

СТО РосГео 08-009-98

СТАНДАРТ
РОССИЙСКОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЩЕСТВА

Твердые негорючие полезные ископаемые
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Радиометрические методы обогащения

РосГео
Москва

Предисловие

1. РАЗРАБОТАН Всероссийским научно-исследовательским институтом минерального сырья им. Н.М. Федоровского (ВИМС). ВНЕСЕН Научно-техническим Советом «Проблемы стандартизации, метрологии и сертификации в области геологического изучения недр» при Президиуме Исполкома РосГео.
2. УТВЕРЖДЕН и ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Президиума Исполкома Российского геологического общества. (от 28 декабря 1998 г. № 17/6)
3. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения РосГео.

Содержание

1. Область применения	1
2. Нормативные ссылки	2
3. Определения, обозначения и сокращения	2
4. Требования	6
4.1. Требования к технологическим пробам	6
4.2. Требования к изучению гранулометрического состава полезного ископаемого	7
4.3. Требования к изучению контрастности и обогатимости полезного ископаемого	13
4.4. Требования к определению предельных и максимальных технологических показателей радиометрического обогащения	23
5. Аппаратура для изучения признака разделения	34
6. Технологические показатели радиометрической сепарации, используемые для технико-экономических расчетов	39
7. Критерии оценки правильности результатов исследований радиометрической обогатимости	55
8. Техника безопасности при исследованиях радиометрической обогатимости	59
9. Форма представления результатов исследования радиометрической обогатимости технологической пробы полезного ископаемого	61
Приложение А. Форма журнала изучения технологических проб	62
Приложение Б. Технические характеристики отечественных и зарубежных сепараторов	65
Приложение В. Форма акта испытаний радиометрической обогатимости технологической пробы	67

СТАНДАРТ
РОССИЙСКОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЩЕСТВА

Твердые негорючие полезные ископаемые
Технологические методы исследования
минерального сырья
Радиометрические методы обогащения

Принят Президиумом Исполкома РосГео
28 декабря 1998 г.

1. Область применения

Настоящий стандарт распространяется на радиометрические методы обогащения твердых негорючих полезных ископаемых, используемые при изучении технологических свойств минерального сырья в процессе геологического изучения недр.

Стандарт устанавливает обязательные: состав исследований радиометрической обогатимости, номенклатуру изучаемых технологических свойств и показателей, порядок расчета последних, требования к погрешности полученных результатов и способы их оценки.

Регламентируемые настоящим стандартом требования к исследованиям радиометрической обогатимости полезного ископаемого выполняются независимо от вида полезного ископаемого и применяемого метода радиометрического обогащения.

Стандарт является обязательным при технологических исследованиях полезного ископаемого, выполняемых по договорам (контрактам), в которых на него имеются ссылки и рекомендательным при других формах работы, независимо от стадии геологического изучения недр.

Настоящий стандарт относится только к процессу покусковой радиометрической сепарации.

2. Нормативные ссылки.

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2093-82	Ситовой метод определения гранулометрического состава
ГОСТ 3306-80	Сита с квадратными ячейками из стальной рифленой проволоки. Технические условия.
ГОСТ 12.2.018-76	Требования соблюдения техники безопасности при работе с рентгеновским излучением
ГОСТ 24104-88	Весы общего назначения, третьего класса точности
ГОСТ 29329-92	Весы для статического взвешивания. Общие технические требования
ОСТ 41-08-212-82	Классификация методов анализа минерального сырья по точности результатов
НРБ-96/87	Нормы радиационной безопасности
ОСП-7-80	Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами.

3. Определения, обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Гранулометрический состав полезного ископаемого – характеристика полезного ископаемого, выражающая абсолютные и (или) относительные количества материала различной крупности, образовавшегося при дезинтеграции рудного объекта в процессе добычи или в результате применения механических средств, изменяющих крупность добытого полезного ископаемого.

Контрастность полезного ископаемого – степень различия элементарных объемов полезного ископаемого по содержанию в них полезного компонента или вредной примеси.

Радиометрическая обогатимость полезного ископаемого – характеристика полезного ископаемого, определяющая возможность получения из исходного сырья продуктов обогащения с различным содержанием полезного компонента посредством применения радиометрических методов.

Признак разделения – поток излучения, образующийся самопроизвольно или в результате взаимодействия первичного излучения с элементами и минералами полезного ископаемого, выраженный в основных физических, относительных или условных единицах.

Кривые контрастности – интегральные кривые распределения элементарных объемов полезного ископаемого по содержанию полезных компонентов или вредных примесей.

Кривые радиометрической обогатимости – интегральные кривые распределения элементарных объемов полезного ископаемого, объединенных во фракции по признаку разделения, выраженному эквивалентным ему содержанием полезного компонента или вредной примеси.

Фракционный состав полезного ископаемого по содержанию компонентов – дифференциальное распределение элементарных объемов полезного ископаемого по содержанию полезных компонентов или вредных примесей.

Фракционный состав полезного ископаемого по признаку разделения – дифференциальное распределение элементарных объемов полезного ископаемого по признаку разделения, выраженному эквивалентным ему содержанием полезного компонента или вредной примеси.

Показатель контрастности (М) – среднее взвешенное относительное отклонение содержания полезного компонента в элементарном объеме от среднего содержания полезного компонента в исследуемом объекте (технологическая проба, класс крупности).

Показатель признака разделения (П) – средневзвешенное относительное отклонение содержания полезного компонента во фракции, состоящей из элементарных объемов полезного ископаемого, объединенных по величине признака разделения, от среднего содержания полезного ископаемого в исследуемом объекте (технологическая проба, класс крупности).

Технологическая проба полезного ископаемого – материал, отбираемый от полезного ископаемого в процессе геологоразведочных, горно-подготовительных и эксплуатационных работ, предназначенный для проведения различного рода технологических исследований

(испытаний), отвечающий требованиям (масса, крупность) масштаба исследований (лабораторные, укрупненно-лабораторные, полупромышленные и др.).

Класс крупности технологической пробы полезного ископаемого – материал, выделенный из технологической пробы посредством ручной разборки, ручного или механического грохочения (просеивания), характеризующийся верхним и нижним размерами по крупности кусков (частиц, зерен) полезного ископаемого.

Не сепарируемый материал технологической пробы полезного ископаемого (отсев) – класс крупности, имеющий верхнюю границу крупности кусков (частиц, зерен) полезного ископаемого, при которой его переработка данным методом технически невозможна или экономически неэффективна.

Продукты радиометрической сепарации – часть материала технологической пробы (класса), выделенная в процессе сепарации и характеризующаяся определенным выходом и качеством.

Концентрат радиометрической сепарации – продукт, выделенный из класса крупности при определенных параметрах сепарации, отличающийся повышенным содержанием полезного компонента по сравнению с исходным средним содержанием компонента в классе.

Хвосты радиометрической сепарации – продукт, выделенный из класса крупности при определенных параметрах сепарации, характеризующийся содержанием полезного компонента, не представляющим промышленной ценности для его извлечения.

Обогащенный продукт радиометрической сепарации – продукт, получаемый в результате объединения концентрата сепарации и отсева технологической пробы полезного ископаемого, пригодный для последующей эффективной переработки технологическими методами.

Граничное содержание сепарации (λ) – значение признака разделения, эквивалентное содержанию полезного компонента или вредной примеси в куске полезного ископаемого, используемое для выделения продуктов радиометрической сепарации из класса крупности технологической пробы.

Технологические показатели радиометрической сепарации – показатели, характеризующие количество и качество продуктов радио-

метрической сепарации, выделенных из класса крупности, сепарируемого материала или технологической пробы полезного ископаемого.

Выход класса крупности ($\lambda_{кл}$) – выраженное в процентах или долях единицы количество материала определенного класса крупности, вычисленное относительно массы сепарируемого материала или технологической пробы.

Выход сепарируемого материала (γ_r) – выраженное в процентах или долях единицы количество материала всех сепарируемых классов крупности, вычисленное относительно массы технологической пробы.

Выход отсева ($\gamma_{отс}$) – выраженное в процентах или долях единицы количество материала, не подвергнувшегося радиометрической сепарации, вычисленное относительно массы технологической пробы.

Среднее содержание полезного компонента или вредной примеси (α) – выраженное в единицах массы или массовых процентах, количество полезного компонента или вредной примеси в технологической пробе (α_n), сепарируемом материале (α_r), классе крупности ($\alpha_{кл}$), отсева ($\alpha_{отс}$) и фракции ($\alpha_{фр}$) полезного ископаемого, определенное аналитическим путем с известной погрешностью.

Среднее содержание полезного компонента или вредной примеси в концентрате сепарации (β) – выраженное в единицах массы или массовых процентах, количество полезного компонента или вредной примеси в концентрате, выделенном из класса ($\beta_{кл}$) или сепарируемого материала (β_r), определенное аналитическим путем с известной погрешностью.

Среднее содержание полезного компонента или вредной примеси в хвостах сепарации (θ) – выраженное в единицах массы или массовых процентах, количество полезного компонента или вредной примеси в хвостах, выделенных из класса ($\theta_{кл}$) или сепарируемого материала (θ_r), определенное аналитическим путем с известной погрешностью.

Извлечение полезного компонента или вредной примеси в продукт радиометрической сепарации (ε) – выраженное в долях единицы или процентах, количество полезного компонента или вредной примеси сконцентрированное в концентрате класса ($\varepsilon_{кл}$), концентрате се-

парируемого материала (ϵ_r), обогащенном продукте ($\epsilon_{оп}$), вычисленное как отношение произведения известного выхода продукта и среднего содержания в нем полезного компонента или вредной примеси к общему их количеству в классе, сепарируемом материале или технологической пробе.

Коэффициент обогащения ($K_{об}$) – безразмерная величина, характеризующая повышение (понижение) среднего содержания полезного компонента или вредной примеси в продукте радиометрической сепарации относительно их исходного среднего содержания в классе, сепарируемом материале или технологической пробе.

4. Требования.

4.1. Требования к технологическим пробам.

4.1.1. Технологическая проба полезного ископаемого является объектом для проведения исследований методами радиометрической сепарации.

В зависимости от стадии геологического изучения недр, масштаба исследований и решаемых при их проведении технологических задач устанавливаются требования к массе и крупности материала технологических проб (табл. 4.1).

4.1.2. Технологическая проба предоставляется заказчиком работ, который отвечает за ее представительность и соответствие требованиям пункта 4.1.1.

4.1.3. Обязательным документом на технологическую пробу является паспорт, без которого исследования пробы не проводятся.

4.1.4. Паспорт на технологическую пробу должен включать следующую информацию:

- название объекта, стадию геологического изучения, назначение пробы с указанием конкретных видов технологических исследований, присвоенную пробе марку или номер;
- место, дату и способ отбора технологической пробы;
- исходные массу и крупность материала технологической пробы;

- краткую характеристику минерального состава и физико-механических свойств полезного ископаемого в месте отбора пробы;
- перечень основных и сопутствующих полезных компонентов и вредных примесей и их предполагаемые содержания в пробе;
- указания по сохранности материала, оставшегося после проведения исследований.

4.2. Требования к изучению гранулометрического состава.

4.2.1. Гранулометрический состав полезного ископаемого является свойством, определяющим целесообразность применения радиометрических методов для его обогащения. Для характеристики гранулометрического состава используют три технологических показателя: выход класса крупности, содержание компонента в классе крупности и извлечение компонента в класс крупности.

4.2.2. Гранулометрический состав технологической пробы изучается экспериментально. Выполняются следующие операции:

- ручное или механическое просеивание исходного материала пробы на ситах (грохотах) с определенным размером отверстий сит (ячеек) по ГОСТ 3306, ГОСТ 3584, ГОСТ 3826, ГОСТ 2715;
- взвешивание выделенных классов крупности;
- опробование выделенных классов крупности;
- разделка и анализ проб классов крупности на содержание компонентов, отмеченных в паспорте пробы.

4.2.3 Ручное грохочение технологической пробы применяется для проб не превышающих по массе 3-10 тонн. Количество выделяемых классов крупности должно быть не менее указанного в таблице 4.2.1.

Границы классов по крупности кусков могут не совпадать с приведенными в таблице 4.2.1. Модуль шкалы грохочения должен быть не более 2. Количество кусков в классе крупности, имеющих размер меньше нижнего предела класса, не должно превышать 5% от массы класса.

Таблица 4.1. Требования к массе и крупности материала технологических проб

Стадии геологического изучения недр	Масштаб исследований радиометрической обогатимости	Решаемые технологические задачи	Масса технологической пробы, т		Диапазон крупности материала пробы, мм
			керновой	штучной	
Полевые работы	Лабораторные исследования	Предварительное изучение свойств полезного ископаемого на отдельных классах крупности Оценка предельных и максимальных технологических показателей радиометрического обогащения	не менее 0,1	не менее 0,1	-75+0
Оценка месторождений	Укрупненно-лабораторные испытания	Детальное изучение свойств полезного ископаемого на всех классах крупности. Разработка принципиальной схемы радиометрического обогащения. Оценка качественно-количественных показателей радиометрического обогащения	1-2*	3-5	-150+0
Разведка месторождений	Укрупненно-лабораторные испытания	Корректировка принципиальной технологической схемы радиометрического обогащения	—	10-20	-300(150)+0
Эксплуатационная разведка	Полупромышленные испытания**	Разработка комбинированной технологии переработки полезного ископаемого и оценка ее технико-экономических показателей	—	100-500	-300(150)+0

Примечание: * в случае применения только бурового способа разведки

** для месторождений нового вида полезного ископаемого или месторождений III и выше группы по классификации ГКЗ

4.2.4. При массе пробы более 10 тонн используется механическое грохочение. Допускается для таких проб определять гранулометрический состав на части материала, отквартованного от исходной пробы. Масса отквартованного материала должна соответствовать требованиям ГОСТ 2093 п.1.1.

Таблица 4.2.1. Выделяемые классы крупности технологических проб

Назначение пробы	Характер проб	Масса пробы, т	Выделяемые классы крупности, мм
1. Лабораторные исследования радиометрической обогатимости	керновые	0,1	-75+50(40); -50+30*(25); -30(25)+0
	штучные	0,1	-75+50(40); -50+30(25); -30(25)+0
2. Укрупненно-лабораторные исследования радиометрической обогатимости, разработка принципиальной схемы радиометрического обогащения	керновые	1-2	-75+50(40); -50+30(25); -30(25)+0
	штучные	3-5	-150(100)+80(75); -80+50(40); -50+30(25); -30(25)+0
3. Укрупненно-лабораторные исследования радиометрической обогатимости, экспериментальная проверка технологической схемы радиометрического обогащения	керновые	—	—
	штучные	10-20	-300+150; -150(100)+80(75); -80+50(40); -50+30(25); -30(25)+0
4. Полупромышленные испытания технологии радиометрического обогащения	керновые	—	—
	штучные	100-500	-300+150; -150(100)+80(75); -80+50(40); -50+30(25); -30(25)+0

*. для отдельных видов полезных ископаемых, например, урановые руды, алмазы, кварцевое и полевोшпатовое сырье и др., а также методов радиометрического обогащения, например, авторадиметрического, фотометрического, рентгенолюминесцентного, класс крупности -30(25)+0 мм может быть дополнительно разделен на классы -30(25)+20(15) мм; -20(15)+10 мм; -10(15)+5 мм; -5+0 мм.

