

С.Г. АЙРАПЕТЯН, В.А. МАРТИРОСЯН

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА ИЗ
СЛАНЦЕВЫХ УГЛЕЙ АРМЕНИИ**

Исследована возможность переработки углесланцевых руд и концентратов Армении методом тигельной плавки с флюсами и окисью свинца с целью получения свинцового коллектора, дальнейшая окислительная плавка которого сопровождается получением осадка золотосеребряного сплава. Выбраны оптимальные условия тигельной и окислительной плавки для обеспечения максимального выхода золота и серебра.

Ключевые слова: углесланцы, огарок, драгоценные металлы, соляно-кислотное выщелачивание, тигельная плавка, солевое хлорирование.

Введение. В настоящее время в Армении насчитывается более десяти рудников (Шамут, Антарамут, Бадиван, Джаджур, Иджеван, Дилижан, Джерманис, Нор-Аревик и др.) бурых и сланцевых углей (далее углесланцы). Согласно данным исследований, полученным в разное время, эти ископаемые имеют высокую зольность и низкую теплотворность, в связи с чем они непригодны для нужд энергетики в качестве топливного сырья. Одновременно эти углесланцы содержат разнородные металлы, в том числе золото, серебро и металлы платиновой группы, что диктует необходимость разработки технологии переработки сланцев с получением качественного угольного топлива с предварительным удалением содержащихся в этих ископаемых ценных металлов и других примесей. Таким образом, углесланцы представляют собой не только сырье угольного топлива, но и источник получения драгоценных металлов. Целью настоящей работы является разработка технологии переработки углесланцев Армении с комплексным извлечением драгоценных металлов и получения качественного угольного топлива. Предлагаемая технология комплексной переработки углесланцев может явиться ведущим направлением в металлургической промышленности Армении XXI века.

Методика проведения эксперимента. Для изучения возможности извлечения золота и серебра в опытах использовались углесланцы и полученные их обогащением гравиконцентраты Нор-Аревикского месторождения. Полный силикатный анализ указанных углесланцев и концентратов проводился в центральной лаборатории ЗАО «Лернаметаллургияи институт», результаты которых приведены в табл. 1.

Согласно имеющимся сведениям, в 1,5...2,0% не указанных в таблице данных содержатся как редкие (Be, Mo, Nb, V, Zn, Y), так и благородные (Au и

Ag) металлы. Согласно аналитическим данным, содержание Au в углесланцевых рудах Нор-Аревика составляет 0,4...1,6 г/т, Ag - 1,8...120 г/т, а в гравиконцентрах - соответственно Au - 8...10 г/т, Ag - 17...21 г/т [1- 4]. В опытах для извлечения золота и серебра применяли способ тигельной плавки сырья с флюсами (сода, бура, уголь) и окисью свинца или глетом [5].

Таблица 1

Результаты полного силикатного анализа углесланцев и гравиконцентратов Нор-Аревикского рудника (вес. %)

Сырье	C	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	Всего
Руда	43,34	31,63	8,46	7,81	5,74	0,75	0,19	0,08	0,05	98,05
Гравиконц.	16,72	40,84	18,59	8,00	12,69	0,86	0,20	0,09	0,50	98,49

Экспериментальная часть. Вначале углесланцевое сырье типа Ар-лп-2 размерами частиц до 10 мм обжигалось при температуре 450...500 °С с продолжительностью 3 часа. Процесс обжига осуществлялся с помощью электрической муфельной печи в прямоугольных керамических емкостях (120x80 x 25 мм) с целью удаления углерода сырья. Недообожженные обломки обжигались повторно аналогичными режимами и способами, только после измельчения до 300 мкм. Полученные указанными методами обожженные образцы или огарки далее подвергались тигельной плавке. При изготовлении плавильной шихты на каждую пробу огарка добавляли безводную техническую соду - 80 г, буру - 40 г, глет - 60 г и углеродистый восстановитель - до 5 г. Для разделения золота и серебра образующиеся в результате тигельной плавки свинцовые коллекторы (веркблей) драгоценных металлов подвергались окислительной плавке в специальных цементных тиглях (купелирование). Во время купелирования основная масса свинца из веркблея вместе с недорогими металлами всасывается в состав цементного тигеля, а остальная часть улетучивается в виде газов.

