

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.765.061.28

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОДГОТОВКИ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИХ РЕАГЕНТОВ КЛАССА ДИТИАЗИНОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ФЛОТАЦИИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ

**В. А. Чантурия¹, Т. А. Иванова¹, И. Г. Зимбовский¹,
А. А. Бондарев², В. Л. Комаровский²**

¹*Институт проблем комплексного освоения недр РАН,
E-mail: tivanova06@mail.ru, zumbofff@gmail.com,
Крюковский тупик, 4, 111020, Москва, Россия*

²*ОАО “Святогор”, ул. Кирова, 2, 624330, г. Красноуральск, Россия*

Для эффективного использования в оптимальных условиях реагентов класса дитиазинов МТХ и ЭТХ при извлечении золота из труднообогатимого сырья флотационным испытанием на рудах предшествовала стадия изучения условий комплексообразования в водной среде и на поверхности пирита с искусственно нанесенным золотом (FeS₂Au). Микроскопическими и спектральными методами на поверхности FeS₂Au после контакта с МТХ и ЭТХ обнаружены органические S- и N-содержащие реагенты. Установлено, что эффект селективного выделения золота из золотосодержащих продуктов при флотации с использованием МТХ и ЭТХ обусловлен рядом факторов, ускоряющих образование труднорастворимых соединений на поверхности частиц золота. Изучено влияние длительности контакта минерала с реагентом, оптимальной щелочности среды, образования окисленного слоя на поверхности частицы Au⁰, введения регуляторов комплексообразования, играющих роль дополнительных лигандов, а также механохимического ускорения комплексообразования. Механохимическое воздействие при введении малорастворимого реагента ЭТХ в мельницу перед флотацией медносульфидной золотосодержащей руды позволило увеличить извлечение Au в концентраты основной и промпродуктовой флотации на 15.9 и 4 % соответственно. При этом содержание Au в хвостах снижалось на 0.15 г/т по сравнению с опытами, в которых применяли БКК или его сочетание с ЭТХ.

Минералы, флотационное обогащение, золотосодержащие руды, сорбция, собиратели, искусственное нанесение, золото, комплексообразование, микро- и наноразмерные частицы, электронная микроскопия

Одним из возможных способов повышения эффективности флотационного обогащения золотосодержащих руд является использование селективных реагентов-собирателей. В качестве собирателей целесообразно использовать доступные органические аналитические реагенты, экстрагенты или сорбенты, избирательно образующие с ионами металлов прочные нерастворимые комплексы. Исследуемые реагенты класса дитиазинов МТХ — пергидро-1,3,5-дитиазин-5-ил-метан и ЭТХ — бис-пергидро-1,3,5-дитиазин-5-ил-этан относятся к новому поколению эффективных сор-

бентов благородных металлов, применяемых для предварительного их концентрирования из растворов [1]. Действие реагента МТХ исследовалось при флотации пирита с искусственно нанесенным золотом, а также для извлечения золота из малосульфидной золотосодержащей руды. Реагент проявил селективные, но недостаточно сильные собирательные свойства и поэтому был рекомендован в качестве дополнительного к ксантогенату (БКК) собирателя при флотации золотосодержащих продуктов [2–4]. Анализ результатов показал, что при апробации этого реагента оптимальные условия образования прочного соединения МТХ с золотом не достигались.

Условия взаимодействия комплексообразующих органических реагентов с золотом в пульпе заметно отличаются от условий, оптимальных для ведения аналитических, экстракционных или сорбционных процессов, где традиционно применяют органические растворители, солянокислые растворы, а также возможно длительное ведение процесса или нагревание. Во флотационных процессах взаимодействие с микро- и наночастицами золота в пульпе и на поверхности частиц золотонесущих минералов происходит в низкоконтрированных водных растворах реагентов, преимущественно в щелочных средах.

Для выявления возможности эффективного использования и выбора оптимальных условий применения реагентов класса дитиазинов при извлечении золота из труднообогатимого сырья флотационным испытаниям на рудах предшествовала стадия изучения условий комплексообразования в водной среде и на поверхности пирита с искусственно нанесенным золотом. Также исследовано влияние времени контакта, химического и механохимического воздействия на комплексообразующую активность реагентов и золотосодержащих минералов при флотации.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на мономинеральных порошках пирита, на измельченном пирите, искусственно обогащенном микро- и наноразмерными частицами (НРЧ) золота ($-0.16 + 0.08$ мм) и ($-0.08 + 0.04$ мм), хвостах флотации медно-цинковой золотосодержащей руды Гайского месторождения, а также на продуктах переработки медной золотосодержащей руды Сафьяновского месторождения. Золото наносили на пирит из раствора $\text{Na}[\text{AuCl}_4]$ по разработанным ранее методикам [4]. Флотационные опыты выполняли на лабораторных флотомашинах с объемом камеры 20 и 100 и 1000 мл.

