6**. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

**6.1. Общие сведения**

Месторождение Осечно рассматривается в качестве минерально-сырьевой базы строящейся обогатительной фабрики по производству обогащенных стекольных песков марок ВС-050-1 и ВС-040-1 по ГОСТ 22551-77 «Песок кварцевый, молотые песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности. Технические условия», применяемых для производства листового, оконного и технического стекла, лабораторного и медицинского стекла, стекловолокна для электротехники, силикатов натрия (катализаторов).

Проектная мощность фабрики составляет 500 тыс.т обогащенного стекольного песка в год.

На строительство обогатительной фабрики специализированным предприятием ООО «Рудметпроект» (г.Москва) выполнен рабочий проект «Предприятие по переработке кварцевых песков месторождения Осечно. Рабочий проект». Основные положения рабочего проекта приведены в настоящем разделе ТЭО.

Технологические испытания сырья проводились в 2006 году ЗАО «НПЦ Стекло». Согласно исследованиям, проба по химическому составу соответствовала марке песка необогащенного ПБ-150-1.

Химический состав исследуемых песков приведен в табл. 6.1.

Таблица 6.1.

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование оксидов  и металлов | Содержание компонентов в исходной пробе, масс. % |
| **SiO2** | 98,25 |
| **Al2O3** | 0,77 |
| **TiO2** | 0,26 |
| **Fe2O3** | 0,124 |
| **CaO** | 0,062 |
| **MgO** | 0,036 |
| **K2O** | 0,038 |
| **Na2O** | 0,010 |
| **Mn(10-6)** | 11,6 |
| **Cu(10-6)** | 3,8 |
| **Zn(10-6)** | 6,5 |
| **Sr(10-6)** | 1,7 |
| **Pb(10-4)** | 4,8 |
| **Cr(10-6)** | 9,1 |
| **Co(10-6)** | 0,9 |
| **Zr(10-6)** | 32,6 |
| **Ni(10-6)** | 5,0 |
| **п.п.п при 10000 С** | 0,35 |
| **Σ** | **99,90** |

Результаты минералогического анализа представлены в табл. 6.2. Выход тяжелой фракции составляет 1,2%, легкой фракции 98,8 %.

Таблица 6.2.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фракции | **Тяжелая** | | **Легкая** | | **Всего по пробе** |
| Выход, % | **100,0** | **1,20** | **100,0** | **98,80** | **100,0** |
| Ильменит | 21,0 | 0,26 |  |  | 0,26 |
| Лейкоксен | Зн |  |  |  | Зн |
| Циркон | 16,0 | 0,19 |  |  | 0,19 |
| Циркон метамиктный | 3,0 | 0,04 |  |  | 0,04 |
| Сфен | Зн |  |  |  | Зн |
| Ставролит | 19,0 | 0,23 |  |  | 0,23 |
| Турмалин | 9,0 | 0,11 |  |  | 0,11 |
| Эпидот | 3,0 | 0,03 |  |  | 0,03 |
| Корунд | 2,0 | 0,02 |  |  | 0,02 |
| Дистен | 8,0 | 0,09 |  |  | 0,09 |
| Монацит | Ед. зн |  |  |  | Ед.зн |
| Пирит | 19,0 | 0,23 |  |  | 0,23 |
| Кварц |  |  | 97,0 | 95,87 | 95,87 |
| Кварц ожелезненный |  |  | 3,0 | 2,93 | 2,93 |
| **Полевые шпаты** |  |  | Зн |  | Зн |
| Кремнистые образования |  |  | Зн |  | Зн |
| **Мусковит** |  |  | Зн |  | Зн |
| Лимонит |  |  | Зн |  | Зн |

Примечание: кварц ожелезненный представлен окатанными о полуокатанными обломками кварцевых зерен с тонкодисперсными включениями гематита и гидроксидов железа.

По данным минералогического анализа легкой и тяжелой фракций в легкой фракции чистый кварц присутствует в количестве ≈ 96%, а в тяжелой фракции основными железосодержащими минералами являются ильменит, циркон, ставролит и пирит.

Результаты зернового состава представлены в табл.6.3.

Таблица 6.3.

|  |  |
| --- | --- |
| **Фракция, мм.** | Выход, % |
| **+ 2,5** | - |
| **- 2,5 + 1,6** | - |
| **- 1,6 + 1,0** | 0,04 |
| **- 1,0 + 0,8** | 0,06 |
| **-0,8 + 0,63** | 0,07 |
| **- 0,63 + 0,4** | 3,5 |
| **- 0,4 + 0,315** | 17,3 |
| **- 0,315 + 0,2** | 40,03 |
| **- 0,2 + 0,16** | 8,00 |
| **- 0,16 + 0,10** | 21,3 |
| **- 0,10 + 0,05** | 7,3 |
| **- 0,05 + дно** | 2,4 |
| **Σ** | **100** |

Исходный песок по грансоставу однородный класс +0,63 мм не превышает 1%, класс – 0,1 составляет 9,7%. Рабочий диапазон –0,63+0,1 составляет 90,1%

Таким образом, исходный песок по гранулометрическому составу полностью соответствует требованиям ГОСТ 22551 – 77 к необогащенному песку.

