

Халлимонд түтізіндегі мыс сульфидті минералдардың флотациясы

^{1*}ШЕРЕМБАЕВА Рымкеш Тюлюхановна, т.ғ.к., доцент м.а., rimkesh_62@mail.ru,

¹ОМАРОВА Надежда Какибаевна, т.ғ.к., доцент, nazim48@mail.ru,

²МУХТАР Айдархан Ахуанович, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, b.kasimova@mail.ru,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

²Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институты, Қазақстан, Қарағанды, Ермеков көшесі, 63,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Зертханалық жағдайларда борнит пен халькопириттің мыс сульфидті минералдарының гидрофобтығын дифференциалды-термиялық талдау әдісімен анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді және эксперименттерге дейін және одан кейін осы минералдар үлгілерінің инфракызыл (ИҚ) спектрлері зерттелді. Мыс сульфидті минералдарының ИҚ сәулеленуін сіңіру сипатынан минералдардың бетіндегі реагенттердің адсорбциясының ең жақсы көрсеткіштерін анықтауға болады. Халькопириттің бетін анабазиний-О, о-диметилтиофосфат және N-фенилтиосемикарбазид реагенттерімен өңдеу кезінде N-морфолинилцет қышқылы сутегі байланыстарының әлсіреуі және адсорбцияланған ылғалдың булануы анықталды. Бұл борнитпен салыстырғанда халькопирит бетінің гидрофобтығының жоғарылауын көрсетеді. Сульфидті минералдардың мономинералды фракциясының үздіксіз флотациясын зерттеу халлимонд түтізінде жүргізілді. 1% n-фенилтиосемикарбазид N-морфолинилсірке қышқылының ерітіндісімен өңделген халькопиритті флотациялау кезінде оның алынуы 94,54% құрады. Қол жеткізілген көрсеткіштер дифференциалды-термиялық талдау және ИҚ-спектроскопия нәтижелерімен расталады.

Кілт сөздер: реагенттер, жинағыш, көбіктендіргіш, Халлимонд түтігі, дифференциалды-термиялық талдау әдісі, ИҚ спектроскопиясы, борнит, халькопирит, экстракция.

Кіріспе

Флотация кезіндегі ең жақсы көрсеткіштер халькопирит минералдарымен 1% ерітіндіде – N-фенилтиосемикарбазид N-морфолинилсірке қышқылымен алынады, онда бөліп алу 94,54% құрайды және бұл дифференциалды-термиялық талдау нәтижелерімен және ИК-спектроскопиясымен расталады. N-фенилтиосемикарбазид N-морфолинилсірке қышқылы, N-морфолинилсірке қышқылы гидразидінің фенилизотиоцианатпен әрекеттесуі нәтижесінде алынады.

Минералдардың сәтті флотациясы минералдың гидрофобтығының жоғары деңгейімен жүреді, минералды беттің гидрофобтығының жоғарылауымен жинағыш флотореагенттің адсорбциялық қабаты артады. Минералдың гидрофобтығы сутектік байланыс күштерімен сипатталады [1].

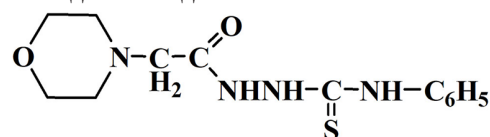
Осыған байланысты мыс сульфидті кендерінің минералды негізін құрайтын халькопирит пен борнит бетінің ылғалдану дәрежесін зерттеу өте өзекті болып табылады.

Минералдардың гидрофобтығын зерттеу дифференциалды-термиялық талдау әдісімен жүргізілді. ДТА-ға түсіру үшін зерттелетін сына-

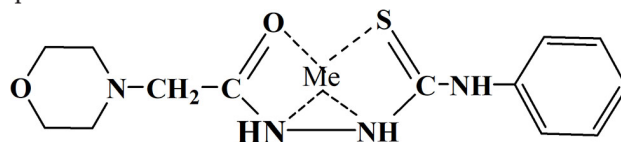
малар ретінде бөлме температурасында келесі реагенттермен өңделген халькопирит және борнит минералдары пайдаланылды:

- 1) сумен;
- 2) бутил ксантогенатпен;
- 3) анабазиний-О, О-диметилтиофосфатпен;
- 4) N-фенилтиосемикарбазид N-морфолинилсірке қышқылымен.