4.2.5. При взвешивании классов крупности масса выделенного класса должна быть определена с погрешностью, не превышающей

допустимую погрешность весов обычного класса точности в соответствии с ГОСТ 29329 п.2.3 таблица 3.

4.2.6. Выход класса крупности вычисляется по выражению:

$$\gamma_{\text{кл}} = \frac{m_{\text{кл}}}{m_{\text{пр}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

где $m_{\text{кл}}$ – масса материала в классе крупности, кг.

$m_{\text{пр}}$ – масса материала в исходной технологической пробе или масса отквартированного от пробы материала, подвергшегося рассеву, кг.

4.2.7. Выход класса крупности подсчитывается с точностью до 0.01%.

4.2.8. Опробование выделенных классов крупности с целью определения содержания компонентов осуществляется ручным способом путем деления и сокращения.

Классы крупности до +30(25) мм делятся и сокращаются порционным методом.

Для деления и сокращения классов крупности -30(25) мм используется рифленый делитель.

4.2.9. Масса сокращенной пробы класса должна быть не менее указанной в таблице 4.2.2.

Таблица 4.2.2. Масса сокращенной пробы класса крупности в зависимости от максимального размера кусков.

Максимальный размер кусков, мм	Масса сокращенной пробы, кг, не менее
150	225
100	150
50	75
25	40
13	10
6	5

4.2.10. Количество единичных порций сокращения определяется массой выделенного класса крупности, но должно составлять не менее 10.

4.2.11. Параллельно с опробованием по п. 4.2.8 осуществляется отбор кусков классов крупности (за исключением класса -30(25) мм, называемого отсевом) для изучения контрастности полезного ископаемого и его обогатимости радиометрическими методами.

От каждого класса крупности, предназначенного для изучения контрастности и обогатимости, отбирается не менее 100 кусков. Куски отбираются от порций, не попавших в пробу класса крупности.

Пример. После грохочения пробы получен класс крупности -100+50 мм. Масса этого класса 450 кг. Максимальный размер куска 100 мм. Согласно таблице 4.2.2. проба класса должна составлять не менее 150 кг, т.е. выделенный класс можно сократить в 3 раза. Число единичных порций для сокращения равно 20. Масса единичной порции равна 22,5 кг. Первая единичная порция направляется в пробу класса, из второй и третьей порции отбираются куски. Количество кусков, отбираемых из каждой порции, составляет $100:12 \approx 9$ штук. Четвертая порция направляется в пробу класса. Из пятой и шестой порций вновь отбирается по 9 кусков и т. д. до завершения сокращения.

4.2.12. Отобранные в соответствии с п.4.2.8. пробы классов крупности должны быть проанализированы на содержание компонентов, отмеченных в паспорте технологической пробы. Анализ дополнительных компонентов проводится по согласованию с заказчиком работ.

4.2.13. Разделка проб классов крупности и их подготовка к анализу осуществляется специализированным подразделением по схеме согласованной с исполнителем работ.

4.2.14. Погрешность определения содержаний компонентов в пробах классов крупности должна соответствовать погрешности аттестованного метода количественного анализа.

4.2.15. Отобранные по п.4.2.11 куски каждого класса крупности в отдельности направляются на изучение контрастности и обогатимости радиометрическими методами.

4.2.16. Если при грохочении выделен класс крупности, масса которого меньше указанной в таблице 4.2.2, и количество кусков в клас-

се менее 100, то такой класс подвергается дополнительному дроблению и грохочению на более мелкие принятые классы.

4.2.17. Если количество кусков в классе крупности, не удовлетворяющем по массе требованиям таблицы 4.2.2, 100 и более, то он полностью направляется на изучение контрастности и обогатимости радиометрическими методами. Содержания компонентов в классе в этом случае определяются по результатам изучения его контрастности.

4.2.18. Оставшийся после опробования материал классов крупности (за исключением отсева) используется при проведении опытов по сепарации классов.

4.2.19. Результаты изучения гранулометрического состава технологической пробы сводятся в таблицу 4.2.3.

Таблица 4.2.3. Гранулометрический состав технологической пробы и распределение содержания компонентов по классам крупности

Класс крупности, мм	Масса, кг	Выход, %	Содержание компонентов, %				Извлечение* компонентов %
1	2	3	4				5
-300+150 -150+80(75) -75+50(45) -45+30(25) -30(25)+0							
Исходная руда		100					100

* Примечание: извлечение компонента в класс крупности рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_{i_{кл}} = \frac{\gamma_{кл} C_i}{\alpha_i} \% \quad (2),$$

где $\gamma_{кл}$ - выход класса крупности от пробы, %;

C_i - среднее содержание компонента в классе, %;

α_i - среднее содержание компонента в пробе;

i - порядковый номер компонента.

4.3. Контрастность и обогатимость полезного ископаемого.

4.3.1. Контрастность полезного ископаемого и его обогатимость радиометрическими методами определяют принципиальную возможность и целесообразность применения радиометрического обогащения и подлежат обязательному изучению на всех стадиях геологического изучения недр и при необходимости в процессе эксплуатации месторождения.

4.3.2. Контрастность полезного ископаемого характеризуется:

- фракционным составом по содержанию полезных компонентов или вредных примесей;
- кривыми контрастности;
- показателем контрастности М.

4.3.3. Для характеристики обогатимости полезного ископаемого радиометрическими методами применяют:

- фракционный состав по признаку разделения;
- кривые радиометрической обогатимости;
- показатель признака разделения (П).

4.3.4. Контрастность и обогатимость полезного ископаемого изучаются на технологических пробах (керновых или шпугных) в следующей последовательности:

- отобранные от классов крупности куски (п. 4.2.11) маркируются и взвешиваются, результат взвешивания кусков фиксируется в журнале изучения проб (приложение А) отдельно для каждого класса крупности;
- проводится измерение значения признака разделения на каждом куске класса, которое фиксируется в журнале измерения проб;
- осуществляется раздельное дробление, измельчение кусков, приготовление аналитической пробы каждого куска;
- проводится анализ проб кусков на содержание компонентов, отмеченных в паспорте пробы, результат фиксируется в журнале изучения проб;

- выполняется расчет фракционного состава класса крупности по содержанию полезных компонентов и вредных примесей;
- выполняется расчет фракционного состава класса крупности по признаку
- разделения;
- рассчитываются координаты кривых контрастности классов крупности и проводится построение кривых;
- рассчитываются координаты кривых радиометрической обогатимости классов крупности и проводится построение кривых;
- вычисляются показатели контрастности классов крупности;
- вычисляются показатели признака разделения классов крупности.

4.3.5 Нижняя и верхняя границы крупности материала, предназначенного для изучения обогатимости полезного ископаемого радиометрическими методами, определяются техническими возможностями аппаратуры, используемой для изучения признака разделения (АПР) и конкретного метода обогащения. Требования к АПР и их отдельные конструктивные узлы и характеристики даны в разделе 5 стандарта.

4.3.6. В случае отсутствия АПР для какого-либо из классов крупности должна быть изучена контрастность этого класса.

4.3.7. Масса куска должна быть определена с погрешностью, не превышающей допустимую погрешность весов обычного назначения третьего класса точности согласно ГОСТ 24104 п.3.2 табл.2.1.

4.3.8. На кусках класса крупности проводится измерение величины признака разделения. При использовании методов радиометрического обогащения, характеризующихся относительно большой проникающей способностью в десятки и сотни мм (авторadiометрический, нейтронно-активационный, нейтронно-абсорбционный, радиорезонансный), измерения величины признака разделения на куске проводят не менее двух раз (две противоположные стороны куска). При использовании методов радиометрического обогащения (рентгено-радиометрический, рентгенолюминесцентный, фотометрический) с от-

носительно небольшой проникающей способностью (первые мм, десятки мм.) измерение признака разделения проводят не менее четырех раз (четыре стороны куска). За величину признака разделения принимают среднее арифметическое из измеренных значений. Среднее относительное отклонение максимального и минимального из измеренных значений признака разделения не должно более чем на 40% относительных отличаться от вычисленного среднего значения признака разделения.

4.3.9. Среднее значение признака разделения, вычисленное для каждого куска, фиксируется в журнале изучения проб.

4.3.10. Каждый кусок должен быть проанализирован на отмеченные в паспорте пробы компоненты. Анализ дополнительных компонентов проводится по согласованию с заказчиком работ.

4.3.11. Подготовка аналитической пробы куска осуществляется специализированным подразделением по схеме согласованной с исполнителем работ, учитывающей требования (масса навески, крупность) используемого метода количественного анализа.

4.3.12. Погрешность определения содержаний компонентов в кусках должна соответствовать погрешности применяемого аттестованного метода количественного анализа. Результаты анализа кусков заносятся в журнал изучения проб.

4.3.13. По результатам анализа кусков класса крупности устанавливается диапазон изменения содержания компонента. Этот диапазон подразделяется на интервалы (фракции). Границы фракций должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить относительно равномерное распределение кусков по всему диапазону изменения содержания компонента.

4.3.14. Процедуры п. 4.3.12 и 4.3.13 выполняются для каждого класса крупности.

4.3.15. Куски класса крупности группируются в выбранные фракции в соответствии с определенным в них содержанием компонента.

4.3.16. Для каждой фракции осуществляется расчет среднего содержания основного, проанализированных сопутствующих полезных компонентов и вредных примесей:

$$\alpha_{\text{фр}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i m_i}{\sum_{i=1}^{i=n} m_i} \quad (3),$$

где $\alpha_{\text{фр}}$ - среднее содержание компонента во фракции, %.

α_i - содержание компонента в отдельном куске, попавшем во фракцию, %

m_i - масса отдельного куска во фракции, кг

n - количество кусков во фракции, ед.

4.3.17. Рассчитывается выход фракции:

$$\gamma_{\text{фр}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} m_i}{m} \cdot 100\% \quad (4),$$

где $\gamma_{\text{фр}}$ - выход фракции относительно класса крупности, %

m — суммарная масса изученных кусков в классе крупности, кг.

4.3.18. Результаты расчета сводятся в таблицу фракционного состава класса по содержанию компонента (табл. 4.3.1).

4.3.19. Расчет фракционного состава класса крупности по сопутствующим полезным компонентам и вредным примесям выполняется в соответствии с п. 4.3.16, п. 4.3.17 по согласованию с заказчиком работы.

4.3.20. На основании рассчитанного фракционного состава класса крупности (табл. 4.3.1) проводится расчет координат кривых контрастности класса по основному полезному компоненту. Схема расчета и полученные результаты даны в таблице 4.3.2.

Таблица 4.3.1. Фракционный состав класса крупности по содержанию компонента

№ фр	Границы фракции по содержанию компонента, % от до	Среднее содерж. комп-та во фракции, %	Выход фракции, %	Средние содержания сопутств. полезных компонентов и вредных примесей, %				
				1	2	3	4	5
1								
2								
...								
n								

4.3.21. По данным таблицы 4.3.2 в прямоугольной системе координат (содержание, выход) строятся кривые контрастности класса крупности. Для построения кривой хвостов попарно используют значения γ_x и θ (столбцы 11 и 12). Последняя точка кривой θ будет характеризоваться координатами α (среднее содержание компонента в классе) и 100% (выход).

Из последней точки кривой θ , отсекающей на оси абсцисс отрезок, равный среднему содержанию компонента в классе, восстанавливается перпендикуляр, называемый линией среднего содержания.

Кривая концентратов (β) строится с попарным использованием значений выхода концентрата (γ_x) (столбец 13) и среднего содержания в концентрате (β) (столбец 14). Линия среднего содержания соединяет последнюю точку кривой (θ) с первой точкой кривой (β).

Кривая разделения (λ) строится с использованием значений выхода хвостов (γ_x) (столбец 11) и соответствующих ему максимальных значений граничного содержания во фракции (столбец 3 в таблице 4.3.2).

4.3.22. При построении кривых контрастности масштаб их изображения по оси выходов должен быть не мельче 1:10 (на 1 см — 10% выхода).

Масштаб изображения по оси содержаний выбирается в зависимости от диапазона изменения содержания компонента в первой и по-

следней фракции и должен обеспечить наглядность кривых контрастности и возможность считывания с кривых значений содержания компонента с абсолютной погрешностью, не превышающей погрешность использованного метода анализа.

Общий вид кривых контрастности изображен на рис. 4.3.1.

4.3.23. Показатель контрастности (М) вычисляется по формуле:

$$M = 2\gamma_0 \left(1 - \frac{\theta_0}{\alpha}\right) \quad (5),$$

где М — показатель контрастности класса крупности, доли ед., γ_0 - теоретический выход хвостов при граничном содержании компонента (λ), равном среднему содержанию в классе (α), доли ед.

θ_0 - среднее содержание компонента в хвостах при граничном $\lambda = \alpha$, %

α - среднее содержание компонента в классе, %

Входящие в выражение (5) показатели (γ_0 , θ_0 и α) находят по кривым контрастности путем построений, указанных на рисунке 4.3.1.

Подсчет показателя М осуществляется с точностью 0,01 доли ед.

В приведенном примере показатель контрастности М равен:

$$M = 2 \cdot 0.64 \left(1 - \frac{0.056}{0.124}\right) = 0.70$$

4.3.24. По показателю контрастности, который может изменяться от 0 до 2, полезные ископаемые подразделяются на категории:

неконтрастные — $M \leq 0.5$

низконтрастные — $M = 0.51 \div 0.7$

контрастные - $M = 0.71 \div 1.1$

высококонтрастные - $M = 1.11 \div 1.5$

особоконтрастные $M \geq 1.5$

4.3.25. Фракционный состав по признаку разделения класса крупности рассчитывается на основании известных значений признака разделения и средних содержаний компонентов в кусках.

