

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ  
**№ 2855435**

**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ФЛЮОРИТОВОГО  
КОНЦЕНТРАТА**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Устинова Яна Вадимовна (RU), Белоглазов Илья Ильич (RU)*

Заявка № **2025120280**

Приоритет изобретения **23 июля 2025 г.**

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации **02 февраля 2026 г.**

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает **23 июля 2045 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Ю.С. Зубов*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*B07B 15/00 (2026.01)*

(21)(22) Заявка: 2025120280, 23.07.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
23.07.2025

Дата регистрации:  
02.02.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.07.2025

(45) Опубликовано: 02.02.2026 Бюл. № 4

Адрес для переписки:  
199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
ФГБОУ ВО "СПГУ", Патентно-лицензионный  
отдел

(72) Автор(ы):

Устинова Яна Вадимовна (RU),  
Белоглазов Илья Ильич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет императрицы Екатерины II"  
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2655060 C1, 23.05.2018. RU  
2661507 C1, 17.07.2018. RU 2764410 C1,  
17.01.2022. SU 1407554 A1, 07.07.1988. CN  
204338316 U1, 20.05.2015.

## (54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ФЛЮОРИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА

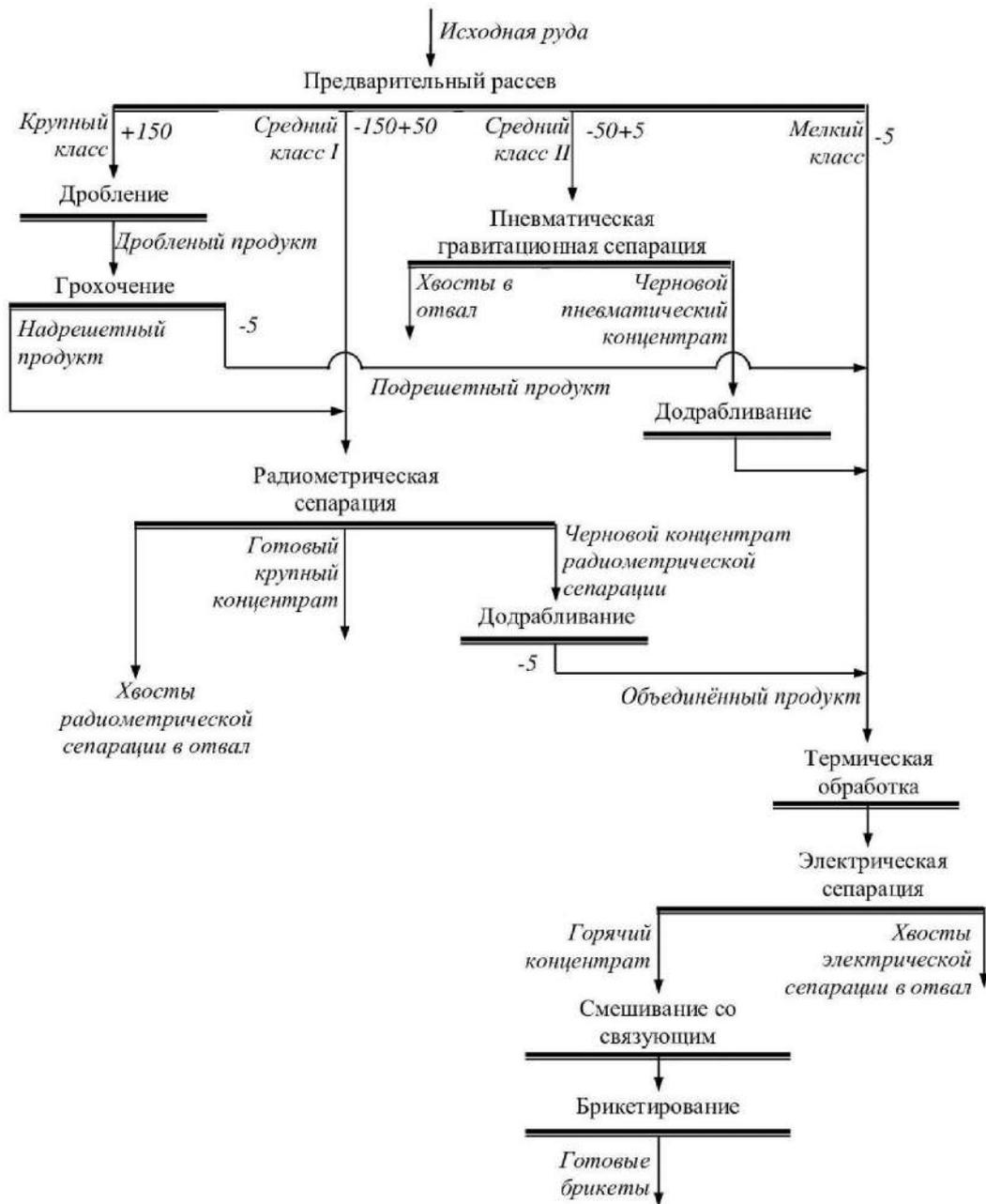
(57) Реферат:

Изобретение относится к области переработки флюоритовых руд и может быть использовано для получения крупнокусковых флюоритовых концентратов, пригодных для использования в частности в металлургической промышленности. В способе получения флюоритового концентрата черновой концентрат радиометрической сепарации додрабливают до класса крупности менее 5 мм и объединяют с мелким классом крупностью менее 5 мм, полученным при грохочении исходной флюоритовой руды. При грохочении исходной флюоритовой руды получают дополнительный средний класс крупности в диапазоне от 5 до 50 мм, который направляют на разделение в пневматический гравитационный сепаратор с получением отвальных хвостов и черного пневматического концентрата, который додрабливают и

объединяют с мелким классом крупностью менее 5 мм, полученным при грохочении исходной флюоритовой руды, додробленным до класса крупности менее 5 мм черновым концентратом радиометрической сепарации, и подрешетным продуктом грохочения, объединенный продукт отправляют на электрическую сепарацию, перед которой осуществляют термическую обработку при температуре от 200 до 300°C. Готовый концентрат электрической сепарации смешивают в смесителе с реактопластовым связующим, в качестве которого используют глифталевые смолы, нагревают до температуры не менее 100°C и брикетируют с получением высокопрочных брикетов. Технический результат - повышение эффективности разделения флюоритсодержащей руды. 1 ил., 3 табл.

RU 2 855 435 C1

RU 2 855 435 C1



Фиг. 1

RU 2855435 C1

RU 2855435 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*B07B 15/00* (2026.01)

(21)(22) Application: **2025120280, 23.07.2025**

(24) Effective date for property rights:  
**23.07.2025**

Registration date:  
**02.02.2026**

Priority:

(22) Date of filing: **23.07.2025**

(45) Date of publication: **02.02.2026** Bull. № 4

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU  
VO "SPGU", Patentno-litsenzionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Ustinova Iana Vadimovna (RU),  
Beloglazov Iliia Ilich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi  
universitet imperatritsy Ekateriny II» (RU)**

(54) **METHOD FOR OBTAINING FLUORITE CONCENTRATE**

(57) Abstract:

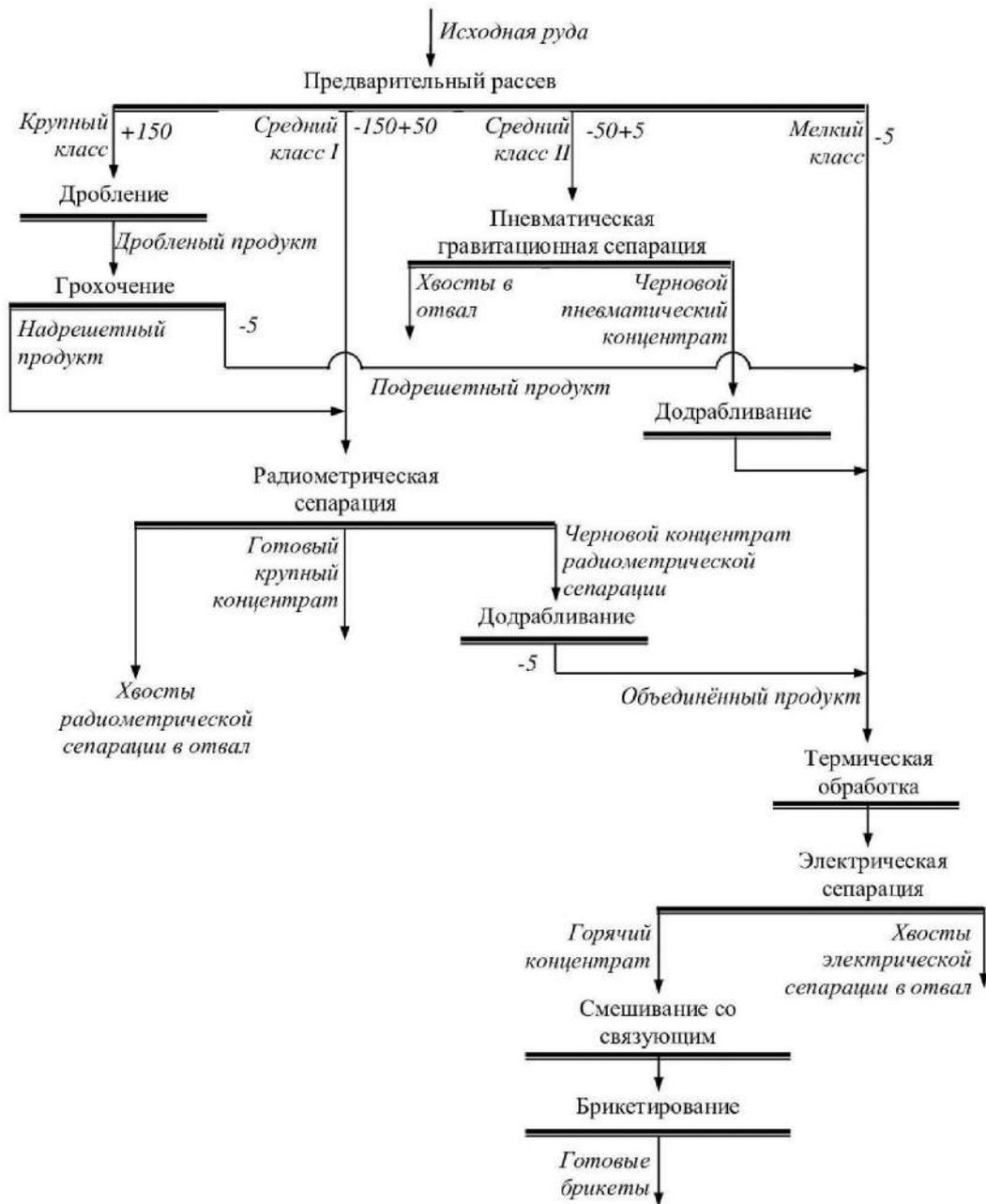
FIELD: metallurgical industry.

SUBSTANCE: invention relates to the processing of fluorite ores and can be used to obtain large-sized fluorite concentrates suitable for use, in particular, in the metallurgical industry. In the method for obtaining a fluorite concentrate, the rough concentrate of radiometric separation is crushed to a size fraction of less than 5 mm and combined with the fine size fraction of less than 5 mm, obtained by screening the original fluorite ore. During screening of the original fluorite ore, an additional medium size fraction in the range from 5 to 50 mm is obtained, which is sent for separation in a pneumatic gravity separator to obtain waste tailings and a rough pneumatic concentrate, which is crushed and combined with the fine size fraction of

less than 5 mm obtained by screening the original fluorite ore, with the crushed to a size fraction of less than 5 mm rough concentrate of radiometric separation, and the undersize product of screening, the combined product is sent for electrical separation, before which heat treatment is carried out at a temperature from 200 to 300°C. The finished concentrate of electrical separation is mixed in a mixer with a reactoplastic binder, for which glyphthalic resins are used, heated to a temperature of at least 100°C and briquetted to obtain high-strength briquettes.

EFFECT: increase in the efficiency of separation of fluorite-containing ore.

