

**С.В. Шурыгин, В.А. Овсейчук**

## **ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА КУСКА НА СОРТИРУЕМОСТЬ УРАНОВЫХ РУД РАДИОМЕТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

Одним из направлений увеличения добычи природного урана в ПАО ППГХО является переработка методом кучного выщелачивания (КВ) забалансовых урановых руд, аккумулярованных в XX в. в отвалах закрытых и действующих урановых рудников. Доминирующими критериями оценки качества горнорудного сырья для КВ являются размеры, структура и форма кусков. Предварительная рудоподготовка предусматривает разделение забалансовых руд по крупности, сортировку по гамма-активности классов крупности рудной массы и покусковую рентгено-радиометрическую сепарацию (PPC). Для оптимизации процессов рудоподготовки забалансовых руд проведен комплекс технологических исследований. Приведен усредненный гранулометрический состав забалансовых руд, обоснована рациональная технологическая схема предварительного обогащения, установлены технологические показатели PPC бедных, средних и богатых урановых руд в зависимости от класса крупности рудной массы. Приведены эмпирические зависимости выхода концентрата, извлечения урана и выхода хвостов сортировки урановых руд для оптимизации процессов предварительной рудоподготовки рудной массы. Установлено, что оптимальная кусковатость забалансовых руд для КВ находится в пределах от 150 до 40 мм, что обеспечивает извлечение урана в концентрат до 60–90%. Результаты исследований могут быть использованы при разработке технологического регламента переработки забалансовых и беднобалансовых урановых руд. Ключевые слова: урановые руды, гранулометрический состав руд, рудоподготовка, рентгено-радиометрическая сепарация (PPC), кучное выщелачивание (КВ), выход хвостов сортировки и концентрата, коэффициент обогащения.

**О**чевидно, что по мере повышения степени измельчения горнорудного сырья в общем случае уменьшается количество сростков, степень дезинтеграции различных минералов и контрастность сырья возрастают, однако селективность и эффективность обогатительных процессов при переизмельчении сверх определенного уровня при использовании мето-

да кучного выщелачивания резко снижается. При переходе от механического измельчения к химическому (гидрометаллургическому) вскрытию минералов кислотами, кислыми солевыми растворами, щелочами и т.д. дезинтеграция и контрастность, по крайней мере, части обрабатываемого материала, переходят на более высокий – «наноразмерный» [2, 3], молекулярный, ионный, атомный уровень. «Нанонаука», «нанотехнология», «наноматериалы» – новое направление науки, возникшей на стыке физики, химии, материаловедения, биологии, электронной и компьютерной техники, получило особенно интенсивное развитие в последние 10...15 лет. Оно оперирует наноразмерными объектами величиной приблизительно от долей нанометра (нм) до 100 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ). Причем верхний предел интервала размеров чисто условен, а нижний определяется размерами атомов и молекул [3]. Многие ученые, занимающиеся нанотехнологией, предсказывают в не столь отдаленном будущем революционные перемены во всех областях науки и жизнедеятельности человека, в частности в химии, биологии, медицине, экологии, электронике и др. [1]. Принципиальная возможность построения с помощью нанотехнологии материальных структур атом за атомом или молекула за молекулой [2, 3] позволяет перейти в перспективе к идеальному, в принципе, комплексному безотходному (малоотходному) использованию определенной части практически любого природного или техногенного материала, рециклированию полезных химических элементов из отходов производства и потребления и, соответственно, резкому ограничению объемов добычи первичного природного сырья.

Однако на современном уровне развития техники и технологии для процессов предконцентрации используется относительно крупный «макrorазмер» минерального сырья.