Таблица 4.3.2. Расчет координат кривых контрастности класса крупности

№ фр	Границы фракции по содержанию компонента, % от	Среднее содержание компонента во фракции, % $U_{фр}$	Выход фракции ω_o $\gamma_{фр}$ $q_{фр} \Rightarrow \gamma_{ab} U_{ab}$	Кол-во компонента во фракции, % ω_o	Накопленный выход фракции и сверху, % $\sum_{i=n}^{\infty} \gamma_{фр}$	Накопленный выход фракции снизу, % $\sum_{i=1}^n \gamma_{фр}$	Накопленные количества компонента сверху, % $\sum_{i=n}^{\infty} q_{фр}$	Накопленные количества компонента снизу, % $\sum_{i=1}^n q_{фр}$	Координаты кривых контрастности				
									Выход хвостов, % $\gamma_x = \sum_{i=1}^{\infty} \gamma_{фр}$	Выход хвостов, % $\gamma_k = \sum_{i=n}^{\infty} \gamma_{фр}$	Среднее содержание компонента, % $\theta = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} i q_{фр}}{\sum_{i=1}^{\infty} q_{фр}}$	Выход компонента, % ω_o	Кривая контрастности (β)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1													
2													
n													

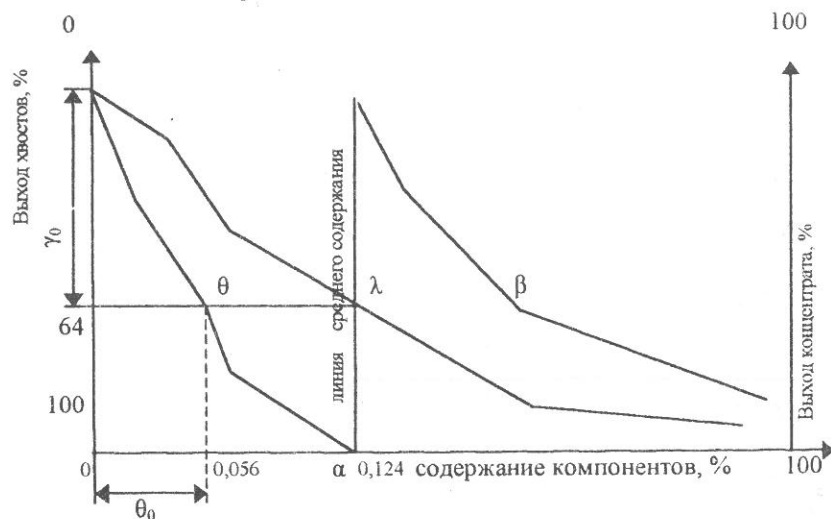


Рис.4.3.1. Кривые контрастности

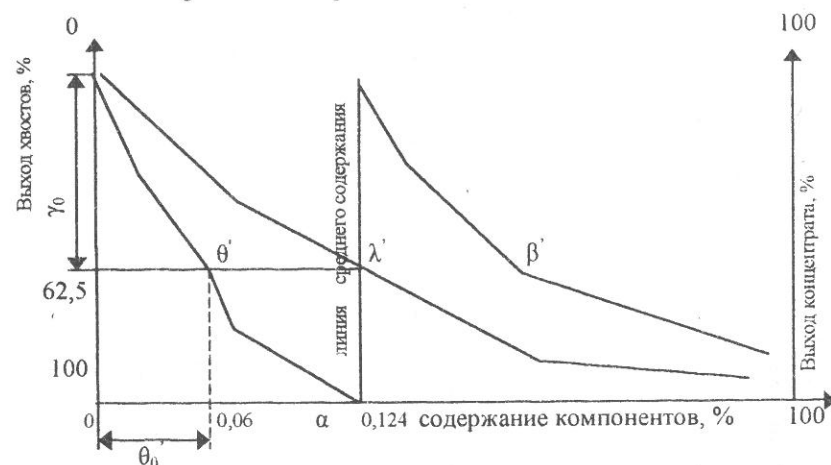


Рис. 4.3.2. Кривые обогатимости

4.3.26. Куски класса крупности объединяются во фракции в зависимости от величины признака разделения. Количество фракций по признаку разделения должно соответствовать числу фракций, использованных при расчете фракционного состава класса крупности по содержанию компонентов.

4.3.27. Если изучалось несколько признаков разделения, то фракционный состав классов крупности рассчитывается по каждому из них.

4.3.28. Для определения среднего содержания компонента во фракции ($\alpha_{\text{фр}}$) и ее выхода ($\gamma_{\text{фр}}$) используются выражения (3) и (4) п. 4.3.16 и 4.3.17.

4.3.29. Результаты расчетов помещаются в таблицу 4.3.3.

4.3.30. Расчет фракционного состава класса по признаку разделения для сопутствующих полезных компонентов и вредных примесей выполняется по согласованию с заказчиком работы.

4.3.31. Расчет координат кривых обогатимости с использованием изученного признака разделения проводится по схеме, указанной в таблице 4.3.2 п.4.3.20. Форма таблицы для расчета координат кривых обогатимости аналогична таблице 4.3.2, за исключением столбцов 2 и 3, где указываются границы фракций по признаку разделения.

4.3.32. Построение кривых обогатимости осуществляется в том же масштабе, что и кривых контрастности. Кривые хвостов (θ) и концентратов (β) строятся с использованием приемов, описанных в п. 4.3.21.

Для построения кривой разделения (λ') используют значения среднего содержания компонента во фракции (абсцисса) и выхода фракции (ордината). Для нахождения первой точки кривой (λ') на оси выходов откладывают значение выхода первой фракции и из середины отрезка проводят горизонтальную прямую, параллельную оси абсцисс. На оси содержаний откладывают отрезок, равный среднему содержанию компонента в первой фракции и из его конца восстанавливают перпендикуляр до пересечения с горизонтальной прямой. Точка пересечения является искомой точкой кривой (λ'). Затем на оси выходов от конца первого отрезка откладывают отрезок равный значе-

нию выхода второй фракции и из его середины проводят горизонтальную линию. На оси содержаний находят значение равное содержанию компонента во второй фракции и из этой точки восстанавливают перпендикуляр к горизонтальной прямой. На их пересечении отмечают вторую точку кривой (λ'). Аналогичные построения производятся для остальных фракций. Общий вид кривых обогатимости представлен на рисунке 4.3.2.

Таблица 4.3.2. Фракционный состав класса крупности по признаку разделения

№ фр	Границы фр-ции по признаку разделения, физ. Или относит. единицы от до	Среднее содерж. комп-та во фракции, %	Выход фракции, %	Средние содержания со-путств. полезных компонентов и вредных примесей, %				
				1	2	3	4	5
1								
2								
...								
n								

Показатель признака разделения вычисляется по формуле:

$$П = 2\gamma'_0 \left(1 - \frac{\theta'_0}{\alpha} \right) \quad (6),$$

где П- показатель признака разделения, доли ед.

γ'_0 – теоретический выход хвостов при граничном содержании компонента (λ') равным среднему содержанию в классе (α), доли ед.

θ'_0 – среднее содержание компонента в хвостах, %.

α – среднее содержание компонента в классе, %.

Входящие в выражение (6) показатели (γ'_0 , θ'_0 , α) находят по кривым обогатимости путем построений, указанных на рисунке 4.3.2. Подсчет показателя П осуществляется с точностью до 0,01 дол.ед. В приведенном примере показатель признака разделения П равен:

$$П = 2 \cdot 0,625 \left(1 - \frac{0,06}{0,124} \right) = 0,64$$

4.3.33. Если изучалось несколько признаков разделения, то следует для каждого из них рассчитать показатель признака разделения.

4.3.34. Выбор наиболее эффективного для изучаемого полезного ископаемого признака разделения осуществляется путем вычисления эффективности признака разделения:

$$\mathcal{E}_п = П : М \leq 1 \quad (7),$$

где $\mathcal{E}_п$ – эффективность признака разделения, доли ед.

Чем выше абсолютное значение признака разделения (П) и чем ближе к единице величина $\mathcal{E}_п$, тем эффективнее признак разделения при прочих равных условиях.

По величине $\mathcal{E}_п$ оценивают эффективность применения того или иного метода радиометрического обогащения к изучаемому полезному ископаемому:

При $\mathcal{E}_п$ больше 0,9 – метод высокоэффективен;

$\mathcal{E}_п = 0,81-0,9$ – метод характеризуется хорошей эффективностью;

$\mathcal{E}_п = 0,61-0,8$ – метод характеризуется удовлетворительной эффективностью;

$\mathcal{E}_п = 0,41-0,60$ – метод низкоэффективен;

$\mathcal{E}_п$ меньше 0,4 – метод неэффективен.

4.4. Требования к определению предельных и максимальных технологических показателей радиометрического обогащения технологической пробы.

4.4.1. Предельными называют технологические показатели обогащения, независимые от используемого радиометрического метода обогащения, вычисляемые на основании результатов изучения контрастности технологической пробы.

4.4.2. Для расчета предельных технологических показателей радиометрического обогащения пробы используют предельные показатели сепарации классов крупности и данные о её гранулометрическом составе.

4.4.3. Предельные технологические показатели классов крупности определяются по соответствующим кривым контрастности и зависят от величины граничного содержания (λ), используемого для разделения материала класса на хвосты и концентрат.

4.4.4. Процедура определения предельных технологических показателей сепарации класса крупности сводится к следующему:

- на кривой разделения класса (λ) отмечается точка, соответствующая какому-либо значению граничного содержания (λ_i);
- через эту точку проводится горизонтальная прямая до пересечения с кривыми (θ) и (β) и осью выходов;
- отрезок, отсекаемый на оси выходов от начала координат, соответствует значению выхода хвостов ($\gamma_{хт_i}$) при разделении по заданному граничному содержанию;
- из точки пересечения прямой с кривой (θ) опускается перпендикуляр на ось содержаний; отрезок отсекаемый на оси содержаний от начала координат соответствует содержанию компонента в хвостах ($\theta_{кл_i}$);
- из точки пересечения с кривой (β) опускается перпендикуляр на ось содержаний; отрезок, отсекаемый этим перпендикуляром на оси от начала координат, соответствует содержанию компонента в концентрате ($\beta_{кл_i}$).

Выход концентрата вычисляется по формуле:

$$\gamma_{кт_i} = 100 - \gamma_{хт_i} \quad (8),$$

где $\gamma_{хт_i}$ - предельный выход хвостов от класса крупности для заданного граничного содержания (λ_i), %;

4.4.5. Процедура п.4.4.4 повторяется для всех классов крупности, подвергшихся изучению контрастности. При этом значение граничного содержания (λ_i) остается постоянным.

4.4.6. Предельные показатели радиометрической сепарации классов крупности определяются согласно п.4.4.4 для разных величин граничного содержания λ .

Пределы изменения граничного содержания определяются в соответствии с решаемой технологической задачей. При решении зада-

чи выделения хвостов значения граничного содержания задаются в пределах $0,1\alpha_{кл} \leq \lambda \leq 2\alpha_{кл}$.

При решении задачи выделения концентрата значения граничного содержания задаются в пределах $0,5\alpha_{кл} \leq \lambda \leq 2\alpha_{кл}$.

В обоих случаях предельные технологические показатели радиометрической сепарации определяются не менее чем для трех значений граничного содержания.

4.4.7. Результаты по вариантного определения предельных технологических показателей сепарации классов крупности для различных значений (λ) отражаются в таблице 4.4.1.

4.4.8. Возможно решение технологической задачи, состоящей в разделении пробы на три и более продуктов (хвосты, промежуточный продукт, концентрат В этом случае предельные технологические показатели сепарации классов крупности определяются для сочетания двух значений граничного содержания $\lambda_{хв}$ и $\lambda_{кон}$.

Технологические показатели, характеризующие хвосты ($\gamma_{хт_i}, \theta_{кл_i}$) и концентраты ($\gamma_{кт_i}, \beta_{кл_i}$), определяются непосредственно по кривым контрастности для соответствующих значений $\lambda_{хв}$ и $\lambda_{кон}$, согласно п. 4.4.4.

Значения выхода промежуточного продукта ($\gamma_{пп_{кл_i}}$) и среднего содержания в нем компонента ($\alpha_{пп_{кл_i}}$) рассчитывается по выражениям:

а) выход промежуточного продукта от класса крупности:

$$\gamma_{пп_{кл_i}} = 100 - (\gamma_{хт_i} + \gamma_{кт_i}) \quad (9),$$

где $\gamma_{хт_i}$ и $\gamma_{кт_i}$ - предельные выходы хвостов и концентрата от класса крупности, определенные для заданных значений $\lambda_{хв}$ и $\lambda_{кон}$ соответственно, %

б) среднее содержание компонента в промежуточном продукте класса крупности:

$$\alpha_{пп_{кл_i}} = \frac{100 \cdot \alpha_{кл_i} - (\gamma_{хт_i} \theta_{кл_i} + \gamma_{кт_i} \beta_{кл_i})}{\gamma_{пп_{кл_i}}} \quad (10),$$

Таблица 4.4.1. Результаты по вариантного определения предельных технологических показателей радиометрического обогащения классов крупности технологической пробы

Граничное содержание λ , %	Классы крупности технологической пробы, мм											
	-150+80(75)						-50(45)+30(25)					
	Выход хвостов $\gamma_{хв}$ %	Среднее содержание компонента в хвостах $\theta_{хв}$ %	Выход конц. $\gamma_{хв}$ %	Среднее содержание компонента в конц. $\beta_{хв}$ %	Извлеч. комп. в конц. $\epsilon_{хв}$ %	...	Выход хвостов $\gamma_{хв}$ %	Среднее содержание компонента в хвостах $\theta_{хв}$ %	Выход конц. $\gamma_{хв}$ %	Среднее содержание компонента в конц. $\beta_{хв}$ %	Извлеч. комп. в конц. $\epsilon_{хв}$ %	
λ_1												
λ_2												
...												
λ_n												

где $\theta_{кл}$ и $\beta_{кл}$ - средние содержания компонента в хвостах и концентрате, определенные для заданных значений $\lambda_{хв}$ и $\lambda_{кон}$ соответственно, %

$\alpha_{кл}$ - среднее содержание компонента в классе крупности, %.

4.4.9. Предельные технологические показатели радиометрической сепарации классов крупности для случая разделения их на три продукта определяются не менее, чем для трех вариантов значений граничных содержаний $\lambda_{хв}$ и $\lambda_{кон}$.

Результаты по вариантных расчетов предельных технологических показателей для разных сочетаний значений граничных содержаний помещаются в таблице 4.4.2.

Таблица 4.4.2. Предельные технологические показатели радиометрического обогащения классов крупности при их разделении на три продукта.

№ вар.	Граничное содержание λ , %	Класс крупности, мм					
		Хвосты		Пром. продукт		Концентрат	
		Выход %	Средн. содерж. комп., %	Выход %	Средн. содерж. комп., %	Выход %	Средн. содерж. комп., %
1	$\lambda_{хв1}$	$\gamma_{хв1}$	$\theta_{кл1}$				
				$\gamma_{ппкл}$	$\alpha_{ппкл}$		
	$\lambda_{кон1}$					$\gamma_{кт1}$	$\beta_{кл1}$
2	$\lambda_{хв2}$						
	$\lambda_{кон2}$						

4.4.10. Предельные технологические показатели радиометрического обогащения технологической пробы в целом рассчитываются на основании известных показателей обогащения классов крупности и гранулометрического состава пробы.

При двухпродуктовом разделении пробы выход продуктов, среднее содержание в них компонента и его извлечение рассчитываются по формулам:

а) выход хвостов

$$\gamma_{хпт} = \sum_{i=1}^{i=n} \gamma_{хг_i} \gamma_{кл_i} \cdot 100\% \quad (11),$$

где $\gamma_{хпт}$ – предельный выход хвостов от технологической пробы, рассчитанный для заданного значения граничного содержания λ , %

$\gamma_{хг_i}$ – предельный выход хвостов от класса крупности для того же λ , доли ед.

$\gamma_{кл_i}$ – выход класса крупности от технологической пробы, доли ед.

i – порядковый номер класса крупности.

б) среднее содержание компонента в хвостах пробы

$$\theta_{пт} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \gamma_{хг_i} \gamma_{кл_i} \theta_{кл_i}}{\gamma_{хпт}} \quad (12),$$

где $\gamma_{хг_i}$, $\gamma_{кл_i}$, $\gamma_{хпт}$ – тоже, что в выражении (11),

$\theta_{кл_i}$ – среднее содержание компонента в хвостах класса крупности для заданного значения граничного содержания λ , %;

$\theta_{пт}$ – среднее содержание компонента в хвостах пробы для того же λ , %.

в) выход концентрата

$$\gamma_{кпт} = \sum_{i=1}^{i=n} \gamma_{кг_i} \gamma_{кл_i} \cdot 100\% \quad (13),$$

где $\gamma_{кпт}$ – предельный выход концентрата от технологической пробы, рассчитанный для заданного значения граничного содержания λ , %

$\gamma_{кг_i}$ – предельный выход концентрата от класса крупности для того же λ , доли ед.

