

*Муханова А.А., Тусупбаев Н.К., Мейманова Ж.С., Алмакучукова Г.М.*  
**ТҮРДҮҮ ФЛОТОРЕАГЕНТТЕР МЕНЕН АРТЕМ КЕН ЖАТАК ЖЕРИНДЕГИ  
 ПОЛИМЕТАЛДЫК КЕНДЕРДИН ФЛОТАЦИЯСЫН ИНТЕНСИФИКАЦИЯЛОО**

*Муханова А.А., Тусупбаев Н.К., Мейманова Ж.С., Алмакучукова Г.М.*  
**МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ФЛОТОРЕАГЕНТЫ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ  
 ФЛОТАЦИИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ РУДЫ АРТЕМЬЕВСКОГО  
 МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*A. Mukhanova, N.K. Tusupbayev, Zh.S. Meymanova, G.M. Almakuchukova*  
**INTENSIFICATION OF THE MODIFIED FLOTOREAGENTS FOR FLOTATION  
 POLYMETALLICORE FROM ARTEMEVSK DEPOSIT**

УДК: 622.665.765.06.

*Түрдүү флотореагенттерди колдонуу менен Артем (Казахстан) кен жатак жериндеги полиметалдык кендердин флотациясын интенсификациялоо үчүн изилдөөлөр өткөрүлдү. Патенттелген түрдүү чогулткучтар бутыл ксантогенаты жана 1:3 катышта алынган сивуш майынын арашмасынан турат.*

**Негизги сөздөр:** түрдүү флотореагенттер, флотация, бөлүп алуу, концентрат.

*Проведены исследования для интенсификации флотации полиметаллической руды месторождения Артемьевск (Казахстан) с применением модифицированного флотореагента. Запатентованный модифицированный собиратель представляет собой смесь бутилового ксантогената и сивушного масла взятых в соотношении 1:3.*

**Ключевые слова:** модифицированный флотореагент, флотация, извлечение, концентрат.

*The study was conducted for the intensification for flotation polymetallic ore Artemovsk (Kazakhstan) deposit with modified flotoreagents were applied. The patented modified collector is a mixture butyl of xanthate and fusel oil taken at 1:3 ratio.*

**Key words:** modified flotoreagents, extraction, flotation, concentrate.

В настоящее время технология обогащения полиметаллических руд цветных металлов практически отработаны, основу современной минерально-сырьевой базы Казахстана составляют труднообогатимые, упорные, тонковкрапленные руды. В частности, труднообогатимые тонковкрапленные руды характерно для многих месторождений сульфидных полиметаллических руд Казахстана, ряд из которых имеют стратегические значения. Чтобы ускорить научно-технический прогресс и экономику на путь интенсификации большую роль играет дальнейшее развитие и совершенствование процессов обогащения руд, и в частности, процесса флотации.

Проблема повышения показателей обогащения и комплексности использования труднообогатимых руд может быть частично решена путем применения высокоэффективных реагентов при их оптимальном сочетании. Так как, в Казахстане резко снизился ассортимент флотационных реагентов, таких как собиратели и вспениватели. Резкое снижения и высокая стоимость отечественных реагентов, требует производства эффективных реагентов на основе имеющегося в РК сырья и вместе с тем создание на их

основе реагентных режимов для внедрения на обогатительных фабриках.

В последние годы многие ученые такие как, В.А. Чантурия, А.А. Абрамов, М.М. Сорокин, В.И. Рябой и многочисленные исследователи России активно занимается получением эффективных собирателей сульфидных минералов, содержащие цветные, редкие и драгоценные металлы с различными сочетаниями собирателей [1-3].

Совершенствование флотационного обогащения осуществляется путем внедрение новых технологических схем, а также модификацией существующих и использованием новых флотационных реагентов.

