

## ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ПЛЪТНОСТТА НА ФЛОТАЦИОННАТА СРЕДА ВЪРХУ ФЛОТИРУЕМОСТТА НА СУЛФИДНИ МИНЕРАЛИ В УСЛОВИЯТА НА БЕЗПЕННА ФЛОТАЦИЯ

*Христина Петрова, Антоанета Ботева*

*Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София*

**РЕЗЮМЕ.** Настоящото изследване е посветено на изучаване влиянието на плътността на флотационната среда върху селективността на флотационния процес, а именно променят ли се флотационните свойства на минералите при различна плътност на флотационната среда. С други думи влиянието на промяната на плътността на флотационната среда еднопосочно ли е при всички минерали и ако съществуват такива различия те могат ли да се използват за подобряване селективността на флотационния процес. Има се в предвид по-ефективното разделяне на минералите реализирано при използване на по-малко депресори и активатори, а това е от съществено значение, както от екологична, така и от икономическа гледна точка.

### STUDY OF FLOTATION MEDIA DENSITY INFLUENCE ON SULPHIDE MINERALS FLOTABILITY IN FROTHLESS FLOTATION CONDITIONS

*Cristina Petrova, Antoaneta Boteva*

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia*

**ABSTRACT.** The present research work is dedicated to study of flotation media density influence on the selectivity of the flotation process, namely does the flotation properties of minerals change at different density of the flotation media. In other words is the influence of the change of the density of the flotation media unidirectional at all minerals and if this differences exist is it possible they to be used for improving selectivity of the flotation process. It makes provision for more effective separation of minerals using less depressors and activators. This is of vital importance on both ecological and economic point of view.

### Въведение

Изследването има ограничената задача да провери флотиремостта на четири вида сулфидни минерали с различна хидрофобност на минералната повърхност, при различна плътност на флотационната среда, за да се изясни връзката между плътността на течната среда на флотационния пулп и добива на флотирания материал в зависимост от хидрофобността на минералната повърхност. За целта бе създадена методика за промяна плътността на флотационната среда, чрез използване на висококонцентрирани водни разтвори на соли, в границите на които флукуациите в изсолващия им ефект и степен на хидролиза са минимални и могат да се пренебрегнат.

Бе прието плътността на флотационната среда да бъде изменяна, чрез приготвяне на разтвори от  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{ZnCl}_2$  с различна концентрация, тъй като хлоридите се отличават с най-висока разтворимост между минералните соли. Изборът на двата вида соли бе решен на база общия анионен състав и различния катионен състав, като влиянието на катионите е предсказуемо при флотацията на различните минерали. Така например от литературата е известно, че цинковите катиони водят до депресия на сфалерита в резултат на дезактивация на повърхността му от медни катиони, но при висока концентрация на солите, каквито са използваните водни разтвори (20%, 40% и 80%<sup>-тния</sup>) адсорбционните центрове се запълват и

промяната на концентрацията на електролит не води до промяна във флотиремостта на минерала. Цинковите катиони активират кварца, но калциевите не са потенциалопределящи за никой от минералите използвани при експериментите.

### Методика на провеждане на изследването

За провеждане на изследването са използвани мономинерални проби-галенит, сфалерит, халкопирит и кварц, клас "-0,16+0,08 mm". Като реагенти събиратели в условията на безпенна флотация в Халимондова тръба са използвани: калиев изобутилов ксантогенат-двукратно пречистен, чрез кристализация и 2-меркаптобензотиазол-реагент чист за анализ, производство на фирмата "Меркел"-Германия.

Разтворите с различна плътност за провеждане на опитите с мономинерални проби са 20, 40 и 80%<sup>-тния</sup> водни разтвори на соли. Плътностите на разтворите са измерени с помощта на ареометри при 20°C. При това е установено, че плътността на 20%<sup>-тния</sup> разтвор от  $\text{CaCl}_2$   $\rho=1,14\text{g/cm}^3$ , на 40%<sup>-тния</sup>  $\rho=1,26\text{g/cm}^3$  и на 80%<sup>-тния</sup>  $\rho=1,44\text{g/cm}^3$ . Плътността на 20%<sup>-тния</sup> разтвор от  $\text{ZnCl}_2$   $\rho=1,15\text{g/cm}^3$ , на 40%<sup>-тния</sup>  $\rho=1,27\text{g/cm}^3$  и на 80%<sup>-тния</sup>  $\rho=1,46\text{g/cm}^3$ . В границите на 20%, 40% и 80%<sup>-тния</sup> разтвори pH на средата за  $\text{CaCl}_2$  се движи от 6,5 до 7,0, а при  $\text{ZnCl}_2$  от 2,0 до 2,6. Това са различия в pH,