г) среднее содержание компонента в концентрате

$$\beta_{пт} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \gamma_{кг_i} \gamma_{кл_i} \beta_{кл_i}}{\gamma_{кпт}} \quad (14),$$

где $\gamma_{кг_i}$, $\gamma_{кл_i}$, $\gamma_{кпт}$ – тоже, что в выражении (13),

$\beta_{кл_i}$ – среднее содержание компонента в концентрате класса крупности для заданного значения граничного содержания λ , %

$\beta_{пт}$ – среднее содержание компонента в концентрате пробы для того же λ , %

д) извлечение компонентов в концентрат пробы

$$\epsilon_{пт} = \frac{\gamma_{кпт} \beta_{пт}}{\alpha} \quad (15),$$

где $\epsilon_{пт}$ – извлечение компонента в концентрат пробы при заданном значении граничного содержания λ , %

$\gamma_{кпт}$, $\beta_{пт}$ – тоже, что в выражении (14)

α – среднее содержание компонента в технологической пробе, %

4.4.11. Предельные технологические показатели радиометрического обогащения пробы согласно выражениям (11)–(15) п. 4.4.10 рассчитываются для всех значений граничного содержания λ , использованных при определении предельных показателей классов крупности.

4.4.12. При трехпродуктовом разделении пробы расчет предельных технологических показателей радиометрического обогащения осуществляется повариантно для сочетаний граничных содержаний $\lambda_{хв}$ и $\lambda_{кон}$.

Предельные выход хвостов и средние содержания в них компонента рассчитываются из выражений (11) и (12), соответственно, для заданного $\lambda_{хв}$.

Предельный выход концентрата и среднее содержание в нем компонента оцениваются по выражениям (13) и (14), соответственно, для заданного $\lambda_{кон}$.

Выход промежуточного продукта от пробы находится по формуле:

$$\gamma_{\text{ППТ}} = \sum_{i=1}^{i=n} \gamma_{\text{ППКл}_i} \gamma_{\text{Кл}_i} \cdot 100\% \quad (16),$$

где $\gamma_{\text{ППКл}_i}$ - предельный выход промежуточного продукта класса крупности, определенный для заданного сочетания значений $\lambda_{\text{ХВ}}$ и $\lambda_{\text{КОН}}$, %.

Среднее содержание компонента в промежуточном продукте пробы вычисляется, исходя из выражения:

$$\alpha_{\text{ППТ}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \gamma_{\text{ППКл}_i} \alpha_{\text{ППКл}_i}}{\gamma_{\text{ППТ}}} \quad (17),$$

где $\alpha_{\text{ППКл}_i}$ - среднее содержание компонента в промежуточном продукте класса, определенное для заданного сочетания значений $\lambda_{\text{ХВ}}$ и $\lambda_{\text{КОН}}$, %.

Извлечение компонента в концентрат пробы оценивается по выражению (15).

Извлечение в промпродукт пробы вычисляется по формуле:

$$\epsilon_{\text{ППТ}} = \frac{\gamma_{\text{ППТ}} \alpha_{\text{ППТ}}}{\alpha} \quad (18),$$

где α - среднее содержание компонента в технологической пробе, %.

4.4.13. Рассчитанные согласно п. 4.4.10 и 4.4.12 предельные технологические показатели радиометрического обогащения характеризуют сепарируемый материал технологической пробы. Технологические показатели отсева (выход, среднее содержание компонента, извлечение компонента) определяются при изучении гранулометрического состава технологической пробы.

4.4.14. Результаты расчетов предельных технологических показателей при разных значениях граничного содержания λ (для двухпродуктового разделения) и при разных сочетаниях значений $\lambda_{\text{ХВ}}$ и $\lambda_{\text{КОН}}$ (для трехпродуктового разделения) помещаются в соответствующие таблицы 4.4.3 и 4.4.4.

4.4.15. Максимальными технологическими показателями обогащения называют вычисленные по кривым обогатимости показатели, характеризующие возможности данного радиометрического метода при решении различных технологических задач.

4.4.16. Порядок определения максимальных технологических показателей отдельных классов крупности и расчета максимальных технологических показателей радиометрического обогащения технологической пробы должен соответствовать изложенному в п. 4.4.4 – 4.4.15.

4.4.17. Расчетные формулы и итоговые таблицы максимальных технологических показателей радиометрического обогащения аналогичны приведенным в п.4.4.4 – 4.4.14.

4.4.18. Условные обозначения максимальных прогнозных показателей должны соответствовать приведенным ниже:

$\gamma_{\text{ХМ}}$ – максимальный выход хвостов от класса крупности при заданном значении λ или при заданном значении $\lambda_{\text{ХВ}}$, %

$\theta'_{\text{КП}}$ – среднее содержание компонента в хвостах класса крупности при том же значении λ или $\lambda_{\text{ХВ}}$,

$\beta'_{\text{КП}}$ – среднее значение содержания компонента в концентрате класса при том же значении λ или при заданном значении $\lambda_{\text{КОН}}$, %

$\gamma_{\text{КМ}}$ – выход концентрата от класса крупности при том же значении λ или при заданном значении $\lambda_{\text{КОН}}$, %

$\gamma'_{\text{ППКл}}$ – выход промежуточного продукта от класса крупности при заданном сочетании значений $\lambda_{\text{ХВ}}$ и $\lambda_{\text{КОН}}$, %

$\alpha'_{\text{ППКл}}$ – среднее содержание компонента в промежуточном продукте класса крупности при заданном сочетании значений $\lambda_{\text{ХВ}}$ и $\lambda_{\text{КОН}}$, %

$\gamma_{\text{ХПМ}}$ – максимальный выход хвостов от технологической пробы, рассчитанный для заданного значения граничного содержания λ или для заданного значения $\lambda_{\text{ХВ}}$, %

$\theta_{\text{ПМ}}$ – среднее содержание компонента в хвостах пробы, рассчитанное для заданного граничного содержания λ или для заданного значения $\lambda_{\text{ХВ}}$, %

$\gamma_{\text{кпм}}$ — максимальный выход концентрата от технологической пробы, рассчитанный для заданного значения λ или для заданного значения $\lambda_{\text{кон}}$, %

$\beta_{\text{пм}}$ — среднее содержание компонента в концентрате пробы, рассчитанное для заданного значения λ или для заданного значения $\lambda_{\text{кон}}$, %

$\varepsilon_{\text{пм}}$ — извлечение компонента в концентрат пробы при заданного значения λ или для заданного значения $\lambda_{\text{кон}}$, %

$\gamma_{\text{пшм}}$ — максимальный выход промежуточного продукта пробы для определенного сочетания $\lambda_{\text{хв}}$ и $\lambda_{\text{кон}}$, %

$\alpha_{\text{пшм}}$ — среднее содержание компонента в промежуточном продукте пробы, рассчитанное для того же сочетания значений $\lambda_{\text{хв}}$ и $\lambda_{\text{кон}}$, %

$\varepsilon_{\text{пшм}}$ — извлечение компонента в промежуточный продукт пробы, рассчитанное для того же сочетания значений $\lambda_{\text{хв}}$ и $\lambda_{\text{кон}}$, %

4.4.19. При использовании нескольких признаков разделения (или радиометрических методов) максимальные технологические показатели радиометрической сепарации должны быть определены для каждого из них.

4.4.20. Результаты по вариантных расчетов максимальных технологических показателей радиометрической сепарации технологической пробы (табл. 4.4.3 и 4.4.4.) используются для обоснования технологически оптимального варианта граничного содержания λ или сочетания значений $\lambda_{\text{хв}}$ и $\lambda_{\text{кон}}$ при которых поставленная технологическая задача решается наиболее эффективно.

Критерием эффективности при двухпродуктовом разделении является выход хвостов и содержание в них компонента, которое не должно превышать уровня, определяемого задачей исследований.

При трехпродуктовом разделении критериями эффективности служат качество концентрата и извлечение компонента, а также выход и качество хвостов.

4.4.21. Погрешность определения предельных и максимальных показателей радиометрической сепарации (класса крупности, технологической пробы) определяется тремя величинами:

Таблица 4.4.3. Предельные технологические показатели радиометрического обогащения при двухпродуктовом разделении технологической пробы

№ вар	Граничное содержание разделения λ , %	Концентрат			Хвосты		Отсев		
		Выход %	Среднее содерж. комп-та, %	Извлечение комп-та, %	Выход %	Среднее содерж. комп-та, %	Выход %	Среднее содерж. комп-та, %	Извлечение комп-та, %
1	λ_1	$\gamma_{\text{кп1}}$	$\beta_{\text{п1}}$	$\varepsilon_{\text{п1}}$	$\gamma_{\text{х1}}$	$\beta_{\text{х1}}$	$\gamma_{\text{от1}}$	$\alpha_{\text{от1}}$	$\varepsilon_{\text{от1}}$
2	λ_2	$\gamma_{\text{кп2}}$	$\beta_{\text{п2}}$	$\varepsilon_{\text{п2}}$	$\gamma_{\text{х2}}$	$\beta_{\text{х2}}$	“	“	“
3	λ_3	$\gamma_{\text{кп3}}$	$\beta_{\text{п3}}$	$\varepsilon_{\text{п3}}$	$\gamma_{\text{х3}}$	$\beta_{\text{х3}}$	“	“	“
...									
n	λ_n	$\gamma_{\text{кпn}}$	$\beta_{\text{пn}}$	$\varepsilon_{\text{пn}}$	$\gamma_{\text{хn}}$	$\beta_{\text{хn}}$	“	“	“

Таблица 4.4.4. Предельные технологические показатели радиометрического обогащения при трехпродуктовом разделении технологической пробы

№ вар	Граничное содержание разделения λ , %	Концентрат			Промпродукт		Хвосты		Отсев		
		Выход %	Среднее содерж. комп-та, %	Извлеч. комп-та, %	Выход %	Среднее содерж. комп-та, %	Выход %	Среднее содерж. комп-та, %	Выход %	Среднее содерж. комп-та, %	Извлеч. комп-та, %
1	$\lambda_{\text{хв1}}$ $\lambda_{\text{кон1}}$	$\gamma_{\text{кп1}}$	$\beta_{\text{п1}}$	$\varepsilon_{\text{п1}}$			$\gamma_{\text{х1}}$	$\beta_{\text{х1}}$	$\gamma_{\text{от1}}$	$\alpha_{\text{от1}}$	$\varepsilon_{\text{от1}}$
2											
3	$\lambda_{\text{хв3}}$ $\lambda_{\text{кон3}}$	$\gamma_{\text{кп3}}$	$\beta_{\text{п3}}$	$\varepsilon_{\text{п3}}$			$\gamma_{\text{х3}}$	$\beta_{\text{х3}}$	“	“	“

- погрешностью определения выхода продуктов (концентрат, хвосты);
- погрешностью анализа содержания компонента в куске;
- погрешностью считывания значений показателей (выход хвостов, выход концентрата, среднее содержание компонента в хвостах и концентрате) с кривых контрастности и радиометрической обогатимости.

Погрешность значения выхода продуктов сепарации не должна превышать допустимой среднеквадратичной погрешности определения их массы при использовании весов общего назначения третьего класса точности (в диапазоне взвешивания от 2 г до 50 кг) ГОСТ 24104, и весов обычного класса точности (в диапазоне 1-800 кг, 1-500 т) ГОСТ 29329. Погрешность определения содержания компонента в продуктах сепарации или отдельных кусках пробы лимитируется погрешностью применяемого метода анализа.

Погрешность считывания показателей обогащения с кривых контрастности и обогатимости определяется масштабом их построения и не должна превышать по абсолютной величине:

- при определении выхода продукта $\pm 0.5\%$
- при определении содержания компонента $\pm$ погрешность метода анализа

Расчетные показатели сепарации (извлечение) должны быть вычислены с точностью до 0.01%.

5. Аппаратура для изучения признака разделения (АПР).

5.1. АПР - установка, используемая при изучении радиометрической обогатимости технологической пробы полезного ископаемого.

5.2. АПР создается специализированно или на базе серийно выпускаемой электронной и измерительной аппаратуры и в зависимости от метода обогащения включает нестандартные узлы.

5.3. Общим принципом построения АПР является присутствие в ней: регистрирующего устройства (радиометра), осуществляющего управление процессом регистрации признака разделения; радиометрического датчика, состоящего из источника излучения и детектора

излучения, который фиксирует и преобразует излучение в электрический сигнал; высоковольтного и низковольтного блоков питания (могут входить в состав радиометра); пробоподающего устройства, защитных экранов.

5.4. При исследованиях радиометрической обогатимости технологических проб рентгенорадиометрическим методом к АПР предъявляются следующие требования:

- радиометр должен обеспечить:

- а) время измерения кусков пробы в диапазоне 1-100 сек с погрешностью не более 0.1% от минимального значения;
- б) возможность работы с пропорциональным, сцинтилляционным и полупроводниковым детекторами;
- в) общее число энергетических каналов не менее 1024;
- г) одновременную регистрацию излучений не менее, чем в четырех энергетических интервалах (окнах);
- д) максимальную загрузочную способность статистически распределенными импульсами не менее 5×10 имп/сек.

- радиометрический датчик должен:

- а) иметь энергетическое разрешение, не превышающее 20 % для энергии (8.05 КэВ) при использовании пропорционального счетчика и 40% для энергии 22.1 КэВ при использовании сцинтилляционного детектора;
- б) порог чувствительности используемых детекторов должен соответствовать требованиям решаемой технологической задачи.

- пробоподающее устройство должно обеспечивать свободный ввод кусков (в диапазоне изучаемых классов крупности) и их фиксацию в зоне измерения.

- защитные экраны, изготовленные из свинцового стекла, должны обеспечить защиту персонала от ионизирующих излучений в соответствии с требованиями "Норм радиационной безопасности НРБ-96" и "Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений" ОСП-72/80.

В качестве примера на рис. 5.1. изображены возможные конструкции рентгенорадиометрических датчиков.

5.5. При исследованиях радиометрической обогатимости радиорезонансным методом в качестве АПР используют измеритель добротности (куметр) Е4-7 или другого типа со сходными техническими характеристиками. В качестве датчиков применяют плоские катушки индуктивности с резонансными частотами 1,75 и 13,56 МГц. Катушки помещают в защитный экран, изготовленный из оргстекла толщиной 1-1,5 см. Общий вид датчиков изображен на рис. 5.1, а их технические характеристики приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Характеристики датчиков

Рабочая частота, МГц	1.76	13.56
Добротность контура, усл.ед.	270	300
Емкость, ф	$320 \cdot 10^{-12}$	$29.7 \cdot 10^{-12}$
Индуктивность, Гн	$27.8 \cdot 10^{-6}$	$396 \cdot 10^{-6}$
Диаметр намотки, мм	130	100
Число витков, шт	24	11
Диаметр провода, мм	1.3	1.8
Шаг намотки, мм	1.3	2.7

5.6. При исследовании обогатимости рентгенолюминесцентным методом в состав АПР входят:

- блок возбуждения с рентгеновской трубкой 5БХВ-6; высоковольтный блок питания фотоумножителя, блок регистрации люминесценции, включающий: фотоумножитель ФЭУ-142 или ФЭУ-114 с обоймой светофильтров, цифровой вольтметр ЦЦ-1312. Блок возбуждения и блок регистрации (за исключением цифрового вольтметра) помещают в защитный, светонепроницаемый экран, обеспечивающий защиту персонала от воздействия рентгеновского излучения в соответствии с ГОСТ 12.2 018, "Нормами радиационной безопасности НРБ-96" и "Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений" ОСП-72/80.