Одним из перспективных направлений увеличения добычи природного урана в ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ППГХО) является переработка методом кучного выщелачивания (КВ) забалансовых урановых руд, аккумулированных в XX веке в отвалах закрытых и действующих урановых рудников. Доминирующими критериями оценки качества горнорудного сырья для КВ являются размеры, структура и форма кусков. Предварительная рудоподготовка предусматривает разделение забалансовых руд по крупности (грохочение, классификация), сортировку по гамма-активности классов крупности рудной массы и покусковую рентгено-радиометрическую сепарацию (РРС). Для оптимизации процессов

Таблица 1

*Гранулометрический состав руд поступающих на переработку*

| Сорт руды | Класс крупности, мм | По классу крупности |       |                       | Сумма сверху |       |                       | Сумма снизу |       |                       |
|-----------|---------------------|---------------------|-------|-----------------------|--------------|-------|-----------------------|-------------|-------|-----------------------|
|           |                     | γ, %                | ε, %  | $K_{об}$ ,<br>отн. ед | γ, %         | ε, %  | $K_{об}$ ,<br>отн. ед | γ, %        | ε, %  | $K_{об}$ ,<br>отн. ед |
| Бедная    | -400 +300           | 3,43                | 1,18  | 0,34                  | 3,43         | 1,18  | 0,344                 | 100,0       | 100,0 | 1,000                 |
|           | -300 +200           | 5,09                | 2,54  | 0,50                  | 8,52         | 3,72  | 0,437                 | 96,57       | 98,82 | 1,023                 |
|           | -200 +100           | 12,86               | 7,02  | 0,55                  | 21,38        | 10,74 | 0,502                 | 91,48       | 96,28 | 1,052                 |
|           | -100 +60            | 12,26               | 7,42  | 0,61                  | 33,64        | 18,16 | 0,540                 | 78,62       | 89,26 | 1,135                 |
|           | -60 +25             | 22,34               | 14,58 | 0,65                  | 55,98        | 32,74 | 0,585                 | 66,36       | 81,84 | 1,233                 |
|           | -25 +10             | 14,29               | 15,60 | 1,09                  | 70,27        | 48,34 | 0,688                 | 44,02       | 67,26 | 1,528                 |
|           | -10 +5              | 7,71                | 9,79  | 1,27                  | 77,98        | 58,13 | 0,745                 | 29,73       | 51,66 | 1,738                 |
|           | -5 +2               | 9,02                | 13,81 | 1,53                  | 87,00        | 71,94 | 0,827                 | 22,02       | 41,87 | 1,901                 |
|           | -2 +1               | 4,77                | 8,95  | 1,87                  | 91,77        | 80,89 | 0,881                 | 13,00       | 28,06 | 2,158                 |
|           | -1 +0,5             | 3,79                | 8,13  | 2,15                  | 95,56        | 89,02 | 0,932                 | 8,23        | 19,11 | 2,322                 |
|           | -0,5 +0,16          | 2,08                | 4,62  | 2,22                  | 97,64        | 93,64 | 0,959                 | 4,44        | 10,98 | 2,473                 |
|           | -0,16 +0,1          | 0,68                | 1,82  | 2,66                  | 98,32        | 95,46 | 0,971                 | 2,36        | 6,36  | 2,695                 |
|           | -0,1 +0             | 1,06                | 3,33  | 3,13                  | 99,38        | 98,79 | 0,994                 | 1,68        | 4,54  | 2,702                 |
|           | шлам*               | 0,62                | 1,23  | 1,97                  | 100,0        | 100,0 | 1,000                 | 0,62        | 1,22  | 1,97                  |
| Исх. руда | 100                 | 100                 | 1,00  |                       |              |       |                       |             |       |                       |
| Рядовая   | -400 +300           | 4,22                | 0,47  | 0,11                  | 4,22         | 0,47  | 0,111                 | 100,0       | 100,0 | 1,000                 |
|           | -300 +200           | 3,89                | 1,37  | 0,35                  | 8,11         | 1,84  | 0,227                 | 95,78       | 99,53 | 1,039                 |
|           | -200 +100           | 10,76               | 5,12  | 0,48                  | 18,87        | 6,96  | 0,369                 | 91,89       | 98,16 | 1,068                 |
|           | -100 +60            | 12,08               | 8,04  | 0,67                  | 30,95        | 15,00 | 0,485                 | 81,13       | 93,04 | 1,147                 |
|           | -60 +25             | 20,89               | 13,57 | 0,65                  | 51,84        | 28,57 | 0,551                 | 69,05       | 85,00 | 1,231                 |
|           | -25 +10             | 17,74               | 21,35 | 1,20                  | 69,58        | 49,92 | 0,717                 | 48,16       | 71,43 | 1,483                 |
|           | -10 +5              | 9,54                | 13,17 | 1,38                  | 79,12        | 63,09 | 0,797                 | 30,42       | 50,08 | 1,646                 |
|           | -5 +2               | 8,13                | 12,75 | 1,57                  | 87,25        | 75,84 | 0,869                 | 20,88       | 36,01 | 1,725                 |
|           | -2 +1               | 4,37                | 8,22  | 1,88                  | 91,62        | 84,06 | 0,917                 | 12,75       | 24,16 | 1,895                 |
|           | -1 +0,5             | 3,81                | 7,05  | 1,85                  | 95,43        | 91,11 | 0,955                 | 8,38        | 15,94 | 1,902                 |
|           | -0,5 +0,16          | 2,91                | 5,66  | 1,94                  | 98,34        | 96,77 | 0,984                 | 4,57        | 8,89  | 1,945                 |
|           | -0,16 +0,1          | 0,15                | 0,35  | 2,32                  | 98,49        | 97,12 | 0,986                 | 1,66        | 3,23  | 1,946                 |
|           | -0,1 +0             | 0,93                | 1,90  | 2,04                  | 99,42        | 99,02 | 0,996                 | 1,51        | 2,88  | 1,907                 |
|           | шлам*               | 0,58                | 0,98  | 1,69                  | 100,0        | 100,0 | 1,000                 | 0,58        | 0,98  | 1,690                 |
| Исх. руда |                     |                     |       |                       |              |       |                       |             |       |                       |
| Богатая   | -200 +40            | 38,7                | 20,2  |                       |              |       | 0,522                 |             |       |                       |
|           | -40 +5              | 61,3                | 79,8  |                       |              |       | 1,302                 |             |       |                       |
|           | Исх. руда           | 100,0               | 100,0 |                       |              |       | 1,0                   |             |       |                       |

