

553.549:550.4:553.462/463(477)

Н. В. Тонкова, М. З. Серебряна

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЇ МІКРОБНИХ КЛІТИН Th. FERROOXIDANS НА СУЛЬФІДНО-КВАРЦОВИХ ЗОЛОТОВМІЩУЮЧИХ РУДАХ ПРИ ЇХ ФРАКЦІОНУВАННІ

Установлені закономірності адсорбції мікробних клітин *Th. ferrooxidans* M-1 на частках золотосодержащої руди розміром від 0,063 до 0,315 мм від вмісту сульфідів, карбонатних мінералів та кварцу.

Ключові слова: мікробні клітини, адсорбція, сульфідно-кварцові руди.

Установлены закономерности адсорбции микробных клеток *Th. ferrooxidans* M-1 на частицах золотосодержащей руды размером от 0,063 до 0,315 мм от содержания сульфидов, карбонатных минералов и кварца.

Ключевые слова: микробные клетки, адсорбция, сульфидно-кварцевые руды.

It was determined the regularity of the *Th. ferrooxidans* M-1 microbial cells adsorptions on ore's particles (size from 0,063 till 0,315) depended on sulfides, carbonates minerals and quartz contents.

Key words: microbial cells, adsorption, sulfide-quartz ores.

Питання взаємодії бактеріальних клітин з мінеральними частками є одним з головних у теорії та практиці бактеріального вилуження сульфідних та інших мінералів. Вивчення цього процесу має важливе значення для інтенсифікації біовилуження та керування цим процесом. Механізм біоокислення мінералів до кінця не з'ясовано. Відомо, що для біовилуження сульфідів необхідним являється прямий контакт тіобактерій з рудними частками, проте вивченню цього процесу наділяється мало уваги [4].

Експериментально доведено, що має місце пряма залежність між концентрацією сорбованих клітин та швидкістю вилуження металів [3].

Як відомо з попередніх досліджень, при культивуванні мікроорганізмів у присутності руди має місце безпосередній контакт між поверхнею мінеральної частки та поверхнею мікробної клітини. Цей процес зумовлений наявністю на поверхні як мікробів, так і рудних часток, дисоціюючих груп з певним зарядом (позитивним, або негативним). Електростатична взаємодія протилежно заряджених груп призводить до сорбції мікроорганізмів на рудних частках. Саме ті мікроорганізми, які сорбовані, в більший мірі, ніж вільно живучі клітини, відповідають та здійснюють трансформацію рудних мінералів [2].

Особливості мінерального складу поверхні рудних часток, які залежать від типу золоторудного родовища та наявності в його складі певних мінеральних сполук, повинні відбиватися на розподілі іоногенних груп на поверхні рудних часток, що буде, безперечно, також впливати на взаємодію з ними мікроорганізмів та створювати умови для їхнього міцного зв'язку протягом всього технологічного циклу вилуження руди.

Нами проведено вивчення процесу адсорбції *Thiobacillus ferrooxidans* M-1 на рудних частках проб Андріївського рудопояву. У попередніх дослідженнях установлено, що фракціонування технологічних проб за розміром часток призводить до певного розподілу мінералів між фракціями [1]. Більш подрібнені фракції (<0,063 мм) збагачені карбонатними сполуками, фракція з розміром часток від 0,063 мм до 0,1 мм

збагачена піритом. У цьому сенсі цікаво було дослідити відмінності у сорбції I ferrooxidans M-1 на вказаних фракціях.

Отримані результати приведені в табл. 1 та 2. Аналіз даних свідчить про те, що дві технологічні проби виявляють різну здатність до сорбції мікробних клітин. Так для проби № 2 вона складає від 36,05 % до 80,95 %, а для проби № 1 лише від 9,35 % до 41,01 %. Вочевидь, це відображає стан поверхні рудних часток двох зразків і певні відмінності, які мають місце.

Установлена закономірність зміни ступеню адсорбції від розміру рудних часток, яка підтверджена як в експериментах зі зразком № 1, так і № 2. Це зростання ступеня адсорбції при подрібненні руди. Так, у часток розміром більших 0,315 мм здатність сорбувати мікробні клітини мінімальна, а у часток за розміром менших 0,063 мм - максимальна. Ця закономірність має практично лінійну залежність (рис. 1).