които не водят до промяна във флотационните свойства на сулфидните минерали. При горепосочените концентрации двойният електрически слой е свит максимално още при 20%<sup>-тия</sup> разтвор и повишената концентрация не води до значими промени. Изследването се състои от по десет опита за всеки минерал с използването на разтворите с различна концентрация на  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{ZnCl}_2$ . Опитите са извършени веднъж без реагенти, веднъж с калиев изобутилов ксантогенат и веднъж с 2-меркаптобензотиазол. По десет опита за всеки минерал са извършени и с дестилирана вода, използвана като флотационна среда. Получените резултати са осреднени и са използвани за построяване на графики.

Последователността на флотацията в Халимондовата тръба се състои в следното: поставя се 1g от минералната проба, заедно с 20cm<sup>3</sup> от използваната, като флотационна среда течност. След което, тръбата се допълва с течността до 130cm<sup>3</sup>. Включва се магнитна бъркалка и се подава въздух под налягане. Всички определения са проведени при разход на въздух 7 cm<sup>3</sup>/min и скорост на разбъркване на минерала 150min<sup>-1</sup>. Времето на флотация за всички флотационни опити е 2 минути.

### Получени резултати и дискусия

Осреднените резултати от проведените опити по безпenna флотация в Халимондова тръба при промяна плътността на флотационната среда, чрез изменение концентрацията на  $\text{CaCl}_2$  са използвани в графиките на фигури от 1 до 3.

Цитираните резултати показват:

1. Промяната на плътността на течната среда на флотационния пулп оказва различно влияние върху минералните зърна на различните минерали при флотацията им, което не е свързано с относителната плътност на минералните зърна.

2. Употребата на събирател в условията на безпenna флотация в Халимондова тръба, изменя влиянието на течната среда върху флотацията на минералните зърна на различните минерали.

3. Относителната плътност на минералите не е определяща причина за влиянието на плътността на флотационната среда върху тяхната флотиремост. Причината се крие във взаимовръзката между повърхностните и обемни свойства на минералните частици.

Получените различия във влиянието на плътността на флотационната среда създавана с различни концентрации на  $\text{CaCl}_2$ , върху флотиремостта на минералните зърна на различните минерали бяха предпоставка за провеждане на допълнителни опити с моделирани смеси от мономинерални проби при различни плътности. Целта бе да се установи, доколко констатираните различия във флотиремостта на минералите могат да се използват при селекцията им, особено в цикъла на селекция на колективни концентрати, в която операция е възможно използването на соли за промяна плътността на флотационната среда. Солите биха могли да се рециклират и да се връщат в главата на процеса. За целта бяха проведени опити със смес от минерали 1:1 на галенит

и сфалерит и на галенит и халкопирит, при използването на водни разтвори от  $\text{CaCl}_2$ .

Получените резултати са дадени в таблица 1.

Резултатите от моделираните смеси от мономинерални проби показваха:

1. При различна плътност на течната среда селективността на процеса се променя.

2. Влиянието, което оказва плътността на флотационната среда върху селективността на процеса зависи и от вида на използвания събирател.

3. Получените резултати показват, че при оптимална за даден процес плътност на флотационната среда може да се осигури селекция на минералите при намален разход на депресори и активатори и второ, плътността трябва да се определя при предварително определен тип на събирател, а не обратното.

Зависимостите между извличането на четирите минерала и плътността на течната среда, получени също в условията на безпenna флотация, но с използването на водни разтвори от  $\text{ZnCl}_2$  са отразени чрез графиките на фигурите от 4 до 6.

Получените резултати показват:

1. Ионният състав на използваната сол оказва влияние върху зависимостите.