1 cl, 1 dwg, 3 tbl



Фиг. 1

RU 2855435 C1

RU 2855435 C1

Изобретение относится к области переработки флюоритовых руд и может быть использовано для получения крупнокусковых флюоритовых концентратов, пригодных для использования, в частности, в металлургической промышленности.

Известен способ обогащения флюоритовых руд (патент РФ №2286850, опубл. 10.11.2006), в котором руду измельчают в присутствии регулятора среды, контактируют с депрессором пустой породы и кондиционируют подготовленную руду с активатором - фторидом щелочного металла и собирателем - тетранатриевой солью N-n-октадецил-N-сукциноиласпарагиновой кислоты, подвергают пенной флотации при обычной температуре с выделением флюоритового концентрата.

Основные недостатки способа в необходимости использования тонкого измельчения, флотационных реагентов и воды, что приводит к загрязнению окружающей среды, а также полученный концентрат непригоден для использования в металлургической промышленности из-за низкой крупности.

Известен способ флотационного обогащения флюоритовых руд (патент РФ №268089, опубл. 20.01.2006), в котором проводят флотацию с применением различных модификаторов и использованием в качестве собирателя смеси олеиновой кислоты с 2-аминоэтанолом при мольном соотношении 1÷(1:0,8).

Недостатками способа является необходимость использования измельчения, флотационных реагентов и воды, что приводит к загрязнению окружающей среды, а также полученный концентрат непригоден для использования в металлургической промышленности из-за низкой крупности.

Известен способ обогащения карбонатно-флюоритовых руд (патент РФ №2259888, опубл. 10.09.2005), в котором перед флотацией проводят стабилизацию энергетического состояния дисперсной системы, в качестве структурообразователей применяют  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{NaCl}$  в соотношении 3:1, а флотацию осуществляют в открытом цикле с проведением основной и перечистных операций, причем после основной и первой перечистки получают отвальные хвосты и концентрат, поступающий на 2 и последующие перечистки, которые проводят с разделением пульпы на два продукта - пенный, как флюоритовый концентрат, и камерный - как карбонатный концентрат, с выводом карбонатного концентрата после каждой перечистки.

Основными недостатками способа является необходимость использования измельчения, флотационных реагентов и воды, что приводит к загрязнению окружающей среды, а также полученный концентрат непригоден для использования в металлургической промышленности из-за низкой крупности.

Известен способ обогащения флюоритовых руд (патент РФ №2661507 опубл. 20.01.2006), в котором исходную руду рассеивают на три класса крупности, крупный класс дробят, направляют на грохочение с выделением надрешетного продукта, который вместе со средним классом обогащают в тяжелых суспензиях с получением отвальных хвостов, которые отправляют в отвал, и чернового концентрата, который додрабливают и вместе с мелким классом и подрешетным продуктом обогащают в тяжелых жидкостях или путем концентрации на столах с выделением отвальных хвостов, которые направляют в отвал, и концентрата, который направляют на химическую доводку, в ходе которой получают окончательный концентрат.

Основные недостатки способа в его экологической вредности из-за применения тяжелых жидкостей и кислот. Кроме того, концентраты, получаемые на концентрационных столах непригодны для использования в металлургической промышленности из-за низкой крупности.

Известен способ обогащения флюоритовых руд (патент РФ №2655060,

опубл. 23.05.2018), принятый за прототип, в котором исходную руду рассеивают на три класса крупности, крупный класс дробят, направляют на грохочение, полученный подрешетный продукт объединяют с мелким классом, а надрешетный продукт вместе со средним классом подвергают радиометрической сепарации с выделением готового концентрата, отвальных хвостов и черного концентрата, готовый концентрат отправляют на дальнейшую переработку, отвальные хвосты направляются в отвал, а черновой концентрат додрабливают и вместе с мелким классом и подрешетным продуктом подвергают мелкопорционной радиометрической сортировке с выделением отвальных хвостов, которые направляют в отвал, и черного концентрата, который далее подвергается радиометрической сепарации с выделением отвальных хвостов, которые направляются в отвал, и черного концентрата, который додрабливается и направляется на электрическую сепарацию, в ходе которой получается готовый концентрат, который направляют на дальнейшую переработку, и отвальные хвосты, направляемые в отвал.

