УДК 669.21

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «ПОКРОВСКИЙ РУДНИК»

Шапошникова Е.Э., Мансуров Ю.Н.

ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ), Владивосток, e-mail: katyushka-djap@mail.ru.

В статье представлены результаты исследований гранулометрического состава, влияния соединений свинца (II) на процесс выщелачивания и влияния солевой обработки смолы на ее сорбционные свойства в процессе извлечения благородных металлов.

Ключевые слова: золото, серебро, процессы извлечения благородных металлов, гранулометрический состав, выщелачивание, сорбция

WAYS OF INCREASE OF EFFICIENCY OF EXTRACTION OF GOLD AT THE JSC «POKROVSK MINE»

Shaposhnikova E.E., Mansurov Y.N.

Far East federal university (DVFU), Vladivostok, e-mail: katyushka-djap@mail.ru

Summary: results of researches of granulometric structure, influence of compounds of lead (II) on process of leaching and influence of salt processing of pitch on its sorption properties are presented in article in the course of extraction of precious metals.

Keywords: gold, silver, processes of extraction of precious metals, granulometric structure, leaching, sorption

Обладая уникальными свойствами, золото оказало влияние на становление и развитие рыночной экономики, в том числе, основанной на знаниях. В современных условиях становления инновационной экономики извлечение золота занимает важное место в экономике, развитии инновационных процессов, в том числе и в горно-рудной промышленности. Кроме того, золото, выполняя функции обеспечения ценности твердой валюты, стало гарантом стабильного развития экономики все времен, а значить его стоимость существенно определяет уровень инновационности промышленности в целом и горной индустрии, в частности. На передовых предприятиях добывающей промышленности постоянно проводятся исследования, результаты которых должны снизить себестоимость извлечения золота и, сопутствующих ему элементов. Это определяет актуальность рассматриваемой темы, а именно: увеличение количества извлеченного золота на рудниках страны. Поэтому совместно с ОАО «Покровский рудник» проведена работа по оптимизации процессов извлечения драгоценного металла из рудной массы.

Целью работы является определение степени влияния факторов технологического процесса на степень извлекаемости благородных металлов из рудного концентрата.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: определить гранулометрический состав и механическую прочность ионообменной смолы Purolite; определить влияния соединений свинца (II) на процесс выщелачивания, применяемого на руднике; определить влияния солевой обработки смолы на ее сорбционные свойства.

Ниже представлены результаты исследований, проведенных в рамках магистерской диссертации, направленной на решение задач, направленных на достижение цели работы.

Для определения гранулометрического состава использована проба смолы, отобранная ручным пробоотборником. Влажность данной смолы составляла 53 %. Пробу смолы массой 200 г помещали в емкость объемом 500 см^3, заливали дистиллированной водой и оставляли на 1 час для набухания. Ситовой анализ проводили по стандартной методике (согласно ГОСТ 10900-84). Результаты гранулометрического анализа смолы представлены в табл. 3.

Таблица 1

Гранулометрический состав смолы Purolite

Класс, мм	Содержание, %
2,0	0,0
2,0 – 0,8	98,5
0,8 – 0,63	1,0
0,63	0,5

Из табл. 3 следует, что в смоле преобладают фракции размером от 2 до 0,8 мм – количество этой фракции составляет более 98 %. Таким образом, по гранулометрическому составу используемая на руднике смола соответствует требованиям

ОСТ 95.291-79. Изучение механических свойств, используемой смолы показало, что по прочности она также отвечает требованиям отраслевого стандарта.

Процесс извлечения благородных металлов использует технологическую операцию выщелачивания. На этот процесс оказывает сильное влияние содержание свинца – сопутствующий благородным металлам элемент, способствующий уменьшению количества извлекаемого благородных металлов. Поэтому в работе было изучено влияние нитрата свинца (II) на скорость цианидного выщелачивания золота – способ, применяемый на ОАО «Покровский рудник».

Для решения этой задачи была отобрана руда массой 20 кг с ленточного конвейера. Руда была измельчена на щековой дробилке и истирателе в дробильном отделении ЦЗПАЛ (91,1% класса –0,071 мм). Для эксперимента методом квартования были отобраны навески по 600 г. С каждой навески 200 г. массы отбирали для анализа на исходное содержание золота и серебра и 200 г. – на выщелачивание. Эксперимент проводили с массами образцов, в которых концентрация свинца составляла Pb^{+2} = 0,5; 1; 3; 5; 7; 9; 20 мг/г.