5.7. При исследовании обогатимости авторадиметрическим методом в состав АПР входят:

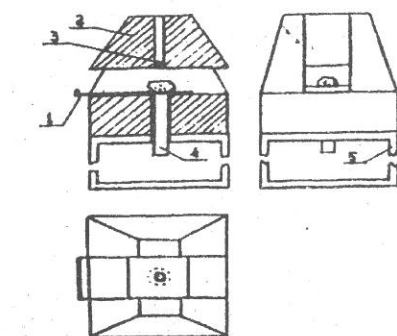
- блок детектирования, состоящий из сцинтилляционного кристалла NaJ (Tl) размером 70x70 и фотоэлектрического умножителя ФЭУ-82 или другого типа с диаметром не менее 60 мм;
- блок питания, включающий блоки низковольтного и высоковольтного (до 2 кв) напряжений;
- в качестве радиометра используется пересчетный прибор типа ПП-15А или другой марки.

Блок детектирования помещается в защитный свинцовый или стальной экран (с тем же коэффициентом ослабления) для снижения уровня натурального фона.

5.8. При использовании нейтронно-абсорбционного метода для исследования обогатимости АПР включает:

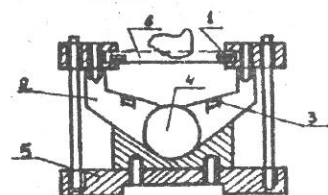
- блок детектирования, состоящий из сцинтилляционного детектора на основе состава Т-2 или Т-3 диаметром 40 мм и толщиной 5-15 мм и фотоэлектронного умножителя ФЭУ-38, ФЭУ-78Б, ФЭУ-81;
- устройство подачи кусков в зону измерения;
- замедлительно-отражательный защитный блок, где в качестве защиты используется вода;
- блок питания, включающий блоки высоковольтного и низковольтного напряжения;
- измерительный блок - пересчетный прибор типа ПП-15А (ПП9-2М, ПП-20).

Конструкция датчика изображена на рис. 5.1. Замедлительно-отражательный блок представляет собой четыре сварных стальных бака, заполненных водой. Средний из трех верхних баков (рис.5.1) может перемещаться по высоте, обеспечивая необходимое расстояние при измерении кусков разных классов крупности.



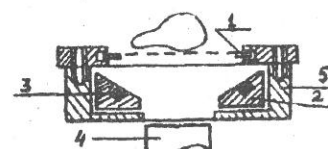
1. Нейтронно-абсорбционный датчик

- 1 – подвижная пластина
- 2 – защитный экран с водой
- 3 – источник нейтронов
- 4 – детектор нейтронов
- 5 – основание датчика

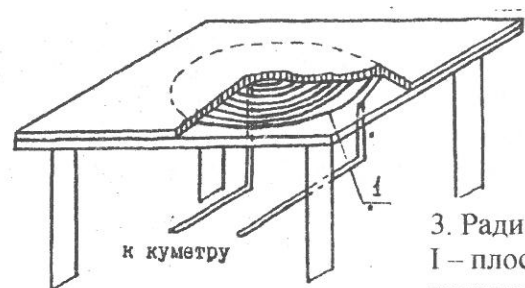


2. Рентгенорадиометрические датчики

- А – пропорциональный
- Б – сцинтиляционный
- В – полупроводниковый



- 1 – рамка для ввода куска в зону измерения
- 2 – свинцовый коллиматор
- 3 – радиоизотопный источник
- 4 – детектор гамма-излучения
- 5 – корпус датчика
- 6 – полиэтиленовая пленка



3. Радиорезонансный датчик

- 1 – плоская катушка индуктивности

5.1. Конструкции радиометрических датчиков АПР

5.9. Пользователь АПР должен располагать:

- техническим описанием установки с характеристикой узлов и блоков, входящих в ее состав;
- документом (инструкция, методика), содержащим полные сведения о правилах эксплуатации, эталонирования и метрологических параметрах установки (или отдельных ее узлов), подлежащих проверке;
- инструкцией по безопасной эксплуатации АПР;
- журналом периодичности метрологического контроля.

6. Технологические показатели радиометрической сепарации, используемые для технико-экономических расчетов.

6.1. Технологические показатели радиометрической сепарации, пригодные для технико-экономических расчетов получают двумя способами: расчетным и экспериментальным.

6.2. Расчетный способ определения фактических технологических показателей допускается применять только при лабораторных исследованиях радиометрической обогатимости полезного ископаемого при выполнении следующих условий:

- исследуемая технологическая проба полезного ископаемого полностью соответствует требованиям раздела 4.1 настоящего стандарта;
- свойства полезного ископаемого изучены в соответствии с требованиями разделов 4.2 и 4.3 настоящего стандарта;
- выбранный радиометрический метод характеризуется эффективностью признака разделения не менее 0.8;
- установлена возможность применения известных технических средств для осуществления радиометрической сепарации;
- конкретизирована решаемая с помощью сепарации технологическая задача, определены требования к продуктам сепарации с учетом возможностей последующей технологии и переработки.

6.3. Расчетные фактические показатели радиометрической сепарации класса крупности технологической пробы в случае двух продуктового разделения определяются в следующем порядке:

- по кривой (θ') радиометрической обогатимости класса крупности для заданного значения среднего содержания полезного компонента в хвостах (θ') находится значение максимального выхода хвостов ($\gamma_{\text{хм.кл}}$);

- по таблице 6.1 определяется значение эффективности сепарации по выделению хвостов в реальном процессе

$$\mathcal{E}_x = \gamma_x / \gamma_{\text{хм}} \quad (19),$$

где $\mathcal{E}_x$ - эффективность сепарации по выделению хвостов, доли ед;

γ_x - фактический выход хвостов с заданным содержанием полезного компонента, %;

$\gamma_{\text{хм}}$ - максимальный выход таких же хвостов, определенный по кривым радиометрической обогатимости, %;

- расчетный фактический выход хвостов от класса крупности рассчитывают по формуле:

$$\gamma_{\text{х.кл}} = \gamma_{\text{хм.кл}} \cdot \mathcal{E}_x \quad (20),$$

где $\gamma_{\text{х.кл}}$ - расчетный фактический выход хвостов от класса крупности с заданным средним содержанием полезного компонента, %;

- значение расчетного фактического выхода концентрата ($\gamma_{\text{к.кл}}$), среднего содержания в нем полезного компонента ($\beta_{\text{к.кл}}$), извлечение полезного компонента в концентрат ($\epsilon_{\text{к.кл}}$) вычисляют по соотношениям:

$$\gamma_{\text{к.кл}} = 100 - \gamma_{\text{х.кл}} \quad (21)$$

$$\beta_{\text{к.кл}} = \frac{100\alpha_{\text{кл}} - \gamma_{\text{х.кл}}\theta_{\text{кл}}}{\gamma_{\text{к.кл}}} \quad (22)$$

$$\epsilon_{\text{к.кл}} = \frac{\gamma_{\text{к.кл}}\beta_{\text{кл}}}{\alpha_{\text{кл}}} \quad (23)$$

Таблица 6.1. Эффективность процесса сепарации по выделению хвостов/концентрата

Максимальный выход хвостов или концентр. ($\gamma_{\text{м}}$), %	30-40	41-60	61-70	71-80	81-90	91-95
Эффективность выделения хвостов или концентрата ($\mathcal{E}_x$), доли ед.	0,55	0,65	0,75	0,8	0,85	0,90

При эффективности признака разделения $\mathcal{E}_n \geq 0,8$

6.4. Вычисление расчетных фактических показателей осуществляют для всех изученных классов крупности технологической пробы (за исключением отсева) согласно п. 6.3. Результаты расчетов сводятся в таблицу 6.2.

6.5. Абсолютная погрешность считывания технологических показателей с кривых обогатимости классов крупности не должна превосходить величины, отмеченной в п. 4.4.21. Все расчетные показатели радиометрической сепарации классов крупности оцениваются с точностью до 0.01%.

6.6. Показатели сепарации классов крупности по попутным полезным компонентам и вредным примесям (содержания в продуктах сепарации) оцениваются только при наличии установленной корреляционной связи с основным компонентом.

6.7. Расчетные фактические показатели радиометрической сепарации технологической пробы рассчитываются на основании изучения ее гранулометрического состава и вычисленных показателей сепарации отдельных классов. Расчет выполняется по выражениям (11) ÷ (15), приведенным в п. 4.4.10. Выход обогащенного сепарацией продукта от технологической пробы вычисляется по выражению:

$$\gamma_{\text{от}} = \gamma_{\text{кл}} + \gamma_{\text{отс}} \quad (24),$$

где: $\gamma_{\text{кп}}$ – расчетный фактический выход концентрата сепарации от технологической пробы, %

$\gamma_{\text{отс}}$ – выход не подвергаемого сепарации материала (отсева) определенной крупности, %

Среднее содержание полезного компонента в обогащенном сепарацией продукте находится из выражения:

$$\beta_{\text{оп}} = \frac{\gamma_{\text{кп}}\beta_{\text{к}} + \gamma_{\text{отс}}\alpha_{\text{отс}}}{\gamma_{\text{оп}}} \quad (25),$$

где $\gamma_{\text{кп}}$ и $\gamma_{\text{отс}}$ – то же, что и в выражении (24);

$\beta_{\text{к}}$ и $\gamma_{\text{отс}}$ – средние содержания полезного компонента в концентрате сепарации и отсева соответственно, %

Извлечение полезного компонента в обогащенный продукт сепарации оценивается по выражению:

$$\epsilon_{\text{оп}} = \frac{\gamma_{\text{оп}}\beta_{\text{оп}}}{\alpha} \quad (26),$$

где α – среднее содержание полезного компонента в технологической пробе, %

Таблица 6.2 Расчетные фактические показатели радиометрической сепарации классов крупности

Класс крупности, мм	Продукты и показатели радиометрической сепарации					
	Концентрат				Хвосты	
	Выход, %	Среднее содерж. полезного комп-та, %	Извлечение, %	Кэфф. обогащ. %	Выход, %	Среднее содерж. полезного комп-та, %
1. –150+75	$\gamma_{\text{к1}}$	β_1	$\epsilon_{\text{к1}}$	K_1	$\gamma_{\text{х1}}$	θ
2. –75+50	$\gamma_{\text{к2}}$	β_2	$\epsilon_{\text{к2}}$	K_2	$\gamma_{\text{х2}}$	θ
3. –50+25	$\gamma_{\text{к3}}$	β_3	$\epsilon_{\text{к3}}$	K_3	$\gamma_{\text{х3}}$	θ

* Границы классов по крупности могут отличаться от указанных в таблице 6.2.

** Среднее содержание полезного компонента в хвостах классов крупности задается постоянным.

Расчетные фактические показатели радиометрического обогащения технологической пробы отражаются в таблице 6.3.

Таблица 6.3. Расчетные фактические показатели радиометрического обогащения технологической пробы

Продукты сепарации	Показатели обогащения			
	Выход, %	Средн. содерж. пол.комп-та, %	Извлечение, %	Кэффиц. обог., ед.
Концентрат	$\gamma_{\text{кп}}$	β	$\epsilon_{\text{кп}}$	$K_{\text{к}}$
Хвосты	$\gamma_{\text{хп}}$	θ	$\epsilon_{\text{хп}}$	—
Отсев	$\gamma_{\text{отс}}$	$\alpha_{\text{отс}}$	$\epsilon_{\text{отс}}$	$K_{\text{отс}}$
Обогащенный продукт	$\gamma_{\text{оп}}$	$\beta_{\text{оп}}$	$\epsilon_{\text{оп}}$	$K_{\text{оп}}$
Технологическая проба	100,0	α	100,0	1,0

6.8. В случае трех продуктового разделения расчетные фактические показатели сепарации класса крупности определяются следующим образом:

- для заданного значения содержания полезного компонента в хвостах по кривой (θ') радиометрической обогатимости находится величина их максимального выхода ($\gamma_{\text{хм.к}}$):

- по таблице 6.1. определяется соответствующая этому выходу эффективность выделения хвостов $\epsilon_{\text{х}}$;

- расчетный фактический выход хвостов от класса крупности вычисляется по выражению (20);

- вычисляется суммарный выход промпродукта и концентрата:

$$\sum(\gamma_{\text{пп}} + \gamma_{\text{к}}) = 100 - \gamma_{\text{х.к}} \quad (27),$$

где $\sum(\gamma_{\text{пп}} + \gamma_{\text{к}})$ – суммарный выход продукта класса после выделения хвостов, %

$\gamma_{\text{х.к}}$ – расчетный фактический выход хвостов от класса при заданном в них содержании полезного компонента, %

- для заданного значения содержания полезного компонента в концентрате по кривой (β') радиометрической обогатимости определяется величина его максимального выхода ($\gamma_{км.кл.}$) и вычисляется его доля в суммарном продукте $\sum(\gamma_{пп} + \gamma_{к.})$, оставшемся после выделения хвостов:

$$\gamma'_{км.кл.} = \frac{\gamma_{км.кл.}}{\sum(\gamma_{пп} + \gamma_{к.})} \cdot 100\% \quad (28),$$

где $\gamma'_{км.кл.}$ - доля концентрата в суммарном продукте класса после выделения хвостов, %

- по таблице 6.1 находится значение эффективности, соответствующее значению $\gamma'_{км.кл.}$;

- расчетный фактический выход концентрата от класса крупности вычисляется по формуле:

$$\gamma_{к.кл.} = \gamma_{км.кл.} \cdot \mathcal{E}_x \quad (29),$$

где $\gamma_{к.кл.}$ - расчетный фактический выход концентрата от класса, при заданном в нем содержании полезного компонента, %

- расчетный фактический выход промпродукта вычисляется из выражения:

$$\gamma_{пп.кл.} = 100 - (\gamma_{к.кл.} + \gamma_{х.кл.}) \quad (30),$$

где $\gamma_{к.кл.}$ и $\gamma_{х.кл.}$ - расчетные фактические выходы концентрата и хвостов от класса, соответственно, %

- среднее содержание полезного компонента в промежуточном продукте сепарации класса оценивается по формуле:

$$\alpha_{пп.кл.} = \frac{100\alpha - (\gamma_{к.кл.} \cdot \beta_{кл.} + \gamma_{х.кл.} \cdot \theta_{кл.})}{\gamma_{пп.кл.}} \quad (31),$$

где $\gamma_{к.кл.}$, $\gamma_{х.кл.}$, $\gamma_{пп.кл.}$ - то же, что в выражении (30);

$\beta_{кл.}$, $\theta_{кл.}$ - среднее содержание компонента в концентрате и хвостах сепарации, соответственно, %

α - среднее содержание компонента в классе, %

- извлечение компонента в концентрат и промпродукт сепарации класса вычисляется из выражения:

$$\epsilon_{к.кл.} = \frac{\gamma_{к.кл.} \beta_{кл.}}{\alpha} \% ; \quad \epsilon_{пп.кл.} = \frac{\gamma_{пп.кл.} \alpha_{пп.кл.}}{\alpha} \% \quad (31),$$

где: $\epsilon_{к.кл.}$ - извлечение компонента в концентрат сепарации класса, %

$\epsilon_{пп.кл.}$ - извлечение компонента в промпродукт сепарации класса, %

6.9. Процедура расчета по п. 6.8 проводится для всех изученных классов крупности. Результаты расчетов сводятся в таблицу 6.4.

