

С.В. Шурыгин, В.А. Овсейчук

## ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РАДИОАКТИВНОГО РАВНОВЕСИЯ НА СОРТИРУЕМОСТЬ РУД РАДИОМЕТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ\*

При рудоподготовке урановых руд в ПАО «ППГХО» применяется сортировка по естественной гамма-активности узких классов крупности рудной массы на основе использования уровней естественного гамма-излучения и коэффициента радиоактивного равновесия (КРР). КРР для руд месторождений Стрельцовского рудного поля принят равным единице. Установлено, что отдельные залежи имеют сдвинутое равновесие как в сторону урана, так и в сторону радия. Для оптимизации режимов радиометрического обогащения урановых руд проведены исследования по влиянию КРР на технологические показатели радиометрической сортировки. Установлены зависимости извлечения урана в концентрат от КРР. При использовании гамма-способа для сортировки руд со сдвигом КРР в сторону урана происходит попадание в хвосты кусков горнорудной массы, обогащенной ураном, а при сортировке гамма способом руд со сдвигом КРР в сторону радия происходит попадание в концентрат кусков руды обогащенной радием, но обедненной ураном. Применение рентгенорадиометрического способа для сортировки урановых руд с любым показателем КРР позволяет стабильно выделять концентрат и хвосты сортировки и нормализовать природное неравновесие между слабо гамма-активным ураном и высоко гамма-активным радием.

Ключевые слова: Стрельцовское рудное поле, урановые руды, коэффициент радиоактивного равновесия (КРР), рудосортировка, гамма-метод, рентгенорадиометрическая сепарация (РРС), выход хвостов сортировки.

**К**оэффициент радиоактивного равновесия (КРР) рассчитывается отношением стандартного количества радия ( $Ra$ ) к стандартному количеству урана ( $U$ ) в природных рудах.

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

Если соотношение равно единице (1), руды считаются равновесными, если КРР меньше 1, равновесие смещено в сторону урана; если КРР больше 1, равновесие смещено в сторону радия [3].

По результатам геологоразведочных работ было установлено, что средний коэффициент радиоактивного равновесия для руд месторождений Стрельцовского рудного поля равен единице, т.е. руды были отнесены к равновесным. Но в процессе эксплуатации месторождений было установлено, что отдельные залежи имеют сдвинутое равновесие как в сторону урана, так и в сторону радия, при чем количество руд со сдвигом как в сторону урана, так и в сторону радия примерно одинаково.

Для процесса опробования руд геофизическими методами, основанными на замере естественного гамма-излучения, фактически фиксируется излучение генерируемое радием и при равновесных рудах точность определения содержания урана по интенсивности гамма-излучения радия соответствует требованиям, предъявляемым к методу опробования руд [5].

Но при покусковой сепарации руд на рентгено-радиометрической обогатительной фабрике при опробовании хвостов сортировки с отбором вещества был получен КРР равный 1,38. Т.о., при изъятии из потока горнорудной массы товарной составляющей, представленной ураном, в хвосты вошли куски горнорудной массы обогащенные радием и практически не содержащие уран. Т.е., при применении для сепарации руд чисто радиометрического метода (по естественному гамма-излучению) эти куски вошли бы в состав концентрата, получаемого на рентгенорадиометрической обогатительной фабрике (РОФ) и далее поступили бы на рудопереработку на гидрометаллургический завод, тем самым снизив реальное содержание урана в концентрате.