При исследовании условий комплексообразования растворы реагентов анализировали на спектрофотометре UV-1700 Shimadzu. Морфологию и элементный состав минеральных частиц и новообразований на них изучали на аналитическом электронном микроскопе (РЭМ-РСМА, микроскоп LEO-1420 VP), оснащенный рентгеновским энергодисперсионным микроанализатором INCA-350, использовали также лазерную сканирующую конфокальную микроскопию (ЛСКМ KEYENCE микроскоп VK-9700).

ИССЛЕДУЕМЫЕ РЕАГЕНТЫ

Два новых реагента с комплексообразующими свойствами класса дитиазинов МТХ и ЭТХ применяли в качестве сорбентов для предварительного концентрирования благородных металлов из солянокислых и хлоридных растворов. Реагенты синтезировали из недорогого сырья на НПФ “Паллада” (г. Салават, Республика Башкортостан). Вещества относятся по токсичности к III–IV классу опасности.

Сорбент МТХ — технический продукт, который содержит 70–85 % основного вещества класса дитиазинов и побочные продукты полимеризации, образовавшиеся в процессе его синтеза [5]. Для исследований реагент МТХ очищали переосаждением, для чего навеску техниче-

ского продукта перемешивали в 0.3 н. растворе HCl в ультразвуковой ванне. Отделяли нерастворившуюся часть реагента, содержащую преимущественно полимерные побочные продукты синтеза. К фильтрату добавляли раствор 0.2 н. NaOH до образования осадка индивидуального вещества пергидро-1,3,5-дитиазин-5-ил-метана, который отделяли и высушивали на воздухе. Таким образом получали белое кристаллическое вещество, ограниченно растворимое в подкисленных водных растворах. Мол. масса 268, $T_{пл}$ 64–65 °С (рис. 1а).

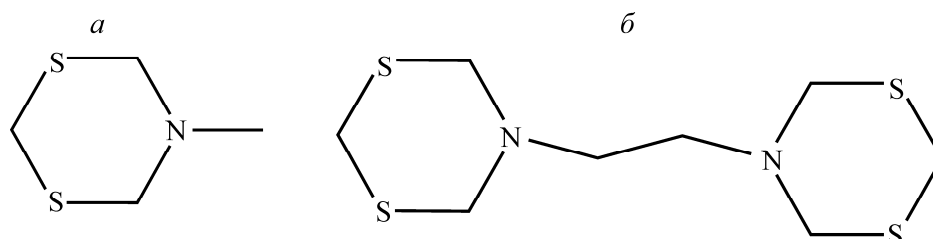


Рис. 1. Структурные формулы реагентов МТХ (а) и ЭТХ (б)

Сорбент ЭТХ — технический продукт, желто-белое аморфное соединение, синтезированное путем взаимодействия формальдегида, сероводорода и этилендиамина в водной среде при температуре 20–40 °С [1]. Для проведения исследований сорбент ЭТХ очищали перекристаллизацией из диметилформаида. Полученный белый порошок бис-пергидро-1,3,5-дитиазин-5-ил-этан $C_8H_{16}N_2S_4$, мол. масса 268, $T_{пл}$ 180 °С, практически нерастворим в воде и аполлярных органических растворителях (рис. 1б). Вещество ограниченно растворимо в растворе соляной кислоты при нагревании до 60 °С или при добавлении в воду хлорида натрия, а также в водорастворимых органических растворителях и их смесях, таких как этанол с диметилсульфоксидом (ДМСО) или диметилформаидом (ДМФ).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение комплексообразования МТХ и ЭТХ с золотом в воде

Пергидро-1,3,5-дитиазин-5-ил-метан (МТХ) и бис-пергидро-1,3,5-дитиазин-5-ил-этан (ЭТХ) — гетероциклические сероазотсодержащие соединения, в которых донорные атомы третичного азота и серы разделены углеводородными мостиками (рис. 1). В дитиазинах возможны два типа координации — через азот и серу. Атомы азота стабилизируют высокие степени окисления ионов, что препятствует протеканию окислительно-восстановительных реакций между реагентом и ионами металлов. Сначала образуется ионный ассоциат, а затем происходит внедрение реагента во внутреннюю координационную сферу иона металла. Далее процесс сопровождается частичным разрывом связей углерод–азот и углерод–сера, а затем формированием меркапто-тиоэфирных комплексов [6, 7]. Основными факторами, влияющими на скорость образования соединения, являются рН раствора, концентрация реагентов, ионная сила, температура и присутствие посторонних ионов.

При получении комплекса МТХ с золотом исходные вещества $HAuCl_4$ и пергидро-1,3,5-дитиазин-5-ил-метан перемешивали в соотношении 1 : 2 в водной среде с рН 3, 7 и 10 при комнатной температуре. Образованию малорастворимого коричневого соединения предшествовало появление коричневой или желтой (в щелочной среде) окраски раствора. Скорость комплексообразования МТХ с Au^{3+} снижалась с повышением щелочности среды. В кислой и нейтральной среде (рН 3 и 7) при взаимодействии $HAuCl_4$ ($0.1 \cdot 10^{-4}$ моля) с МТХ ($0.2 \cdot 10^{-4}$ моля) раствор мгновенно становился коричневым, а через 5 мин выпадал твердый осадок, тогда как в щелочной среде осадок выпадал лишь через сутки.

