УДК
622.349.5

А.А. Морозов, М.В. Яковлев

ВОВЛЕЧЕНИЕ В ПЕРЕРАБОТКУ ЗАБАЛАНСОВЫХ УРАНОВЫХ РУД, ОБРАЗОВАВШИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРЕЛЬЦОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ*

Изложено решение проблемы ввода в переработку некондиционных руд месторождений Стрельцовского рудного поля с предварительным выделением беднобалансовых руд. Проведены исследования влияния крупности куска руды на степень извлечения металла. Экономический эффект в 2013–2015 гг. составил более 500 млн руб. Дополнительно изложено решение по утилизации хвостов рудосортировки, представляющих собой пустую породу с содержанием металла не более 0,01 %. По итогам 2014–2015 гг. получено 3800 куб. м щебня.

Ключевые слова: урановые руды, забалансовая руда, кучное выщелачивание, грохочение, рудосортировочный комплекс, рентгено-радиометрическая сепарация, агломерация, рекультивация, щебень.

Приаргунское производственное горно-химическое объединение (ПАО «ППГХО») работает на сырьевой базе урановых и урано-молибденовых руд Стрельцовской группы месторождений – крупнейшей в России. При добыче урановых руд в результате вагонетной рудосортировки выделяются некондиционные руды, представляющие твердые отходы, складируемые в отвалы. Данные отходы представляют потенциальную опасность для окружающей среды. Под действием атмосферных явлений содержащийся в отвалах уран может выделяться в виде пыли или растворенной форме, тем самым загрязняя почву и подземные воды.

* Работа выполнена в ходе реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Создание комплексной технологии отработки беднобалансовых урановых руд геотехнологическими методами» при финансовой поддержке Правительства РФ (Минобрнауки России).

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 12. С. 222–224.
© 2016. А.А. Морозов, М.В. Яковлев.

За время деятельности объединения, начиная с 1968 г., на промплощадке образовалось порядка 3 млн т отвалов забалансовых руд, переработка которых существующими технологиями экономически нецелесообразна.

Для эффективной переработки данных руд, начиная с 1973 г. и в особенности в последнее десятилетие, на предприятии был проведен значительный объем работ по разработке и внедрению в промышленных масштабах одного из методов геотехнологической добычи урана – метода кучного выщелачивания (КВ) [1]. Однако до 1980 г. основным направлением исследований и опытно-промышленных работ (ОПР) на предприятии являлось решение вопроса о переработке методом КВ только попутно добываемых забалансовых руд. В последствии на основании полученных положительных результатов [2] был спроектирован и введен в эксплуатацию промышленный комплекс КВ. Первые же годы его эксплуатации показали высокую эффективность заложенных технических решений, позволяющих обеспечить более 50% извлечения урана из всей массы забалансового сырья, с себестоимостью переработки руд не превышающей гидрометаллургических методов.

В дальнейшем переработке методом КВ стали подвергаться и бедные руды (с 1996 г.). При этом данная технология позволила в существенной мере (на 12–30%) сократить нагрузку на рудничный тракт гидрометаллургического завода и снизить

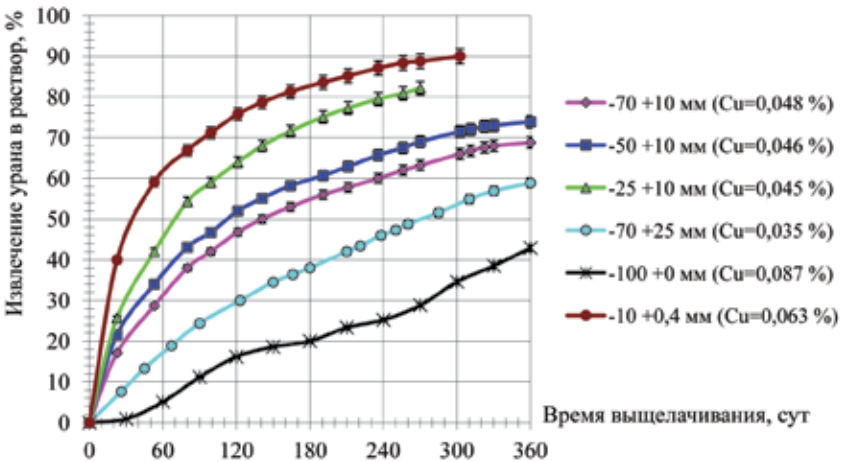

Рис. 1. Зависимость извлечения урана из бедных алюмосиликатных руд от продолжительности выщелачивания при различной крупности

