



**ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБОГАЩЕНИЯ АПАТИТОВОЙ РУДЫ
ПРИ ФЛОТАЦИИ ОЛЕАТОМ СВИНЦА**

Д. М. Цицилина

*Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, E-mail: tsitsilinadm@mail.ru,
Красный проспект 54, г. Новосибирск 630091, Россия*

Исследована собирательная способность производных форм олеиновой кислоты, представленных продуктами ее взаимодействия с солью свинца. Установлено влияние полученного реагента-собирателя на показатели флотационного извлечения апатитовой руды.

Флотация, несulfидные минералы, олеат свинца, физическая форма сорбции

**CHANGES IN APATITE ORE DRESSING INDICES
WHEN FLOATED BY LEAD OLEATE**

D. M. Tsitsilina

*Chinakal Mining Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
E-mail: tsitsilinadm@mail.ru, Krasniy pr. 54, Novosibirsk 630091, Russia*

The collective ability of derivatives of oleic acid represented by the products of its interaction with lead salt is investigated. The effect of the obtained collecting agent on the indices of flotation recovery of apatite ore is determined.

Flotation, non-sulfide minerals, lead oleate, physical form of sorption

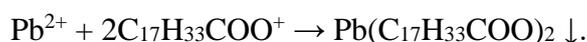
На собирательное действие труднорастворимых олеатов различных металлов при флотации несulfидных минералов указано в работе [1]. Результаты флотации свежесажденными, тонкодисперсными осадками олеатов многовалентных металлов практически эквивалентны результатам флотации исходной карбоновой кислоты. В [2] отмечено, что осадки не являются производительным расходом реагента, а обладают собирательными свойствами. Собирательные свойства свежесажденного осадка практически не уступают собирательной активности исходного тридецилата натрия.

В настоящее время установлено, что собирательная сила физически сорбированных производных форм собирателя — это мера воздействия растекающихся форм реагента на объем жидкости, заключенный в прослойке. Доказан эффект удаления жидкости из прослойки между пузырьком газа и поверхностью извлекаемой минеральной частицей поверхностно-активными по отношению к границе раздела “газ–жидкость” формами и осадками собирателя. Собирательные свойства данных осадков (коллоидных систем), структурными элементами которых являются “катион металла–анион собирателя”, объясняются механизмом работы физической формы сорбции реагента [3].

В [4] изучается собирательная способность продуктов нестехиометрического взаимодействия олеиновой кислоты с солями кальция, активных по отношению к границе раздела “газ–жидкость” и отмечается возможность активации флотации апатитовой руды ионами кальция по механизму работы физической формы сорбции собирателя

Цель представленной работы — исследование собирательной способности производных форм олеиновой кислоты — продуктов нестехиометрического ее взаимодействия с солями свинца, активных по отношению к границе раздела “газ–жидкость”.

Синтез олеата свинца можно описать следующим сокращенным ионным уравнением



В данном случае исходные вещества вступают в химическое взаимодействие в стехиометрических соотношениях 1 : 2, в результате реакции образуется осадок — олеат свинца. При нарушении стехиометрии (увеличении исходной концентрации олеиновой кислоты) помимо осадка в растворе будет присутствовать свободная олеиновая кислота и ее ионы.

На первом этапе работы получены растворы, содержащие продукты взаимодействия олеиновой кислоты с солью свинца, взятых с нарушенными стехиометрическими концентрациями (1 : 5, 1 : 10, 1 : 20). Исходная концентрация олеиновой кислоты принята постоянной и составила 0.01, исходные концентрации металла — 0.005, 0.002, 0.001, 0.0005. Растворы отличаются дисперсностью осадков. При стехиометрических концентрациях исходных веществ наблюдается образование крупнодисперсных частиц. В растворах с продуктами взаимодействия олеиновой кислоты и металлов с отношением исходных концентраций 1 : 10, 1 : 20 осадки находятся во взвешенном состоянии.