Основным недостатком способа является то, что полученный концентрат непригоден для использования в металлургической промышленности из-за низкой его крупности.

Техническим результатом является повышение эффективности разделения флюоритсодержащей руды.

Технический результат достигается тем, что черновой концентрат радиометрической сепарации додрабливают до класса крупности менее 5 мм и объединяют с мелким классом крупностью менее 5 мм, полученным при грохочении исходной флюоритовой руды, при этом при грохочении исходной флюоритовой руды получают дополнительный средний класс крупности в диапазоне от 5 до 50 мм, который направляют на разделение в пневматический гравитационный сепаратор с получением отвальных хвостов и черного пневматического концентрата, который додрабливают и объединяют с мелким классом крупностью менее 5 мм, полученным при грохочении исходной флюоритовой руды, додробленным до класса крупности менее 5 мм черновым концентратом радиометрической сепарации, и подрешетным продуктом грохочения, объединенный продукт отправляют на электрическую сепарацию перед которой осуществляют термическую обработку при температуре от 200 до 300°C, готовый концентрат электрической сепарации смешивают в смесителе с реактопластовым связующим, в качестве которого используют глифталевые смолы, нагревают до температуры не менее 100°C и брикетируют с получением высокопрочных брикетов.

Способ поясняется следующей фигурой

фиг. 1 – технологическая схема обогащения флюоритовых руд.

Способ осуществляется следующим образом. Исходную флюоритсодержащую руду с содержанием более 39 % флюорита рассеивают на четыре класса крупности, путем грохочения, на грохоте с тремя ситами с распределением продуктов в отдельные сборники, крупного класса, более 150 мм, двух средних классов в диапазоне от 50 мм до 150 мм и от 5 до 50 мм, и мелкого класса менее 5 мм. Крупный класс дробят на щековой дробилке до размера среднего класса и добавляют его к среднему классу размером от 50 мм до 150 мм. После этого дробленый продукт направляют на грохочение второй стадии на односитном грохоте с размером ячеек 5 мм и получают надрешетный продукт крупнее 5 мм и подрешетный продукт, меньше 5 мм. Надрешетный продукт крупнее 5 мм после операции грохочения и средний класс размером от 50 мм до 150 мм подвергают радиометрической сепарации. Радиометрическую сепарацию проводят на рентгенолюминесцентном сепараторе с получением трех видов продуктов, готового крупного концентрата, направляемого на дальнейшую переработку, черного

концентрата и отвальных хвостов, которые направляют в отвалы. Черновой концентрат радиометрической сепарации додрабливают, например, на валковой дробилке до класса крупности менее 5 мм. После этого черновой концентрат объединяют с мелким классом крупностью менее 5 мм, который получен на грохочении первой стадии. Средний класс в диапазоне от 5 до 50 мм подвергают операции разделения в пневматическом гравитационном сепараторе, например, на воздушном сепараторе производительностью от 30 до 40 т/ч, с получением отвальных хвостов и черного пневматического концентрата. Далее черновой пневматический концентрат присоединяют к мелкому классу, крупностью менее 5 мм, который получен грохочением первой стадии.

Объединённый продукт, состоящий из мелкого класса грохочения первой стадии крупностью менее 5 мм, подрешетного продукт грохочения второй стадии крупностью менее 5 мм, черного концентрата пневматической сепарации после разделения на воздушном сепараторе и черного концентрата радиометрической сепарации, отправляют на термическую обработку внутри горизонтального плоского конденсатора и нагревают при температуре от 200 до 300°C и затем направляют на электрическую сепарацию, производящуюся в коронно-электростатическом режиме по принципу электропроводности разделяемых частиц. В ходе электрической сепарации на коронно-электростатическом сепараторе происходит окончательное разделение на готовый концентрат и хвосты, отправляемые в отвалы. Готовый концентрат смешивают с реактопластовым связующим в смесителе при температуре менее 100°C например, глифталевыми смолами, обладающими свойствами высокой эластичности, и подвергают процессу брикетирования. Брикетные являются высокопрочным конечным продуктом процесса обогащения флюоритсодержащей руды для металлургической промышленности.