Добавление в раствор хлорид-ионов (NaCl) или роданид-ионов (NH₄SCN) несколько ускорило реакцию в щелочной среде. В отличие от МТХ, соединение ЭТХ с золотом в воде при мольном соотношении компонентов 1 : 2 образуется одинаково быстро во всем интервале рН от 3 до 11.5. В воде УФ-спектры соединений с золотом практически совпадают со спектрами исходных дитиазинов (рис. 2 и 3). Для соединения ЭТХ с Au лишь в области поглощения 193 нм спектр незначительно отличается от спектра исходного ЭТХ (рис. 3). В четыреххлористом углеороде комплексное соединение твердого коричневого соединения МТХ с Au имеет отличные от МТХ максимумы при 258.4 и 264 нм (рис. 4), а соединение ЭТХ с Au имеет характерный максимум в при 259 нм (рис. 5).

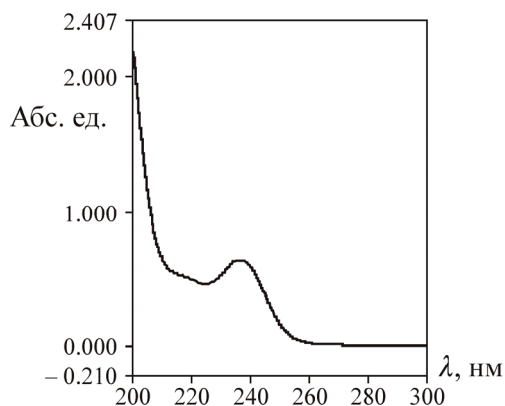


Рис. 2. УФ-спектр коричневого соединения МТХ с Au, полученного в H₂O при рН=7 (λ_{\max} 236 нм)

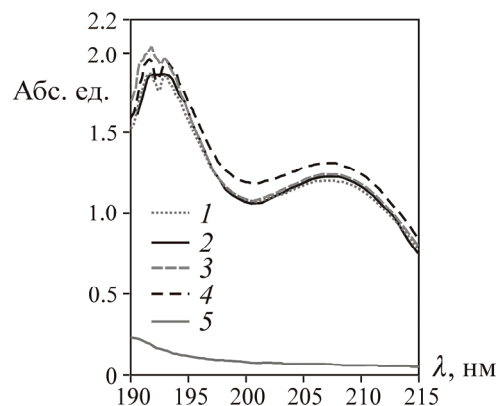


Рис. 3. УФ-спектры ЭТХ (1) (λ_{\max} 207, 193, 191 нм) и соединения ЭТХ с Au в H₂O при рН=5 (2); рН=11.5 (3); рН=11.5 (NaCl) (4); H₄AuCl₄ (5)

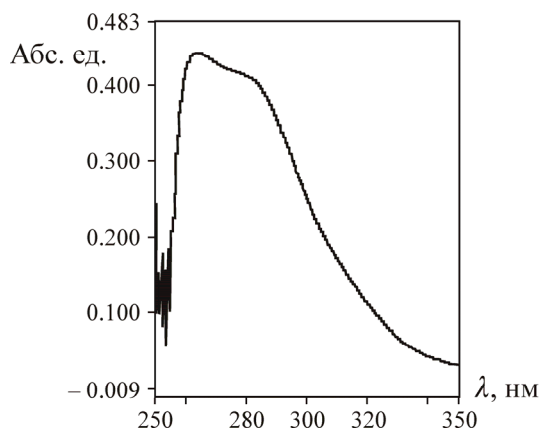


Рис. 4. УФ-спектр твердого коричневого соединения МТХ с Au в CCl₄ (λ_{\max} 258.4; 264 нм)

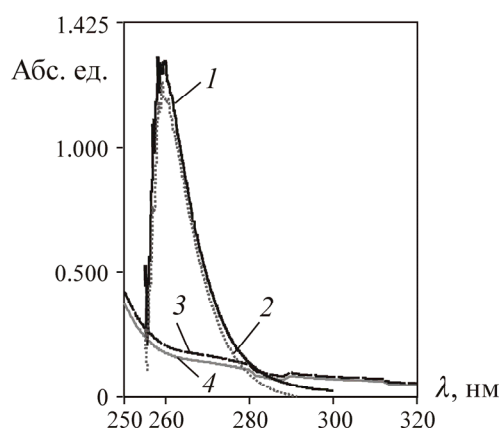


Рис. 5. УФ-спектры экстрактов соединения ЭТХ с Au, полученного при рН=5 (1) и рН=11.5 (2) в CCl₄ (λ_{\max} 259 нм); водная фаза после экстракции (3, 4)

Изучение образования соединений МТХ и ЭТХ с золотом на поверхности минералов

Микроскопические исследования проведены на частицах пирита (□ 0.08+0.04 мм) с искусственно нанесенными на них микрочастицами золота. После перемешивания минерала в растворе МТХ с рН=6, промывки водой и высушивания РЭМ-анализом визуально установлена

приуроченность островков адсорбированного реагента преимущественно к выделениям золота. На микрофотографии участка поверхности зерна пирита через тонкий темный слой реагента МТХ просвечивают частицы золота (рис. 6а).

