

**ОБОСНОВАНИЕ СОВОКУПНОСТИ СПЕКТРАЛЬНО-КИНЕТИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ РЕНТГЕНОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СЕПАРАТОРОВ
ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ АЛМАЗНЫХ КРИСТАЛЛОВ**

Подкаменный Ю.А.^{1,2}, Макалин И.А.³

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

² Политехнический институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова" в г. Мирном, Российская Федерация,

³ Научно-исследовательский и проектный институт "Якутнипроалмаз" АК «АЛРОСА» (ПАО), г. Мирный, Республика Саха-Якутия, Российская Федерация,
e-mail: mirniy.yuriy@mail.ru

В статье приведены обобщение и анализ показателей люминесценции алмазов и минералов, показано обоснование совокупности спектрально-кинетических параметров рентгенолюминесцентных сепараторов для селективного извлечения алмазных кристаллов

**Substantiation of the collection of spectral-kinetic parameters of X-ray
luminescent separators for selective extraction of diamond crystals**

Podkamenny Yu.A., Makalin I.A.

The generalization and analysis of the results of the analysis of the luminescence indices of diamonds and minerals, as well as the selective criteria for the separation of the X-ray luminescence of diamond-containing raw materials are present.

Выбор технологии обогащения зависит от вещественного состава алмазосодержащего сырья, контрастности механических, физических и физико-химических свойств ценного компонента и вмещающих пород, крупности алмазов и содержания полезного компонента в общем объеме добываемой руды.

В настоящее время эффективно применяются информационный, гравитационный, флотационный и адгезионный методы обогащения.

Опытом обогащения алмазосодержащей руды крупностью -50+6 мм и доводкой гравитационных концентратов класса крупности -6+1 мм подтверждено, что одним из наиболее экономически целесообразных методов является рентгенолюминесцентная сепарация.

Исследование рентгенолюминесцентных свойств алмазов и сопутствующих минералов для научного обоснования значений критериев разделения рентгенолюминесцентной сепарации алмазосодержащего сырья является актуальной задачей, имеющей важное отраслевое значение.

Преобразование выборок характеристик рентгенолюминесценции алмазов и сопутствующих минералов в выборки критериев разделения алмазосодержащего сырья выполнялось в следующей последовательности:

- выборка критерия разделения алмазосодержащего сырья по амплитуде рентгенолюминесценции через заданное время после возбуждающего импульса принимается без изменения.

Для сравнительного анализа эффективности работы сепараторов в различных условиях эксплуатации применяются статистические характеристики: математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, закон распределения вероятностей случайной величины рентгенолюминесценции алмазов и сопутствующих минералов;

- выборка критерия разделения по отношению компонент сигнала люминесценции (рисунок 1) с учетом амплитуды люминесценции воздуха формируется по значениям, рассчитанным по формуле (1) для каждого минерала:

$$K = \frac{BK + MKP - U_B}{MKЗ} \quad (1)$$

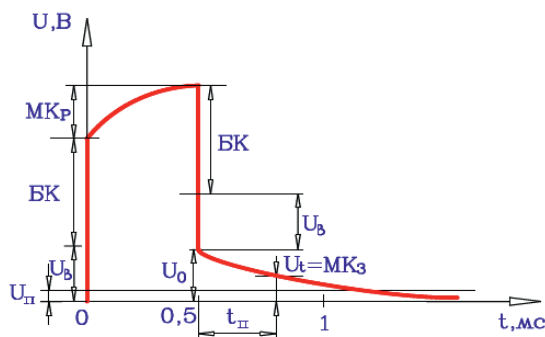


Рисунок 1. График сигнала рентгенолюминесценции алмаза

Обнаружению соответствует выполнение для рассчитанной величины условия $K_{\min} < K < K_{\max}$;

- выборка критерия по постоянной времени затухания сигнала рентгенолюминесценции формируется по следующей формуле (2):

$$\tau = \frac{t}{\ln \left[\frac{U_0}{U(t)} \right]}, \quad (2)$$

где U_0 – сигнал люминесценции от минерала в момент сразу после окончания импульса рентгеновского облучения, $U(t)$ – сигнал люминесценции минерала через заданное время порога t_p после окончания импульса рентгеновского облучения ($U(t) \geq U_p$).

Значение постоянной времени затухания сигнала люминесценции минерала находится по определяемым экспериментальным данным U_0 и $U(t)$.

Условию обнаружения при этом соответствует $t_{\min} < \tau < t_{\max}$;

- выборка критерия по свертке сигнала рентгенолюминесценции вычисляется по формуле (3), как отношение интеграла от произведения функции этого сигнала $U(t)$ на ее сдвинутую копию $U(t-t_{sv})$ к интегралу от квадрата функции сигнала $U(t)$:

$$Sv = \frac{\int_0^T U(t) \cdot U(t-t_{sv}) dt}{\int_0^T [U(t)]^2 dt}, \quad (3)$$

где T – период следования импульсов возбуждения; t_{sv} – сдвиг копии сигнала, значение которого выбирается во временном интервале, где Sv сигналов рентгенолюминесценции алмазов максимально отстоит от Sv сигналов рентгенолюминесценции сопутствующих минералов.