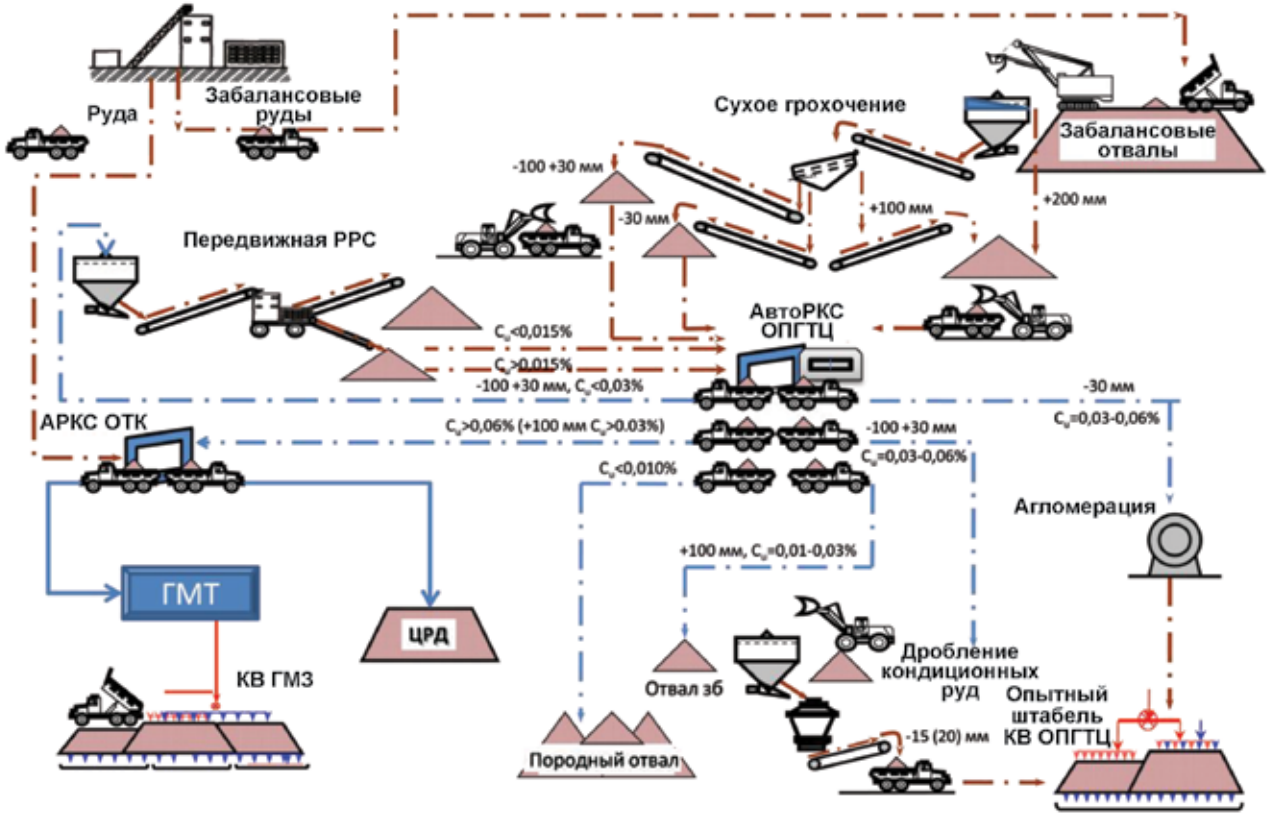

Рис. 2. Аппаратурная схема участка рудосортировки

затраты на наиболее материало- и энергоемкие операции технологического цикла [3].