В связи с этим нами проведена модификация сивушных масел являющихся отходом Талгарского спирт-завода путем удаления воды и легколетучих примесей. Сивушное масло в своем составе содержит две группы органических веществ, условно разделяемых по температуре кипения: к первой группе относятся вещества с температурой кипения ниже 78,4°C (точка кипения для чистого этилового спирта) - сюда входят ацетальдегид и уксусный эфир; ко второй - относятся вещества с температурой кипения выше 78,4°C - пропиловый спирт, изопропиловый спирт, амиловый спирт, изоамиловый спирт, изобутиловый спирт, гептиловый спирт, а также оно содержит до 15% влаги. Сначала проводили обезвоживание сивушного масла с применением хлорида натрия и поташа.

Для удаления низкокипящих примесей и этанола была проведена перегонка и разделение сивушного масла на две температурные фракции. Для дальнейшей работы была использована вторая фракция, которая в своем составе по данным хроматографического анализа содержала 50% изоамилового спирта, 25% изобутилового, 14% бутилового, 5 % пропилового, 2 % изопропилового спиртов, до 1% влаги и другие компоненты.

В ИК-спектре ксантогената на основе сивушного масла (рис.1) наблюдаются полосы поглощения 2957 см<sup>-1</sup>, 2930 см<sup>-1</sup>, 2870 см<sup>-1</sup>, 1480 см<sup>-1</sup>, 1375 см<sup>-1</sup>, отвечающие валентным и дифференциальным колебаниям метильной и метиленовой групп. При 1150 см<sup>-1</sup> валентные колебания, отвечающие за колебания С-О, и в области 1200-1400 см<sup>-1</sup> валентные колебания ксантогенатной группы.

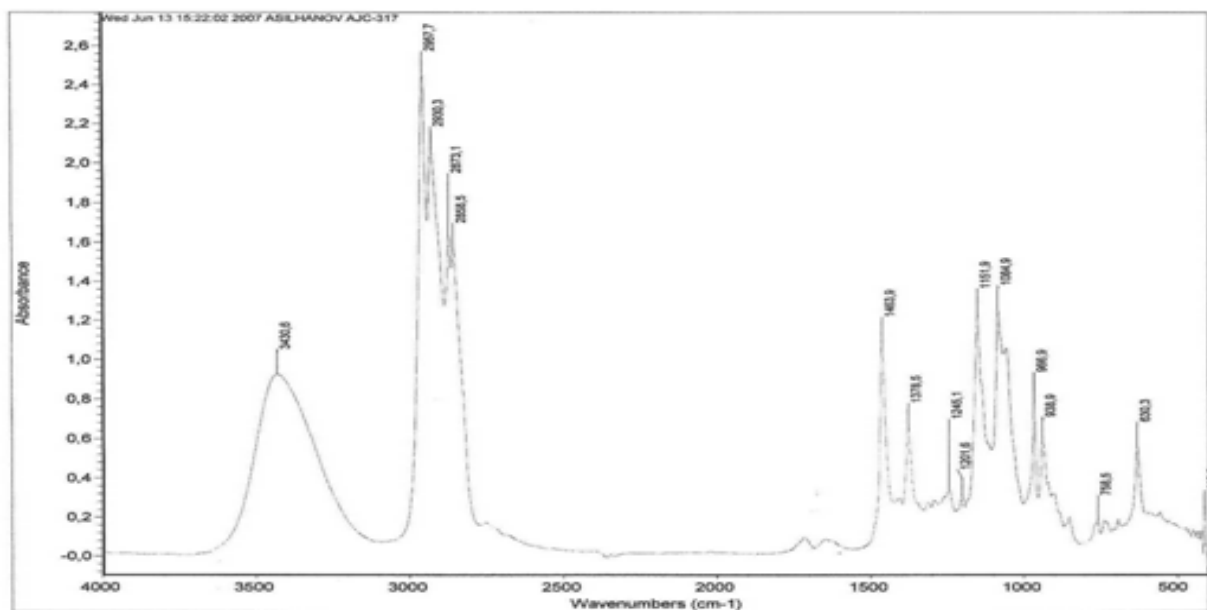


Рисунок 1 - ИК-спектр ксантогената на основе сивушного масла.

Преимущество предлагаемых модифицированных флотореагентов по сравнению с другими известными реагентами заключается в том, что сивушное масло представляет собой смесь амилового, изоамилового и бутилового спиртов с примесью этанола и пропанола. Модифицированный бутиловый ксантогенат это смесь бутилового ксантогената и сивушного масла взятых в соотношении 1:3.