Из опубликованной научной литературы [1] известно, что растворимость $Pb(NO_3)_2$ при 20 °С составляет 5,65 г/л. Поэтому, приготовление растворов, содержащих свинец определено следующим образом. Для приготовления 1000 мл раствора с концентрацией свинца Pb^{+2} необходим навеска:

$$Pb(NO_3)_2=1000\cdot M(Pb(NO_3)_2)/M(Pb)= =500\cdot 331/207=1600 \text{ мг.}$$

Далее отбирали образцы порознь, соответствующие 5, 7, 9, 20 мг/л Pb^{+2}, при этом объем раствора составлял 1 литр. Характеристики образцов для анализа сведены в табл. 2.

Массу свинца Pb^{+2} в отбираемой аликвоте рассчитывали по формуле:

$$m_{Pb+2} = 0,4C_{Pb+2},$$

где m_{Pb+2} – масса свинца в отбираемом объеме аликвоты; C_{Pb+2} – концентрация свинца в выщелачивающем растворе, мг/л; 0,4 – объем выщелачивающего раствора, л.

Таблица 2

Объем образцов (аликвоты) для приготовления растворов, мл

Концентрация Pb+2 в выщелачивающем растворе	Масса Pb+2 в отбираемом образце (аликвоте)	Объем раствора
5	2	1000
7	2,8	1000
9	3,6	1000
20	8	1000

Объем отбираемой аликвоты рассчитывали из соотношения

$$1000 \text{ мл} – 500 \text{ мг}; \; x \text{ мл} – m_{Pb+2} \text{ мг};$$
$$x=V_{ал}=1000m_{Pb+2}/500.$$

Для концентраций 0,5; 1; 3 мг/л Pb^{+2} готовили растворы, разбавленные в 100 раз и отбирали, соответственно, образцы по табл. 3.

Таблица 3

Объем аликвоты для приготовления растворов, мл (раствор, разбавленный в 100 раз)

Концентрация Pb+2 в выщелачивающем растворе	Масса Pb+2 в отбираемой аликвоте	Объем отбираемой аликвоты
0,5	0,2	2
1	0,4	4
3	1,2	12

Далее образцы переносим в выщелачивающий раствор. Выщелачивание проводили во вращающихся бутылках объемом 750 мл. Соотношение твердой и жидкой фракций составляло соотношение т:ж=1:2. Время выщелачивания составляло 0,5; 1; 3; 5; 9; 24 ч.

На анализ отбирали жидкую и твердую фазы, в которых определены содержание свинца (табл. 4), характеризующее и показывающие степень загрязненности раствора, а также содержание золота и серебра (табл. 5).

Таблица 4

Степень извлечения свинца

Концентрация свинца, мг/л	Время, ч							
	0,5	1	2	3	5	7	9	24
0	19	30	44	59	74	79	71	77
0,5	19	42	59	57	67	72	83	90
1	30	42	57	68	65	86	81	85
3	19	19	44	53	78	69	69	86
5	27	33	53	47	73	64	76	86
7	22	28	33	4	39	70	83	36
9	26	44	45	48	61	71	81	90
20	16	47	50	60	71	79	76	85

Таблица 5

Содержание золота и серебра в растворах и твердой фазе

Конц. свинца,мг/л		Время, ч							
		0,5	1	2	3	5	7	9	24
0,5	золото в тв ф	2,80	1,99	1,40	1,48	1,12	0,96	0,57	0,33
	сер в ж ф	1,55	1,11	1,48	1,45	1,61	1,69	1,95	1,99
	золото в ж ф	0,68	0,68	1,13	1,25	1,23	1,37	1,50	1,25
1	золото в тв ф	2,40	2,00	1,49	1,09	1,20	0,48	0,67	0,53
	сер в ж ф	0,89	1,28	н/д	1,51	1,64	1,91	1,92	1,98
	золото в ж ф	0,58	0,79	н/д	1,16	1,22	1,31	1,39	1,33
3	золото в тв ф	2,80	2,80	1,93	1,61	0,75	1,06	1,08	0,47
	сер в ж ф	1,02	1,27	1,25	1,35	1,61	1,58	1,65	2,17
	золото в ж ф	0,72	1,03	0,89	0,99	1,42	1,37	1,42	1,83
5	золото в тв ф	2,50	2,30	1,61	1,84	0,93	1,23	0,84	0,49
	сер в ж ф	1,05	1,28	1,42	1,53	1,67	1,80	1,91	2,50
	золото в ж ф	0,68	0,93	1,14	0,99	1,35	1,56	1,59	2,00
9	золото в тв ф	2,54	1,94	1,89	1,78	1,34	0,99	0,64	0,36
	сер в ж ф	1,16	1,48	1,59	1,71	1,99	2,12	1,92	2,29
	золото в ж ф	0,70	0,98	1,18	1,27	1,47	1,58	1,54	1,72
20	золото в тв ф	2,90	1,83	1,73	1,36	1,01	0,73	0,81	0,52
	сер в ж ф	1,06	1,71	1,31	1,67	1,91	1,91	2,14	3,14
	золото в ж ф	0,67	1,10	0,96	1,37	1,35	1,62	1,81	2,03