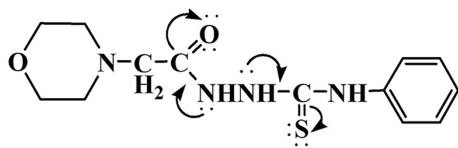
N-фенилтиосемикарбазид n-морфолинилцет қышқылы, n-морфолинилсірке қышқылы гидразидінің фенилизотиоцианатпен әрекеттесуі нәтижесінде алынады.



N-фенилтиосемикарбазид N-морфолинилсірке қышқылының сулы ортадағы металл иондарымен әрекеттесуінің келесі нұсқалары ұсынылған.



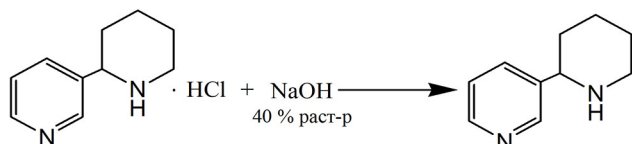
N-фенилтиосемикарбазид N-морфолинил-сірке қышқылының молекуласындағы электронды бұлттардың таралуы келесідей:



Электронды тығыздықтың күкірт атомына ауысуы түсті металл катиондарымен күрделі қосылыс түзуге мүмкіндік береді.

Анабазиний-О, О-диметилтиофосфат зертханалық жағдайларда синтезделеді, оны алу үшін бастапқы шикізат ретінде анабазин гидрохлоридінің концентрацияланған сулы ерітіндісі және 40% күйдіргіш натрий ерітіндісі қолданылды [2].

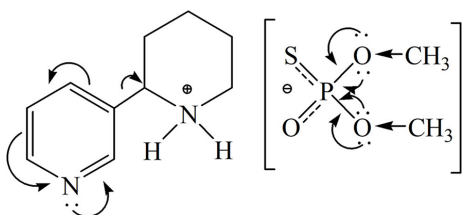
Анабазин, күкірт және диметилфосфиттің өзара әрекеттесуі арқылы анабазиний-О, О-диметилтиофосфаты алынады.



анабазин гидрохлоридінің
концентрацияланған сулы ерітіндісі

Анабазин негізі

Анабазиний-О, О-диметилтиофосфат молекуласында келесі электрондық әсерлер болуы мүмкін:



Анабазиний-О, О-диметилтиофосфат молекуласы иондық сипатқа ие, сондықтан бұл қосылысты катион анабазинийі және О, о-диметилтиофосфат анионы түрінде бөлек қарастыруға болады.

Минералдың беткі қабатын ылғалдандыру дәрежесі сипатталды: t , эндозэффектінің температурасы, жалпы n-нен адсорбцияланған ылғалдың үлесі.

Талдау әдістері

Алынған нәтижелерден халькопириттің бетін анабазиний-О, о-диметилтиофосфат және N-фенилтиосемикарбазид N-морфолинилсірке қышқылы реагенттерімен өңдеу кезінде сутегі байланыстары әлсірейді және адсорбцияланған ылғалдың булануы өңделмеген халькопирит реагентімен және борнитпен салыстырғанда төмен температурада жүреді, бұл борнитпен салыстырғанда халькопирит бетінің гидрофобтылығының жоғарылауын көрсетеді. Минералдардың дифференциалды-термиялық талдауының нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

1-кестеден анабазиний-О, О-диметилтиофосфат және N фенилтиосемикарбазид N-морфолинилсірке қышқылының (I) зерттелген флотациялық реагенттері Саяқ кен орнының мыс – сульфидті кендерін флотациялау кезінде реагент-жинағыш ретінде тиімді пайдаланылуы мүмкін.

Флотацияны байыту ауа көпіршіктерінің минералды бөлшектерге селективті жабысуына және түсті металдарды флотациялауға ықпал ететін флотациялық реагенттерді қолдануға негізделгені белгілі.

Флотациялық реагенттердің минералды бөлшектердің бетімен өзара әрекеттесу сипатын және олардың бөлшектер мен ауа көпіршігі байланысының беріктігіне әсерін бағалау үшін флотация әдісі қолданылды.