В связи с этим, в данной работе приведены результаты флотационного обогащения медно-свинцово-цинковых руд Артемьевского месторождения с применением модифицированного бутилового ксантогената, в сравнении с традиционным бутиловым ксантогенатом.

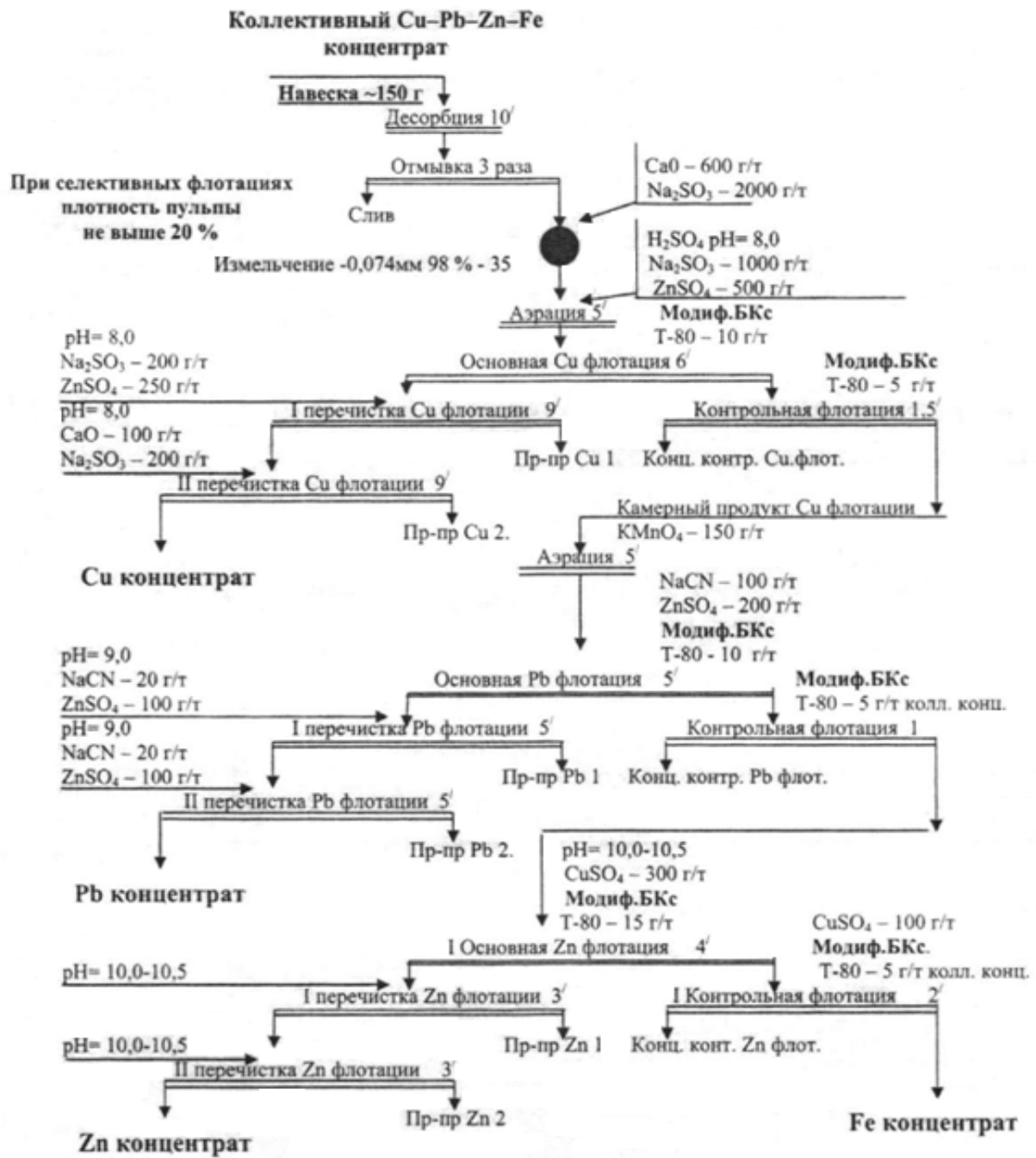
Схема флотации включала в себя измельчение руды до 70-75 % класса – 0,074 мм, основную коллективную медно-свинцово-цинково-пиритную флотацию, две перечистки коллективного концентрата и контрольную флотацию. В качестве собирателя использовали базовый бутиловый ксантогенат и модифицированный бутиловый ксантогенат, в качестве пенообразователя – Т-80.