Таблица 6.4 Расчетные фактические показатели сепарации классов крупности при трехпродуктовом разделении

Класс крупности, мм	Продукты и показатели радиометрической сепарации							
	Концентрат			Промпродукт			Хвосты	
	Выход, %	Среднее содерж. комп-та, %	Извлечение, %	Выход, %	Среднее содерж. комп-та, %	Извлечение, %	Выход, %	Среднее содерж. комп-та, %
1. -150+75	$\gamma_{к1}$	β_1^{**}	$\epsilon_{к1}$	$\gamma_{пп1}$	α_1	$\epsilon_{пп1}$	$\gamma_{х1}$	θ^{**}
2. -75+50	$\gamma_{к2}$	β_2	$\epsilon_{к2}$	$\gamma_{пп2}$	α_2	$\epsilon_{пп2}$	$\gamma_{х2}$	θ
3. -50+25	$\gamma_{к3}$	β_3	$\epsilon_{к3}$	$\gamma_{пп3}$	α_3	$\epsilon_{пп3}$	$\gamma_{х3}$	θ

* Границы классов по крупности могут отличаться от указанных в таблице 6.4.

** Среднее содержание полезного компонента в хвостах классов крупности задаются постоянным.

6.10. Расчетные фактические показатели радиометрического обогащения технологической пробы для случая трех продуктового разделения вычисляются на основании данных изучения гранулометрического состава и показателей сепарации отдельных классов крупности. Расчет выполняется по формулам (11)-(18). Результаты расчетов сводятся в таблицу 6.5.

6.11. Расчетные фактические показатели радиометрического обогащения могут использоваться только для предварительных технико-экономических расчетов, обосновывающих целесообразность применения данного процесса к изученному полезному ископаемому.

Таблица 6.5. Расчетные фактические показатели радиометрического обогащения технологической пробы при трех продуктивном разделении

Продукты сепарации	Показатели обогащения			
	Выход, %	Средн. содерж. пол.комп-та, %	Извлечение, %	Кoeffиц. обогащ., ед.
Концентрат	$\gamma_{кп}$	β	$\epsilon_{кп}$	K_k
Промпродукт	$\gamma_{ппп}$	$\alpha_{ппп}$	$\epsilon_{ппп}$	$K_{ппп}$
Хвосты	$\gamma_{хп}$	θ	$\epsilon_{хп}$	—
Отсев	$\gamma_{отс}$	$\alpha_{отс}$	$\epsilon_{отс}$	$K_{отс}$
Технологическая проба	100	α	100	1,0

* Отсев в зависимости от его качества может присоединяться к концентрату или промпродукту.

6.12. Экспериментально фактические показатели радиометрической сепарации должны быть получены в результате проведения опытов по сепарации классов крупности пробы.

6.13. При укрупненно-лабораторных исследованиях технологических проб для осуществления сепарации необходимо выполнение следующих условий:

- количество кусков в отдельном классе крупности технологической пробы, предназначенном для сепарации, должно быть не менее 300 шт. Если какой-либо из классов крупности не удовлетворяет этому условию, то следует додробить материал этого класса, разделить его по крупности на принятые классы и присоединить их к ранее выделенным классам крупности технологической пробы;
- сепарация классов крупности осуществляется раздельно;

- схема лабораторных опытов по сепарации определяется решаемой технологической задачей (разделение на два или более продуктов, отличающихся по качеству, использованию двух и более методов сепарации) и учитывает результаты изучения свойств полезного ископаемого, влияющих на эффективность радиометрического обогащения;

- в случае, когда изученные свойства полезного ископаемого неблагоприятны для применения радиометрического обогащения, опыты по сепарации не проводятся; показатель контрастности $M < 0.6$; показатель признака разделения $\Pi < 0.6$; выход сепарируемого материала +25 (15) мм менее 30 % (для штуфных проб массой более 3 т);

- если продукты радиометрической сепарации планируется использовать для последующих технологических исследований, то их масса должна соответствовать требованиям других механических, физико-механических или металлургических методов исследования.

6.14. Установка для проведения опытов по сепарации должна включать:

- бункер для исходной руды;
- под бункерный питатель;
- радиометрический сепаратор, включающий: транспортирующее устройство, радиометр, радиометрический датчик, разделяющее устройство;
- приемные точки или емкости для сбора продуктов сепарации;
- компрессор или магистраль для подачи сжатого воздуха с давлением 3-6 атм. (при использовании пневмоклапана).

6.15. Конструкция бункера должна обеспечить свободное поступление кусков руды на под бункерный питатель. Объем бункера выбирается, исходя из класса крупности материала технологической пробы, и должен быть не менее: для класса -150+75 мм - 2 м³; для класса -75+50 мм - 1 м³; для класса -50+30 мм - 3. 3. 0.5 м³.

6.16. Под бункерный питатель (вибрационного или качающего типа) должен обеспечить распределение поступающих из бункера кусков в монослой.

6.17. Транспортирующее средство (конвейерная лента или вибропитатель) должно обеспечить растяжку кусков и их поштучную подачу в зону измерения. Допускаемое количество сдвоенных кусков руды (расстояние между кусками меньше среднего размера куска в классе крупности) не должно превышать 10%.

6.18. Регистрация излучения (признака разделения) в зоне измерения может осуществляться в свободном падении или непосредственно на ленте транспортера, в зависимости от конструктивных особенностей сепаратора.

6.19. Радиометрический датчик должен обеспечить необходимые условия возбуждения и детектирования излучений, регистрируемых в данном методе радиометрической сепарации.

6.20. Радиометр должен выполнять функции автоматического управляющего устройства (обработка сигнала, поступающего с радиометрического датчика по заданному алгоритму, определение принадлежности куска к продукту сепарации, управление разделяющим устройством).

6.21. Разделяющее устройство электромеханического (шибер) или электропневматического типа должно обеспечить разделение кусков на продукты на основании сигнала радиометра с вероятностью не менее 95% и иметь частоту срабатывания не менее 5 Гц (шибер) и 20 Гц (пневмоклапан).

6.22. Радиометрические сепараторы, использующие для разделения кусков различного рода ионизирующее излучение (рентгено-радиометрические, рентгенолюминесцентные, нейтронно-абсорбционные), должны быть оборудованы защитными экранами, обеспечивающими безопасную работу обслуживающего персонала.

6.23. У пользователя радиометрической установкой, предназначенной для сепарации руд, должны быть следующие документы:

- техническое описание установки, включающее:

- а) характеристику отдельных узлов и агрегатов, способы их настройки и регулировки, контролируемые параметры;

- б) инструкцию по безопасному проведению работ при сепарации руд;

- рабочий журнал периодичности контроля паспортных технических характеристик установки.

В приложении Б в качестве примера приведены характеристики радиометрических сепараторов.

6.24. Программа испытаний по радиометрической сепарации технологических проб составляется исполнителем и согласуется с заказчиком работ и должна содержать следующие разделы:

- задачи и объемы испытаний;

- методика испытаний, включающая сведения о технических характеристиках сепараторов:

- а) диапазон крупности сепарируемой руды;

- б) тип питателя;

- в) тип транспортирующего устройства, способ регистрации излучения в зоне измерения;

- г) скорость перемещения кусков транспортирующим устройством;

- д) тип разделяющего устройства;

- е) тип радиометрического датчика;

- ж) тип радиометра;

- з) порог чувствительности для определяемого компонента;

- и) паспортная производительность установки;

- предполагаемую схему проведения опытов по сепарации;

- предполагаемый объем пробоподготовительных и аналитических работ на согласованные с заказчиком компоненты.

6.25. Типовые схемы радиометрической сепарации изображены на рис. 6.1 и 6.2.

6.26. Процесс радиометрической сепарации включает следующие операции:

- подготовку технологической пробы (промывка со сбором шламов, разделение на классы крупности (при необходимости с дополнительным додрабливанием согласно п.6.13), которая обычно осуществляется при изучении гранулометрического состава п. 4.3.1÷4.3.19;

- проверку работоспособности узлов установки и приведения их в рабочее состояние в соответствии с инструкцией по эксплуатации;

- градуирование сепаратора в соответствии с инструкцией по эксплуатации, настройка сепаратора (выбор граничного значения содержания компонента, эквивалентного величине признака разделения с использованием кривых обогатимости сепарируемого класса крупности);

- собственно раздельная сепарация выделенных классов крупности по схемам, изображенным на рис.6.1 или 6.2;

- взвешивание полученных продуктов разделения (концентрат, хвосты) и определение их выхода от сепарируемого класса крупности.

6.27. При реализации схемы на рис. 6.1. контролируемым параметром при сепарации класса крупности является выход продукта (концентрата или хвостов) в зависимости от решаемой технологической задачи. Выход продукта (концентрата или хвостов), полученный в опыте по сепарации класса крупности ($\gamma_{\text{фкл}}$) не должен отличаться от расчетного фактического выхода продукта (концентрата или хвостов) более, чем на:

при $\Xi_{\text{п}} > 0.9$ $\pm 10\%$ относительных
 $\Xi_{\text{п}} = 0.81-0.9$ $\pm 15\%$ относительных
 $\Xi_{\text{п}} = 0.61-0.8$ $\pm 30\%$ относительных

6.28. При соблюдении условий п. 6.27 проводится опробование продуктов сепарации (концентрата или хвостов). Осуществляется разделение отобранных проб и их анализ на оговоренные программой работ компоненты п. 6.24.

6.29. Оставшиеся после опробования продукты сепарации класса (концентрат или хвосты) хранятся до окончания исследований.

6.30. По фактическим результатам сепарации (выходы продуктов и содержания в них компонентов) проводится расчет баланса содержания в классе крупности:

$$\alpha_{\text{фкл}} = \frac{\gamma_{\text{хфкл}} \theta_{\text{фкл}} + \gamma_{\text{кфкл}} \beta_{\text{фкл}}}{100} \quad (33),$$

где $\alpha_{\text{фкл}}$ - фактическое содержание компонента в сепарируемом классе крупности, %

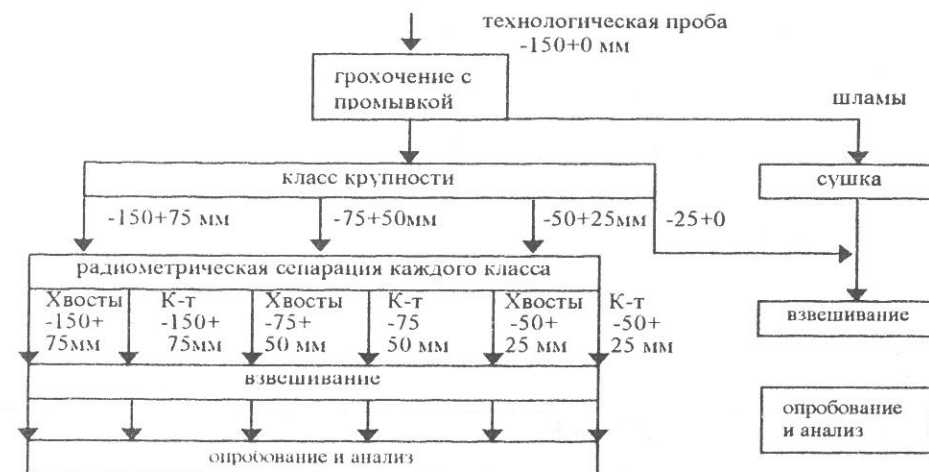


рис. 6.1

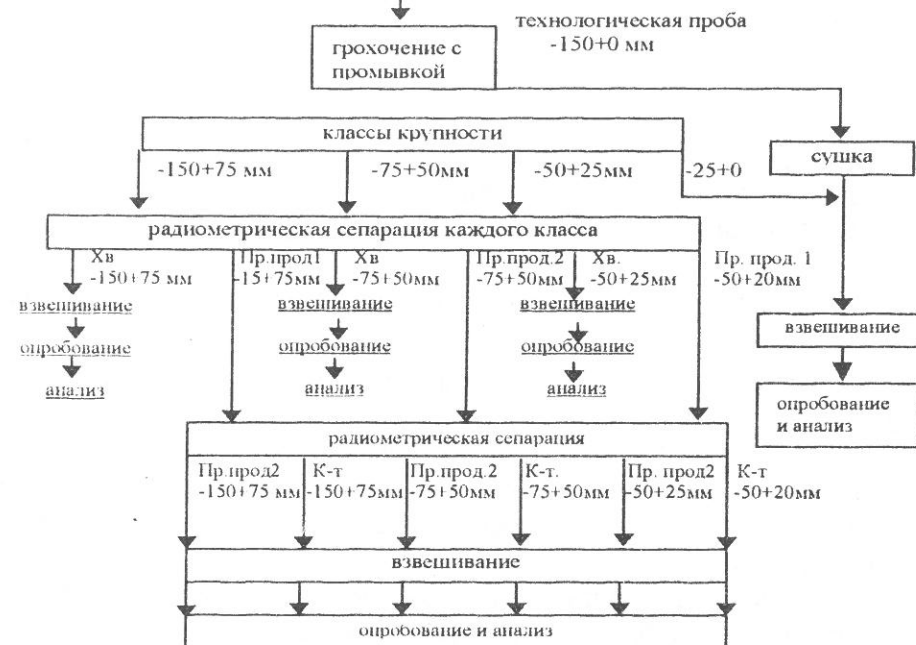


рис. 6.2.

$\gamma_{\text{хф.кл}}$ и $\gamma_{\text{кф.кл}}$ - фактические выходы хвостов и концентрата соответственно полученные при сепарации класса, %

$\theta_{\text{ф.кл}}$ и $\beta_{\text{ф.кл}}$ - фактические средние содержания компонента в хвостах и концентрате соответственно, %

6.31. Фактическое извлечение компонентов в концентрат сепарации класса крупности вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_{\text{ф.к.кл}} = \frac{\gamma_{\text{ф.к.кл}} \beta_{\text{ф.кл}}}{\alpha} \% \quad (34),$$

где $\varepsilon_{\text{ф.к.кл}}$ - фактическое извлечение в концентрат сепарации класса крупности, %

6.32. Вычисленное по выражение (33) фактическое содержание компонента (Δ_{α}) не должно более, чем на $\pm 20\%$ относительных отличаться от расчетного фактического содержания компонента в классе крупности ($\alpha_{\text{кл}}$).

$$\Delta_{\alpha} = \frac{\alpha_{\text{ф.кл}} - \alpha_{\text{кл}}}{\alpha_{\text{кл}}} \cdot 100\% \leq \pm 20\% \quad (35),$$

где Δ_{α} - относительное отклонение фактического и расчетного средних содержаний в классе крупности;

$\alpha_{\text{кл}}$ - среднее содержание, определенное при изучении обогатимости;

$\theta_{\text{ф.кл}}$ - среднее содержание, вычисленное по балансу продуктов сепарируемого класса.

6.33. При невыполнении требований п. 6.27 и (или) п. 6.32 следует повторить опыт по сепарации класса крупности. Для этого полученные в опыте концентрат и хвосты смешиваются пропорционально их фактическим выходам. Проводится контрольное грохочение по нижней границе крупности класса. Осуществляется процесс сепарации согласно п. 6.26÷6.28.