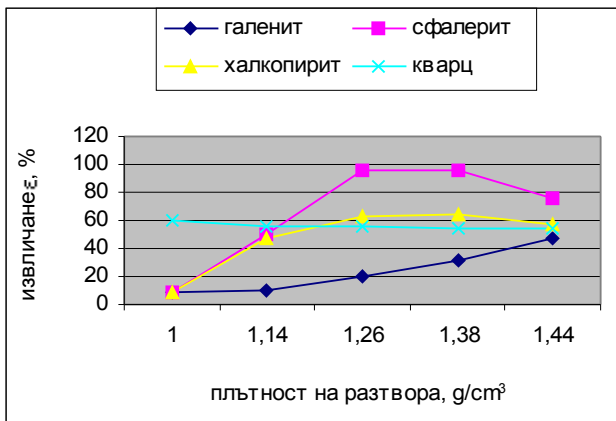
2. Ниското рН на средата, вероятно не води до деструкция на ксантогената, тъй като съществени разлики в поведението му спрямо 2-меркаптобензотиазола не се наблюдават.

3. На фигура 4 ясно се вижда, че извличането на галенита, при флотацията му без реагенти е слабо чувствително по отношение плътността на течната среда. Не се открива съществена разлика и в извличането на галенита при флотацията му, с използването на 2-меркаптобензотиазол. При използването на ксантогенат, извличането на галенита съществено се покачва, в сравнение с предходните два случая, но запазва почти една и съща стойност при различните плътности на течната среда.

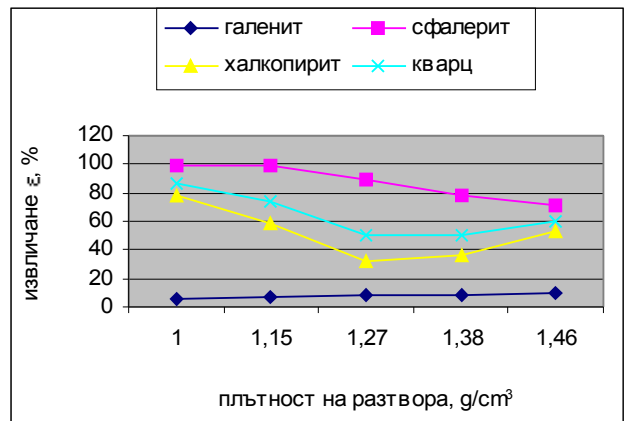
4. От графиките се вижда, че сфалерита достига най-висока степен на извличане в сравнение с останалите три минерала. Тук може би съществена роля за неговата добра флотиремост е оказала и неговата чистота.

5. При флотацията на халкопирита с използването на ксантогенат, с повишаване плътността на течната среда, извличането плавно пада, но при флотацията с 2-меркаптобензотиазол се наблюдава точно обратното. Докато при флотацията без използването на реагенти извличането на халкопирита е най-ниско при средните стойности на плътността на течната среда.

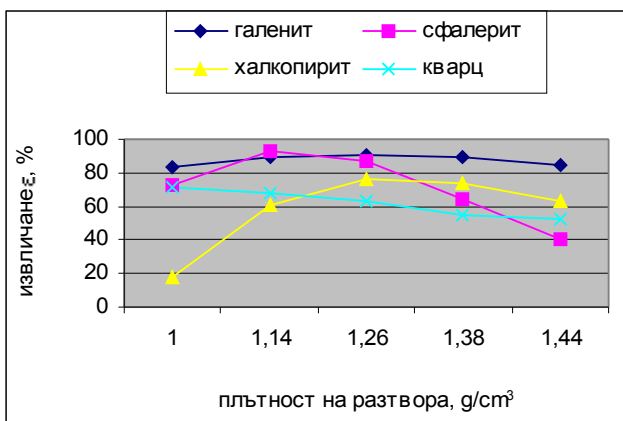
6. При кварца за разлика от халкопирита, при флотацията с ксантогенат извличането на кварца се повишава с повишаване плътността на разтвора, а при флотацията с 2-меркаптобензотиазол се понижава.