В процессе флотационных исследований, был определен оптимальный расход модифицированного

бутилового ксантогената в сравнении с бутиловым ксантогенатом. При расходе модифицированного бутилового ксантогената 75 г/т был получен коллективный концентрат с содержанием меди 11,6 %, свинца – 7,3 %, цинка – 31,2 %. Извлечение меди в коллективный концентрат составило 90,0 %, свинца – 87,2 % и цинка – 90,7 %. При оптимальном расходе бутилового ксантогената 85 г/т был получен коллективный концентрат с содержанием меди 6,9 %, свинца – 11,2 % и цинка – 31,5 %. Извлечение меди при этом составило 85,6 %, свинца – 85,5 %, цинка – 88,4 %.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что применение модифицированного бутилового ксантогената позволяет уменьшить расход реагента на 10 г/т по сравнению с бутиловым ксантогенатом и увеличить извлечение цветных металлов в коллективный концентрат на 1,6 - 4,5 % без потери качества концентрата.

Далее полученный коллективный концентрат подвергался разделению на медный, свинцовый и цинковый концентраты по прямой селективной схеме флотации (рис. 2).



**Рисунок 2** - Схема селективной флотации полиметаллической руды Артемьевского месторождения с применением модифицированного ксантогената.

Цикл медной флотации проводился после доизмельчения коллективного медно-свинцово-цинкового концентрата при pH=8. Доизмельчение коллективного концентрата проводилось в пределах 85-98 % класса -0,074 мм. В процессе прямой селективной флотации был определен оптимальный расход модифицированного бутилового ксантогената в сравнении с бутиловым ксантогенатом. При оптимальном расходе бутилового ксантогената 15 г/т был получен медный концентрат с содержанием меди 26,9 %, при извлечении – 59,7 %. Расход модифицированного бутилового ксантогената варьировался от 5 до 15 г/т.

Расход пенообразователя Т-80 составлял 10 г/т. Использование модифицированного бутилового ксантогената при оптимальном расходе 10 г/т позволяет повысить извлечение меди в концентрат примерно на 5%. В этом случае получен медный концентрат с содержанием меди 28,5 % при извлечении 66,3 %.

Дальнейшая серия опытов по прямой селективной схеме проведены исследования по выбору оптимальных условий свинцовой и цинковой флотации с применением модифицированного ксантогената с получением свинцового и цинкового концентратов в сравнении с базовым бутиловым ксантоге-

натом. Расход базового бутилового ксантогената составлял в свинцовом цикле 15 г/т, в цинковом цикле – 25 г/т. Расход модифицированного бутилового ксантогената варьировался в свинцовом цикле от 5 до 20 г/т, в цинковом цикле – 10-25 г/т. Расход пенообразователя Т-80 в основной свинцовой флотации составлял 10 г/т, в основной цинковой флотации – 15 г/т. Анализ полученных данных показал, что с применением базового бутилового ксантогената получен свинцовый концентрат с содержанием свинца 55,8 % при извлечении 85,1 %. При оптимальном расходе модифицированного бутилового ксантогената 15 г/т, был получен свинцовый концентрат с содержанием свинца 56,1% при извлечении 90,1%, повышается извлечение свинца на 3-5%.

Цинковый цикл флотации проводился при pH 10,0-10,5 с использованием в качестве активатора цинковых минералов медного купороса. Оптимальный расход модифицированного бутилового ксанто-

гената составляет 20 г/т. В отличие от традиционного собирателя при использовании нового модифицированного бутилового ксантогената повышается извлечение цинка с 78,9 до 83,5 %, улучшается качества с 52,9 до 54,5%. В камерном продукте цинковой флотации при применении модифицированного бутилового ксантогената получен пиритный концентрат примерно такого же качества и извлечения как и при базовом бутиловом ксантогенате.