6.34. По вновь достигнутым фактическим результатам сепарации рассчитывается баланс содержаний компонента, согласно п. 6.30. Вычисленное фактическое содержание компонента в классе сравни-

вается с расчетным ожидаемым содержанием. Если выполняется условие п. 6.32, то полученные результаты опыта принимаются в качестве фактических технологических показателей сепарации данного класса крупности. В противном случае проводится сравнение фактических содержаний компонента в классе, вычисленных по выражению (33) для первого и второго опытов по сепарации класса

При выполнении условия:

$$\Delta_{\alpha} = \frac{\alpha_{\text{гм1}} - \alpha_{\text{гм2}}}{\bar{\alpha}_{\text{гм1,2}}} \cdot 100\% \leq \pm 20\% \quad (36),$$

где: $\alpha_{\text{ф1}}$ и $\alpha_{\text{ф2}}$ фактические значения среднего содержания компонента, определенные по результатам первого и второго опыта по сепарации класса крупности, соответственно, %;

$\alpha_{\text{ф1,2}}$ - среднее фактическое содержание компонента по результатам двух опытов по сепарации, вычисленное как среднеарифметическое, %; рассчитываются средние для двух опытов технологические показатели сепарации. Эти показатели принимаются за фактические технологические показатели сепарации класса крупности.

6.35. Расчет баланса по сопутствующим компонентам и их извлечение в концентрат сепарации осуществляется по выражениям (33) и (34).

6.36. Процедуры п.6.25÷6.35 выполняются для всех классов крупности технологической пробы, предназначенных для проведения опытов по сепарации

6.37. Расчет фактических технологических показателей сепарации пробы осуществляется по известным выражениям п. 4.4.10 и 4.4.12 на основании полученных в опытах по сепарации фактических технологических показателей классов крупности и результатов изучения гранулометрического состава.

6.38. При реализации схемы на рис. 6.2 контролируемым параметром при сепарации класса крупности является фактический выход хвостов, который должен удовлетворять условиям п. 6.27. В этом случае проводится опробование хвостов класса крупности и анализ на оговоренные программой работ компоненты.

6.39. Фактическое содержание основного компонента в хвостах сепарации класса крупности не должно более, чем на $\pm 20\%$ относительно отличаться от ожидаемого расчетного содержания, определенного по кривым обогатимости:

$$\Delta_{\theta} = \frac{\theta_{\text{рас}} - \theta_{\text{факт}}}{\theta_{\text{рас}}} \cdot 100\% \leq \pm 20\% \quad (37),$$

где Δ_{θ} - допустимое отклонение фактического содержания компонента в хвостах от расчетного содержания;

$\theta_{\text{рас}}$ - заданное или определенное по кривым обогатимости содержание компонента в хвостах, %;

$\theta_{\text{факт}}$ - полученное в опыте по сепарации класса содержание компонента в хвостах, %.

6.40. При соблюдении требования п. 6.39 полученные в опыте хвосты сепарации класса крупности сохраняются до завершения работ. Если требование п. 6.27 и (или) 6.39 не выполняются, то опыт по сепарации повторяется согласно п. 6.33.

6.41. Полученный после опыта промпродукт I сепарации класса подвергается повторной сепарации. Граничное значение признака разделения, эквивалентное содержанию компонента, устанавливается по кривым обогатимости с учетом требований решаемой технологической задачи.

6.42. Во время сепарации осуществляется контроль за выходом концентрата. Результаты опыта считаются положительными при выполнении требования п. 6.27. В противном случае опыт по сепарации промпродукта I повторяется в соответствии с п. 6.33.

6.43. При положительном результате опыта по сепарации осуществляется опробование концентрата и промпродукта II и по фактически полученным данным рассчитывается баланс содержания компонента в классе крупности:

$$\alpha_{\text{тм}_\eta} = \frac{\gamma_{\eta, \text{тм}_\eta} \theta_{\text{тм}_\eta} + \gamma_{\text{х, тм}_\eta} \alpha_{\text{х, тм}_\eta} + \gamma_{\eta, \text{тм}_\eta} \beta_{\text{тм}_\eta}}{100} \quad (38),$$

где $\gamma_{\text{х, тм}_\eta}$, $\gamma_{\text{тм}_\eta}$, $\gamma_{\text{к, тм}_\eta}$ - фактические выходы хвостов, промпродукта и концентрата сепарации класса крупности, соответственно, %;

$\theta_{\text{ф.к.}}$, $\alpha_{\text{тм.ф.к.}}$, $\beta_{\text{ф.к.}}$ - фактические содержания компонента в соответствующих продуктах сепарации класса крупности, %;

$\alpha_{\text{ф.к.}}$ - фактическое среднее содержание компонента в классе крупности, %.

6.44. При невыполнении требования п. 6.32 следует повторить опыт по сепарации класса крупности.

6.45. Если результаты расчета баланса по повторным показателям сепарации класса крупности вновь не удовлетворяют требованию п. 6.32, то проводится сравнение фактических содержаний компонента в классе по двум результатам расчета баланса. При выполнении требования п. 6.34 проводится расчет средних фактических показателей двух опытов по сепарации классов, которые принимаются за фактические.

6.46. Фактические показатели сепарации технологической пробы рассчитываются по известным выражениям п. 4.4.10 и п. 4.4.12.

6.47. Фактические показатели радиометрической сепарации классов крупности и технологической пробы при двухпродуктовом разделении отражаются в таблице 6.6.

6.48. Фактические показатели радиометрической сепарации классов крупности и технологической пробы при трехпродуктовом разделении отражаются в таблице 6.7.

7. Критерии оценки правильности результатов исследований радиометрической обогатимости.

7.1. Измеряемыми характеристиками при изучении свойств полезного ископаемого (гранулометрический состав, контрастность, обогатимость) и экспериментальной сепарации технологических проб являются:

а) масса (куса, продукта сепарации, класса крупности, технологической пробы),

б) содержание полезных компонентов и вредных примесей в отдельном куске, продукте сепарации.

7.2. Технологические показатели радиометрического обогаще-

Таблица 6.6. Экспериментальные показатели радиометрического обогащения классов крупности и технологической пробы при двухпродуктовом разделении

Продукты сепарации	Технологические показатели										
	Выход, %	Среднее содержание компонента					Извлечение компонента				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Класс -150+75 мм											
Концентрат	$\gamma_{к.л}$	$\beta_{ф.л}$					$\varepsilon_{ф.л}$				
Хвосты	$\gamma_{х.л}$	$\theta_{ф.л}$									
Исх. класс	100	$\alpha_{ф.л}$					100				
Класс -75+50 мм											
Концентрат											
Хвосты											
Исх. класс											
Класс -50+25 мм											
Концентрат											
Хвосты											
Исх. класс											
Проба -150+0 мм											
Концентрат	$\gamma_{к.лп}$	$\beta_{ф.л}$					$\varepsilon_{к.лп}$				
Хвосты	$\gamma_{х.лп}$	$\theta_{ф.л}$					$\varepsilon_{х.лп}$				
Отсев - 25+0 мм	$\gamma_{отс}$	$\alpha_{отс}$					$\varepsilon_{отс}$				
Исходная проба	100	$\alpha_{ф.л}$					100				

Таблица 6.7. Экспериментальные показатели радиометрического обогащения классов крупности и технологической пробы при трехпродуктовом разделении

Продукты сепарации	Технологические показатели										
	Выход, %	Среднее содержание компонента					Извлечение компонента				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
класс -150+75 мм											
Концентрат	$\gamma_{к.ф.лп}$	$\beta_{ф.лп}$					$\varepsilon_{к.ф.лп}$				
Пром.продукт	$\gamma_{п.ф.лп}$	$\theta_{п.ф.лп}$					$\varepsilon_{п.ф.лп}$				
Хвосты	$\gamma_{х.ф.лп}$	$\theta_{ф.лп}$					$\varepsilon_{х.ф.лп}$				
Исходный класс	100	$\alpha_{ф.лп}$					100				
класс -75+50 мм											
класс -50+25 мм											
Проба -150+0 мм											
Концентрат	$\gamma_{к.ф.лп}$	$\beta_{ф.лп}$					$\varepsilon_{к.ф.лп}$				
Пром.продукт	$\gamma_{п.ф.лп}$	$\theta_{п.ф.лп}$					$\varepsilon_{п.ф.лп}$				
Хвосты	$\gamma_{х.ф.лп}$	$\theta_{ф.лп}$					$\varepsilon_{х.ф.лп}$				
Отсев - 25+0мм	$\gamma_{отс}$	$\alpha_{отс}$					$\varepsilon_{отс}$				
Исходная проба	100	$\alpha_{ф.лп}$					100				

ния, такие как выход (класса, продукта сепарации, отсева), извлечение полезного компонента и вредных примесей (в продукт сепарации, сепарируемый материал, отсев, обогащенный продукт), коэффициент обогащения, являются расчетными характеристиками.

Поэтому погрешность их определения зависит от погрешности измерения массы и содержания компонентов.

7.3. При определении массы отдельных кусков исследуемого полезного компонента погрешность измерения не должна превышать допустимую погрешность весов обычного назначения третьего класса точности по ГОСТ 24104 в диапазоне взвешивания от 2 граммов до 50 килограммов.

Погрешность определения массы отдельного класса крупности (продукта сепарации) в диапазоне взвешивания 1-800 килограммов и 1-500 тонн не должна превышать погрешность весов обычного класса точности по ГОСТ 29329.

7.4. Погрешность определения содержания полезных компонентов и вредных примесей в объектах исследования (кусок, класс крупности, продукт сепарации) не должна превышать допустимой погрешности используемой аттестованной методики количественного анализа, нормируемой ОСТ 41-08-212-82.

7.5. При использовании расчетного способа определения предельных и максимальных показателей радиометрической сепарации (по кривым контрастности и обогатимости) погрешность считывания характеристик не должна превышать по абсолютной величине:

- для выхода продукта (концентрат, хвосты) $\pm 0,5\%$,

- для содержания компонентов в продукте (концентрат, хвосты)

$\pm$ допустимой погрешности количественного анализа.

Расчетные показатели радиометрической сепарации вычисляются с точностью до $0,01\%$ абсолютных.

7.6. Критерием правильности экспериментальных показателей радиометрической сепарации является допустимая величина относительного отклонения выхода продукта сепарации (концентрата, хвостов), вычисленная по выражению:

$$\Delta \gamma_{\text{отн}} = \frac{\gamma_{\text{з}} - \gamma_{\text{р}}}{\gamma_{\text{р}}} \cdot 100\% \quad (39),$$

где $\gamma_{\text{з}}$ - выход продукта (концентрат, хвосты), полученный в процессе экспериментальной сепарации класса крупности, %,

$\gamma_{\text{р}}$ - выход продукта (концентрата, хвостов), определенный по кривым обогатимости того же класса крупности, %.

Допустимая величина относительного отклонения экспериментального значения выхода продукта сепарации от расчетного не должна превышать:

$$\begin{aligned} \text{при } \mathcal{E}_{\text{п}} > 0,9 & \quad \Delta \gamma_{\text{отн}} = \pm 10\%, \\ \mathcal{E}_{\text{п}} = 0,81-0,9 & \quad \Delta \gamma_{\text{отн}} = \pm 15\%, \\ \mathcal{E}_{\text{п}} = 0,61-0,8 & \quad \Delta \gamma_{\text{отн}} = \pm 30\%, \end{aligned}$$

$\mathcal{E}_{\text{п}}$ - эффективность признака разделения.

7.7. При выполнении условий п. 7.6. осуществляется расчет баланса содержания компонентов в сепарируемом классе. Критерием правильности баланса является допустимая величина относительного отклонения, вычисляемая по выражению:

$$\Delta \alpha_{\text{отн}} = \left| \frac{\alpha_{\text{з}} - \alpha_{\text{р}}}{\alpha_{\text{р}}} \right| \cdot 100\% \leq 20\% \quad (40),$$

где $\alpha_{\text{з}}$ - содержание компонента в сепарируемом классе крупности, вычисляемое по экспериментальным данным, %,

$\alpha_{\text{р}}$ - содержание компонента в том же классе крупности, определяемое по кривым обогатимости, %.

8. Техника безопасности при исследованиях радиометрической обогатимости.

8.1. Аппаратура и оборудование, применяемое при исследованиях обогатимости руд радиометрическими методами, относится к классу электромеханических устройств, включающих источники гамма, рентгеновского и нейтронного излучений.

8.2. Разрабатываемая и эксплуатируемая аппаратура всегда соответствует требованиям техники безопасности, определяемым спецификой радиометрического метода.

8.3. При эксплуатации радиометрических установок независимо от реализуемого метода должны выполняться: "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правила устройства электроустановок", утвержденные Госэнерго надзором.

8.4. При использовании в установках источников ионизирующего излучения п. 5.1, должны соблюдаться требования, установленные в: "Нормы радиационной безопасности НРБ-96", "Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП 72/80".

8.5. К работе с установками для изучения радиометрической обогатимости руд допускаются лица, прошедшие инструктаж и показавшие знание правил техники безопасности. Периодичность инструктажа не реже 2 раза в год.

8.6. Загрузка и выгрузка источников ионизирующих излучений должна производиться двумя исполнителями с использованием специализированных дистанционных манипуляторов.

8.7. Работающие на радиометрических установках, снабженных источниками ионизирующих излучений, должны иметь средства индивидуального дозиметрического контроля.

8.8. Неиспользуемые в установках источники ионизирующих излучений должны храниться в специальных помещениях (хранилищах).

8.9. До начала эксплуатации установок должен быть осуществлен их дозиметрический контроль на соответствие требованиям безопасности согласно документам п. 8.4, который проводит специальная служба организации.

8.10. Во время эксплуатации установок периодичность дозиметрического контроля должна составлять не реже 1 раз в неделю. Этот

вид контроля осуществляется исполнителями работ с использованием соответствующих дозиметрических приборов.

8.11. Работы на установках, оснащенных источниками ионизирующих излучений, разрешается проводить в помещениях, на которые в организации санитарно-эпидемиологической службы оформлен санитарный паспорт.

Специальные требования к помещениям для размещения радиометрических установок не предъявляются.

9. Форма представления результатов изучения радиометрической обогатимости технологической пробы полезного ископаемого.

9.1. Документом результатов технологических испытаний радиометрической обогатимости пробы полезного ископаемого является акт испытаний.

9.2. Акт испытаний подписывается исполнителями и руководителем работ и утверждается заместителем директора или главным инженером организации, проводившей испытания.

9.3. Акт испытаний составляется в двух экземплярах, один из которых передается заказчику работ.

9.4. Форма акта испытаний радиометрической обогатимости технологической пробы полезного ископаемого дана в приложении В.

Приложение А
(обязательное)

Форма журнала изучения технологических проб

(Титульный лист журнала изучения проб)

Наименование

"Журнал изучения радиометрической обогатимости
технологических пробмегодом"

Начатдата

Окончен.....дата

(Первый лист журнала)

Перечень изученных технологических проб

№ п/п	Номер или марка пробы	Основной компонент (компоненты) пробы	Исполнитель	стр.
----------	--------------------------	--	-------------	------

Рабочие листы журнала

1. Номер или марка пробы, дата поступления пробы, заказчик
2. Назначение пробы (согласно паспорту или договору)

Гранулометрическая характеристика исходной пробы

Класс крупности, *мм	Масса, кг	Выход, %	Масса после додрабл. и гро- хочения кл. +150	Вы- ход, %	Кол-во кус- ков в клас- се, шт.
+150			—	—	—
-150+75					>100
-75+50					>100
-50+25					не опр.
-25+0					не опр.
Исходная проба	Σмасса	100%	Σмасса	100%	

Границы классов могут отличаться от указанных.