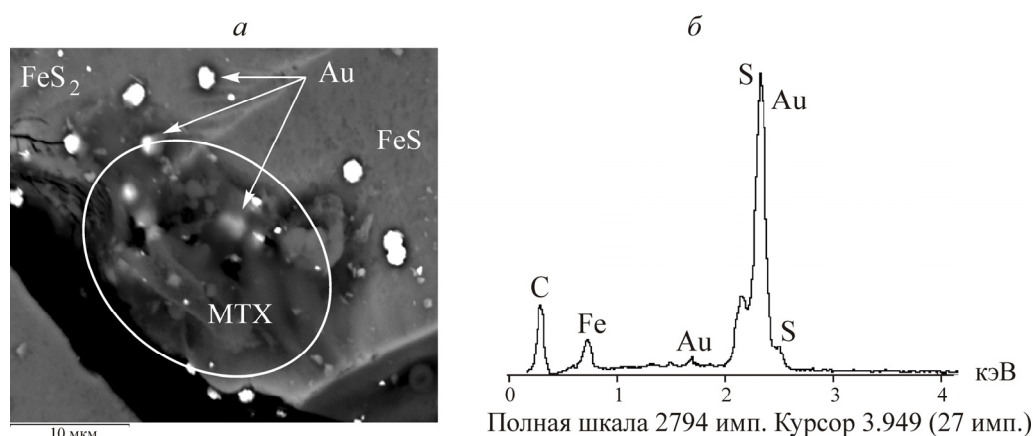


Рис. 6. Изображение зерна пирита с искусственно нанесенным золотом после контакта с реагентом МТХ, полученное на РЭМ-РСМА LEO-1420 VP (а); рентгеновский спектр участка поверхности, покрытого слоем реагента (б)

Введение $NaCl$ позволяло получить аналогичные изображения при адсорбции МТХ из более щелочных растворов. РЭМ — изображение зерна пирита с искусственно нанесенным золотом после контакта с реагентом ЭТХ ($pH=8$), а также рентгеновские спектры участка поверхности и частицы золота, покрытые слоем реагента, содержат помимо пиков серы, пики, отвечающие азоту, присутствующему в дитиазинах (рис. 7).

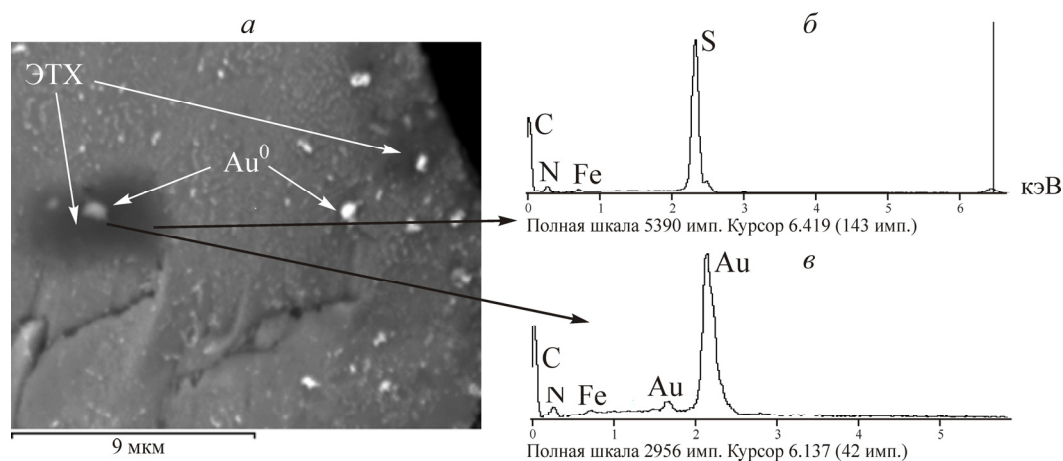


Рис. 7. Изображение зерна пирита с искусственно нанесенным золотом после контакта с реагентом ЭТХ, полученное на РЭМ-РСМА LEO-1420 VP (а); рентгеновский спектр участка поверхности, покрытого слоем реагента (б), и частицы золота, покрытые темным слоем реагента (в)

Исследованиями тех же образцов на лазерном микроскопе KEYENCE с VK-9700 получены цветные изображения пленки соединений МТХ и ЭТХ с Au на поверхности золотых частиц. При этом пирит имеет серую окраску, а сквозь коричневатый слой поверхностных органических соединений просвечивают золотые частицы (рис. 8). Таким образом, показано, что не только в растворе, но и на поверхности золотосодержащего пирита образуются соединения дитиазининов с золотом.