Таким образом, следует отметить что применение модифицированного бутилового ксантогената в схемах селективного разделения коллективного медно-свинцово-цинкового концентрата из руды Артемьевского месторождения показали его эффективность в сравнении с базовым бутиловым ксантогенатом. При этом отмечается снижение расхода реагента на 10-15 % и повышение извлечения меди, свинца и цинка в разноименные концентраты на 3-5%.

**Таблица 1 – Результаты флотации руды Артемьевского месторождения с получением селективного концентрата при использовании базового бутилового ксантогената и модифицированного бутилового ксантогената в оптимальных условиях**

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %				Примечание
		Pb	Cu	Zn	Fe	Pb	Cu	Zn	Fe	
Сиконц-т	7,5	1,5	<b>26,9</b>	6,4	30,2	1,4	<b>59,7</b>	1,8	13,9	Базовый БКс 15 г/т
Пр. пр. Cu 2	4,2	13,4	10,9	16,7	15,8	6,9	13,5	2,6	4,1	
Пр. пр. Cu 1	5,3	20,6	6,4	24,1	9,7	13,3	10,0	4,8	3,2	
Пен. контр. Cu	3,7	4,9	4,6	14,2	6,9	2,2	5,0	2,0	1,6	
Кам. прод. Cu	79,3	7,9	0,5	30,1	15,9	76,3	11,7	88,9	77,3	
<b>Коллект. к-т</b>	<b>100</b>	<b>8,2</b>	<b>3,4</b>	<b>26,9</b>	<b>16,3</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	
Сиконц-т	7,9	1,5	<b>28,5</b>	4,9	33,6	1,4	<b>66,3</b>	1,5	16,7	Модиф. БКс 10 г/т
Пр. пр. Cu 2	3,4	10,3	13,4	7,3	14,3	4,2	13,4	1,0	3,1	
Пр. пр. Cu 1	5,3	12,6	5,3	9,5	9,8	7,9	8,3	2,0	3,3	
Пен. контр. Cu	4,2	10,9	5,9	8,9	11,3	5,4	7,3	1,5	3,0	
Кам. прод. Cu	79,2	8,6	0,2	29,7	14,8	81,0	4,7	94,0	73,9	
<b>Коллект. к-т</b>	<b>100</b>	<b>8,4</b>	<b>3,4</b>	<b>25,0</b>	<b>15,9</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	
Рвконц-т	13,9	<b>55,8</b>	0,2	4,9	2,5	<b>85,1</b>	13,4	2,3	2,2	Базовый БКс 15 г/т
Пр. пр. Pb 2	2,1	21,1	0,3	8,5	3,1	4,9	3,0	0,6	0,4	
Пр. пр. Pb 1	3,2	12,9	0,3	17,9	8,4	4,5	4,6	1,9	1,7	
Пен. пр. Pbфл.	2,9	3,9	0,3	7,4	4,9	1,2	4,2	0,7	0,9	
Камер. пр. Pb	77,9	0,5	0,2	36,1	19,1	4,3	74,8	94,5	94,8	
<b>Камер. пр. Cu</b>	<b>100</b>	<b>9,11</b>	<b>0,21</b>	<b>29,7</b>	<b>15,7</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	
Рвконц-т	14,1	<b>56,1</b>	0,2	4,2	2,0	<b>90,1</b>	14,8	2,0	1,9	Модиф. БКс 15 г/т
Пр. пр. Pb 2	2,4	9,4	0,1	8,9	2,6	2,6	1,3	0,7	0,4	
Пр. пр. Pb 1	2,9	3,7	0,1	15,6	2,8	1,2	1,5	1,5	0,5	
Пен. пр. Pbфл.	3,7	4,1	0,1	6,6	2,1	1,7	1,9	0,8	0,5	
Камер. пр. Pb	76,9	0,5	0,2	36,9	19,1	4,4	80,5	95,0	96,7	
<b>Камер. пр. Cu</b>	<b>100</b>	<b>8,78</b>	<b>0,19</b>	<b>29,9</b>	<b>15,2</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	
Znконц-т	53,2	0,7	0,1	<b>52,9</b>	1,9	54,8	53,2	<b>78,9</b>	6,1	Базовый БКс 25 г/т
Пр. пр. Zn 2	4,3	0,6	0,1	44,3	6,2	3,8	4,3	5,3	1,6	
Пр. пр. Zn 1	5,8	0,6	0,1	36,6	9,1	5,1	5,8	6,0	3,2	
Пен. пр. Znфл.	4,9	0,5	0,1	36,8	8,2	3,6	4,9	5,1	2,4	
Fe конц-т	31,8	0,7	0,1	5,3	<b>44,8</b>	32,7	31,8	4,7	<b>86,6</b>	
<b>Камер. пр. Pb</b>	<b>100</b>	<b>0,68</b>	<b>0,10</b>	<b>35,6</b>	<b>16,4</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	
Znконц-т	55,3	0,6	0,1	<b>54,5</b>	1,9	55,6	55,3	<b>83,5</b>	6,2	Модиф. БКс 20 г/т
Пр. пр. Zn 2	3,9	0,6	0,1	46,8	6,2	3,9	3,9	5,1	1,4	
Пр. пр. Zn 1	4,1	0,6	0,1	38,4	9,1	4,1	4,1	4,4	2,2	
Пен. пр. Znфл.	3,2	0,5	0,1	36,3	8,2	2,7	3,2	3,2	1,5	
Fe конц-т	33,5	0,6	0,1	4,2	<b>44,8</b>	33,7	33,5	3,9	<b>88,6</b>	
<b>Камер. пр. Pb</b>	<b>100</b>	<b>0,60</b>	<b>0,10</b>	<b>36,1</b>	<b>16,9</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

