618 p.

Коротко об авторах

Фатьянов Альберт Васильевич, д-р техн. наук, профессор кафедры «Обогащение полезных ископаемых и вторичного сырья», Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: неравновесные процессы в технологии переработки минерального сырья, флотация минерального сырья
fatyanov.albert@yandex.ru

Никитина Людмила Георгиевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Обогащение полезных ископаемых и вторичного сырья», Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: обогащение полезных ископаемых, флотация минерального сырья
nikitina-lg@yandex.ru

Щеглова Светлана Александровна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление персоналом», Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: обогащение полезных ископаемых, флотация минерального сырья, экономика
ssheglova@mail.ru

Briefly about the authors

Albert Fatyanov, doctor of engineering sciences, professor, Mineral Processing and Recoverable Materials department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: unequal processes in the technology of mineral raw materials processing, floatation of mineral raw materials

Ludmila Nikitina, candidate of engineering sciences, assistant professor, Mineral Processing and Recoverable Materials department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: minerals processing, floatation of mineral raw materials

Svetlana Scheglova, candidate of engineering sciences, assistant professor, Personnel Management department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: minerals processing, floatation of mineral raw materials, economics

Образец цитирования

Фатьянов А. В., Никитина Л. Г., Щеглова С. А. Переработка карбонатно-флюоритовых руд месторождений Монголии и Забайкалья // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 4. С. 33–37. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-4-33-37.

Fatyanov A. V., Nikitina L. G., Shcheglova S. A. Processing of carbonate-fluorite ore deposits of Mongolia and Transbaikal Region // Transbaikal State University Journal, 2017, vol. 23, no. 4, pp. 33–37. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-4-33-37.

Дата поступления статьи: 27.03.2017 г.
Дата опубликования статьи: 28.04.2017 г.