Практика развития технологии КВ алюмосиликатного сырья «забойной» крупности на ОАО «ППГХО», а также проведенные исследования влияния крупности руды на показатели извлечения металла [4] позволили интенсифицировать процесс за счет повышения проницаемости рудного массива путем удаления из него мелких и шламовых фракций, а также увеличения площади контакта раствора – реагента с рудной минерализацией за счет дробления исходного сырья.

Результаты исследований влияния крупности руды на показатели извлечения металла представлены на рис. 1.

Из графиков видно, что извлечение урана из додробленного рудного сырья с предварительным удалением мелких фракций (-10 мм) в 1,6–1,9 раза выше, чем из исходного (-100 +0 мм), при этом оно закономерно увеличивается с уменьшением крупности, а сроки переработки соответственно сокращаются.Причем даже при увеличении крупности выводимого из процесса сырья (-25 +0 мм) эффективность выщелачивания дробленого материала выше исходного в 1,4 раза. Максимальное извлечение металла и сокращение времени переработки достигается при выщелачивании руды класса -10 мм и удалении класса -0,4 мм грохочением (отмывкой) [5]. Учитывая проблематичность выделения из исходного материала фракции -0,4 мм, на практике целесообразно производить грохочение по классу -5 мм.

Учитывая специфику алюмосиликатных руд, из которых состоят отвалы забалансовых урановых руд, обуславливающую обратную зависимость содержания металла в руде от крупности куска, было принято решение о предварительном грохочении исходной руды забалансовых отвалов и разделении на 3 класса крупности -30 +0 мм (Cu = 0,03–0,06%); -100 +30 мм (Cu = 0,03%); +100 мм (Cu = 0,01%).

Для реализации данного решения на базе опытно-промышленного геотехнологического цеха ЦНИЛ ОАО «ППГХО» был организован участок рудосортировки, состоящий из мобильного инерционного двухдекового грохота, и мобильного рентгенорадиометрического сепаратора. Аппаратурная схема рудоподготовки участка РС ОПГТЦ ЦНИЛ приведена на рис. 2.

Мобильность установок позволяет организовывать рудоподготовку КВ непосредственно на отвале забалансовых руд. Исходная руда подается на инерционный грохот, где происходит ее разделение на три продукта: класс +100 мм, который скла-

Таблица 1

Результаты анализа проб руды класса +100 мм

Дата поступления пробы	K-40	Th-232	Ra-226	Аэфф
	Бк/кг			
03.09.2014	1066	87	316	525

дируется в отвал; класс -100 +30 мм, отправляется на рентгенорадиометрическую сепарацию; и класс -30 мм, который подвергается дополнительной агломерации и укладывается на штабель КВ. Класс -100 +30 мм, после обогащения на сепараторе додрабливается до класса -20 мм и также укладывается на штабель.

Таблица 2

Результаты испытания пробы щебня

Наименование показателей		Ед. изм.	Численные значения показателей	
			фактические	нормируемые по ГОСТ 8267-93
Истинная плотность		кг/м^3	2800	2000–3000
Насыпная плотность		кг/м^3	1380	не нормируется
Естественная влажность		%	0,4	не нормируется
Содержание пылевидных, глинистых и илистых частиц		% по массе	0,4	не более 2 (для М 1200)
Содержание глины в комках		% по массе	нет	не более 0,5
Пустотность		%	51	не нормируется
Водопоглащение		% по массе	4,5	не нормируется
Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы		% по массе	32	не более 50 (для 5 группы)
Зерновой состав по полным остаткам на ситах, с размером отверстий, мм:	50 40 30 20	% по массе	0,4 8,7 54 92	до 0,5% до 10% 30–60% 90–100%
Потеря массы при испытании щебня, для фракций:	40–20	%	8,2	до 11 для М 1200
Марка дробимости щебня		М	1200	200–1200

После формирования штабеля производится его отработка. Таким образом решаются две задачи. Первая – получение дополнительного металла. Вторая – рекультивация забалансовых отвалов. По результатам работы ОПГТЦ ЦНИЛ за 2013 г. получено дополнительно 50 тыс. т рудного концентрата с содержанием урана 0,035%, который был уложен на штабель. После выщелачивания данного материала было получено 15 т металла. Экономический эффект от внедрения данной технологии составил 17 млн руб. в 2013 г.