На рисунке 2 приведена иллюстрация зависимостей свертки сигнала рентгенолюминесценции различных минералов от времени.

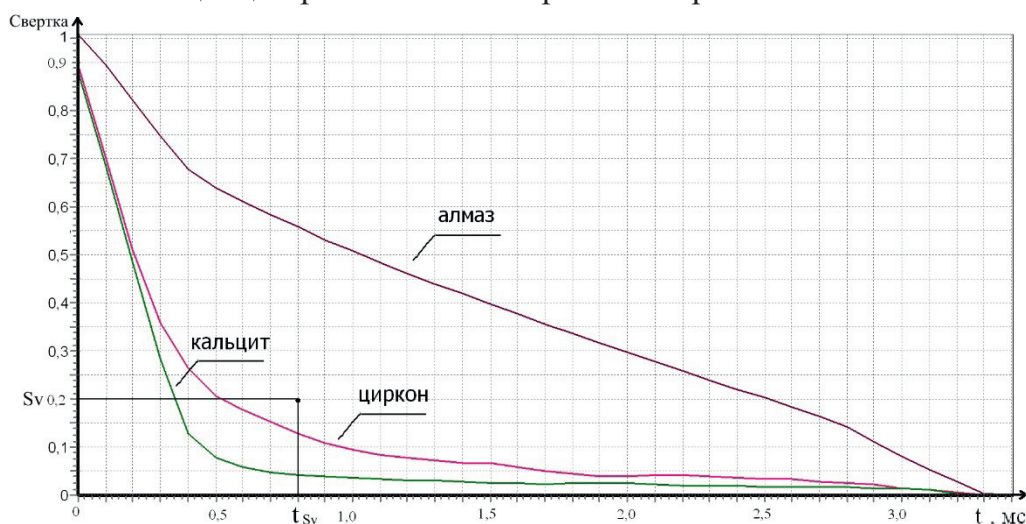


Рисунок 2. Иллюстрация к разделению по свертке сигнала рентгенолюминесценции

Условие обнаружения для конкретного минерала: значение свертки больше заданного параметра Sv в момент времени T_{sv} .

Таким образом, для выбора оптимальных критериев разделения необходимо исследовать характеристики люминесценции алмазосодержащего сырья и для заданных условий принять из всех критериев технологически целесообразный.

Приведены результаты исследований по обоснованию критериев разделения алмазосодержащего сырья и выбору режимов работы и параметров настройки

рентгенолюминесцентных сепараторов на базе обработки эмпирических и статистических данных, анализа и обобщения характеристик рентгенолюминесценции алмазов и сопутствующих минералов. При этом последовательно исследовались критерии порогового и селективного режимов работы рентгенолюминесцентных сепараторов.

По результатам обработки выборок характеристик рентгенолюминесценции алмазов построены графики распределения интенсивности рентгенолюминесценции $F(I_{рл})$, которые приведены на рисунке 3а, графики распределения характеристик рентгенолюминесценции алмазов и сопутствующих минералов $W(Sv)$, $W(K)$, $W(\tau)$, которые соответственно представлены на рисунках 3б, 3в, 3г.

При исследовании критерия разделения порогового и селективного режимов работы рентгенолюминесцентных сепараторов – интенсивности люминесценции алмазов, значение которой определялось по кривым функции распределения интенсивности люминесценции (рисунок 3а) установлено, что наименьшее количество слабо люминесцирующих алмазов содержится в трубке «Интернациональная», для которых уровень разделения сепараторов по сигналу рентгенолюминесценции устанавливался на уровне не менее 0,01 мкА ($5,0 \cdot 10^{-12}$ Вт/ср/(Р/с)), для двух других месторождений на уровне не менее 0,002 мкА ($1,0 \cdot 10^{-12}$ Вт/ср/(Р/с)).

При исследовании характеристик рентгенолюминесценции алмазов и сопутствующих минералов каждой кимберлитовой трубки использовался метод наложения графиков распределений критериев разделения $W(Sv)$, $W(K)$ и $W(\tau)$.

Так, для распределений свертки сигналов рентгенолюминесценции алмазов и сопутствующих минералов трубок «Юбилейная» и «Удачная» точкой разделения алмазосодержащих руд на концентрат и хвосты служит значение 0,1, для трубки «Интернациональная» значение 0,2 (рисунок 3б).

Установлено, что свыше указанных значений свертки потери алмазов минимальны, а содержание сопутствующих минералов увеличивается и их количественные характеристики составят:

$W(Sv) > 0,2$ – потери алмазов,

$W(Sv) > 0,01$ – повышение выхода сопутствующих минералов в концентрат.