Халькопирит пен борнит мономинералдарының флотациялануы құрамында күкірт және фосфор бар реагенттерді қолдану арқылы зерттелген. Халлимонд түтігіндегі процесс тасымалдаушы ретінде қолданылатын жалғыз ауа көпіршіктері арқылы жүзеге асырылады. Бұл жағдайда бөлшектердің көпіршіктерге жабысуының жоғарылауы немесе төмендеуі флотацияланатын өнімнің шығуында көрінеді және оның осы минералдың бөлшектеріне ұжымдық қатынасын сипаттайды [3, 4].

Тәжірибелерде әртүрлі типтердің өкілдері болып табылатын жинағыштар қолданылады: бутил ксантогенаты, анабазиний-О, О-диметилтиофосфат және N-фенилтиосемикарбазид N-мор-

1-кесте – Флотореагенттері бар минералдарды дифференциалды-термиялық талдау нәтижелері

Минерал	Реагент	t , °C	n, %
халькопирит	су	120	19
халькопирит	бутил ксантогенаты	110	19
халькопирит	анабазиний-О, о-диметилтиофосфат	116	18
халькопирит	N-фенилтиосемикарбазид N-морфолинил-сірке қышқылы	108	20
борнит	су	110	14
борнит	бутил ксантогенаты	113	21
борнит	анабазиний-О, о-диметилтиофосфат	115	22
борнит	N-фенилтиосемикарбазид N-морфолинил-сірке қышқылы	110	20

фолинилсірке қышқылы.

Тәжірибелерде салмағы 0,5 г борнит және халькопирит минералдарының мономинералды фракциялары қолданылды (-0,074 мм).

Мыс сульфидті минералдарының аспалары ерітінділермен тепе-теңдікті орнату үшін 15 минут ішінде флотациялық реагенттердің 3 түрінің 1% ерітіндісінде магнитті араластырғышта араластырылады, содан кейін флотациясыз үшін халлимонд түтігіне тасымалданады [5]. Үздіксіз флотация бойынша тәжірибелер 2-суретте көрсетілген схема бойынша жүргізілді.

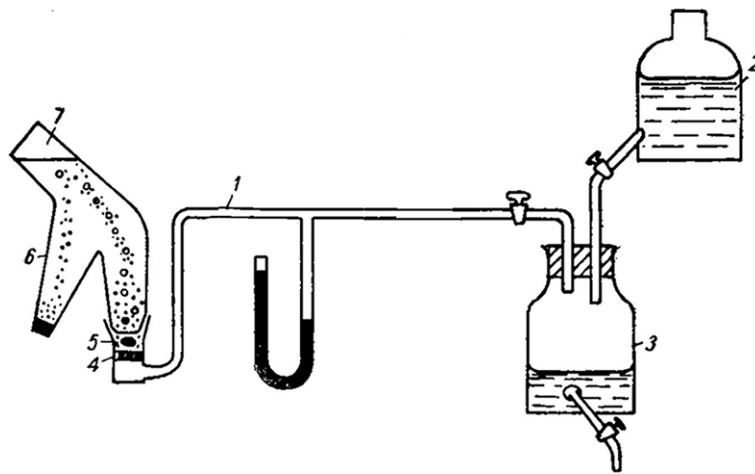
Зерттелетін флотореагенттерді қолдана отырып, сульфидті минералдардың мономинералды фракцияларын үздіксіз флотациялау бойынша

тәжірибелер жүргізу шарттары және алу бойынша көрсеткіштер 2-кестеде келтірілген.

ИК спектроскопиясын қолдану жинағыштардың борнит пен халькопирит бетімен әрекеттесу ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік береді.

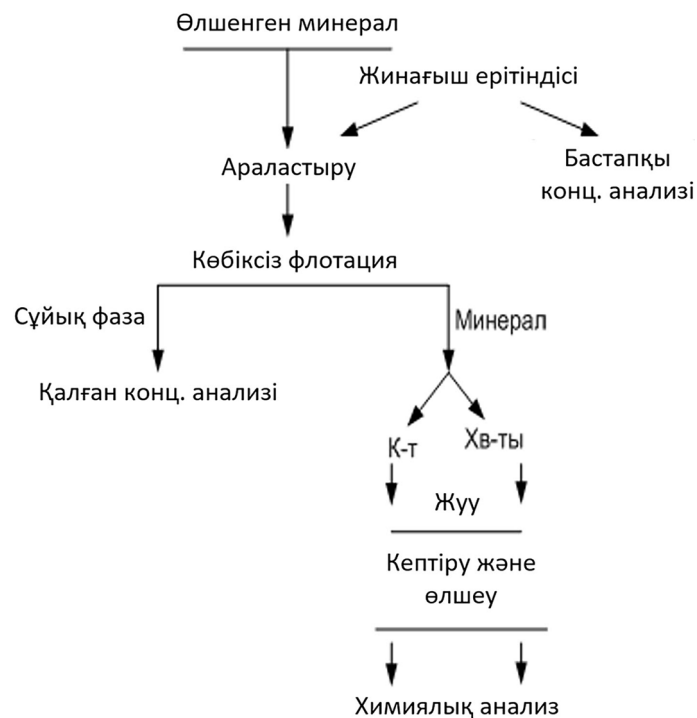
3-суретте бариттің бутил ксантогенатымен (салыстыру үшін үлгі ретінде қабылданған), N-фенилтиосемикарбазид N-морфолинилсірке қышқылы және анабазиний-О, О-диметилтиофосфатпен үздіксіз флотациясының нәтижелері көрсетілген.