По результатам 2014 г. получено дополнительно 162 тыс. т рудного концентрата с содержанием урана 0,035%, который был уложен на штабель. После выщелачивания данного материала было получено 32,2 т металла. Выщелачивание сформированного штабеля продолжается.

Следующим шагом развития внедренной технологии организована переработка продукта рудосортировки класса +100 мм. С этой целью были проведены исследования на значение эффективной активности данного материала. В результате были получены данные, которые приведены в табл. 1.

На основе полученных результатов было принято решение об организации узла дробления с целью получения щебня для применения его при отсыпке шахтных железнодорожных путей, внутриплощадочных дорог и строительстве дамбы на хвостохранилище ГМЗ. Полученный щебень также был проверен на предмет соответствия требованиям ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» [6] в соответствии с методикой по ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний» [7]. Результаты приведены в табл. 2.

Таким образом, по итогам 2014 г. было получено 800 куб. м щебня, который был использован для собственных нужд ОАО «ППГХО».

В дальнейшем планируется увеличение производительности ОПГТЦ ЦНИЛ по объемам переработки отвалов забалансовых руд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Смирнов И. П., Матвеев А. А., Смирнов К. М.* Выщелачивание урановых и комплексных руд // Цветные металлы. – 2003. – № 4. – С. 27–34.

2. *Абдульманов И. Г. и др.* Опыт выщелачивания урана на предприятиях Советско-Германского акционерного общества «Висмут»: отчет о НИР. Т. II. – М., 2000. – 310 с. – фонды «ППГХО», Инв. № Ф-1504.

3. *Шелудченко В. Г.*, *Морозов А. А. и др.* Результаты лабораторных работ по выщелачиванию рудного материала месторождений Лучистое, Юбилейное, Широндукуй, Пятилетнее Стрельцовского рудного поля: отчет о НИР. ЦНИЛ, «ППГХО». – Краснокаменск, 1999. – Фонды ЦНИЛ, Инв. № 1194.

4. *Шелудченко В. Г.*, *Морозов А. А.*, *Голобокова В. Г.*, *Андреева В. И.* Результаты исследований и опытно-промышленных работ по кучному выщелачиванию урана из бедных руд на КВ ГМЗ в 1987–2004 гг.: отчет о НИР. ЦНИЛ, «ППГХО». – Краснокаменск, 2005. – Фонды ЦНИЛ, Инв. № 43/1304. – 47 с.

5. *Морозов А. А.* Интенсификация технологии кучного выщелачивания бедного уранового сырья Стрельцовского рудного поля: дис. ... канд. техн. наук. – Чита, 2006.

6. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. Введ. 01.01.1995. – М.: Стандартинформ, 2008. – 17 с.: ил.

7. ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний. Введ. 01.07.1998. – М.: Стандарты, 1998. – 99 с.: ил. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Морозов Александр Анатольевич[1] – кандидат технических наук, начальник лаборатории, e-mail: MorozovAA@ppgho.ru,
Яковлев Максим Васильевич[1] – главный инженер, e-mail: YakovlevMV@ppgho.ru,
[1] ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение».

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 12, pp. 222–224.

UDC 622.349.5

A.A. Morozov, M.V. Yakovlev

OFF-BALANCE URANIUM ORES FORMED AT DEVELOPMENT OF THE STRELTSOVSKY ORE FIELD INVOLVEMENT IN PROCESSING

Priargunsky Industrial Mining and Chemical Union (JSC "PIMCU") works at a source of uranium and urano-molybdenum ores raw materials of Streltsovsky group of fields – the largest in Russia. At production of uranium ores, as a result of a mine car sorting, the sub-standard ores representing the solid waste stored in dumps are emitted. This waste constitutes potential danger to environment. Under the influence of the atmospheric phenomena, the uranium containing in dumps, can be emitted in the form of dust, or in the dissolved form, thereby, polluting the soil and underground waters. During association activity, since 1968, at an industrial site about 3 million tons of off-balance ores dumps which processing by the existing technologies is economically inexpedient were formed.