Спектрофотометрическими методами установлено, что даже в нейтральной и слабокислой среде сорбция реагента МТХ на поверхности золотосодержащего пирита при флотационных концентрациях происходит медленно. Для достижения наибольшей величины сорбции оказалось необходимым втрое (до 6 мин) увеличить время контакта минералов с реагентом. Величина адсорбции МТХ из раствора 70 мг/л оценена УФ-спектрофотометрически по остаточной концентрации реагента. В процессе перемешивания с МТХ на 1 г минерала ($-0.008 + 0.04$ мм) за 6 мин сорбировалось 0.093 мг реагента (рис. 9а). Флотоактивность золотосодержащего пирита ($-0.16 + 0.08$ мм) также повысилась при увеличении продолжительности перемешивания пульпы с 2 до 6 мин (рис. 9б).

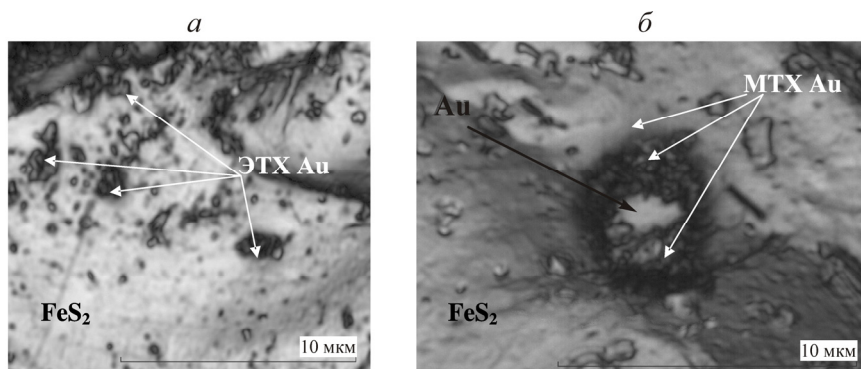


Рис. 8. Изображение зерен пирита с золотом в реальном цвете после сорбции реагента ЭТХ (а) и реагента МТХ (б), полученное на ЛСКМ KEYENCE микроскопе VK-9700

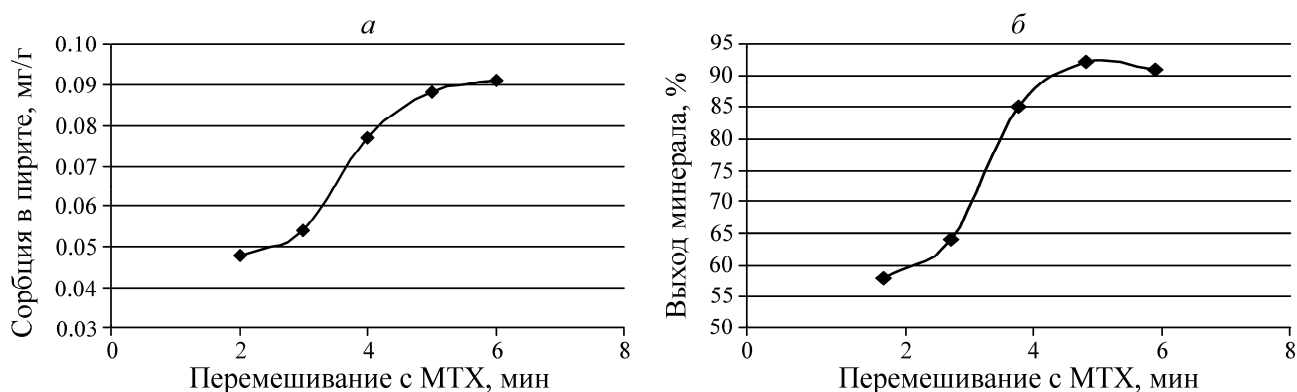


Рис. 9. Влияние продолжительности перемешивания минеральной суспензии с реагентом МТХ на сорбцию (а) и флотацию пирита с искусственно нанесенным золотом (б)

Активизация комплексообразования при введении в пульпу дополнительных ионов

Образование комплексного соединения с Au органических реагентов с разветвленной молекулой можно активизировать, вводя в раствор или пульпу в качестве дополнительного лиганда ионы Cl^- , SCN^- или HS^- [8].

Так, при флотации хвостов Гайского месторождения для ускорения процесса комплексообразования и повышения извлечения золота перед подачей ЭТХ в пульпу вводили раствор хлорида натрия или роданида аммония при мольном соотношении реагента и соли 1 : 1. Анализ результатов опытов, приведенных на рис. 10 и в табл. 1, показал, что при использовании ЭТХ с помощью доступных и недорогих регуляторов NaCl и NH_4SCN удалось повысить извлечение золота из труднообогатимых хвостов на 10 и 7 % соответственно.