рудоподготовки забалансовых руд был проведен комплекс технологических исследований сортируемости горнорудной массы на рентгенорадиометрической фабрике в зависимости от крупности размера куска.

Размер куска горнорудной массы – это функция не только параметров буровзрывных работ, но и физико-механических свойств горных пород, вмещающих оруденение, таких как крепость, хрупкость, трещиноватость и др.

Гранулометрический состав добываемых руд на рудниках ПАО «ППГХО» является благоприятным для радиометрического обогащения. Руды мелких классов крупности обогащены ураном, из чего следует, что крепость вмещающих пород выше, чем минеральных образований несущих урановую минерализацию. Эта особенность руд усиливается в процессе добычных операций и рудоподготовки, что повышает эффективность рентгено-радиометрического обогащения.

Уточненный гранулометрический состав руды, поступающей на переработку, полученный по результатам опытных работ приведен в табл. 1.

Выход машинного класса крупности +25 мм составляет 52–56 (среднее 53,4%). Класс крупности менее 25 мм обогащен ураном на 48–52% (в среднем на 50%). В классы крупности руды менее 25 мм извлекается на 67–71% (в среднем 69,7%) количества урана находящегося в исходной руде.

По существующей схеме переработки руды, перед крупным дроблением руда проходит грохочение через колосниковый грохот -200 мм, а класс крупности +200 мм (около 8%) идет на додробливание. Таким образом, для дальнейшей переработки гранулометрический состав исходной руды сохраняется на 92%. Выход надрешетного продукта крупностью менее 200 мм определяется по формуле:

$$\gamma_{nn} = 132,6 - 24,9 \cdot \ln(d + 3,69), \quad (1)$$

где,  $\gamma_{nn}$  – выход надрешетного продукта,%;  $d$  – размер ячейки сит, мм.

