

(АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения», г. Алматы)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЦЕСС СОРБЦИИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СЛОЖНЫХ РАСТВОРОВ

В статье рассмотрены сорбционные свойства смол анионита АМ-2Б, Purolite А-100/2412, СУВВЕРУSX 220 для оптимального извлечения золота в присутствии органических добавок в ионообменной системе.

На основе результатов показано, что наиболее эффективными как по золоту, так и по сопутствующим металлам, являются: для сернокислых растворов с окислителями и биореагентами – АМ-2Б и Purolite А-100/2412 и СУВВЕРУSX 220. Величины СОЕ по благородным металлам при сорбции из сернокислых растворов с биодобавками ниже по сравнению с аналогичными показателями сорбции из сернокислых растворов с окислителями: по золоту емкость анионита снижается незначительно: с 18,0 до 17,5 мг/г, а по серебру уменьшается почти в 1,5 раза. При сорбции золота и серебра из растворов с биодобавками (Purolite А-100/2412) равновесное состояние достигается в течение первых 2-4 часов.

Ключевые слова: серная кислота, сопутствующие металлы, ионообменная система, окислитель.

Тірек сөздер: күкірт қышқылы, ілеспе металдар, ионалмасу жүйесі, тотықтырғыш.

Keywords: sulphuric acid, concomitant metals, an ion is an exchanges system, oxidant.

В качестве возможной альтернативы цианиду предложен целый ряд реагентов, таких как тиосульфаты, тиомочевина, галогениды, полисульфиды и тиоцианаты. В указанном ряду следует выделить тиоцианат-ион, являющийся в отличие от тиосульфатов и тиомочевины существенно более устойчивым к разрушению и окислению в кислой среде реагентом, не подвергающимся заметному гидролизу при значениях $\text{pH} \geq 1$. Это позволяет использовать при выщелачивании эффективные окислители (железо (III), пероксид водорода и др.), значительно увеличивая скорость процесса и полноту растворения золота.

В работе [1] рассмотрено растворение золота и серебра растворителями различных типов. Следует отметить, что извлечение золота из упорных сульфидных золотосодержащих руд и концентратов достигается после их гидрометаллургической подготовки (окисления пирита и арсенопирита в автоклавах, азотнокислого вскрытия, бактериального выщелачивания) [2]. Гидрометаллургическая подготовка сульфидных

концентратов позволяет получить химические продукты, из которых извлечение золота можно осуществлять посредством выщелачивания нецианидными комплексообразующими реагентами.

Учитывая необходимость расширения базы нецианидных растворителей в гидрометаллургии золота, мы исследовали извлечение золота из упорных руд и хвостов флотации с использованием минеральных кислот и биореагентов сернокислотного выщелачивания из сырья и сорбционного выделения золота из сернокислых растворов с применением окислителей. В качестве критериев были приняты гранулометрический состав, механическая прочность и емкость по золоту. По результатам исследований составлен ряд активности анионитов: АМ-2Б > Purolite A-100/2412 > CYBBERUSX 220 > CYBBERCRX 300 > CYBBERAX 400 В > CYBBERALX 220 [3]. Более высокая механическая прочность анионита АМ-2Б по сравнению с Purolite A-100/2412 позволила снизить расход анионита до 3 – 5 г/т руды, а содержание смолы в процессе сорбции – до 0,25 % от объема пульпы, при этом удельный расход смолы сократился в 2 раза [4].

Изучены сорбционные свойства смол анионита АМ-2Б, Purolite A-100/2412, CYBBERUSX 220 для оптимального извлечения золота в присутствии органических добавок в ионообменной системе.

Методика исследования и анализа

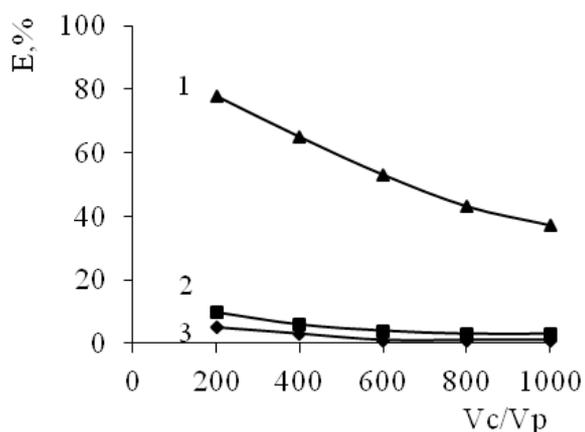
Объектом исследования являлись технологические многокомпонентные сернокислые растворы золота, серебра и сопутствующих анионов. В качестве сорбентов использовали анионит АМ-2Б, Purolite A-100/2412, CYBBERUSX 220. Эксперименты по сорбции проводили на ионитах в OH^- -форме, в статическом режиме при перемешивании со скоростью 500 об./мин., при объемном соотношении анионитов в набухшем состоянии и растворов, равном 1:500, и температуре 22-25 °С.