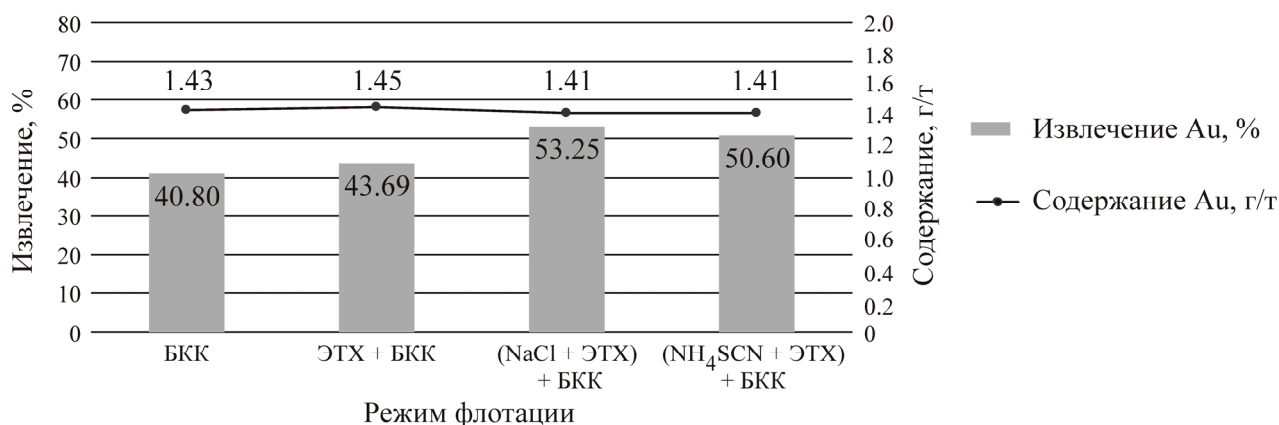


Рис. 10. Влияние регуляторов комплексобразования на извлечение золота при флотации хвостов Гайского месторождения

ТАБЛИЦА 1. Влияние регуляторов комплексобразования NaCl и NH₄SCN на результаты флотации золота из материала хвостов Гайского месторождения в присутствии ЭТХ и БКК

Номер опыта	Продукт	Выход, %	Содержание Au, г/т	Извлечение Au, %	Расход реагентов, г/т
1	Концентрат	23.68	1.43	40.80	БКК — 60
	Хвосты	76.32	0.65	59.20	
	Исходный	100.00	0.83	100.00	
2	Концентрат	24.73	1.45	43.69	ЭТХ — 50 БКК — 10
	Хвосты	75.27	0.61	56.31	
	Исходный	100.00	0.82	100.00	
3	Концентрат	30.99	<u>1.41</u>	53.25	NaCl — 11 ЭТХ — 50 БКК — 10
	Хвосты	69.01	0.56	46.75	
	Исходный	100.00	0.82	100.00	
4	Концентрат	29.45	<u>1.41</u>	50.60	NH ₄ SCN — 14.2 ЭТХ — 50 БКК — 10
	Хвосты	70.55	0.57	49.40	
	Исходный	100.00	0.82	100.00	

Интенсификация комплексобразования с помощью окисления НРЧ Au в пульпе

Дополнительные возможности повышения эффективности использования исследуемых реагентов скрыты в активировании поверхности наноразмерных частиц золота в труднообогатимых рудах. Известны способы воздействия на поверхность НРЧ золота и получения на нем окисленного слоя, обладающего повышенной реакционной способностью [9]. Частицы металлического золота с окисленной поверхностью активнее взаимодействуют с комплексообразующим собирателем, избирательно образуя труднорастворимое гидрофобное соединение.

Гуминовые кислоты (ГК), обладающие сильными комплексообразующими свойствами, способствуют поверхностному окислению и растворению золота, находящегося в коллоидно-дисперсной форме с переходом золота (Au⁰) в окисленную форму (Au⁺¹; Au⁺³) [10, 11]. Наличие в молекуле гуминовой кислоты функциональных групп в сочетании с ароматическими фрагментами обуславливает их способность вступать в реакции комплексообразования.

Для того чтобы исследовать влияние ГК на флотируемость золотосодержащего минерала в присутствии реагента ЭТХ, использовали образцы пирита с искусственно нанесенным микроили наноразмерным золотом. В пульпу перед собирателем вводили природные гуминовые кислоты. При перемешивании минералов, содержащих на поверхности НРЧ золота, с раствором

гуминовой кислоты на поверхности золота, очевидно, образуется пленка или слой окисленного соединения золота, которое эффективно взаимодействует с комплексообразующим реагентом. Данный факт подтверждается флотационными опытами (рис. 11).