Результаты проверки на прочность в зависимости от температуры приведены в таблице 1. До степени нагрева менее 100°C брикетные остаются весьма хрупкими при прочих равных условиях, после температуры 100°C наблюдается увеличение прочности на сжатие, после достижения 150°C прочность начинает постепенно снижаться. Брикетные являются высокопрочным конечным продуктом процесса обогащения флюоритсодержащей руды для металлургической промышленности.

Таблица 1 – Зависимость прочности брикетных при сжатии от температуры нагрева.

| № | Температура нагрева, °C | Прочность брикетных на сжатие, МПа |
|---|-------------------------|------------------------------------|
| 1 | 60                      | 71                                 |
| 2 | 80                      | 92                                 |
| 3 | 100                     | 103                                |
| 4 | 120                     | 107                                |
| 5 | 140                     | 104                                |
| 6 | 160                     | 98                                 |

Способ поясняется следующими примерами. Обогащению подвергались пробы руды, содержащие 39,62 % флюорита, 23,87 % кварца, 36,51 % карбонатов в форме кальцита. Для отсева использовался вибрационный грохот, для дробления и додрабливания, соответственно щековая и валковая дробилки. Рассев производился на классы +150 мм, -150+50 мм, -50+5 мм и -5 мм. Электрическая сепарация на сепараторе электростатического барабанного типа в электростатическом режиме. Материал, поступающий на электрическую сепарацию, подвергали термической обработке при температуре в диапазоне от 260 до 270°C с одновременной трибозарядкой в специально сконструированном вибропитателе, выполненным в виде трубы. Влияние температуры нагрева на результаты разделения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость результатов разделения от температуры нагрева.

| № | Температура нагрева, °С | Выход концентрата, % | Содержание CaF <sub>2</sub> , % | Извлечение CaF <sub>2</sub> , % |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 180                     | 52,4                 | 83,1                            | 77,11                           |
| 2 | 200                     | 53,8                 | 94,8                            | 90,32                           |
| 3 | 230                     | 54,1                 | 95,3                            | 91,30                           |
| 4 | 260                     | 54,3                 | 95,6                            | 91,93                           |
| 5 | 300                     | 54,3                 | 95,6                            | 91,93                           |
| 6 | 330                     | 54,2                 | 95,6                            | 91,76                           |

Нагрев материала ниже 200°С ведет к снижению эффективности разделения. Это связано с тем, что недостаточно нагретые частицы приобретают недостаточные заряды. Нагрев выше 300°С не увеличивает эффективность разделения, но ведет к избыточному расходу энергии на нагрев частиц.

Полученные в ходе электрической сепарации хвосты направляются в отвал. Концентрат смешивался с глифталевыми смолами, выступающими в качестве связующего, и брикетировался. Брикеты являлись готовым продуктом.

В результате обогащения был получен готовый крупный концентрат, содержащий 95,64 % флюорита, 1,82 % диоксида кремния, выход концентрата 10,6 %, извлечение флюорита 25,59 % и брикеты, в которых содержание флюорита составляло 95,73 %, диоксида кремния – 1,14 %, выход брикетов – 21,2 %, извлечение флюорита – 51,23 % (таблица 3).

Таблица 3 – Технологические показатели обогащения флюоритсодержащей руды.