Для получения зависимости показателей сортировки от КРР были проведены специальные работы по опробованию рудных

#### *Зависимость сортируемости руд от КРР*

№ п/п	КРР	Извлечение урана в концентрат гамма методом, %	Извлечение урана в концентрат РРС методом, %	Отклонение между методами, %
1	0,5	98,5	96,6	+1,9
2	0,75	97	96,7	+0,3
3	1,0	96	96,5	-0,5
4	1,25	93	96,6	-3,3
5	1,5	89	96,4	-7,4

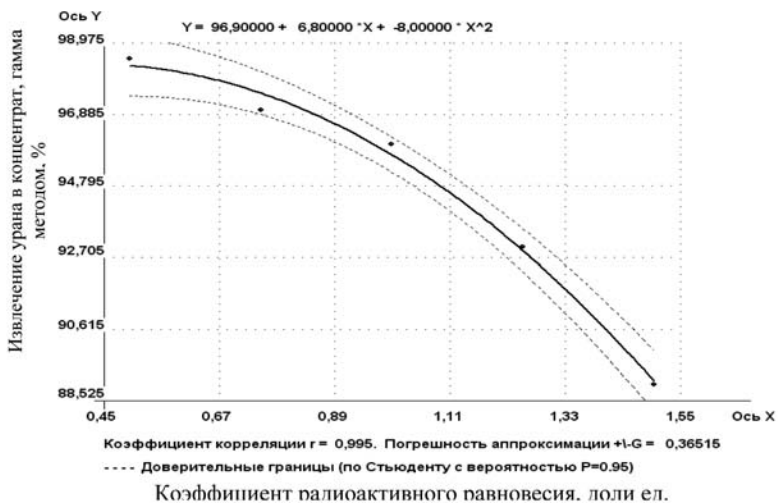


Рис. 1. Зависимость извлечения урана в концентрат от КРР гамма методом

залежей в недрах, выбраны участки недр, представленные рудами с различными величина КРР и произведена их отработка с последующей покусковой сепарацией с использованием метода регистрации прямого гамма-излучения и регистрации рентгеновского спектра.

Результаты покусковой сепарации руд с различными показателями КРР приведены в таблице и на рис. 1–3 [4].

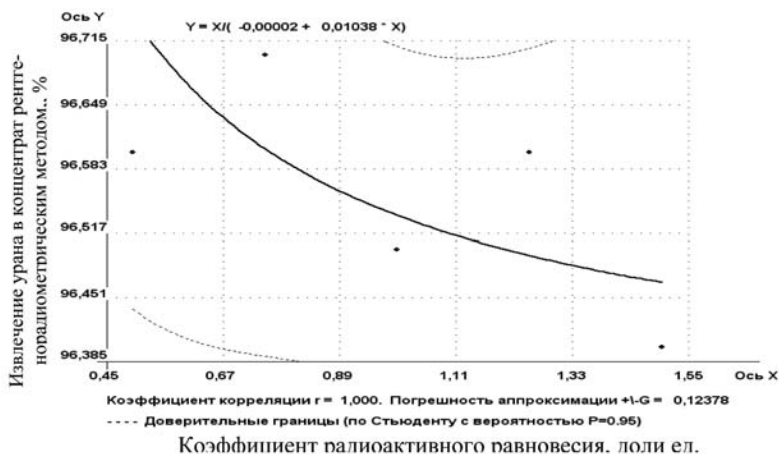


Рис. 2. Зависимость извлечения урана в концентрат от КРР рентгенометрическим методом