В табл. 6 показана степень извлечения свинца при различном времени и концентрации свинца. В табл. 5 представлены результаты анализов золота в твердой фазе, серебра и золота – в жидкой.

Из приведенных данных не определена степень влияния свинца на скорость выщелачивания. Следует отметить, что во всех пробах со свинцом наблюдается большая степень извлечения после 24 часов. Для определения точного влияния свинца на степень извлечения золота необходимы более укрупненные исследования. Также важно подчеркнуть большой разброс экспериментальных данных в некоторых случаях, что связано с погрешностью данного метода проведения эксперимента, а именно – выщелачивание на каждое время делается отдельно с разными навесками руды.

С целью обеспечения точности эксперимента проводили определение влияния солевой обработки смолы на ее сорбционные свойства, а именно: необходимо было определить влияние обработки ионообменной смолы щелочным раствором хлорида натрия на ее сорбционную емкость и скорость насыщения. Для чего пробы (образцы) смолы были отобраны на участке регенерации.

Для смолы была проведена солевая обработка раствором, объем которой обозначен Vр-ра, следующего состава: 3 % NaOH + 3 % NaCl. Объем смолы (Vсм) в колонне составил 450 мл. Параметры солевой обработки: Vр-ра/Vсм=2/1, время обработки – 12 часов, температура – 60 ºС.

По окончанию солевой обработки была проведена отмывка сорбента о щелочи водой. Параметры отмывки: Vр-ра/Vсм=2/1, время

отмывки – 6 часов, температура – 60 ºС. По окончанию отмывки обе смолы были опущены в сетках в пачук для снятия кинетики сорбции.

Начальное содержание металлов в смоле, приведенное в табл. 6 свидетельствует о том, что на этапе щелочной обработки смолы десорбция примесей проходит в незначительных количествах. Основной целью данной операции является перевод смолы в щелочную форму.

В табл. 7 приведены данные по кинетике сорбции золота, серебра и других металлов на смолу.

Таблица 6

Содержание металлов в исходных смолах, г/кг

Поз.	Au	Ag	Ni	Cu	Fe	Zn
70-1	<0,05	<0,05	<0,02	0,02	0,08	0,14
70-5	0,02	<0,05	<0,02	0,07	0,13	0,06

Таблица 7

Содержание металлов в смолах при снятии кинетики, г/кг

	время, ч	Au	Ag	Ni	Cu	Fe	Zn	Ni+Cu+Fe
Без солевой обработки	12	0,76	0,27	0,2	0,14	0,27	0,58	0,61
	24	2,23	0,48	0,47	0,18	0,18	1,39	0,83
	48	2,94	0,41	0,49	0,15	0,29	1,67	0,93
	72	3,27	0,42	0,5	0,14	0,23	1,82	0,87
С солевой обработкой	12	1,44	0,44	0,4	0,23	0,17	1,04	0,8
	24	2,05	0,53	0,46	0,19	0,17	1,34	0,82
	48	2,75	0,42	0,49	0,15	0,15	1,63	0,79
	72	3,32	0,43	0,55	0,17	0,17	1,96	0,89

На основании табл. 7 построены графики зависимости сорбции золота по времени. На рис. 1 и 2 изображены кривые сорбции золота и серебра. На рисунках кривая 1 (синего цвета) показывает сорбцию золота и серебра без солевой обработки, кривая 2 (розового цвета) – с солевой обработкой.