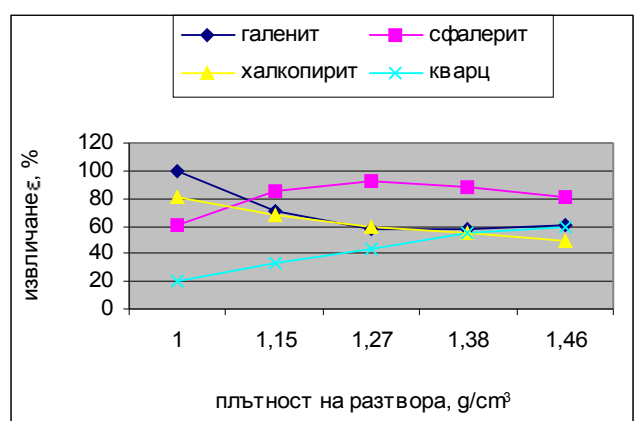
Фиг. 1. Флотация на мономинерални проби без реагенти в разтвор на  $\text{CaCl}_2$  с различна плътност



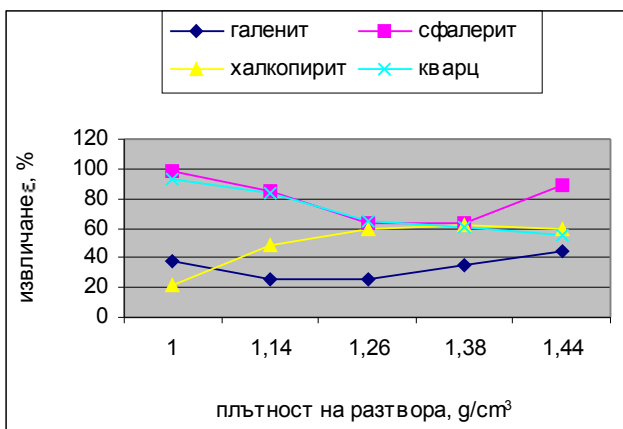
Фиг. 4. Флотация на мономинерални проби без реагенти в разтвор на  $\text{ZnCl}_2$  с различна плътност



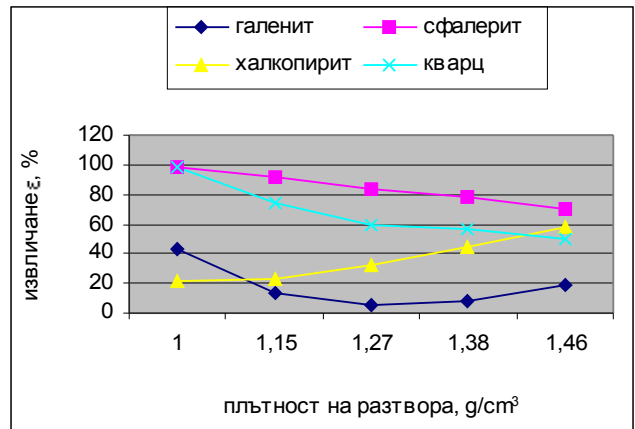
Фиг. 2. Флотация на мономинерални проби с ксантогенат в разтвор на  $\text{CaCl}_2$  с различна плътност



Фиг. 5. Флотация на мономинерални проби с ксантогенат в разтвор на  $\text{ZnCl}_2$  с различна плътност



Фиг. 3. Флотация на мономинерални проби с 2-меркаптобензотиазол в разтвор на  $\text{CaCl}_2$  с различна плътност



Фиг. 6. Флотация на мономинерални проби с 2-меркаптобензотиазол в разтвор на  $\text{ZnCl}_2$  с различна плътност

Таблица 1.