Борнит минералдарының ИК спектрлерінің нәтижелері (3-сурет) олардың ИК-спектрлеріне өте жақын, бұл үлгінің бейорганикалық бөлігінің басым болуына байланысты. 2800-3000 cm^{-1} ай-



1 – ауа жеткізуге арналған түтік; 2, 3 – ауа көлемін құруға арналған сүзгі бөтелкелері; 4 – ауа кіретін капилляр; 5 – зерттелетін минералдар; 6 – өнім қабылдағышы; байыту; 7 – зерттелетін ерітінді

1-сурет – Халлимонд түтігінде үздіксіз флотация жүргізуге арналған қондырғының сызбасы



2-сурет – Мыс мономинералдарына арналған зерттеу схемасы

мағында жаңа сіңіру жолақтары пайда болады, бұл органикалық сипаттағы флотациялық реагенттің мөлшерін сипаттайды.

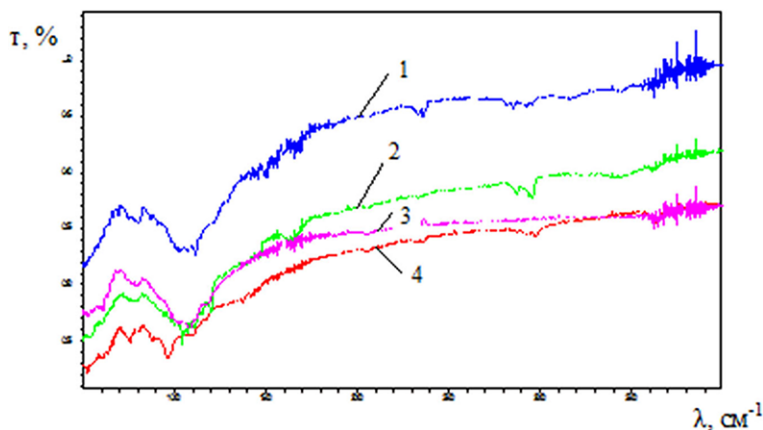
Органикалық қосылыстардың барлығы дерлік 3000 см^{-1} аймағында сіңіріледі, бұл С-Н байланысының валенттік ауытқуларына сәйкес келеді.

Мүмкін, бұл флотореагенттер минералмен химиялық әрекеттесуге енген, тек минералды

бөлшектердің бетінде физикалық түрде адсорбцияланған, дегенмен олар әртүрлі флотореагенттермен флотациядан кейін минералдардың ИК спектрлеріне ұқсас [6].

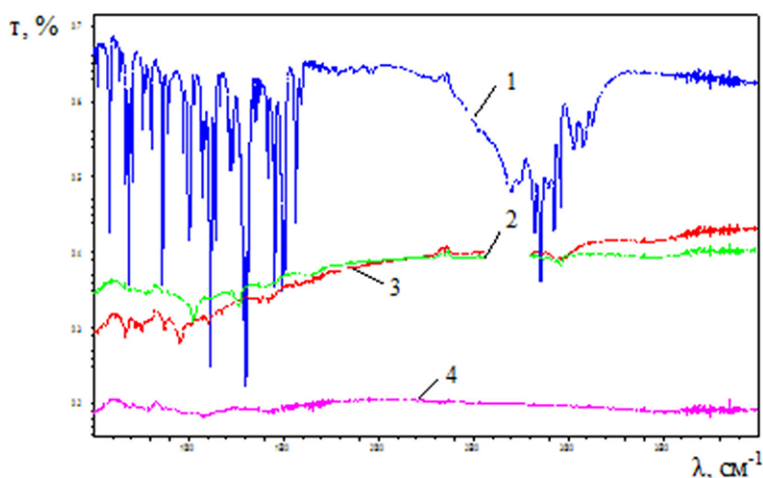
Халькопирит минералының бетінде (4-сурет) ИК спектрінде борнитпен ұқсас көрініс байқалады. 1600 см^{-1} және $2600\text{--}3200\text{ см}^{-1}$ дейінгі аймақта жаңа сіңу жолақтары пайда болады, олардың