Поверхностное натяжение растворов находили с помощью тензиометра LAUDA MPT C. на свежеприготовленных растворах, имеющих слабощелочную среду. Растекание десорбируемой, физически закрепившейся формы сорбции собирателя обусловлено локальным поверхностным давлением, которое создается на границе раздела “газ–жидкость”. Это давление рассчитывали, как разность значений поверхностного натяжения воды и поверхностного натяжения полученных продуктов.

Для определения скорости растекания каплю свежеприготовленного раствора подавали на поверхность дистиллированной воды, ее распространение от точки соприкосновения с жидкостью и далее по всему фронту растекания фиксировали с помощью камеры Evercam 4000-16-с со скоростью 15000 кадров в секунду и разрешением 1280×176. Результаты характеристик синтезируемых растворов представлены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. Поверхностное давление, скорость растекания, мощность поверхностного потока полученных растворов

Металл	Мольное соотношение олеиновой кислоты и металла в растворе	Поверхностное давление π , 10^{-3} Н/м	Скорость растекания, м/с	Мощность поверхностного потока, 10^{-3} Н·м/с
Свинец	1 : 2	16.05	0.09	1.49
	1 : 5	18.28	0.12	2.19
	1 : 10	18.00	0.16	2.84
	1 : 20	19.95	0.17	3.39

Результаты исследований показывают, что для оценки флотационной активности растворов оценивать только скорость растекания или величину поверхностного давления недостаточно. Необходим параметр, который способен учитывать обе эти характеристики. Критерием, способным учитывать поверхностное давление, которое формируется в пленке физической формы сорбции реагента на границе раздела “газ–жидкость” и скорость, с которой перемещается фронт пленки является мощность поверхностного потока. Данный критерий позволяет численно оценить изменение собирательной способности при изменении концентраций исходных реагентов и равен произведению скорости поверхностного потока на поверхностное давление

указанных форм реагента. Установлено, что значение мощности поверхностного потока собирателя снижается при образовании крупнодисперсных осадков — продуктов взаимодействия олеиновой кислоты с металлами, принятых в стехиометрических соотношениях 1 : 2.

Для оценки изменения собирательной активности продуктов взаимодействия олеиновой кислоты с солью свинца проведены флотационные опыты на апатитовой руде (г. Кировск). Ее химический состав приведен в табл. 2. На основании изучения кинетики измельчения образцов исходного материала установили необходимое время измельчения на рольганговой мельнице. Флотацию выполняли на лабораторной машине ФМП-Л1 с объемом камеры 0.5 л. Крупность флотируемого материала – 71 мкм 50 %, масса навески 200 г, время измельчения руды 13 мин, расход собирателя 540 г/т, время агитации и флотации составило 3 и 5 мин соответственно.

ТАБЛИЦА 2. Химический состав апатитовой руды

Компонент	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	MgO	SrO	MnO
Содержание, %	26.97	17.18	16.41	13.58	11.54	4.80	4.52	1.58	1.54	0.92	0.13

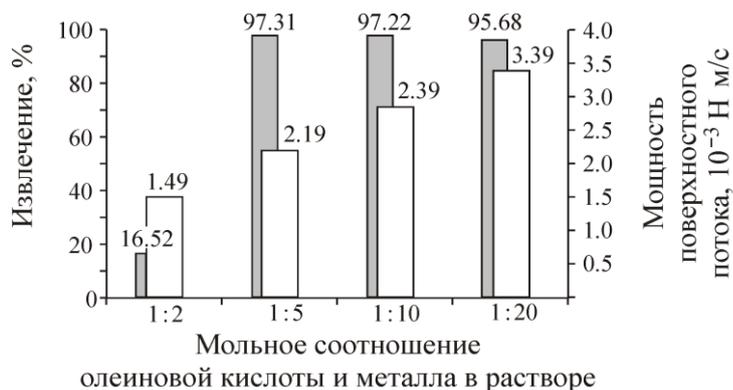
После флотации пенный и камерный продукт сушили и взвешивали. С помощью рентгенофлуоресцентного анализа определяли содержание P₂O₅. Оценку действия реагентов на показатели извлечения рассчитывали балансовым методом для каждого опыта. Результаты экспериментов представлены в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3. Результаты флотации апатитовой руды