This article presents solution to the problem of entering processing substandard ore Streltsovsky ore field with preliminary allocation poor-balance ores. Economic effect amounted more than 500 million Rubles in 2013–2015.

Described further decision on the disposal of waste of ore sorting site representing the waste rock with a metal content of not more than 0.01%. By the end of 2014–2015 received 3800 cubic meters of crushed stone.

Key words: uranium ore, off-balance ore, heap leaching, screening, ore-sorting complex, X-ray radiometric separation, agglomeration, reclamation, crushed stone.

AUTHORS

Morozov A.A.[1], Candidate of Technical Sciences,
Head of Central Research Laboratory, e-mail: MorozovAA@ppgho.ru,
Yakovlev M.V.[1], Chief Engineer of Central Research Laboratory,
e-mail: YakovlevMV@ppgho.ru,
[1] «Priargunsky Industrial Mining and Chemical Union» JSC,
674673, Zabaykalsky region, Krasnokamensk, Russia.

ACKNOWLEDGEMENTS

Работа выполнена в ходе реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Создание комплексной технологии отработки беднобалансовых урановых руд геотехнологическими методами» при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России).

REFERENCES

1. Smirnov I. P., Matveev A. A., Smirnov K. M. *Tsvetnye metally*. 2003, no 4, pp. 27–34.

2. Abdul'manov I. G. *Opyt vyshchelachivaniya urana na predpriyatiyakh Sovetsko-Germanskogo aktsionernogo obshchestva «Vismut»:* otchet o NIR. T. II. (Report about the CRW Experience of leaching of uranium at the enterprises of the Soviet-German joint-stock company «Vismut», vol. II.), Moscow, 2000, 310 p.

3. Sheludchenko V. G., Morozov A. A. *Rezul'taty laboratornykh rabot po vyshchelachivaniyu rudnogo materiala mestorozhdeniy Luchistoe, Yubileynoe, Shirondukuy, Pyatiletnee Strel'tsovskogo rudnogo polya*: otchet o NIR. TsNIL, «PPGKhO» (Results of laboratory works on leaching of ore material of fields Luchistoe, Yubileynoe, Shirondukuy, Pyatiletnee Streltsovsky ore field: report on CRW) Central Research Laboratory, «PIMCU»), Krasnokamensk, 1999.

4. Sheludchenko V. G., Morozov A. A., Golobokova V. G., Andreeva V. I. *Rezul'taty issledovaniy i opytno-promyshlennykh rabot po kuchnomu vyshchelachivaniyu urana iz bednykh rud na KV GMZ v 1987–2004 gg.*: otchet o NIR. TsNIL, «PPGKhO» (Results of researches and trial works on compact leaching of uranium from poor ores on CL of HMF in 1987–2004: report on CRW, Central Research Laboratory, «PIMCU»), Krasnokamensk, 2005, 47 p.

5. Morozov A. A. *Intensifikatsiya tekhnologii kuchnogo vyshchelachivaniya bednogo uranovogo syr'ya Strel'tsovskogo rudnogo polya* (Intensifikation of technology of compact leaching of poor uranium raw materials of the Streltsovsky ore field), Candidate's thesis, Chita, 2006.

6. *Shcheben' i graviy iz plotnykh gornykh porod dlya stroitel'nykh rabot. Tekhnicheskie usloviya. GOST 8267-93* (Crushed stone and gravel of solid rocks for construction works. Specifications. State Standart 8267-93), Moscow, Standartinform, 2008, 17 p.

7. *Shcheben' i graviy iz plotnykh gornykh porod i otkhodov promyshlennogo proizvodstva dlya stroitel'nykh rabot. Metody fiziko-mekhanicheskikh ispytaniy. GOST 8269.0-97* (Mauntainous rock road-metal and gravel, industrial waste products for construction works. Methods of physical and mechanical tests. State Standart 8269.0-97), Moscow, Standarty, 1998, 99 p.