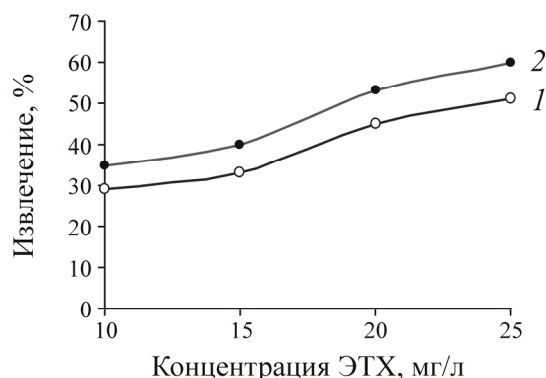


Рис. 11. Извлечение пирита с искусственно нанесенным золотом в присутствии ЭТХ (1); введение гуминовой кислоты перед ЭТХ (2)

Исходя из изложенного, можно рекомендовать при рудной флотации подавать реагент в мельницу в процесс измельчения. Флотационные испытания реагентов ЭТХ проводили в лаборатории обогатительной фабрики ОФ «Святогор» на пробе золотосодержащего продукта Сафьяновского медного сульфидного месторождения. Использование таких труднорастворимых реагентов, как ЭТХ, требует их введения в пульпу в виде раствора в воднорастворимом органическом растворителе либо в виде суспензий, что замедляет процесс комплексообразования и сорбции реагента на частицах золота. Предполагалось, что добавление ЭТХ в мельницу при измельчении золотосодержащего продукта создаст условия для протекания твердофазной реакции ЭТХ с Au. В исходной пробе руды содержалось: Cu — 3.20 %, Zn — 0.67 %, Au — 0.50 г/т. Исследования реагентов осуществляли в две стадии, согласно схеме. Перед основной флотацией исходную навеску (300 г) измельчали в шаровой мельнице в течение 45 мин при соотношении Т : Ж : Ш = 1 : 0.5 : 5 с получением флотационной крупности измельченного продукта 0.071 мм не менее 85 %. Реагент ЭТХ подавали в пульпу в виде 0.5 % раствора в диметилсульфоксиде. В эталонном опыте в качестве собирателя использовали бутиловый ксантогенат калия. В качестве пенообразователя в основную флотацию подавали реагент Т-90 (10 г/т). Время агитации реагентов 1 мин. Результаты проведенных флотационных испытаний, а также реагентные режимы приведены в табл. 2.

Флотационные испытания реагента показали, что добавление реагента ЭТХ к бутиловому ксантогенату (опыт 2) позволило повысить извлечение золота в суммарный концентрат на 1.3 % при снижении содержания на 0.04 % по сравнению с эталонным опытом (опыт 1).

Максимальный эффект достигался при подаче реагента ЭТХ сначала в мельницу, а затем в основную и промпродуктовую флотацию (опыт 3). Извлечение золота в концентраты основной и промпродуктовой флотации повышался на 15.9 и 4 % соответственно. При этом содержание золота в концентрате возросло на 0.05 □ 0.4 г/т, а в хвостах снизилось на 0.15 г/т по сравнению с опытами, в которых применяли бутиловый ксантогенат (опыт 1) или сочетание бутилового ксантогената с ЭТХ (опыт 2). При данном реагентном режиме сохранилось высокое извлечение меди и качество концентрата, которое практически соответствовало эталонному опыту. Извлечение медных минералов находилось на уровне, достигнутом в опытах с БК и ЭТХ.

Таблица 2. Результаты флотационных испытаний реагента ЭТХ на продукте медной золотосодержащей руды Сафьяновского месторождения

Продукт	Выход, %	Содержание		Извлечение, %	
		Cu (%)	Au (г/т)	Cu	Au
Опыт 1 (эталонный) , щелочность 874 г/м ³					
Основная флотация — 20', БКК — 60 г/т, Т-90 — 10 г/т					
Промпродуктовая контрольная флотация — 24', БКК — 50 г/т, Т-90 — 20 г/т					
Концентрат основной флотации	36.74	7.97	0.60	90.53	46.22
Промпродукт контрольной флотации	13.41	1.84	0.50	7.63	14.06
Концентрат + промпродукт	50.15	6.33	0.57	98.15	60.28
Отвальные хвосты	49.85	0.12	0.38	1.85	39.72
Итого	100.0	3.23	0.48	100.0	100.0
Опыт 2 , щелочность 896 г/м ³					
Основная флотация — 20', БКК — 60 г/т, Т-90 — 10 г/т, ЭТХ — 60 г/т					
Промпродуктовая контрольная флотация — 24', БКК — 50', Т-90 — 20 г/т, ЭТХ — 50 г/т					
Концентрат основной флотации	38.63	7.74	0.54	94.02	46.77
Промпродукт контрольной флотации	13.79	1.00	0.48	4.33	14.84
Концентрат + промпродукт	52.42	5.96	0.53	98.35	61.60
Отвальные хвосты	47.58	0.11	0.36	1.65	38.40
Итого	100.0	3.18	0.45	100.0	100.0
Опыт 3 , ЭТХ — 60г/т в измельчение, щелочность 739 г/м ³					
Основная флотация — 20', БКК — 30 г/т, ЭТХ — 10 г/т					
Промпродуктовая контрольная флотация — 10', БКК — 20', ЭТХ — 10 г/т					
Концентрат основной флотации	39.49	7.51	0.99	88.66	62.68
Промпродукт контрольной флотации	10.77	2.97	1.10	9.56	18.98
Концентрат + промпродукт	51.26	6.53	1.01	98.22	81.66
Отвальные хвосты	49.74	0.12	0.23	1.78	18.34
Итого	100.0	3.35	0.612	100.0	100.0