**Вывод**

Преимущество предлагаемых модифицированных флотореагентов по сравнению с другими известными реагентами заключается в том, что сивушное масло представляет собой смесь амилового, изоамилового и бутилового спиртов с примесью этанола и пропанола. Модифицированный бутиловый ксантогенат это смесь бутилового ксантогената и сивушного масла взятых в соотношении 1:3. Применение модифицированного бутилового ксантогената позволяет увеличить извлечение цветных металлов в коллективный концентрат на 1,6 - 4,5 % без потери качества концентрата по сравнению с базовым режимом.

Сравнение результатов исследования с использованием базового и модифицированного бутилового ксантогенатов в цикле селекции показало, что модифицированный БКс позволяет повысить извлечение меди, свинца и цинка в разноименные концентраты на 3-5 % при одновременном снижении расхода реагента на 10-15%.

**Список использованных источников**

1. Муханова А.А. Эффективность использования нового модифицированного ксантогената в цикле флотации полиметаллических руд // Вестник КазНАЕН «Модернизация казахстанской науки: вклад ученых в индустриально-инновационное развитие», г.Алматы 2013. №3. - С.56-60.
2. Тропман Э.П., Сулаквелидзе Н.В., Русских Л.В. Эффективные флотационные реагенты, перспективы их промышленного применения // III Всеросс. науч. конф. «Химия и химическая технология она рубеже тысячелетий», г.Томск 2004. С.97-99.
3. Рябой В.И. Проблемы использования в разработки новых флотореагентов в России. Цветные металлы. 2011. №3. С. 7-14.
4. Ignatkina V.A., Bocharov V.A. and Tubdenova V.T. Combinations of different-class collectors in selective sulphide ore flotation. Journal of Mining Science, Springer NewYork 2010. vol.46. No.3. - P.82-88.
5. Голиков А.А. О химизме взаимодействия сульфгидрильных собирателей на поверхности сульфидных минералов. Цветные металлы. 1964. №5.- С. 16-22.
6. Богданов О.С. Вопросы теории флотации. Л., Металлургиздат, 1941., С. 82.

**Рецензент: к.т.н., профессор Шаутонов М.**