В качестве критерия оценки служила величина степени извлечения (Е, %) золота и наиболее конкурентоспособных примесных металлов: цинка и меди, а также железа из сернокислого и в присутствии биореагентного сернокислого раствора следующего состава, мг/дм³: 1,5 - Au; 1,2 - Ag; 15,0 - Cu; 2,6 - Zn; 1,2 - Fe.

Технологический раствор получен выщелачиванием золотосодержащей руды и хвостов флотации Акбакайского месторождения смесью раствора серной кислоты, окислителей и биореагентов, концентрацией серной кислоты 5,0 г/дм³ и рН 1,0.

Результаты и обсуждение

Полученные результаты экспериментальных исследований, представленные графическим отображением зависимости Е от V_c/V_p (рисунок 1), свидетельствуют о том, что степень извлечения золота среднеосновным анионитом АМ-2Б резко снижается (более чем в 1,5 раза) с увеличением объемного соотношения фаз, а при сорбции слабоосновными анионитами Purolite A-100/2412 и CYBBERUSX 220 составляет всего 6-18 % даже при низком соотношении $V_c:V_p$, равном 1: 200.

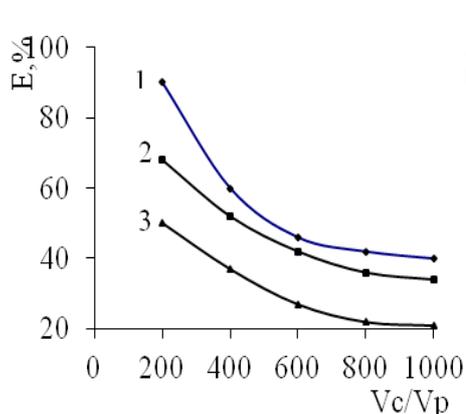


Обозначение кривых степени извлечения золота анионитами: 1– АМ-2Б;
2 – Purolite A-100/2412; 3 – CYBBERUSX 220.

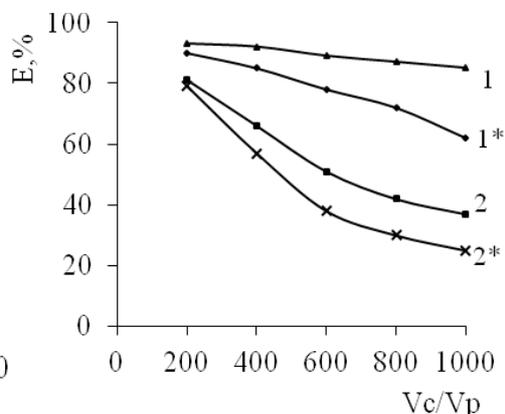
Рисунок 1 – Сорбционные свойства анионитов по отношению к золоту в зависимости от объёмного соотношения фаз.

Степень извлечения примесных металлов, хорошо сорбирующихся всеми изученными анионитами независимо от их функциональности, также понижается с увеличением объёмного соотношения фаз (рисунок 2). Однако, в отличие от смолы АМ-2Б, аниониты Purolite A-100/2412 и CYBBERUSX220 при любом объёмном соотношении фаз намного лучше сорбируют примесные металлы (рисунок 2 б). Причём анионит Purolite A-100/2412 по поглотительной способности в отношении примесных металлов (кривые 1, 2) превосходит анионит CYBBERUSX 220 (1*, 2*).

С увеличением продолжительности процесса сорбции, независимо от объёмного соотношения фаз, возрастает степень извлечения, как золота, так и примесных металлов анионитом АМ-2Б (рисунок 3 а), что является одной из причин, обуславливающих низкую избирательность сорбционных свойств этой смолы и подобных ей анионитов по отношению к благородному металлу.