Номер опыта	Продукт	Выход, %	Содержание P ₂ O ₅ , %	Извлечение P ₂ O ₅ , %	Примечание	
					Мольное соотношение олеиновой кислоты и металла	Металл
1	Пенный	9.11	23.85	16.52	1:2	Свинец
	Камерный	90.89	12.09	83.48		
	Итого	100.00	13.16	100.00		
2	Пенный	52.49	21.53	97.31	1:5	
	Камерный	47.51	0.66	2.69		
	Итого	100.00	11.61	100.00		
3	Пенный	47.87	22.43	97.22	1:10	
	Камерный	52.13	0.59	2.78		
	Итого	100.00	11.04	100.00		
4	Пенный	44.07	24.21	95.68	1:20	
	Камерный	55.93	0.86	4.32		
	Итого	100.00	11.15	100.00		

Из результатов проведенной флотации апатитовой руды видно, что системы с преобладающим содержанием свинца, следовательно содержащие крупнодисперсные частицы, уступают по показателям извлечения системам, содержащим наиболее активные форм собирателя. На рисунке отражена связь извлечения полезного компонента на примере флотации апатитовой руды с величиной мощности поверхностного потока для каждого полученного раствора.

Установлено, что мощность поверхностного потока растворов при укрупнении их системы коррелирует со снижением извлечения P₂O₅ в пенный продукт, что доказывает неразрывную связь поверхностной активности производных форм собирателя по отношению к границе раздела “газ – жидкость” с их флотационной активностью.



Извлечение апатитовой руды продуктами взаимодействия олеиновой кислоты с солью свинца и мощность поверхностного потока соответствующих растворов

ВЫВОДЫ

Согласно механизму действия физической формы сорбции, при образовании флотационного комплекса физически закрепившаяся часть реагента-собирателя переходит с минеральной поверхности на вновь образовавшуюся границу раздела “газ–жидкость”. Продукты взаимодействия олеиновой кислоты с солью свинца, принятых с нарушенными стехиометрическими концентрациями, захватывают в свое движение воду, способствуют удалению жидкости, заключенной между минеральной частицей и пузырьком газа, что ускоряет процесс образования флотационного комплекса.

Обоснована целесообразность при оценке собирательной активности продуктов взаимодействия олеиновой кислоты с солью свинца использовать параметр — мощность поверхностного потока, который учитывает поверхностное давление и скорость растекания реагента. Установлена корреляционная связь извлечения ценного компонента и мощности поверхностного потока продуктов взаимодействия олеиновой кислоты с солью свинца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. **Eigles M. A.** Fundamentals of flotation of non-sulfide minerals, Moscow, Nedra, 1964, 407 pp. (in Russian) [Эйгелес М. А. Основы флотации несulfидных минералов. — М.: Недра. — 1964. — 407 с.]
2. **Bogdanov O. S., Podnek A. K., Hinman V. J., and Janis N.** Theory and technology of flotation, Leningrad, Mechanobr, 1959. (in Russian) [Богданов О. С., Поднек А. К., Хайнман В. Я., Янис Н. А. Вопросы теории и технологии флотации // Труды института “Механобр”. — Л.: Механобр, 1959. — Вып. 124. — 392 с.]
3. **Kondratyev S. A.** The reagent physical adsorption and its intended use in flotation, Novosibirsk, Nauka, 2018. (in Russian) [Кондратьев С. А. Физическая форма сорбции реагента и ее назначение во флотации. — Новосибирск: Наука, 2018. — 184 с.]
4. **Tsitsilina D. M.** Flotation extraction of Apatite ore by products of oleic acid interaction with calcium salts, Fundamental and Applied Mining Science, Novosibirsk, 2019, vol. 6, no. 3. (in Russian) [Цицилина Д. М. Флотационное извлечение апатитовой руды продуктами взаимодействия олеиновой кислоты с солями кальция // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. — 2019. — Т. 6. — № 3. — С. 183–186.]