Более высокие технологические показатели флотации золота с ЭТХ (опыт 3), по сравнению с результатами опыта 2, обусловлены влиянием механохимического воздействия на поверхность золотосодержащих сульфидов. В процессе измельчения сырья, очевидно, произошло не только активирование поверхности сульфида, но и механохимическое окисление частиц золота, вскрытых в процессе измельчения, что привело к твердофазной реакции комплексообразования и активизации флотации золота.

ВЫВОДЫ

Выявлены оптимальные условия комплексообразования реагентов МТХ и ЭТХ с золотом в водном растворе. Микроскопическими и спектральными методами на поверхности золотосодержащего пирита после контакта с МТХ и ЭТХ обнаружены органические S- и N-содержащие реагенты.

Экспериментальными исследованиями установлено, что эффект селективного выделения золота из золотосодержащих продуктов при флотации с использованием МТХ и ЭТХ обусловлен рядом факторов, ускоряющих образование труднорастворимых соединений на поверхности частиц золота: оптимальной щелочностью среды, длительностью контакта частицы с реагентом, образованием окисленного слоя на поверхности частицы Au⁰, введением регуляторов комплексообразования, играющих роль дополнительных лигандов, а также механохимическим ускорением комплексообразования.

Введение реагента ЭТХ в мельницу перед флотацией медно-сульфидной руды позволило существенно улучшить результаты флотации золота по сравнению с результатами, полученными с реагентами класса дитиазинов, вводимыми непосредственно в пульпу, и особенно по сравнению с эталонным опытом с использованием ксантогената.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2102508 РФ по заявке № 94040693/02. Способ извлечения золота и палладия из растворов / Р. С. Алеев, Ю. С. Дальнова, Р. И. Аксеенко и др. — Приоритет от 04.11.1994, опубл. 20.01.1998.
2. Заявка № 2012110118/03(015150) РФ. Способ флотации сульфидных руд, содержащих благородные металлы / В. А. Чантурия, Т. А. Иванова, Ю. С. Дальнова, Т. В. Недосекина, А. О. Гапчич, И. Г. Зимбовский. — Приоритет от 16.03.2012. Решение о выдаче патента от 23. 07.2013.
3. Чантурия В. А., Недосекина Т. В., Гапчич А. О. Повышение селективности флотации золота на основе применения новых реагентов // ФТПРПИ. — 2012. — № 6.
4. Иванова Т. А., Чантурия В. А., Зимбовский И. Г. Новые способы экспериментальной оценки селективности реагентов-собирателей для флотации золота и платины из тонковкрапленных руд благородных металлов // ФТПРПИ. — 2013. — № 5.
5. Niatshina Z. T., Murzakova N. N., Vasilieva I. V., Rakhimova E. B., Akhmetova V. R., and Ibragimov A. G. Efficient method for a synthesis of N-substituted dithiazinanes via transamination of N-methyl-1,3,5-dithiazinane with arylamines and hydrazines, ARKIVOC 2011 (VIII), 2011, Vol. 141–148, Issue 8, Commemorative Issue in Honor of Prof. Usein M. Dzhemilev on the occasion of his 65-th anniversary.
6. Афонин М. В., Симанова С. А., Дальнова Ю. С. и др. Комплексообразование платины (II) и (IV) при сорбционном извлечении серо- и сероазотсодержащими гетероцепными сорбентами // XVIII Междунар. Черняевская конф. по химии, аналитике и технологии платиновых металлов: тез. докл. — М., 2006. — Ч. 1.
7. Муринов Ю. А., Майстренко В. И., Афзалетдинова В. Г. Экстракция металлов S, N-органическими соединениями. — М.: Наука, 1993.
8. Бусев А. И., Евсиков А. С. Влияние дополнительных ионов на комплексообразование // Вестн. МГУ. Серия 2. Химия. — 1969. — № 5.
9. Стадниченко А. И., Кощев С. В., Боронин А. И. Окисление поверхности массивного золота и исследование методом РФС состояний кислорода в составе оксидных слоев // Вестн. МГУ. Серия 2. Химия. — 2007. — Т. 48. — № 6.
10. Фишер Э. И., Фишер В. Л., Миллер А. Д. Экспериментальные исследования характера взаимодействия природных органических кислот с золотом // Сов. геология. — 1974. — № 7.
11. Вашурина И. Ю., Погорелова А. С., Калинин Ю. А. Природные гуминовые кислоты как средство интенсификации адсорбционно-диффузионных процессов // Химия и хим. Технология. — 2003. — Т. 46. — Вып. 1.

Поступила в редакцию 27/V 2014