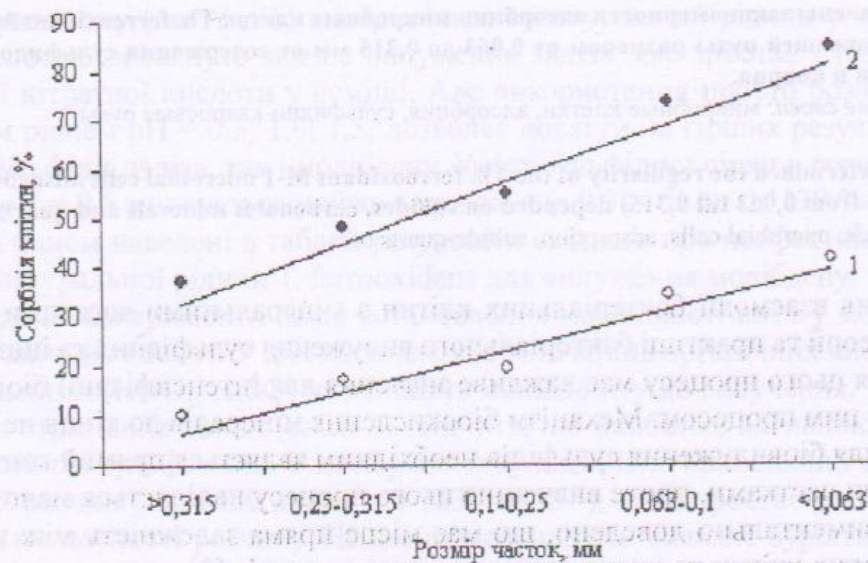


Рис. 1 Сорбія мікробних клітин залежно від розмірів рудних часток: 1 – проба №1; 2 – проба № 2.

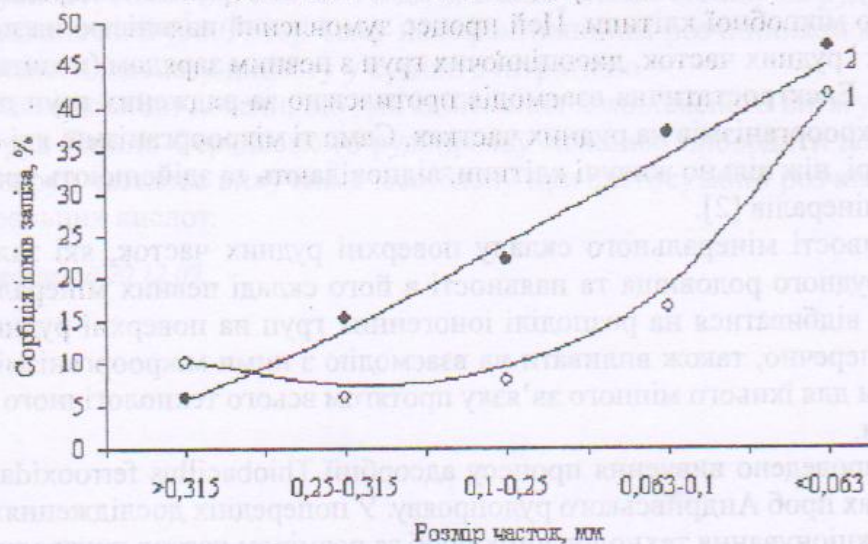


Рис. 2 Сорбія іонів заліза залежно від розмірів рудних часток: 1 – проба №1; 2 – проба № 2.

Адсорбція клітин Th. ferrooxidans-A на рудних частках Андріївської руди (проба 2)

Фракція руди, розмір часток, мм	Показник рН		Показник еН, мВ		Вміст заліза у середовищі, мг/дм ³ , до сорбції	Вміст заліза у середовищі, мг/дм ³ , після сорбції	Сорбція заліза, %	Вміст білка до сорбції, мг/ дм ³	Вміст білка після сорбції, мг/ дм ³	Сорбція мікроорганізмів, %
	до сорбції	після сорбції	до сорбції	після сорбції						
більше 0,315	2,10	2,04	+585	+567	9650	9120	5,49	73,50	47,10	36,05
0,250-0,315	2,12	2,05	+591	+564	9650	8100	16,06	73,50	37,20	49,66
0,100-0,250	2,15	2,10	+583	+540	9650	7550	21,76	73,50	34,50	53,06
0,063-0,100	2,20	2,05	+560	+530	9650	6850	29,01	73,50	21,25	71,09
менше 0,063	2,28	2,15	+542	+505	9650	5800	39,89	73,50	14,0	80,95

Таблиця 2

Адсорбція клітин Th. ferrooxidans-A на рудних частках Андріївської руди (проба 1)

Фракція руди, розмір часток, мм	Показник рН		Показник еН, мВ		Вміст заліза у середовищі, мг/ дм ³ , до сорбції	Вміст заліза у середовищі, мг/ дм ³ , після сорбції	Сорбція заліза, %	Вміст білка до сорбції, мг/ дм ³	Вміст білка після сорбції, мг/ дм ³	Сорбція мікроорганізмів, %
	до сорбції	після сорбції	до сорбції	після сорбції						
більше 0,315	2,56	2,42	+565	+527	7500	6700	10,66	69,50	63,0	9,35
0,250-0,315	2,61	2,58	+570	+541	7500	7175	4,33	69,50	57,10	18,00
0,100-0,250	2,76	2,68	+560	+530	7500	7100	5,33	69,50	54,50	21,58
0,063-0,100	2,81	2,66	+546	+524	7500	6650	11,33	69,50	45,0	35,25
менше 0,063	2,87	2,74	+514	+502	7500	4750	36,66	69,50	41,0	41,01

Водночас поверхня рудних часток сорбує не тільки мікроорганізми, а й іони заліза. Закономірність майже та сама, що й при сорбції мікробів. Проба № 2, яка в більшій мірі сорбує мікроорганізми, також більше сорбує іонів заліза (табл. 1; рис. 1). Технологічна проба № 1 меншою мірою сорбує як клітини, так і іони заліза (табл. 2; рис. 2).