Количество урана в надрешетном продукте определяется по формуле:

$$\varepsilon_{nn} = -14,4 - 21,3 \cdot \ln\left(\frac{d + 0,93}{d + 200}\right) \quad (2)$$

где,  $\varepsilon_{nn}$  – выход количества урана в надрешетный продукт,%.

После узла крупного дробления руда поступает на грохот, где отмывается от шламовых и илистых частиц. Необходимость интенсивной отмывки руды определяется следующими положениями:

- выделение в класс крупности –5 мм наиболее обогащенного продукта в виде шлама и песков;

- вывод из класса крупности  $-40 +5$  мм глинистых частиц, что улучшает фильтрационные свойства руды направляемой на КВ;
- улучшение качества хвостов сепарации, как с технологической, так и с экологической точки зрения.

Распределение материала по рудопотокам при обеспечении производительности по подаче сырья на КВ, например, до  $\approx 500$  тыс. т/год (грохочение руды – до  $\approx 600$  тыс. т/год) представлено в табл. 2. При выделении руды для РОФ крупностью  $+40$  мм выход ее составляет около 34%.

Средняя масса куска связана с его средним размером зависимостью:

$$p = 0,175 \cdot e^{0,017 \cdot ds} - 0,3, \quad (3)$$

где  $p$  – средняя масса куска, кг;  $ds$  – среднее арифметическое значение размера отверстий сит, ограничивающих данный класс крупности, мм.

Проведенные исследования позволили установить зависимости показателей сортируемости урановых руд (выход концентрата, выход хвостов сортировки, степень извлечения урана в концентрат, эффективность выделения хвостов) от класса крупности кусков рядовой руды, которая в большей степени характеризует объем добываемой руды в целом. Зависимости представлены эмпирическими формулами:

- зависимость выхода концентрата при сортировке рядовых урановых руд ( $0,121-0,200\%$ ) от класса крупности кусков руды

Таблица 2

**Фракционный состав исходной руды и производительность по рудопотокам**

| Класс крупности, мм | Выход, % |             | Объем, тыс. т./ год |                     | Производительность, т/час |
|---------------------|----------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
|                     | класса   | продукта*   |                     |                     |                           |
| -200+50             | 25       | $\sim 28^*$ | $\approx 200^*$     | $\approx 90^{***}$  | $\sim 50^*$               |
| -50 +5              | 57       | $\sim 60^*$ | $\approx 435^*$     | $\approx 200^{***}$ | $\sim 108^*$              |
| -5 +0               | 18       | $\sim 12^*$ | $\approx 85^*$      | $\approx 40^{***}$  | $\sim 22^*$               |
| итого               | 100      | 100         | $\approx 720^*$     | $\approx 330^{***}$ | $\sim 180^*$              |

\* с учетом эффективности грохочения на сите 50 мм  $\sim 0,85 \div 0,90$  и на сите 5 мм  $\sim 0,65 \div 0,70$ ;  
 \*\* время дробления 16 час/сутки (340 рабочих дней в год, КИО – 0,75);  
 \*\*\* время дробления 8 час/сутки (250 рабочих дней в год, КИО – 0,95).

$$\varepsilon = 53,10006 + -36,48761 \cdot \log(X) + 7,85707 \cdot \log(X)^2; \quad (4)$$

• зависимость выхода хвостов сортировки рядовых урановых руд (0,121 – 0,200%) от класса крупности кусков руды

$$\varepsilon = 10^{(2,37193 + -0,56798 \cdot \log(K_{кр}));} \quad (5)$$

• зависимость извлечения урана в концентрат при сортировке рядовых урановых руд (0,121–0,200%) от класса крупности кусков руды

$$\varepsilon = 10^{(1,04408 + 0,89747 \cdot \log(K_{кр}) + -0,22083/8 \log(K_{кр})^2);} \quad (6)$$

• зависимость эффективности выделения хвостов при сортировке рядовых урановых руд (0,121–0,200%) от класса крупности кусков руды

$$K_{вх} = K_{кр} / (0,08681 + 0,00984K_{кр} + 0,00000 \cdot K_{кр}^2) \quad (7)$$

Подобные исследования были проведены и для бедной и богатой руды.