2-кесте – Мыс минералдарын көбіксіз флотациялау бойынша тәжірибелердің нәтижелері	
Тәжірибені өткізу шарттары	Бөліп алу, %, %
Борнит + бутил ксантогенаты	89,52
Борнит + анабазиний О, О-диметилтиофосфат	91,33
Борнит + фенилтиосемикарбазид N-морфолинил сірке қышқылы	92,37
Халькопирит + бутил ксантогенаты	90,26
Халькопирит + анабазиний О, О-диметилтиофосфат	92,55
Халькопирит + фенилтиосемикарбазид N-морфолинил сірке қышқылы	94,54



1 – N-фенилтиосемикарбазид N-морфолинилсірке қышқылы, 2 – анабазиний-О, О-диметилтиофосфат, 3 – бастапқы борнит, 4 – бутил ксантогенаты

3-сурет – Борнит минералының жаңа флотореагенттермен флотацияға дейінгі және кейінгі спектрі



1 – n-фенилтиосемикарбазид N-морфолинилсірке қышқылы, 2 – анабазиний-О, О-диметилтиофосфат, 3 – ксантогенат, 4 – бастапқы халькопирит

4-сурет – Халькопирит минералының әртүрлі флотореагенттері бар флотацияға дейін және одан кейінгі спектрі

пайда болуы халькопирит минералының флото-реагентпен – N-морфолинилсірке қышқылының N-фенилтиосемикарбазидімен химиялық әрекеттесуін көрсетеді. Бұл өзара әрекеттесу минерал мен осы флотореагенттің құрамында күкірт атомдары мен күкірт атомдарына ұқсас бөлшектер болғандықтан мүмкін болады.

Қорытынды

Мыстың сульфидті минералдарының ИК сәулеленуін сіңіру сипаты халькопирит минералының 1% ерітіндіде – N-фенилтиосемикарбазид N-морфолинилсірке қышқылының флотациясы кезінде адсорбцияның ең жақсы көрсеткіштері байқалады, бұл бөліп алумен расталады – 94,54%.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. – М.: Недра, 2008. – 710 с.
2. Инновационный патент № 26461 от 30.10.13 Республики Казахстан. Способ флотации сульфидных медных руд / Шерембаева Р.Т., Газалиев А.М., Акимбекова Б.Б., Омарова Н.К. и др.
3. Козин В.З. Исследование руд на обогатимость // Горное дело. Екатеринбург, 2008. – 350 с.
4. Алгебраистова Н.К. Исследование руд на обогатимость: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обогащение полезных ископаемых». – Красноярск: СФУ, 2009. – 123 с.
5. Омарова Н.К., Шерембаева Р.Т., Акимбекова Б.Б. Беспенная флотация сульфидных минералов меди // Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции 25-26 июня 2014 г. Анталия – Тамбов, 2014. С. 73-81.
6. Накамото К. ИК-спектры КР неорганических и координационных соединений: Монография / Пер. с англ. к.х.н. Христенко Л.В.; Под ред. д.х.н., проф. Пентина Ю.А. – М.: Мир, 1991. – 536 с.