Основные данные режимов тигельной плавки приведены в табл. 2.

Таблица 2

Режимы тигельной плавки огарка углесланцевой руды и количества полученного свинцового коллектора драгоценных металлов

№ опыта	Руда, г	Огарок, г	Плавка		Свинцовый коллектор, г
			температура, °С	время, ч	
1	200	77	980...1060	1,0	50
2		78	1000	1,2	49
3		80	960...1050	1,5	59
4		81	1000...1050	1,0	56
5		79	1050...1150	0,75	57

В результате купелирования на дне указанной емкости образуется королькообразный сплав золота и серебра (сплав Доре). Основные показатели процессов купелирования приведены в табл.3.

Таблица 3

Основные показатели купелирования свинцовых веркблей, полученных тигельной плавкой обожженных проб углесланцевой руды

№ опыта	Веркблей, г	Купелирование		Сплав Доре, мг	Au		Ag	
		температура, °C	время, ч		мг	г/т	мг	г/т
1	50	920...950	2,8	0,52	0,08	0,40	0,44	2,20
2	49	920...970	2,5	0,30	0,05	0,25	0,25	1,25
3	59	920...970	2,7	0,40	0,07	0,35	0,33	1,65
4	56	920...980	2,5	0,50	0,08	0,40	0,42	2,10
5	57	920...960	2,5	0,35	0,05	0,30	0,30	1,45

Следует добавить, что для выделения золота и серебра полученные в опытах купелирования сплавы Доре выщелачивались слабым раствором азотной кислоты.

В следующих опытах в качестве сырья использовался обогащенный по содержаниям драгоценных металлов гравиконцентрат типа Гр-758. Для удаления содержания угля гравиконцентрат подвергался окислительному обжигу (температура 450...500 °C, продолжительность - 3 часа). Основные показатели тигельной плавки гравитационного концентрата и купелирования свинцовых веркблей приведены соответственно в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Масса свинцового веркбля в зависимости от режима плавки углесланцевого гравиконцентрата

№ опыта	Концентрат, г	Огарок концентрата, г	Режим плавки		Веркблей, г
			температура, °C	время, ч	
1	50	35	960...1000	1,9	37
2		36	930...1080	2,0	42
3		36	920...1080	1,8	33
4		37	1000...1180	2,0	41
5		34	1000...1100	2,0	40
6	100	72	1050...1080	1,2	34

Результаты купелирования свинцовых веркблей в тигельной плавки огарка углесланцевого гравиконцентрата

№ опыта	Веркблей, г	Купелирование		Сплав Доре, мг	Au		Ag	
		температура, °C	время, ч		мг	г/т	мг	г/т
1	37	920...1000	1,5	2,80	0,31	6,20	2,49	49,8
2	42	920...980	1,6	4,40	0,50	10,0	3,90	78,0
3	33	920...1000	1,5	1,70	0,42	8,4	1,28	25,6
4	41	920...1040	2,0	3,10	0,71	14,2	2,39	47,8
5	40	1000...1030	1,7	2,40	0,59	10,8	1,81	36,2
6	34	950...1050	1,0	3,07	0,47	9,4	2,60	52,0
7	35	950...1050	1,0	2,37	0,37	7,5	2,00	40,0

Из приведенных в табл. 4 данных видно, что более продуктивны опыты 2, 4 и 5, где плавка опытных образцов осуществлялась в температурном интервале 1000...1100 °C и продолжительностью 2 часа. Данные табл. 5 показывают, что сравнительно эффективны результаты тех опытов, где купелирование веркблей проводилось в температурном интервале 950...1050 °C в течение 1,0...1,5 часа.