Таблица 3

*Технологические показатели PPC бедной руды*

| Класс крупности, мм  | № опыта   | Наименование продуктов           | Масса, кг                 | Выход, %                | Содержание металла, %   | $\varepsilon^*$ , % ( $K_{об}$ ) | $\mathcal{E}^*$ , % |
|--|---|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------|
| -200+100   | Объединенные показатели по опытам 9, 10                 |                                  |                           |                         |                         |                                  |                     |
|  | 9, 11   | концентрат<br>хвосты<br>исходный | 134,3<br>1061,6<br>1195,9 | 11,23<br>88,77<br>100,0 | 0,126<br>0,010<br>0,023 | 61,5<br>(4,3)                    | 98,2                |
| -100+60  | Объединенные показатели (по опытам 5, 8, 10, 12)        |                                  |                           |                         |                         |                                  |                     |
|  | 5, 8, 10, 12  | концентрат<br>хвосты<br>исходный | 190,9<br>1363,7<br>1554,6 | 12,28<br>87,72<br>100,0 | 0,134<br>0,012<br>0,027 | 60,9<br>(3,8)                    | 95,6                |
| -60+25   | Объединенные показатели (по опытам 23, 24, 24–1, 24–1Н) |                                  |                           |                         |                         |                                  |                     |
|  | 23, 24, 24–1, 24–1Н<br>P2, P3                           | концентрат<br>хвосты<br>исходный | 157,4<br>573,0<br>730,4   | 21,3<br>78,7<br>100,0   | 0,140<br>0,015<br>0,042 | 71,0<br>(4,1)                    | 87,0                |
| * $\varepsilon$ – извлечение металла в обогащенный продукт, %  |   |                                  |                           |                         |                         |                                  |                     |
| ** $\mathcal{E}$ – эффективность выделения хвостов: $\mathcal{E} = \frac{\gamma_{\text{практ}}^{xв}}{\gamma_{\text{теорет}}^{xв}}$ , % |   |                                  |                           |                         |                         |                                  |                     |

Таблица 4

*Технологические показатели РРС рядовой руды*

| Класс крупности, мм | № опыта  | Наименование продуктов           | Масса, кг                 | Выход, %                | Содержание металла, %   | $\varepsilon^*$ ( $K_{об}$ ) | $\mathcal{E}^{**}$ |
|---------------------|--|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| -200+100            | Объединенные показатели (по опытам 17, 18)       |                                  |                           |                         |                         |                              |                    |
|                     | 17, 18   | концентрат<br>хвосты<br>исходный | 351,1<br>1339,8<br>1690,9 | 20,76<br>79,24<br>100,0 | 0,371<br>0,007<br>0,082 | 93,9<br>(3,5)                | 98,0               |
| -100+60             | Объединенные показатели (по опытам 13, 14, 14–1) |                                  |                           |                         |                         |                              |                    |
|                     | 13, 14,<br>14–1                                  | концентрат<br>хвосты<br>исходный | 621,3<br>1930,4<br>2551,7 | 24,35<br>75,65<br>100,0 | 0,256<br>0,013<br>0,072 | 86,6<br>(3,5)                | 96,4               |
| -60+25              | Объединенные показатели (по опытам 25, 25–1)     |                                  |                           |                         |                         |                              |                    |
|                     | 25,<br>25–1                                      | концентрат<br>хвосты<br>исходный | 98,4<br>279,3<br>377,7    | 26,05<br>73,96<br>100,0 | 0,400<br>0,016<br>0,116 | 89,8<br>(2,6)                | 93,3               |