а



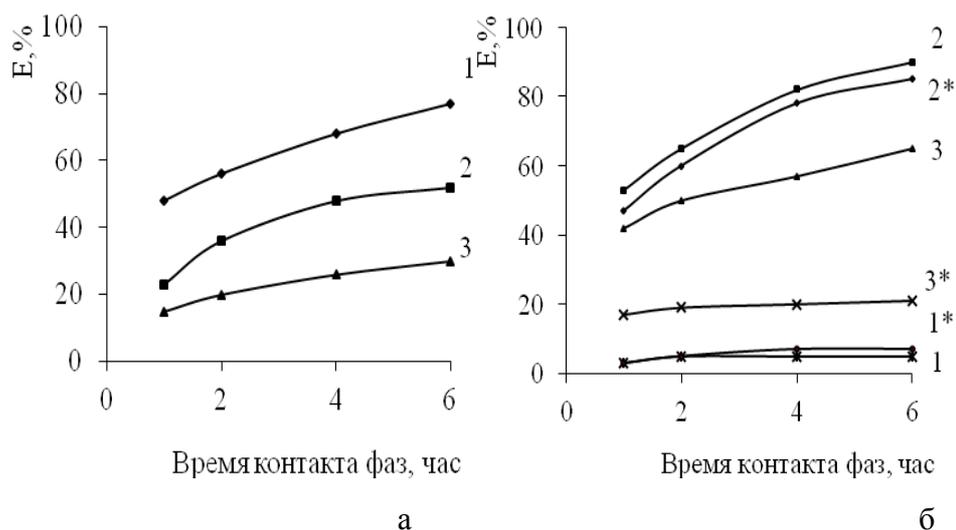
б

Обозначение кривых степени извлечения: 1–Zn; 2–Cu; 3–Fe смолой АМ-2Б (а);

1 – Zn; 2 – Cu смолой Purolite А-100/2412 (б); 1* – Zn; 2* – Cu смолой CYBBERUSX 220 (б).

Рисунок 2 – Сорбционные свойства анионитов по отношению к примесным металлам в зависимости от объёмного соотношения фаз.

Длительность времени контакта фаз практически не отражается на слабых сорбционных свойствах низкоосновных анионитов по отношению к золоту (рисунок 3 б, кривые 1,1*). Обнаружено, что анионит CYBBERUSX 220 проявляет аналогичные свойства по отношению к меди (кривая 3*), что объясняется отличительными особенностями строения его матрицы. Степень извлечения цинка (кривые 2, 2*) обоими низкоосновными ионитами и меди анионитом Purolite А-100/2412 (кривая 3) возрастает с увеличением времени контакта фаз.



Обозначение кривых степени извлечения 1– Au; 2 – Zn; 3 – Cu анионитами АМ-2Б (а)

и Purolite А-100/2412 (б); 1*– Au; 2*– Zn; 3*– Cu смолой CYBBERUSX 220 (б)

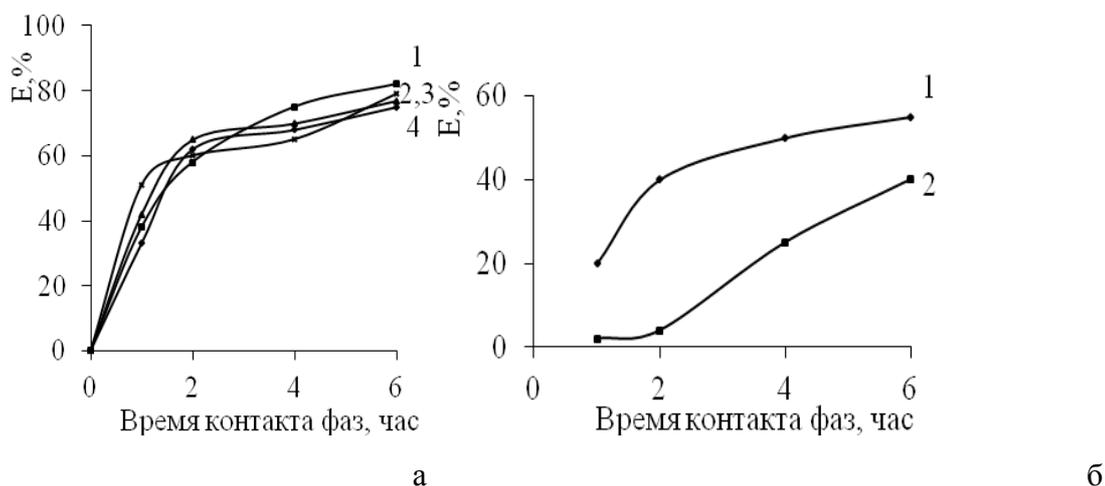
Рисунок 3 – Сорбционные свойства анионитов в зависимости от времени контакта фаз

Чтобы проверить применимость разработанных способов ионообменного извлечения золота анионитом АМ-2Б из сернокислых растворов, выполнены исследования степени извлечения золота, цинка, меди и железа в зависимости от концентрации серной кислоты и окислителей путём добавления биореагентов.

Проведением процесса сорбции при объемном соотношении фаз, равном 1:500, установлено, что изменение соотношения концентрации серной кислоты и окислителей в сернокислых растворах с биореагентами выщелачивания золота до определенного

предела ($C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 5,0 \text{ г/дм}^3$; $C_{\text{FeCl}_3} = 1,5 \text{ г/дм}^3$) мало отражается на сорбционных свойствах анионита АМ-2Б по отношению к ионам благородного металла (рисунок 4 а). Максимальная степень извлечения золота при 6-и часовом времени контакта фаз составляет 70–80 %.

Увеличение концентрации H_2SO_4 и FeCl_3 приводит к резкому снижению степени извлечения и даже к прекращению сорбции конкурентоспособных тяжелых цветных металлов, что косвенно указывает на изменение ионного их состояния.



Обозначение кривых степени извлечения: (а) золота – в зависимости от концентрации H_2SO_4 - 1, 2 и FeCl_3 - 3, 4;

(б) цинка при 1 – обычной; 2 – повышенной концентрации FeCl_3 .

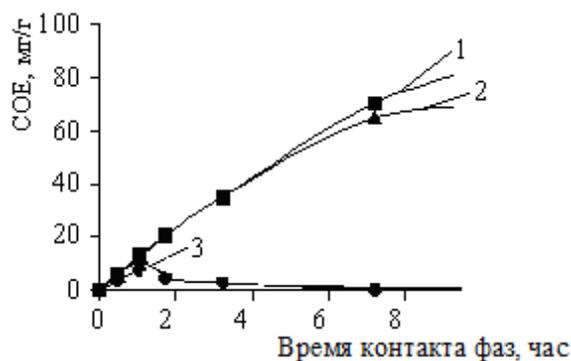
Рисунок 4 – Влияние сернокислых растворов с биореагентами на сорбционные свойства анионита АМ-2Б

по отношению к золоту и цинку

На рисунке 5 представлены кривые зависимости величин статической обменной емкости исследуемых анионитов от концентрации золота в сернокислых растворах в присутствии биореагентов. Как видно из графиков, с ростом времени контакта фаз в исследуемом диапазоне величины СОЕ по золоту анионитов АМ-2Б и Purolite А-100/2412 пропорционально увеличиваются. При дальнейшем росте времени величины СОЕ анионитов увеличиваются в разной степени, достигая максимальных значений 80,1 мг/г для АМ-2Б (кривая 1) и 75,0 мг/г для Purolite А-100/2412 (кривая 2), анионит СУВВЕРУSX 220 (кривая 3) слабо сорбируют золото.

Выявление закономерностей сорбционного поведения золота в зависимости от концентрации, продолжительности контакта фаз и определение величин СОЕ ионитов по золоту позволило установить, что исследуемые аниониты по

сорбционным свойствам в отношении анионов золота располагаются в ряду: АМ-2Б >Purolite A-100/2412 >СYBBERUSX 220.



1 – АМ-2Б; 2 – PuroliteA-100/2412;

3 – СYBBER USX 220.

Рисунок 5 – Зависимость СОЕ анионитов по золоту от времени контакта фаз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что все изученные аниониты из сернокислых растворов с биореагентами активно поглощают примесные металлы, степень извлечения которых понижается с увеличением объёмного соотношения фаз и возрастает по мере увеличения продолжительности процесса сорбции. То же самое касается золота при сорбции анионитом АМ-2Б.

Таким образом, **выявление закономерностей сорбционного поведения золота в зависимости от концентрации, продолжительности контакта фаз и определение величин СОЕ ионитов по золоту позволило установить, что исследуемые аниониты по сорбционным свойствам в отношении комплексных анионов золота располагаются в ряду: АМ-2Б >Purolite A-100/2412 >СYBBERUSX 220.** Результаты исследования сорбционных свойств ионитов в зависимости от условий проведения процесса сорбции и состава растворов позволяют сделать заключение о возможности практического применения анионита АМ-2Б для селективного извлечения золота из многокомпонентных сернокислых растворов выщелачивания упорных руд и хвостов флотации.

ЛИТЕРАТУРА

1 Минеев Г.Г., Панченко А.Ф. Растворители золота и серебра в гидрометаллургии. Металлургия, Москва, 1994. –245 с.

2 Холмогоров А. Г., Кононов Ю. С., Пашков Г. Л., Химия в интересах устойчивого развития. 2000. 8. -439 с.

3 Дмитриев Г.М., Лильбок Л.Л., Волков В.П., Мещеряков Н.М. Физико-химические и сорбционные свойства анионитов для гидрометаллургического извлечения золота // Цветные металлы. - 1999. - № 7. - С. 43 - 45.

4 Пашков А.А., Анпилов Д.Д., Коротковских Г.А. Поиск оптимальной марки ионообменной смолы и ее содержание в аппаратах сорбции золота // Цветные металлы. - 1999. - № 7. - С. 46 - 49.

REFERENCES

1 Минеев Г.Г., Панченко А.Ф. Растворители золота и серебра в гидрометаллургии. Металлургия. Москва, 1994. –245 с.

2 Холмогоров А. Г., Кононов Ю. С., Пашков Г. Л., Химия в интересах устойчивого развития. 2000. 8. -439 с.

3 Дмитриев Г.М., Лильбок Л.Л., Волков В.П., Мещеряков Н.М. Физико-химические и сорбционные свойства анионитов для гидрометаллургического извлечения золота // Цветные металлы. - 1999. - № 7. - С. 43 - 45.

4 Пашков А.А., Анпилов Д.Д., Коротковских Г.А. Поиск оптимальной марки ионообменной смолы и ее содержание в аппаратах сорбции золота // Цветные металлы. - 1999. - № 7. - С. 46 - 49.

Қойжанова А.К., Осиповская Л.Л., Ерденова М.Б.

(«Жер туралы металлургия және байыту ғылыми орталығы», АҚ., Алматы қ.)

КӨП КОМПОНЕНТТІ КҮРДЕЛІ ЕРІТІНДІЛЕРДЕН АСЫЛ МЕТАЛДАРДЫ СОРБЦИЯЛАУҒА КИНЕТИКАЛЫҚ ФАКТОРДЫҢ ӘСЕРІН АНЫҚТАУ

Резюме

Мақалада сорбциялану қасиеттері мен ион алмасу жүйесінде органикалық қоспалармен алтын алудың тиімді жолдары қарастырылған.

Зерттеулер нәтижесінде алтын және ілеспе металдарды алуда: күкірт қышқылы мен тотықтырғыш және биореагенттің қоспасымен АМ-2Б және Purolite A-100/2412, CYBER USX 220 аниониттері тиімді. Күкірт қышқылы мен биоқоспаның ерітіндісінен алтынның СКА, күкірт қышқылы мен тотықтырғыштың СКА төмен: 18,0-ден 17,5 мг дейін төмендейді, ал күмістен 1,5 есеге дейін төмендейді. Алтын мен күмісті биоқоспа ерітінділерімен сорбциялауда (Purolite A-100/2412) қалыпты жағдайы 2-4 сағ.

Тірек сөздер: күкірт қышқылы, ілеспе металдар, ионалмасу жүйесі, тотықтырғыш.

Koizhanova A.K, Osipovskaya L.L., Erdenova M.B.

(Joint-Stock Company “Center of the Sciences of the Earth, Metallurgy and Ores Beneficiation”,
Almaty)

DETERMINATION OF KINETIC FACTORS AFFECTING TO THE PROCESS OF
SORPTION
OF PRECIOUS METALS FROM COMPLEX MULTI-COMPONENT SOLUTIONS

Summary

In the article are considered the sorption properties of the resin anion exchanger AM-2B, Purolite A-100/2412, CYBBER USX 220 for optimum extraction of gold in the presence of organic additives in the ion exchange system.

Based on the results shown that the most effective one for gold, and by-products are: to sulfuric acid solutions with oxidants and bioreagents - AM-2B and A-100/2412 and Purolite CYBBER USX 220. The values of SEC for precious metals in the sorption of sulfuric acid solutions with bio-additive compared with those of the sorption of sulfuric acid solutions with oxidants: for gold anion exchanger capacity is reduced slightly from 18.0 to 17.5 mg / g, and for silver is reduced by almost 1.5 times. Under the sorption of gold and silver from solutions with bio-additive (Purolite A-100/2412) the equilibrium condition is reached within the first 2-4 hours.

Keywords: sulphuric acid, concomitant metals, an ion is an exchanges system, oxidant.

Поступила 05.09.2013 г.