Резултати от опитите с моделирани смеси от мономинерални проби

№ на опита	Условия на провеждане на опита	Продукти	Добив $\gamma, \%$	Съдържание $\beta, \%$		Извличане $\epsilon, \%$		Индекс на селективност $\eta$
				Pb	Zn	Pb	Zn	
1.	$\rho=1,14\text{g/cm}^3 \text{CaCl}_2$ ; kst-10mg/l; галенит+сфалерит	Концентрат	75,89	25,00	28,50	94,62	73,29	2,21
		Отпадък	24,11	4,48	32,70	5,38	26,71	
			100,00	20,05	29,51	100,00	100,00	
2.	$\rho=1,44\text{g/cm}^3 \text{CaCl}_2$ ; kst-10mg/l; галенит+сфалерит	Концентрат	45,59	30,80	26,30	82,60	36,89	3,80
		Отпадък	54,41	5,43	37,70	17,40	63,11	
			100,00	17,00	32,50	100,00	100,00	
			%	Pb	Cu	Pb	Cu	
3.	$\rho=1,26\text{g/cm}^3 \text{CaCl}_2$ ; kst-10mg/l; галенит+халкопирит	Концентрат	81,13	13,10	12,40	88,27	76,27	1,49
		Отпадък	18,87	7,49	16,60	11,73	23,73	
			100,00	12,04	13,19	100,00	100,00	
4.	$\rho=1,44\text{g/cm}^3 \text{CaCl}_2$ ; kst-10mg/l; галенит+халкопирит	Концентрат	83,40	18,40	11,70	98,69	81,21	2,59
		Отпадък	16,60	3,84	13,60	1,31	18,79	
			100,00	15,55	12,02	100,00	100,00	
5.	$\rho=1,26\text{g/cm}^3 \text{CaCl}_2$ ; 2-меркаптобензотиазол-10mg/l; галенит+халкопирит	Концентрат	60,90	21,30	12,20	87,82	59,94	2,30
		Отпадък	39,10	4,60	12,70	12,18	40,06	
			100,00	14,77	12,40	100,00	100,00	
6.	$\rho=1,44\text{g/cm}^3 \text{CaCl}_2$ ; 2-меркаптобензотиазол-10mg/l; галенит+халкопирит	Концентрат	61,73	19,90	24,60	92,83	72,97	2,01
		Отпадък	38,27	2,48	14,70	7,17	27,03	
			100,00	13,23	20,81	100,00	100,00	

## Окончателни изводи

В заключение получените резултати показват, че независимо от промяната на вида на използваната сол, която несъмнено влияе върху флоотируемостта на минералните зърна, в общи линии тенденциите на влиянието на плътността при различните минерали се запазват. От тук следва извода, че подбраните два типа соли-  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{ZnCl}_2$  са подходящи за провеждане на експеримента. Изсолвацият ефект на концентрираните соли на електролити зависи основно от валентността на йоните и по-малко от техния йонен радиус. Очевидно, че еднаквите аниони и двувалентните катиони не дават значими различия в изсолвация ефект, но те са достатъчно голями, за да покажат слабото влияние на изсолвация ефект върху флоотируемостта на изследваните минерали. Депресиращата роля на Zn катиони върху флоотируемостта на сфалерита, също не може да промени влиянието на плътността на течната среда върху флоотируемостта на минералите. Вида на катиона се отразява при флотацията на кварца с ксантогенат, тъй като Zn катиони интензифицират адсорбцията на ксантогената върху повърхността на кварцовите зърна и с това променят флоотируемостта на кварца.

## Литература

- Десятов А. М. и др. 1995. Совершенствование технологии селекции коллективного концентрата на Жирекенской обогатительной фабрике, *Цветная металлургия №1-2*, с. 9-12.
- Laskowski Janusz S. 2001. Rheological measurements in mineral processing related research, *New developments in mineral processing*, IX Balkan mineral processing congress, Istanbul.
- Schubert H. On some aspects of the hydrodynamics of flotation processes. *Flotation of Sulphide Minerals* (Ed. K. S. E. Forssberg), Elsevier: 337-355.
- Yamik A., D. Tekdemir, M. Cinar, C. Karagüzel. 2001. The effect of electrolytes on the rheology of casting slips, *New developments in mineral processing*, IX Balkan mineral processing congress, Istanbul.
- Yoon R. H. 1991. Hydrodynamic and Surface Forces in Bubble-Particle Interactions, *Proceedings of the XVII International Mineral Processing Congress*, Dresden.
- Yusupov Talgat S., Hanspeter Heegn. 1997. Influence of mechanical activation of minerals on the physico-chemical properties of surfaces and flotability, *Proceedings of the XX IMPC*, Aachen.

Препоръчана за публикуване от  
Катедра "Минерални технологии", МТФ