| Наименование операции или продукта             | Выход, % | Содержание, % CaF <sub>2</sub> |
|--|----------|--------------------------------|
| Грохочение I                                   |          |                                |
| Поступает:                                     |          |                                |
| Исходная руда                                  | 100,0    | 39,62                          |
| Выходит:                                       |          |                                |
| Крупный класс                                  | 39,8     | 35,61                          |
| Средний класс I                                | 31,2     | 39,81                          |
| Средний класс II                               | 19,4     | 42,82                          |
| Мелкий класс                                   | 9,6      | 49,14                          |
| Итого:   | 100,0    | 39,62                          |
| Грохочение II                                  |          |                                |
| Поступает:                                     |          |                                |
| Крупный класс                                  | 39,80    | 35,61                          |
| Выходит:                                       |          |                                |
| Надрешетный продукт                            | 29,6     | 34,73                          |
| Подрешетный продукт                            | 10,2     | 38,16                          |
| Итого:   | 39,8     | 35,61                          |
| Радиометрическая сепарация                     |          |                                |
| Поступает:                                     |          |                                |
| Надрешетный продукт                            | 29,60    | 34,73                          |
| Средний класс I                                | 31,20    | 39,81                          |
| Итого:   | 60,80    | 37,34                          |
| Выходит:                                       |          |                                |
| Готовый крупный концентрат                     | 10,60    | 95,64                          |
| Черновой концентрат радиометрической сепарации | 14,70    | 58,85                          |
| Хвосты радиометрической сепарации              | 35,50    | 11,02                          |
| Итого:   | 60,80    | 37,34                          |
| Пневматическая гравитационная сепарация        |          |                                |
| Поступает:                                     |          |                                |
| Средний класс II                               | 19,40    | 42,82                          |
| Итого:   | 19,40    | 42,82                          |

|    |   |       |       |
|----|---|-------|-------|
|    | Выходит:                                      |       |       |
|    | Черновой пневматический концентрат            | 8,9   | 67,64 |
|    | Хвосты  | 10,5  | 21,78 |
|    | Итого:  | 19,4  | 42,82 |
| 5  | Электрическая сепарация                       |       |       |
|    | Поступает:                                    |       |       |
|    | Мелкий класс                                  | 9,60  | 49,14 |
|    | Подрешетный продукт                           | 10,20 | 38,16 |
|    | Черновой пневматический концентрат            | 8,9   | 67,64 |
|    | Черновой концентратрадиометрической сепарации | 14,7  | 58,85 |
| 10 | Итого:  | 43,4  | 53,64 |
|    | Выходит:                                      |       |       |
|    | Готовый концентрат                            | 21,2  | 95,73 |
|    | Хвосты электрической сепарации                | 22,2  | 13,45 |
|    | Итого:  | 43,4  | 53,64 |

Способ, в котором флюоритсодержащую руду подвергают дроблению, грохочению, радиометрической сепарации, гравитационной пневматической сепарации электрической сепарации, а готовый продукт брикетируют с высокоэластичными глифталевыми смолами, позволяет повысить как эффективность разделения, так и удельную производительность всего процесса обогащения данной руды. Полученные брикеты являются высокопрочным конечным продуктом процесса обогащения флюоритсодержащей руды для металлургической промышленности.

#### (57) Формула изобретения

Способ получения флюоритового концентрата, включающий грохочение исходной флюоритовой руды с получением крупного, среднего и мелкого классов крупности, дробление крупного класса крупности с последующим направлением на грохочение с получением надрешетного и подрешетного продуктов, радиометрическую сепарацию среднего класса крупности на рентгенолюминесцентном сепараторе с получением готового крупного концентрата, который направляют на дальнейшую переработку, отвальных хвостов, которые направляют в отвалы, и чернового концентрата, электрическую сепарацию с получением готового концентрата и хвостов, которые отправляют в отвал, отличающийся тем, что черновой концентрат радиометрической сепарации додрабливают до класса крупности менее 5 мм и объединяют с мелким классом крупностью менее 5 мм, полученным при грохочении исходной флюоритовой руды, при этом при грохочении исходной флюоритовой руды получают дополнительный средний класс крупности в диапазоне от 5 до 50 мм, который направляют на разделение в пневматический гравитационный сепаратор с получением отвальных хвостов и чернового пневматического концентрата, который додрабливают и объединяют с мелким классом крупностью менее 5 мм, полученным при грохочении исходной флюоритовой руды, додробленным до класса крупности менее 5 мм черновым концентратом радиометрической сепарации, и подрешетным продуктом грохочения, объединенный продукт отправляют на электрическую сепарацию, перед которой осуществляют термическую обработку при температуре от 200 до 300°C, готовый концентрат электрической сепарации смешивают в смесителе с реактопластовым связующим, в качестве которого используют глифталевые смолы, нагревают до температуры не менее 100°C и брикетируют с получением высокопрочных брикетов.