Щоб установити залежність між активністю процесу сорбції та мінеральним складом часток, проведено порівняльний аналіз вмісту сульфідів (іони заліза та сульфідної сірки) зі ступенем сорбції мікробних клітин. Дані наведені для двох технологічних проб у табл. 3.

Таблиця 3

Порівняльний аналіз вмісту загальної сірки, двовалентного заліза та ступеню адсорбції мікробних клітин

Фракції руди, розмір рудних часток, мм	Проба № 1			Проба № 2		
	вміст заліза Fe ²⁺ , %	вміст сірки сульфідної, %	ступінь сорбції мікробних клітин, %	вміст заліза Fe ²⁺ , %	вміст сірки сульфідної, %	ступінь сорбції мікробних клітин, %
0,250-0,315	5,07	1,93	18,00	—	—	—
0,100-0,250	7,72	4,25	21,58	5,88	4,57	53,06
0,063-0,100	8,62	5,27	35,25	8,56	6,81	71,09
менше 0,063	7,13	3,25	41,01	5,69	3,15	80,95

З даних табл. 3 видно, що суттєва відмінність у ступені сорбції мікробних клітин практично не пов'язана з наявністю піриту в пробах. Нами не встановлено ані підвищення сорбції у збагачених піритом пробах, а ні її зменшення. Можливо припустити, що у процесі адсорбції головну роль приймають інші мінерали.

У табл. 4 приведені порівняльні дані вмісту сполук кремнію, карбонатних мінералів та ступеню адсорбції мікроорганізмів.

Таблиця 4

Порівняльний аналіз вмісту сполук кремнію і карбонатних мінералів та ступеню адсорбції мікробних клітин

Фракції руди, розмір рудних часток, мм	Проба № 1				Проба № 2			
	вміст Si, %	вміст Ca, %	вміст Mg, %	ступінь сорбції мікробних клітин, %	вміст Si, %	вміст Ca, %	вміст Mg, %	ступінь сорбції мікробних клітин, %
0,250-0,315	29,38	1,72	2,43	18,00	—	—	—	—
0,100-0,250	28,49	1,92	3,80	21,58	30,48	1,63	2,58	53,06
0,063-0,100	26,62	2,42	3,65	35,25	26,90	2,50	2,35	71,09
менше 0,063	25,83	3,26	4,58	41,01	28,06	2,50	3,20	80,95

Отримані результати свідчать про те, що підвищення рівня адсорбції клітин корелює зі зниженням вмісту сполук кремнію з (29,38–30,48 %) до (25,83–28,06 %) або підвищенням вмісту сполук кальцію з (1,63–1,72 %) до (2,50–3,26 %), та магнію з (2,43–2,58 %) до (3,20–3,80 %). При цьому сумарна кількість карбонатних мінералів зростає з (4,15–4,21 %) до (5,7–7,84 %).

Наведені в табл. 3 та 4 дані свідчать про те, що активність сорбції *T. ferrooxidans*, ~~якщо~~ за все, пов'язана з наявністю карбонатних мінералів на поверхні рудних час-

Зважаючи на те, що за процесом біоокислення карбонатні мінерали вилу-
ються у першу чергу, може скластися ситуація, при якій процес біовилуження з
частим зменшує свою активність за рахунок зменшення кількості сорбованих часток.
Це припущення потребує подальшого вивчення.

Бібліографічні посилання

1. Вивчення мінералого-геохімічних особливостей перспективних молібденових та вольфра-
мових рудопроявів Українського щита: Звіт про НДР (заключ.) / ДНУ, НДІ геології, Керів-
ник В. М. Іванов. – №0106U000806. – Д., 2008. – 198 с.
2. Ohmura N. Selective adhesion of *Thiobacillus ferrooxidans* to pyrite / N. Ohmura, K. Kitamura,
E. Saiki // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1993. – V. 59. – P. 4044–4050.
3. Sand W. Sulfur chemistry, biofilm, and the (in)direct attack mechanism – a critical evaluation of
bacterial leaching / W. Sand, T. Hallmann, A. Schippers // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 1995.
– № 42. – in press.
4. Savage D. C. Bacterial adhesion / D. C. Savage, M. Fletcher // Plenum Press – 1985.

Надійшла до редколегії 20.12.09