Как видно из результатов опытов, средние показатели извлечения золота и серебра из указанных количеств исходных углесланцевых руд (тип пробы Ар-лп-2) и полученных путем переработки концентратов (Гр. 758) соответственно составляют: Au - 0,34 г/т, Ag - 1,7 г/т и Au - 9,50 г/т, Ag - 47,5 г/т.

Закключение. Полученные в работе результаты исследования метода извлечения золота и серебра тигельной плавкой и купелированием довольно реальные, так как они, в основном, совпадают с исходными и соответствующими показателями. Извлекаемые в опытах при переработке сланцевых руд минимальные (с точностью до сотых долей миллиграмма) содержания золота говорят о чувствительности использованной технологии. Усредненные данные извлекаемого из гравиконцентрата золота, по сравнению с исходными и, соответственно, максимальными содержаниями, составляют 95%, что подтверждает продуктивность процесса. Из полученных в работе показателей вытекает, что использованная в работе технология, включающая обжиг драгоценных металлосодержащих углесланцевых материалов, тигельную плавку огарка и последующее купелирование веркблея, отличается своей продуктивностью извлечения золота и серебра и может стать необходимой основой для дальнейшего совершенствования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Алоян П.Г., Алоян Гайк П.** Платиноиды в промышленных рудах Армении. - Ереван: ГЕОИД, 2003.-182 с.
2. **Алоян П.Г., Алоян Г.П.** Металлоносность черносланцевых (терригенно-углеродистых) комплексов Армении // Изв. НАН РА. Науки о Земле. - 2003.- № 3.- С. 8-13.
3. **Алоян П.Г., Алоян Г.П.** Терригенно–углеродистые комплексы Армении как новый формационный тип благороднометалльного сырья // Вестник Инженерной академии Армении.- 2004.- Т.1, № 1.- С. 58-61, ISBN 99942-922-0-5.
4. **Алоян П.Г., Алоян Гайк П.** Редкие металлы в промышленных рудах Армении. - Ереван: Геоид, 2005. - 335с. ISBN 99930-900-2-6.
5. Патент RU 2156820. МПК С 22В 11/02. Способ переработки концентратов гравитационного обогащения, содержащих благородные металлы / **С. Г. Рыбкин, А.Ф. Панченко, Г.М. Панченко, Н.Н. Кулинин.** - Опубл. 27.09. 2000.

Национальный политехнический университет Армении. Материал поступил в редакцию 10.02.2015.

Ս.Գ. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ, Վ.Հ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԹԵՐՐԻԳԵՆՆԱԿԱՆ ԿՐԻՍՏԱԼՆԵՐԻՑ ՈՍԿՈՒ ԵՎ ԱՐԾԱԹԻ ԿՈՐԶՄԱՆ ՀԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Հետազոտվել է Հայաստանի թերթաքարային ածուխների և խտանյութերի մշակման՝ կապարի օքսիդով և ֆլյուսներով հալքանոթային հալման եղանակի հնարավորությունը: Դրան պատկերը կապարային կուտակիչի ստացումն է, որի օքսիդիչ հալումն ուղեկցվում է ոսկիարծաթային համաձուլվածքի նստվածքի առաջացմամբ: Ընտրված են ոսկու և արծաթի առավելագույն ելքն ապահովող հալքանոթային և օքսիդիչ հալման օպտիմալ պայմանները:

Առանցքային բառեր. թերթավոր ածուխներ, այրուք, թանկարժեք մետաղներ, աղաթթվային տարրալուծում, հալքանոթային հալում, աղային քլորացում:

S.G. HAYRAPETYAN, V.H. MARTIROSYAN

INVESTIGATING THE POSSIBILITY OF EXTRACTING GOLD AND SILVER FROM COAL SHALE IN ARMENIA

The possibility of processing the coal shale ores and concentrates of Armenia by the method of crucible process with fluxes and lead oxides for obtaining a lead collector is investigated whose further oxidizing smelting is accompanied by obtaining the precipitate of a gold – silver alloy. Optimal conditions for crucible and oxidizing smelting are selected to provide the maximal extraction of gold and silver.

Keywords: coal shale, cinder, precious metals, salt - acid leaching, crucible melting, salt chlorination.