Флотация сульфидных минералов меди в трубке Халлимонта

¹**ШЕРЕМБАЕВА Рымкеш Тюлюхановна**, к.т.н., и.о. доцента, rimkesh_62@mail.ru,

¹**ОМАРОВА Надежда Какибаевна**, к.т.н., доцент, nazim48@mail.ru,

²**МУХТАР Айдархан Ахуанович**, к.т.н., ассоциированный профессор, b.kasimova@mail.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²Химико-металлургический институт имени Ж. Абишева, Казахстан, Караганда, ул. Ермакова, 63,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В лабораторных условиях проведены исследования по определению гидрофобности поверхности медносульфидных минералов борнита и халькопирита методом дифференциально-термического анализа и изучены инфракрасные (ИК) спектры образцов этих минералов до и после опытов. Из характера поглощения сульфидными минералами меди ИК-излучения можно определить лучшие показатели адсорбции реагентов на поверхности минералов. При обработке поверхности халькопирита реагентами анабазиний-О, О-диметилтиофосфатом и N-фенилтиосемикарбазидом N-морфолинилуксусной кислоты установлено ослабление водородных связей и испарение адсорбированной влаги. Это свидетельствует о повышении гидрофобности поверхности халькопирита по сравнению с борнитом. Исследования беспенной флотации мономинеральной фракции сульфидных минералов проводили в трубке Халлимонта. При флотации халькопирита, обработанного раствором 1% N-фенилтиосемикарбазидом N-морфолинилуксусной кислоты, его извлечение составило 94,54%. Достигнутые показатели подтверждаются результатами дифференциально-термического анализа и ИК-спектроскопии.

Ключевые слова: реагенты, собиратель, пенообразователь, трубка Халлимонта, метод дифференциально-термического анализа, ИК-спектроскопия, борнит, халькопирит, извлечение.

Flotation of Copper Sulfide Minerals in Hallimond Tube

¹**SHEREMBAEVA Rymkesh**, Cand. of Tech. Sci., Acting Docent, rimkesh_62@mail.ru,

¹**OMAROVA Nadezhda**, Cand. of Tech. Sci., Docent, nazim48@mail.ru,

²**MUKHTAR Aidarkhan**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, b.kasimova@mail.ru,

¹NPISC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

²Zh. Abishev Chemical-Metallurgical Institute, Kazakhstan, Karaganda, Ermekov Street, 63,

*corresponding author.

Abstract. Under laboratory conditions, studies were carried out to determine the hydrophobicity of the surface of copper sulfide minerals bornite and chalcopyrite by differential thermal analysis and the infrared (IR) spectra of samples of these minerals were studied before and after the experiments. From the nature of the absorption of copper sulfide minerals

by IR radiation, it is possible to determine the best indicators of the adsorption of reagents on the surface of minerals. When treating the chalcopyrite surface with anabazinium-O, O-dimethylthiophosphate and N-phenylthiosemicarbazide reagents N-morpholinylacetic acid has been found to weaken hydrogen bonds and evaporate adsorbed moisture. This indicates an increase in the hydrophobicity of the chalcopyrite surface compared to bornite. Studies of the non-soil flotation of the monomineral fraction of sulfide minerals were carried out in the Hallimond tube. During flotation of chalcopyrite treated with a solution of 1% N-phenylthiosemicarbazide of N-morpholinyl acetic acid, its extraction was 94.54%. The achieved indicators are confirmed by the results of differential thermal analysis and IR spectroscopy.

Keywords: reagents, collector, foaming agent, Hallimond tube, differential thermal analysis method, IR spectroscopy, bornite, chalcopyrite, extraction.

REFERENCES

1. Abramov A.A. Flotacionnye metody obogashcheniya. – Moscow: Nedra, 2008. – 710 p.
2. Innovacionnyj patent No. 26461 ot 30.10.13 Respubliki Kazahstan. Sposob flotacii sul'fidnyh mednyh rud / SHerembaeva R.T., Gazaliev A.M., Akimbekova B.B., Omarova N.K. i dr.
3. Kozin V.Z. Issledovanie rud na obogatimost' // Gornoe delo. Ekaterinburg, 2008. – 350 p.
4. Algebraistova N.K. Issledovanie rud na obogatimost': Uchebnoe posobie dlya studentov vuzov, obuchayushchihsya po special'nosti «Obogashchenie poleznyh iskopaemyh». – Krasnoyarsk: SFU, 2009. – 123 p.
5. Omarova N.K., SHerembaeva R.T., Akimbekova B.B. Besspennaya flotaciya sul'fidnyh mineralov medi // Sbornik nauchnyh trudov po materialam I Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii 25-26 iyunya 2014 g. Antaliya – Tambov, 2014. Pp. 73-81.
6. Nakamoto K. IK-spektry KR neorganicheskikh i koordinacionnyh soedinenij: Monografiya / Per. s angl. k.h.n. Hristenko L.V.; Pod red. d.h.n. prof. Pentina YU.A. – Moscow: Mir, 1991. – 536 p.