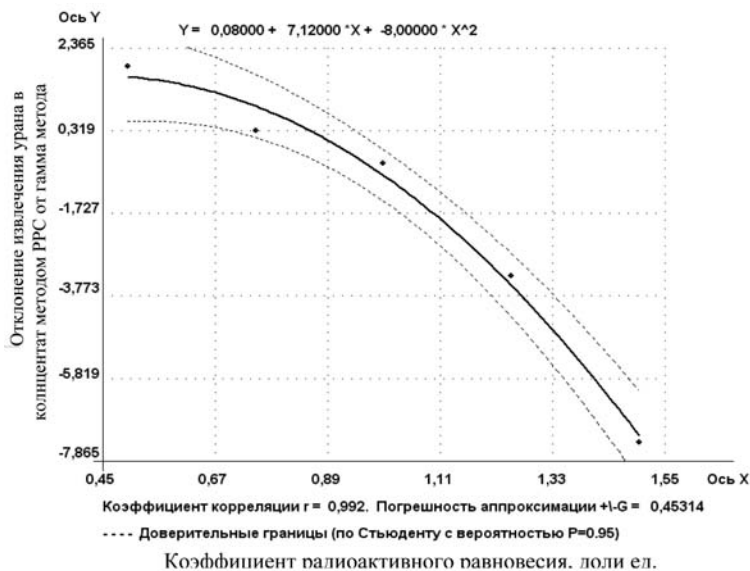


Рис. 3. Отклонение показателей извлечения урана в концентрат методом РРС от гамма метода

Результаты покусковой сепарации руд с различными показателями КРР аппроксимированы формулами:

- зависимость извлечения урана в концентрат от КРР гамма методом

$$\varepsilon = 96,9 + 6,8 \cdot X + -8,0 \cdot x^2; \quad (14)$$

- зависимость извлечения урана в концентрат от КРР рентгенорадиометрическим методом

$$\varepsilon = X + (-0,00002 + 0,01038 \cdot x); \quad (15)$$

- отклонение показателей извлечения урана в концентрат методом РРС от гамма-метода

$$\Delta = 0,08 + 7,12 \cdot X + 8,0 \cdot x^2. \quad (16)$$

## Выводы

Результаты исследований влияния коэффициента радиоактивного равновесия на показатели извлечения урана в концентрат показали, что:

- при использовании гамма способа для сортировки руд со сдвигом КРР в сторону урана происходит попадание в хвосты кусков горнорудной массы, обогащенной ураном (уран теряется);
- при сортировке гамма способом руд со сдвигом КРР в сторону радия происходит попадание в концентрат кусков руды

обогащенной радием, но обедненной ураном, т.е. концентрат разубоживается горнорудной массой с незначительным содержанием урана.

Установлено, что равновесные руды могут сепарироваться гамма методом со значительной долей достоверности.

Применение рентгенорадиометрического способа для сортировки урановых руд с любым показателем КРР позволяет стабильно выделять концентрат и хвосты сортировки и нормализовать природное неравновесие между слабо гамма-активным ураном и высоко гамма-активным радием.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чантурия В. А.* Теоретические основы повышения контрастности свойств и эффективности разделения минеральных компонентов // Цветные металлы. – 1998. – № 9. – С. 11–17.

2. *Нанотехнология* в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / Под ред. М. К. Роко, Р. С. Уильямса и П. Аливисатоса. Пер. с англ. – М.: Мир, 2002. – 292 с.

3. *Скорина М. Л., Юртов Е. В.* Нанотехнология в материалах сайтов сети Интернет // Химическая технология. – 2003. – № 1. – С. 39–43.

4. *Овсейчук В. А., Тирский А. В., Подопригора В. Е., Шурыгин С. В.* Отчет о проведенных исследованиях по программе и методике предварительных испытаний сортируемости урановых руд месторождений Стрельцовского рудного поля. – Чита: Фонды ЗабГУ, 2013. – 92 с.

5. *Старчик Л. П.* Ядерно-физические методы контроля минерального сырья и продуктов обогащения // Обогащение руд. – 2006. – № 2. – С. 32–36. **ИТАБ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Шурыгин Сергей Вячеславович* – генеральный директор, ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение», e-mail: ShuriginSV@ppgho.ru,

*Овсейчук Василий Афанасьевич* – доктор технических наук, профессор, Забайкальский государственный университет, e-mail: MKS3115637@Yandex.ru.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 4, pp. 376–381.