Для распределений отношения компонент сигнала люминесценции алмазов и сопутствующих минералов трубок «Интернациональная», «Юбилейная», «Удачная» точки разделения алмазосодержащей руды на концентрат и хвосты имеют значения соответственно 6, 12, 12 (рисунок 3в), а количественные характеристики в области точек разделения $W(K) > 1,5$ – потери алмазов, $W(K) > 0,5$ – повышение выхода сопутствующих минералов в концентрат.

«Проблемы комплексной и экологически безопасной переработки природного и техногенного минерального сырья»

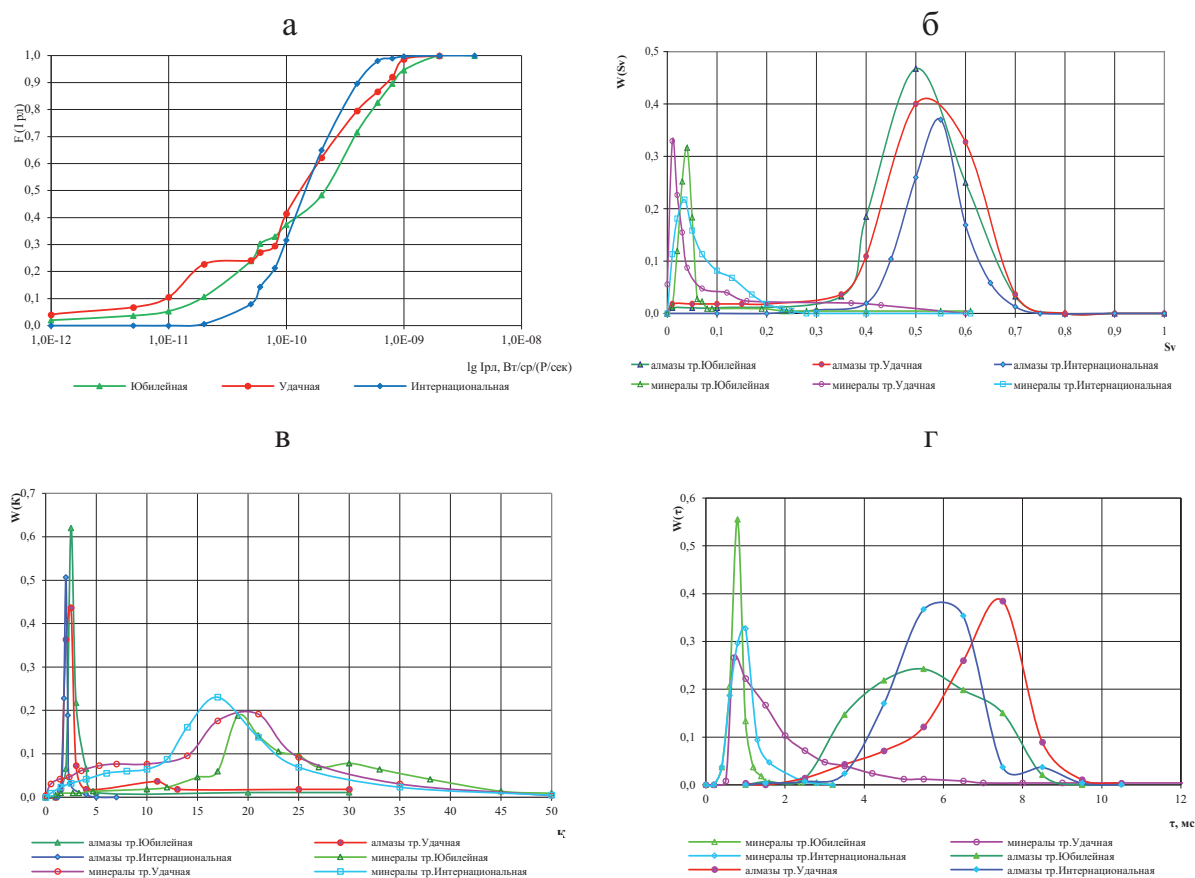


Рисунок 3. Графики распределения:

а - функции распределения интенсивности люминесценции алмазов; б - свертки люминесценции алмазов и сопутствующих минералов; в - отношения компонент люминесценции алмазов и сопутствующих минералов; г - постоянной времени затухания люминесценции алмазов и сопутствующих минералов

Для распределений постоянной времени затухания сигнала люминесценции алмазов и сопутствующих минералов для всех трубок точкой разделения алмазосодержащей руды на концентрат и хвосты является $\tau=3$ мс (рисунок 3г), а количественные характеристики в области точек разделения $W(\tau)>1,1$ – потери алмазов, $W(\tau)>0,5$ – повышение выхода сопутствующих минералов в концентрат.

Таким образом, результаты обработки выборок характеристик рентгенолюминесценции алмазов и сопутствующих минералов трубок «Интернациональная», «Удачная», «Юбилейная» по свертке $W(Sv)$, отношению компонент $W(K)$, времени затухания $W(\tau)$ сигнала люминесценции позволили определить значения критериев разделения алмазосодержащего сырья, при которых достигаются максимальные показатели извлечения алмазов и селективности процесса, т.е. минимальный выход сопутствующих минералов в концентрат.