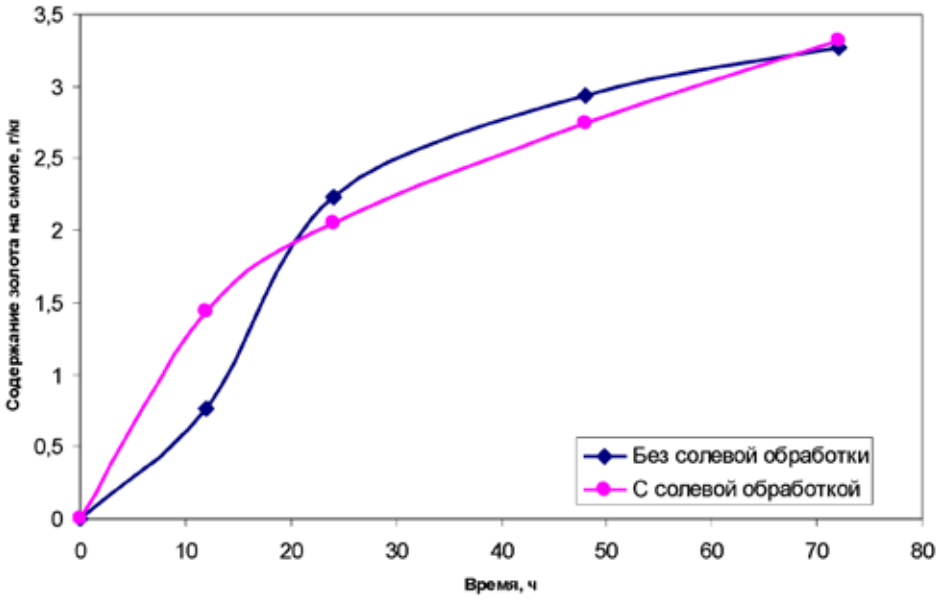

Рис. 1. Кинетическая кривая сорбции золота

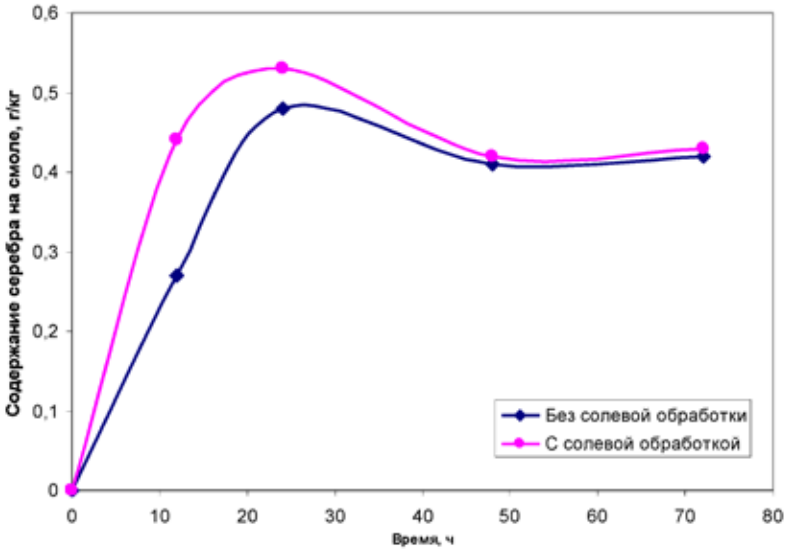

Рис. 2. Кинетическая кривая сорбции серебра

Из приведенных данных видно, что емкость обоих смол по всем металлам по истечении 72 часов одинаковая и составляет по золоту: без солевой обработки – 3,27 г/кг; с солевой обработкой – 3,32 г/кг. Наблюдается лишь незначительное увеличение скорости насыщения смолы металлами через 12 часов сорбции. В дальнейшем же скорости сорбции смол выравниваются, что подтверждает данные [2-4].

Выводы. В результате проведенных исследований определен оптимальный гранулометрический состав и механическую прочность ионообменной смолы Purolite, необходимой для эффективного извлечения золота и свинца на ОАО «Покровский рудник». Определено влияния соединений свинца (II) на процесс выщелачивания, применяемого на руднике; определено влияние солевой обработки смолы на ее сорбционные свойства. При этом установлено, что через 12 часов сорбции наблюдается увеличение емкости смолы, обработанной хлоридом натрия, по всем металлам.

Список литературы

1. Шиврин, Г.Н. Металлургия свинца и цинка / Г.Н. Шиврин. – М.: Металлургия, 1982. – 352 с

2. Андросов А.А. Технологические исследования сорбента PuroGold на ЗИФ ОАО «Покровский рудник» / А.А. Андросов 6-е изд. М. : Металлургиздат, 1983. – 206 с.

3. Захаров Б.А. Золото: упорные руды // А.Б.Захарова. – М. : Металлургиздат, 1975. – 389 с.

4. Проектирование систем автоматизации в металлургии: справочник / В.Р. Ксендзовский [и др.]. – М.: Металлургия, 1983. – 304 с.