UDC 622.725:  
622.345  
(083.96)

**S.V. Shurygin, V.A. Ovseychuk**  
**INFLUENCE OF QUOTIENT**  
**OF A RADIOACTIVE BALANCE ON SORBED**  
**OF ORES BY RADIOMETRIC METHODS**

The technology of processing of uranic ores by a method of a heap leaching (KV) actuates two stages: an ore dressing and leaching. At an ore sorting of uranic ores in Priargunsky industrial mine-chemical affiliation (PAO « PPGHO ») one of effective directions is the sorting

for a natural gamma-activity of narrow grain-size categories of ore mass on the basis of usage of levels of a natural gamma-ray and quotient of a radioactive balance (KPP) uranic ores of deposits Streltsovsky of an ore field.

Quotient of a radioactive balance (KRR) is calculated by attitude of standard quantity of radium (Ra) to standard quantity of uranium (U) in connatural(physical) ores. If the ratio is equal to unit, the ores are considered equilibrium, if KRR units there are less, the equilibrium is biased in the party of uranium; if KRR units there are more, the equilibrium is biased in the party of radium.

By results of explorations KPP for ores of deposits Streltsovsky of an ore field was adopted to equal unit, i.e. the ores were referred to equilibrium. However while in service of deposits was established, that the separate reservoirs have shifted equilibrium both in the party of uranium, and in the party of radium.

For optimization of modes of radiometric dressing of uranic ores the special researches on influence KRR on technological parameters of radiometric sorting were conducted. During researches the relations of extraction of uranium in a concentrate from KPP, indicating considerable deviations of parameters of extraction of uranium in a concentrate are established at usage a gamma – method and X-ray radiometric of a method.

The outcomes of researches of influence of quotient of a radioactive balance on extraction of uranium in a concentrate have shown, that at usage the gamma – mean for sorting ores with alteration KPP in the party of uranium descends hit in tailings of chunks of ore mining mass enriched with uranium, and at sorting the gamma by a mean of ores with alteration KRR in the party of radium descends hit in a concentrate of chunks of ore enriched by radium, but depletion uranium, i.e. the concentrate is diluted in ore mining mass with the minor contents of uranium.

Is proved, that the application X-ray radiometric of a method for sorting uranic ores with any parameter KRR allows stable& to dress and tailings of sorting and to normalize connatural imbalance between weak by gamma-active uranium and highly by gamma-active radium.

Key words: Streltsovsky an ore field, uranic ores, quotient of a radioactive balance (KRR), sorting, gamma-method, X-ray radiometric separation (RRS), output(exit) of tailings of sorting.

## AUTHORS

*Shurigin S.V.*, General Director, JSC Priargunsky Industrial Mining and Chemical Association, Russia, e-mail: ShuriginSV@ppgho.ru,  
*Ovseichuk V.A.* Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Transbaikal State University, 672039, Chita, Russia,  
e-mail: MKS3115637@Yandex.ru.

## REFERENCES

1. Chanturiya V.A. *Tsvetnye metally*. 1998, no 9, pp. 11–17.
2. *Nanotekhnologiya v blizhayshe desyatiletii. Prognoz napravleniya issledovaniy*. Pod red. M. K. Roko, R. S. Uil'yamsa, P. Alivisatososa. Per. s angl. (Nanotechnology in the near-est decade. The forecast of a direction of researches. Roko M. K., Uil'yams R. S., P. Alivisatos (Eds.). English–Russian translation), Moscow, Mir, 2002, 292 p.
3. Skorina M. L., Yurtov E. V. *Khimicheskaya tekhnologiya*. 2003, no 1, pp. 39–43.
4. Ovseychuk V.A., Tirskiy A.V., Podoprigora V.E., Shurygin S.V. *Otchet o provedennykh issledovaniyakh po programme i metodike predvaritel'nykh ispytaniy sortiruемости uranovykh rud mestorozhdeniy Strel'tsovskogo rudnogo polya* (The report on conducted researches under the program and procedure of trial tests sorted of uranic ores of deposits Streltsovsky of an ore field), Chita, Fondy ZabGU, 2013, 92 p.
5. Starchik L. P. *Obogashchenie rud*. 2006, no 2, pp. 32–36.