Таблица 5

*Технологические показатели РРС богатой руды*

| Класс крупности, мм | № опыта   | Наименование продуктов           | Масса, кг                | Выход, %               | Содержание металла, %   | $\varepsilon^*$ ( $K_{об}$ ) | $\mathcal{E}^{**}$ |
|---------------------|---|----------------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| -200+100            | Объединенные показатели по опытам 20, 22        |                                  |                          |                        |                         |                              |                    |
|                     | 20, 22  | концентрат<br>хвосты<br>исходный | 400,2<br>661,2<br>1061,4 | 37,7<br>62,3<br>100,0  | 0,565<br>0,010<br>0,219 | 97,3<br>(2,1)                |                    |
| -100+60             | Объединенные показатели по опытам 4, 15, 16, 21 |                                  |                          |                        |                         |                              |                    |
|                     | 4, 15,<br>16, 21                                | концентрат<br>хвосты<br>исходный | 627,4<br>531,9<br>1159,3 | 54,12<br>45,8<br>100,0 | 0,331<br>0,010<br>0,184 | 97,4<br>(2,1)                | 95,5               |
| -60+25              | Объединенные показатели по опытам 25, 26        |                                  |                          |                        |                         |                              |                    |
|                     | 25, 26  | концентрат<br>хвосты<br>исходный | 103,6<br>113,0<br>216,6  | 47,8<br>52,2<br>100,0  | 0,685<br>0,030<br>0,343 | 95,5<br>(2,0)                | 94,9               |

Как видно из табл. 3–5 показатели, характеризующие сортируемость урановых руд радиометрическими методами в зависимости от крупности кусков сортируемой руды (от 150 мм до 40 мм), изменяются следующим образом:

- выход бедной руды в концентрат колеблется от 11 до 25% соответственно;
- выход хвостов сортировки для бедных руд изменяется соответственно от 89 до 74%;
- извлечение урана из бедных руд в концентрат составляет соответственно 61–92%;
- эффективность выделения хвостов из бедных руд при этом изменяется от 98 до 87%;
- выход рядовой руды в концентрат колеблется от 21 до 26% соответственно;
- выход хвостов сортировки для рядовых руд изменяется соответственно от 79 до 74%;
- извлечение урана из рядовых руд в концентрат составляет соответственно 94–90%;
- эффективность выделения хвостов из рядовых руд при этом изменяется от 98 до 93%;
- выход богатой руды в концентрат колеблется от 38 до 48% соответственно;
- выход хвостов сортировки для богатых руд изменяется соответственно от 62 до 52%;
- извлечение урана из богатых руд в концентрат составляет соответственно 98–96%;
- эффективность выделения хвостов из богатых руд при этом изменяется от 96 до 95%.

Из приведенных данных видно, что наиболее эффективно сортировке подвергаются бедные руды при уменьшении крупности кусков от 150 до 40 мм, при этом извлечение урана в концентрат составляет соответственно 61–92%. Рядовые и богатые руды обогащаются при уменьшении крупности кусков хуже, при этом происходит некоторое уменьшение извлечения урана в концентрат, соответственно 94–90% и 98–96%. Данное обстоятельство наталкивает на мысль, что для рядовых и богатых руд нет необходимости дополнительной рудоподготовки горнорудной массы в виде ее добраблевания, кроме отмывки.

#### 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., Подопрюгора 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. *Садыков Р. Х.* Подземное выщелачивание урана за рубежом. Обзор. — М.: ЦНИИАтоминформ, 2014. Вып. 87 (397).

6. *Асонова Н. И., Балакина И. Г., Воеводин И. В.* Технологические особенности радиометрического обогащения урановых руд резервных месторождений Эльконского ураново-рудного района // *Горный журнал*. — 2010. — № 11. — С. 49–51.

7. *Kurth Jefferey, Hauff Phoebe L., Chamberlin Paul L.* Small Mines Rev. Precious Metalus Proc. Conf., Reno, Nev., Aug. 31 – Sept. 2, 1987, Zettleton, Colo, 2010, pp. 161–167.