Данные об опробовании классов

Класс крупности	Кол-во отобр. кусков	Масса отобр. материала	Назначение
-150+75	≥ 100		Изучение контр. и обогат.
-75+50	≥ 100		“ “ “ “ “ “
-50+25	≥ 100		“ “ “ “ “ “
-25+0	не опред.		определение содержания компонентов

Экспериментальные данные по изучению контрастности и
обогащаемости классов крупности

Дата		Класс крупности								
№ п/п	Номер или марка куска в классе	Масса куска, гр	Измерен. значения признаков разделения	Ср. значения признаков раз- деления**			Содерж. compon. в куске, %			
				Пр.1	Пр.2	Пр.3	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1										
...										
≥ 100										

** Указываются средние значения признаков разделения, вычисленные по
разным алгоритмам, или определенные для разных компонентов, или оцененные
для одного компонента в разных областях спектра, на разных частотах и т.п.

Приложение Б
(справочное)

Технические характеристики отечественных
и зарубежных сепараторов

Метод шифр. (разработчик)	Класс крупн. мм	Способ изме- рения	Кол. каналов	Детектор	Источники возбуж.	Сепарируемые компоненты	Произ. т/час
1	2	3	4	5	6	7	8
Рентгенорадиометрические:							
«Курель», «Куфа» (СНИИПТ)	-100+50	св.п.	1	SiGe-ППД СИ-11Р2,3	Am-241 Co-57 Cd-109	руды шв. и редк. металлов	20
РРС-50,75,150 (НПО СИБИЦМА)	-150+25	св.п.	2-4	СИ-11Р2,3	Am-241 Co-57 Cd-109	—	50-20
Рентгенолюминесцентные:							
ЛС20-04М	-20+4		поток	ФЗУ	БХВ	алмазы	35-15
ЛС50-02			поток	ФЗУ	БХВ	—	100
ЛСОД-50 (НПО Буревестник)	-50+10	св.п.	4	ФЗУ-100-1	БХВ	флюорит пол. шпаты	5-0,2 1
СЛ ТОО ЭГОНТ С-Петерб.		св.п.	2	ФЗУ-100-1	БХВ	пол. шпаты	30-3
XR-11	-32+3	л.тр.	1			алмазы	7-2
XR-21 ("Gunsons Sortex Ltd")	-9+1	л.тр.	2			—	
СЛ (Кол.Ф.СИБИЦМА)	-150+50	св.п.				шеллит, апатит, флюорит, пол. шпаты	30-3
Фотометрические:							
СФБ2, СФА, СФАБ (Кол.Ф.СИБИЦМА)	-20+2	св.п.		ФЗУ		горн. хрусталь алмазы, шеллит	2-0 25
МР-80 ("Gunsons Sortex Ltd")	-150+10	л.тр.	поток	ФЗУ	лазер		до 150
М-22 ("Ore Sorters Ltd")	-140+30	л.тр.	поток	ФЗУ	лазер		до 180
Радиорезонансные:							
РС-25, 50, 75, 150 (НПО СИБИЦМА)	-150+25	св.п.	2-6		13/56 МГц	руды черн., шв. металлов	50-4
М-190 ("Ore Sorters Ltd")	-150+25	св.п.	2-5		—	—	120-40
Фотонейронные							
РМБЛ-100,300 (ВНИИХТ)	-200+25	тр.л.	1	T-2	Sb-124	берилл, руды	15-3

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8
Авторадиометрические:							
«Агат», «Ицны»	-50+25	св.п.	4	NaJ		урановые руды	10
РСР-4 «Вихрь»	-200+50	св.п.	2	NaJ		— "—	120-80
ЦНИИА г. Желтые воды							
«б»	-200+50	св.п.				— "—	55-10
("Ore Sorters Ltd")							
Гамма-абсорбционные:							
«Рубин»	-100+25	л.тр.	3-6	NaJ	Am-241	черн., цв. мет.	8-2
«Минерал»	-200+50		2		Cd-153	— "—	18-12
(ЧЕРМЕТМЕХАНОБР)							
Precon	-150+35	св.п.	2		Am-241	черн., цв. мет.	40-7
("Outokumpu")							
Нейтронно-абсорбционные:							
ВИМС -70,78	-200+25	л.тр.	1	T-2	ИБН-7	борн. липнев. руды	2
(ВИМС)							
«Борат»	-200+25	л.тр.	2-5	T-2	ИБН-7	борные руды	36-6
«Бор-Н»-200/50	-200+50	л.тр.	2-6	T-2,3	ИБН-11	— "—	200
(Кол. Ф.МЕХАНОБР)							

- * - свободное падение
 ** - лента транспортера

Приложение В
(обязательное)

Форма акта испытаний радиометрической обогатимости
технологической пробы

Название Министерства (ведомства)

Наименование организации, проводившей испытания

"УТВЕРЖДАЮ"

Зам. директора
(гл. инженер)

Подпись

«___» _____
Дата

(печать)

АКТ

испытаний радиометрической обогатимости
технологической пробы № _____

В период с _____ по _____ года проведены испытания радиометрической обогатимости технологической пробы № _____. Паспорт пробы имеется у заказчика и исполнителя работ.

Согласно договора № _____ испытания проведены в соответствии с СТО РосГео _____.

В результате испытаний установлено:

1. Гранулометрический состав пробы характеризуется данными таблицы 1.

Таблица 1. Гранулометрический состав технологической пробы №

Классы крупности, мм	Выход классов, %	Среднее содержание компонентов, %				Распределение компонентов, %			
		1	2	3	4	1	2	3	4
-150+75									
-75+50									
.....									
-25+0									
Исходная проба									

2. Фракционный состав по содержанию основного компонента, координаты кривых контрастности и показатели контрастности классов крупности технологической пробы помещены в таблице 2.

Таблица 2. Фракционный состав по содержанию (основного компонента) и координаты кривых контрастности классов крупности пробы №

Границы фракций по содерж. основного комп-та, % от до	ср. содержание компон. во фракциях, %		Выход фрак-ции, %	Координаты кривых контрастности			
	основного	сопутствующим		Кривая хвостов (θ)		Кривая концентраторов (β)	
				Выход, %	Ср.сод. осн.компл. %	Выход, %	Ср.сод. осн.компл. %
* класс -150+75 мм Показатель M=							
0-.....							
.....							
.....							
класс -75+50 мм Показатель M=							
.....							
.....							
.....							
класс -50+25 мм Показатель M=							
.....							
.....							
.....							

* Границы классов крупности могут отличаться от приведенных в таблице, но должны соответствовать установленным в табл. 1.

3. Изучен признак (признаки) разделения, реализуемый в методе (методах) сепарации. При изучении признака разделения использована АПР, характеризующаяся следующими характеристиками:

(Приводятся паспортные характеристики на стандартную АПР или рабочие характеристики установки).

4. Результаты изучения фракционного состава по признаку разделения, координаты кривых обогатимости и показатели признака разделения классов крупности указаны в таблице 3.

5. Вычисленные значения эффективности признака (признаков) разделения указывают, что (дается характеристика Ξ_n для изученных признаков и обосновывается наиболее эффективный радиометрический метод обогащения изученной пробы полезного ископаемого).

6. При использовании (обоснованный метод радиометрического обогащения и признак разделения) максимальные технологические показатели сепарации классов крупности соответствуют приведенным в таблице 4.

7. Основываясь на результатах, помещенных в таблице 4, делается выбор граничного значения λ для сепарации классов крупности. Критерием выбора λ является $\theta_{кли} \leq \theta_{зад}$ или $\beta_{кли} \geq \beta_{зад}$.

8. Если условиями договора не предусмотрено проведение опытов по сепарации, то в акте приводятся расчетные ожидаемые фактические технологические показатели радиометрического обогащения классов крупности и пробы в целом, таблица 5.

Таблица 3*. Фракционный состав по признаку разделения и координаты кривых обогатимости классов крупности пробы № _____.

Границы фр-ий по величине признака раздел., абс., отн.ед. физич.ед. от до	ср. содержание компон. во фракциях, %		Выход фрак- ции, %	Координаты кривых контрастности			
	основ- ного	сопут- ствующ их		Кривая хвостов (θ')		Кривая концентратов (β')	
				Выход, %	Ср.сод. осн.компл. %	Выход, %	Ср.сод. осн.компл. %
* класс -150+75 мм Показатель П=							
0-.....							
.....							
.....							
класс -75+50 мм Показатель П=							
.....							
.....							
класс -50+25 мм Показатель П=							
.....							
.....							

*Таблицы приводятся для всех изученных признаков разделения и радиометрических методов обогащения

Таблица 4. Максимальные технологические показатели сепарации классов крупности пробы № _____.

Граничное значение признака разделения, выраженное эквивал. содерж. осн. компонента, %	Концентрат сепарации				Хвосты сепарации	
	Выход, %	Среднее содерж. основн. комп-та, %	Извлечение основного комп-та, %	Коефф. обогащения	Выход, %	Среднее содерж. основн. комп-та, %
класс крупности -150+75 мм						
λ_1	$\gamma_{\text{хм}, i}$	$\beta_{\text{хм}, i}$	$\epsilon_{\text{хм}}$	$K_{\text{кл}}$	$\gamma_{\text{хм}, i}$	$\theta_{\text{кл}, i}$
λ_2	..	..	..	..	..	..
λ_3	..	..	..	..	..	..
класс крупности -75+50 мм						
λ_1	$\gamma_{\text{хм}, i}$	$\beta_{\text{хм}, i}$	$\epsilon_{\text{хм}}$	$K_{\text{кл}}$	$\gamma_{\text{хм}, i}$	$\theta_{\text{кл}, i}$
λ_2	..	..	..	..	..	..
λ_3	..	..	..	..	..	..
класс крупности -50+25 мм						
λ_1	$\gamma_{\text{хм}, i}$	$\beta_{\text{хм}, i}$	$\epsilon_{\text{хм}}$	$K_{\text{кл}}$	$\gamma_{\text{хм}, i}$	$\theta_{\text{кл}, i}$
λ_2	..	..	..	..	..	..
λ_3	..	..	..	..	..	..

Таблица 5. Расчетные фактические показатели радиометрического обогащения классов крупности и технологической пробы № ____.

Продукты сепарации	Технологические показатели сепарации			
	Выход, %	Ср.содерж. основного комп-та, %	Извлечение основного комп-та, %	Кoeffиц. обогащ.
класс -150+75 мм				
Концентрат	$\gamma_{\text{кф}_{\text{кл}}}$	$\beta_{\text{ф}_{\text{кл}}}$	$\varepsilon_{\text{кф}_{\text{кл}}}$	$K_{\text{кл}}$
Хвосты	$\gamma_{\text{хф}_{\text{кл}}}$	$\theta_{\text{ф}_{\text{кл}}}$	$\varepsilon_{\text{хф}_{\text{кл}}}$	—
Исходн. класс	100	$\alpha_{\text{кл}}$	100	1
класс -75+50 мм				
Концентрат	$\gamma_{\text{кф}_{\text{кл}}}$	$\beta_{\text{ф}_{\text{кл}}}$	$\varepsilon_{\text{кф}_{\text{кл}}}$	$K_{\text{кл}}$
Хвосты	$\gamma_{\text{хф}_{\text{кл}}}$	$\theta_{\text{ф}_{\text{кл}}}$	$\varepsilon_{\text{хф}_{\text{кл}}}$	—
Исходн. класс	100	$\alpha_{\text{кл}}$	100	1
класс -50+25 мм				
Концентрат	$\gamma_{\text{кф}_{\text{кл}}}$	$\beta_{\text{ф}_{\text{кл}}}$	$\varepsilon_{\text{кф}_{\text{кл}}}$	$K_{\text{кл}}$
Хвосты	$\gamma_{\text{хф}_{\text{кл}}}$	$\theta_{\text{ф}_{\text{кл}}}$	$\varepsilon_{\text{хф}_{\text{кл}}}$	—
Исходн. класс	100	$\alpha_{\text{кл}}$	100	1
класс -150+0 мм				
Концентрат	$\gamma_{\text{кф}_{\text{п}}}$	$\beta_{\text{ф}_{\text{п}}}$	$\varepsilon_{\text{кф}_{\text{п}}}$	$K_{\text{п}}$
Хвосты	$\gamma_{\text{хф}_{\text{п}}}$	$\theta_{\text{ф}_{\text{п}}}$	$\varepsilon_{\text{хф}_{\text{п}}}$	—
Отсев -25+0	$\gamma_{\text{отс}}$	$\alpha_{\text{отс}}$	$\varepsilon_{\text{отс}}$	$K_{\text{отс}}$
Исходн. класс	100	$\alpha_{\text{п}}$	100	1

9. В случае проведения опытов по сепарации указываются:

а) схема установки (бункер, питатель, трансп. устройство, разделяющее устройство);

б) технические характеристики (скорость подачи, производительность и т.д.);

в) тип используемого радиометра, радиометрического датчика и их технические характеристики;

г) граничные содержания основного компонента, используемые при сепарации;

д) технологическая схема проведения испытаний по сепарации.

10. Приводятся результаты опытов по сепарации классов крупности в виде таблицы технологических показателей, табл. 6.

Таблица 6. Результаты сепарации классов крупности технологической пробы № ____.

Продукты сепарации	Выход, %	Технологические показатели сепарации			
		Содерж. комп-тов, %		Извлеч. комп-тов, %	
		основн.	сопутств.	основн.	сопутств.
класс -150+75 мм					
Концентрат	$\gamma_{\text{кф}_{\text{кл}}}$	$\beta_{\text{ф}_{\text{кл}}}$		$\varepsilon_{\text{кф}_{\text{кл}}}$	
Хвосты	$\gamma_{\text{хф}_{\text{кл}}}$	$\theta_{\text{ф}_{\text{кл}}}$		$\varepsilon_{\text{хф}_{\text{кл}}}$	
Исходн. класс	100	$\alpha_{\text{кл}}$		100	
класс -75+50 мм					
Концентрат					
Хвосты					
Исходн. класс					
класс -50+25 мм					
Концентрат					
Хвосты					
Исходн. класс					

11. Помещаются результаты расчета фактических технологических показателей радиометрического обогащения пробы, табл. 7.

12. Краткие выводы и рекомендации об использовании результатов испытаний.

Таблица 7. Результаты радиометрического обогащения пробы № _____.

Продукты сепарации	Выход, %	Технологические показатели сепарации				Коэфф по осн. КОМПОН.
		Содерж. комп-тов, %		Извлеч. комп-тов, %		
		основн.	сопутств.	основн.	сопутств.	
1. Концентрат	$\gamma_{кфн}$	$\beta_{фн}$		$\varepsilon_{кфн}$		K_n
2. Хвосты	$\gamma_{хфн}$	$\theta_{фн}$		$\varepsilon_{хфн}$		K_x
3. Отсев -25+0	$\gamma_{отс}$	$\alpha_{отс}$		$\varepsilon_{отс}$		$K_{отс}$
4. Исходн. класс	$\gamma_{хт,}$	$\alpha_{оп}$		$\varepsilon_{опфн}$		$K_{оп}$
Исходная проба	100	α_n		100		

Подписи

Руководитель подразделения:

Исполнители работ:

