



Figure 5 - Results of infrared spectroscopy analysis of the solution

Thus, it can be concluded based on the studies performed to determine the rate of gold sorption by the AM-2B anion exchanger from alkaline cyanide solutions that the amount of gold in the ion exchanger after treatment does not change and decreases with the use of alkaline cyanide solutions. Anionite of mixed basicity AM-2B shows high selectivity for gold [[18], [19], [20], [21]].

Conclusions

Laboratory studies to determine the gold sorption rate by the AM-2B anion exchanger from cyanide-alkali solutions were performed. It was found in the process of gold sorption from multicomponent cyanide-alkali solutions on AM-2B anionite of mixed basicity with the macroporous structure containing benzyl dimethylamine and

dibenzyl dimethyl ammonium functional groups, that an important factor of qualitative and quantitative separation of gold and impurity metals is the concentration of cyanide and hydroxyl ions in solution. The temperature effect on the gold sorption rate from cyanide-alkali solutions was studied with the temperature dependences F of t , Bt , of t , $\ln(I - F)$ of t , and D of t that shows that the sorption process of dicyanoaurate ions is controlled by mixed diffusion.

Conflict of interests. On behalf of all authors, the correspondent author declares that there is no conflict of interest.

Acknowledgements. The Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan financially supported this work under the grant funding AP08856780.

Cite this article as: Kaumetova DS, Koizhanova AK, Absalyamov Kh.K, Magomedov DR, Banks CE. Studies of the rate of gold sorption by the AM-2B anionite from cyanide-alkaline solutions. *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources.* 2022;320(1):88-94. <https://doi.org/10.31643/2022/6445.10>

Цианид-сілтілі ерітінділерден АМ-2В анионитімен алтынның сіңу жылдамдығын зерттеу

¹ Кауметова Д.С., ² Қойжанова А.Қ., ³ Абсалямов Х.К., ² Магомедов Д.Р., ⁴ Грейг Е. Бэнкс

¹ «Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Қарағанды, Қазақстан

² Сәтбаев университеті, «Металлургия және кен байыту институты» АҚ Алматы, Қазақстан

³ «Ш.Уалиханов атындағы Көкшетау университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Көкшетау, Қазақстан

⁴ Манчестер Метрополитен Университеті, Манчестер, Ұлыбритания

ТҮЙІНДЕМЕ

Бұл жұмыста Васильков кен орнының алтынды кендерін сорбциялық сілтісіздендіру бойынша зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Әртүрлі физика-химиялық факторлар кезінде цианид-сілтілі ерітінділерден алтын мен ілеспе металдар сорбциясының кинетикалық тәуелділігі алынды. АМ-2В шайырындағы алтын мыс пен мырышқа қарағанда жоғары жылдамдықпен сорбцияланатыны анықталды. Ерітінділер заманауи жаңа буын құрылғысы: "Avatar 370" ИК-Фурье спектрометрін қолдана отырып талданды. Цианид-сілті ерітінділерінен АМ-2В анионитімен алтынның сорбция

Мақала келді: 01 тамыз 2021

Сараптамадан өтті: 28 қараша 2021

Қабылданды: 30 желтоқсан 2021

жылдамдығын анықтау бойынша зертханалық зерттеулер жүргізілді. Бензилдиметиламин және дибензилдиметил-аммоний функционалдық топтары бар макрокеукеті құрылым, аралас негіздегі АМ-2Б анионитінде көп компонентті цианид-сілтілі ерітінділерден алтынды сіңіру процесінде алтын мен қоспалы металдардың сапалық және сандық бөлінуінің маңызды факторы ерітіндідегі цианид-, және гидроксил - иондардың концентрациясы болып табылады. Цианид-сілтілі ерітінділерден алынған алтынның сорбциялау жылдамдығына температураның әсерін зерттеу кезінде t-ден F, t-ден Bt, t-ден ln(I - F) және t-ден және D температуралық тәуелділіктер анықталды, бұл дицианоаурат иондарының сорбциялау процесі аралас диффузиямен басқарылатындығын көрсетеді.

Түйін сөздер: кен, алтын, сорбциялық сілтісіздендіру анионит АМ-2Б, циандау.

Авторлар туралы ақпарат:	
Кауметова Динара Суюндиқовна	<i>Phd докторант. «Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Қарағанды, Қазақстан. ORCID ID: 0000-0003-4197-4891. Email: kaumetovadinara@mail.ru, mailto:institutional@satbayev.university.kz</i>
Койжанова Айгуль Кайргельдыевна	<i>Техника ғылымдарының кандидаты, гидрометаллургияның арнайы әдістері зертханасының меңгерушісі. Satbayev University, Металлургия және кен байыту институты, 050013, Қазақстан, Алматы, Шевченко к-сі, 29/133. ORCID ID: 0000-0001-9358-3193. Email: aigul_koizhan@mail.ru, a.koizhanova@satbayev.university</i>
Абсәлямов Хасен Кабдулович	<i>Техника ғылымдарының кандидаты, ҰТКФА академигі, ғылыми-техникалық зертхананың жетекшісі. «Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Көкшетау, Қазақстан. ORCID ID: 0000-0001-6231-0520. Email: absalyamov_50@mail.ru</i>
Магомедов Давид Расимович	<i>Кіші ғылыми қызметкер, магистр, Satbayev University, «Металлургия және кен байыту институты» АҚ, Қазақстан, 050013, Алматы қ., Шевченко к-сі, 29/133. ORCID ID: 0000-0001-7216-2349. E-mail: davidmag16@mail.ru</i>
Грейг Е. Бэнкс	<i>Профессор, Манчестер Метрополитен Университеті, Манчестер, Ұлыбритания ORCID ID: 0000-0002-0756-9764. E-mail: c.banks@mmu.ac.uk</i>

Исследования скорости сорбции золота анионитом АМ-2Б из цианидно-щелочных растворов

¹ Кауметова Д.С., ² Койжанова А.К., ³ Абсәлямов Х.К., ² Магомедов Д.Р., ⁴ Грейг Е. Бэнкс

¹ Некоммерческое акционерное общество «Қарағанды техникалық университеті», Қарағанды, Қазақстан

² Satbayev University, Институт Металлургии и Обогащения, Алматы, Қазақстан

³ Некоммерческое акционерное общество «Көкшетау университеті имені Ш.Уәлиханова», Көкшетау, Қазақстан

⁴ Manchester Metropolitan University, Манчестер, Великобритания

АННОТАЦИЯ

В работе представлены результаты исследований по сорбционному выщелачиванию золотосодержащей руды Васильковского месторождения. Получены кинетические зависимости сорбции золота и сопутствующих металлов из цианидно-щелочных растворов при различных физико-химических факторах. Установлено, что золото на смоле АМ-2Б сорбируется с большей скоростью, чем, например меди и цинк. Растворы анализировали с использованием современных приборов нового поколения: ИК-Фурье спектрометра «Avatar 370». Проведены лабораторные исследования по определению скорости сорбции золота анионитом АМ-2Б из цианидно-щелочных растворов. В процессе сорбции золота из многокомпонентных цианидно-щелочных растворов на анионите АМ-2Б смешанной основности, макропористой структуры с бензилдиметиламинными и дибензилдиметил-аммониевыми функциональными группами, установлено, что важным фактором качественного и количественного разделения золота и примесных металлов являются концентрации цианид-, и гидроксил- ионов в растворе. При изучении влияния температуры на скорость сорбции золота из цианидно-щелочных растворов установлены температурные зависимости F от t, Bt, от t, ln(I - F) от t и D от t, которые показывают, что процесс сорбции дицианоаурат-ионов контролируется смешанной диффузией.

Ключевые слова: руда, золото, сорбционное выщелачивание, анионит АМ-2Б, цианирование.

Поступила: 01 августа 2021
Рецензирование: 28 ноября 2021
Принята в печать: 30 декабря 2021

Информация об авторах:	
Кауметова Динара Суюндиқовна	<i>Phd докторант. Некоммерческое акционерное общество «Қарағанды техникалық университеті», Қарағанды, Қазақстан. ORCID ID: 0000-0003-4197-4891. Email: kaumetovadinara@mail.ru</i>
Койжанова Айгуль Кайргельдыевна	<i>Кандидат технических наук, заведующая лабораторией спецметодов гидрометаллургии. Satbayev University, Институт Металлургии и Обогащения, 050013, ул. Шевченко, 29/133, Алматы, Қазақстан. ORCID ID: 0000-0001-9358-3193. Email: aigul_koizhan@mail.ru, a.koizhanova@satbayev.university</i>

Абсалямов Хасен Кабдулович	<i>Кандидат технических наук, академик НАГН, руководитель научно-технической лаборатории. Некоммерческое акционерное общество «Кокшетауский университет имени Ш.Уалиханова», Кокшетау, Казахстан. ORCID ID: 0000-0001-6231-0520. Email: absalyamov_50@mail.ru</i>
Магомедов Давид Расимович	<i>Младший научный сотрудник, магистр, Satbayev University, АО «Институт металлургии и обогащения», 050013, г. Алматы, ул. Шевченко, 29/133, Казахстан. Идентификатор ORCID: 0000-0001-7216-2349. E-mail: davidmag16@mail.ru</i>
Грейг Е. Бэнкс	<i>Профессор, Manchester Metropolitan University, Манчестер, Великобритания. ORCID ID: 0000-0002-0756-9764. E-mail: c.banks@mmu.ac.uk</i>

Reference

- Koizhanova A, Mukusheva A, Osipovskaya L, Erdenova M. Study of Sorption Kinetics in Processes of Precious Metals Recovery. Proceedings of XXVI International mineral Processing Congress — IMPC 2012. 2012 September 24–28. New Delhi, India. p. 590–601.
- Barchenkov VV. Osnovy sorbtsionnoy tekhnologii izvlecheniya zolota i serebra iz rud [Basics of sorption technology for extracting gold and silver from ores]. Moscow, Metallurgiya, 1982, 128 p. (In Russ.).
- Volkov VP. Sorbtsionnyye protsessy deystvuyushchikh proizvodstv [Sorption processes of existing industries]. Moscow, Publishing house "Ruda i Metally", 2014. (In Russ.).
- Chugayev LS. Metallurgiya blagorodnykh metallov [Metallurgy of precious metals]. Moscow, 1987, 432 p. (In Russ.).
- Kononov YuS, Patrushev VV. Stendovyye ispytaniya sorbtsii zolotosoderzhashchego kontsentrata [Bench tests of sorption leaching of gold-bearing concentrate]. Tsvetnyye metally = Non-ferrous metals. 2010;11:41–43. (In Russ.).
- Lodeyshchikov VV. Tekhnologiya izvlecheniya zolota i serebra iz upornoy rudy [Technology for the extraction of gold and silver from refractory ores]. Irkutsk, Irigiredmet, 1999, 342 p. (In Russ.).
- Koizhanova AK, Kenzhaliyev BK, Kamalov EM, ... Abdylbaev NN. Research of gold extraction technology from technogenic raw material. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan-series. Chemistry and Technology. 2020;1:95-101. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.12>
- Koizhanova AK, Toktar G, Craig E Banks, Magomedov DR, Kubaizhanov AA. Research of hydrometallurgical method of leaching gold from flotation tails with using bio-oxidation. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources. 2020;314(3):28-39. <https://doi.org/10.31643/2020/6445.24>
- Koizhanova AK, Sedelnikova GV, Erdenova MB, Berkinbaeva AN, Kamalov EM. Study of biohydrometallurgical technology used to recover gold from ore at a gold-recovery plant. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources. 2021;316(1):24-31. <https://doi.org/10.31643/2021/6445.03>
- Koizhanova AK, Kenzhaliyev BK, Kul'deyev Yel, Kamalov EM. Issledovaniya tekhnologii izvlecheniya zolota iz otrabotannykh shtabeley rudy kuchnogo vyshchelachivaniya [Research on the technology for gold from spent heap leaching ore piles]. Obogashchenie rud = Beneficiation of Ores. 2019;3:54-59. <https://doi.org/10.17580/or.2019.03.09> (In Russ.).
- Semushkina LV, Narbekova SM. On the possibility of flotation processing of technogenic gold-containing waste from enrichment plants. Challenges of Science. Issue IV, 2021:40-47. <https://doi.org/10.31643/2021.06>
- Kenzhaliyev B, Surkova T, Berkinbayeva A, Dossymbayeva Z, Yesimova D, Abdikerim B. (2021). On methods of modifying natural minerals. Challenges of Science. Issue IV, 2021:128-133. <https://doi.org/10.31643/2021.20>
- Koizhanova AK, Berkinbayeva AN, Sedelnikova GV, Kenzhaliyev BK, Magomedov DR, Efremova (Dyo) YM. Research of biochemical gold recovery method using high-arsenic raw materials. Metalurgija = Metallurgy. 2021;60(3-4):423-426. <https://hrcak.srce.hr/256126>
- Koizhanova AK, Kenzhaliyev BK, Bisengalieva MR, Abdylbaev NN, Magomedov DR. Calculation of Thermodynamic and Structural Characteristics of Gold and Silver Solvate Complexes. Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2020;65(7):1051–1060. <https://doi.org/10.1134/S0036023620070116>
- Kenzhaliyev BK, Surkova TYu, Berkinbayeva AN. To the question of the intensification of the processes of uranium extraction from refractory raw material. Metalurgija. 2019;58(1-2):75-78.
- Znamenskiy YuP, Bychkov NV. Kinetika ionoobmennyykh protsessov [Kinetics of ion exchange processes]. Obninsk, Publishing house "Printer", 2000, 204 p. (In Russ.).
- Nakamoto K. "IK-spektry i spektry KR neorganicheskikh i koordinatsionnykh soyedineniy" ["IR and Raman spectra of inorganic and coordination compounds"]: Per. s angl. M.: Mir, 1991. – 536 s., il.
- Kokotov YuA, Zolotarev PP, Yel'kin GE. Teoreticheskiye osnovy ionnogo obmena: slozhnyye ionoobmennyye sistemy [Theoretical foundations of ion exchange: complex ion exchange systems] L., Khimiya, 1986, 280 p. (In Russ.).
- Laskorin BN. Sorbtsiya zolota na anionite AM-2B [Sorption of gold on anion exchanger AM-2B]. Tsvetnyye metally. 1971. No.6. 76-78. (In Russ.).
- Seitkan AS, Redfren SAT. Arsenic in refractory gold ore processing. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paldalanu. 2021;2(317):5-13. <https://doi.org/10.31643/2021/6445.12>