8. *McClelland G. E., Pool D. L., Eisele J. A.* Inf. Circ. Bur. Mines. US, dep. Inter, 2013, № 8945, pp. 1–16.

9. *Морозов А. А., Гаврилов А. А.* Доработка запасов Стрельцовского рудного поля с использованием физико-химических геотехнологий // *Горный журнал*. — 2011. — № 4. — С. 83–85.

10. *Овсейчук В. А., Тирский А. В.* Влияние размера куска на сортируемость урановых руд радиометрическими методами // *Вестник Читинского государственного университета*. — 2011. — № 3 (70). — С. 52–58. **П/АБ**

#### 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. 366–375.

UDC 622.725:  
622.345  
(083.96)

**S.V. Shurygin, V.A. Ovseychuk**

#### **EFFECT OF THE SIZE OF A CHUNK ON WASHABILITY OF URANIUM ORES BY RADIOMETRIC METHODS**

By one of perspective directions of increase of a mining of connatural uranium in ПАО «Приаргунский промышленно-химический филиал» (PPGHO) is processing a method of a heap leaching (KV) off-balance of the uranic ores accumulated in XX century in dumps of closed and operational uranic ore mines. Predominant criteria of an estimation of quality of ore mining raw material for KV are the dimensions, frame and form of chunks. The preliminary ore dress-

ing envisions separation off-balance of ores on fineness of aggregate, sorting for a gamma-activity of grain-size categories of ore mass and lumpy X-ray radiometric separation (RRS). For optimization of processes of an ore dressing off-balance of ores the complex of technological researches was conducted. In the given operation the average distribution of sizes off-balance of ores is adduced, the rational flow diagram of preliminary dressing is justified, the technological parameters RRS of poor, mean and rich uranic ores are established depending on a grain-size category of ore mass concentrate yield, output of tailings of sorting, degree of extraction of uranium. The empirical-formula dependences of a concentrate yield, extraction of uranium and output of tailings of sorting of uranic ores for optimization of processes of a preliminary ore dressing of ore mass are adduced. It is established, that optimal lumpy off-balance of ores for RV lays within the limits from 150 up to 40 mm, that ensures extraction of uranium in a concentrate up to 60–90%. The outcomes of executed researches can be utilised at mining the technological rules of processing забалансовых and poorof uranic ores.

Key words: uranic ores, distribution of sizes of ores, ore dressing, x-ray radiometric separation (RRS), heap leaching (RV), output of tailings of sorting and concentrate, enrichment factor.

#### AUTHORS

*Shurigin S.V.*, General Director, JSC Priargunsky Industrial Mining and Chemical Association, Russia, e-mail: ShuriginSV@ppgho.ru,  
*Ovseychuk 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. Alivisatos. 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 Strel'tsovsky of an ore field), Chita, Fondy ZabGU, 2013, 92 p.
5. Sadykov R. Kh. *Podzemnoe vyshchelachivanie urana za rubezhom. Obzor*. Vyp. 87(397) (A underground leaching of uranium abroad. The review. Issue 87(397)), Moscow, TsNII-Atominform, 2014.
6. Asonova N. I., Balakina I. G., Voevodin I. V. *Gornyy zhurnal*. 2010, no 11, pp. 49–51.
7. Kurth Jefferey, Hauff Phoebe L., Chamberlin Paul L. *Small Mines Rev. Precious Metals Proc. Conf.*, Reno, Nev., Aug. 31 Sept. 2, 1987, Zettleton, Colo, 2010, pp. 161–167.
8. McClelland G. E., Pool D. L., Eisele J. A. *Inf. Circ. Bur. Mines*. US, dep. Inter, 2013, № 8945, pp. 1–16.
9. Morozov A. A., Gavrilov A. A. *Gornyy zhurnal*. 2011, no 4, pp. 83–85.
10. Ovseychuk V.A., Tirskiy A.V. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2011, no 3 (70), pp. 52–58.