Основными группами примесей, загрязняющих пески испытанной пробы, являются: глинистые частицы; рудные и нерудные минералы тяжелой фракции с удельным весом более 2,9 г/см3; пленка гидроокислов железа, покрывающая зерна кварца.

Кроме этих основных вредных примесей, пески в небольших количествах содержат: легкие алюмосиликаты; слюды; включения рудных и нерудных минералов внутри зерен кварца.

Учитывая, что основной загрязняющей примесью в пробе песка месторождения Осечно являются оксиды железа, обогатимость песков на стадии технологических испытаний определялась по содержанию Fe2O3 в продуктах переработки. В исходной пробе содержание Fe2O3 составляло 0,124 % . Распределение оксидов железа по основным классам крупности приведено в табл. 6.4.

Таблица 6.4.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс, мм | -0,63  +0,4 | -0,4  + 0,315 | -0,315  +0,2 | -0,2  + 0,16 | -0,16  +0,1 | - 0,1 + дно |
| Содержание Fe2O3, % | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,20 | 0,20 | 0,58 |

Наиболее «загрязняющими» являются классы «-0,1+ дно», где содержание железа равно 0,58 %. Распределение оксидов железа в рабочем классе (-0,63+0,1) неравномерное. Наиболее чистым является класс – 0,63 + 0,2 мм. Такой концентрат соответствует марке песка Б-100-1. Наличие глинистой составляющей в полученном продукте относительно невысокое, на что указывает концентрация оксидов алюминия 0,77% (табл. 6.1).

Выделение глинистой составляющей с помощью промывки снижает содержание оксида железа с 0,25 до 0.1 % (табл.6.5.).

Таблица 6.5.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Операция | Продукт | Выход | Содержание железа | Извлечение |
| Промывка | Концентрат | 98,3 | 0,10 | 78,6 |
| Шлам | 1,7 | 1,57 | 21,4 |
| Рабочая фракция | 100 | 0,125 | 100 |

Как показали результаты минералогического анализа, в пробе содержится значительное количество тяжелых минералов. Отделение тяжелых минералов с удельным весом более 2,9 кг/м3 из промытых песков приводит к дальнейшему снижению оксидов железа и титана (табл.6.6.).

Таблица 6.6.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Операция | Продукт | Выход | Fe2O3 | | TiO2 | |
| Содержа-  ние | Извлече- ние | Содержа- ние | Извлече-  ние |
| Отделение тяжелых минералов | Концентрат | 97,8 | 0,08 | 78,2 | 0,14 | 68,5 |
| Шламы | 2,2 | 0,9 | 21,8 | 2,8 | 31,5 |
| Рабочая фракция | 100 | 0,10 | 100 | 0,20 | 100 |

Интенсивная промывка после отделения тяжелых минералов показала по примесям следующее: Fe2O3 - 0,07 %, Al2O3 - 0,21 %, TiO2 – 0,13 %.

Для удаления с поверхности кварцевых зерен глинистых примазок, корок и пленок, содержащих в большом количестве окислы красящих металлов, проводилась оттирка песков. Процесс оттирки сопровождался обесшламливанием материала по классу 0,1мм. Слив шламов производился сифоном после осаждения зернистой части пульпы.

Оттирка материала проводилась в камере лабораторной флотомашины в течение 30 минут при соотношении твердого к жидкому 1:2. Результаты опытов сведены в табл. 6.7.

Таблица 6.7.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Продукты | Выход, % | Fe2O3, масс. % | |
| содержание | извлечение |
| Концентрат | 98,6 | 0,059 | 83,1 |
| Шламы | 1,4 | 081 | 16,9 |
| Рабочая фракция | 100,0 | 0,007 | 100 |

После обесшламливания и оттирки концентрация железа в пробе снизилась до 0,059 %.

При изменении соотношения твердого к жидкому, величина содержания Fe2O3 в кварцевом продукте следующая (при t = 30 минут) (табл. 6.8.).

Таблица 6.8.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Соотношение Т:Ж | 1 : 2 | **1 : 1** | **1 : 0,75** |
| Содержание Fe2O3,% | 0,059 | 0,055 | 0,051 |

Таким образом, в результате обесшламливания и оттирки получен концентрат марки ВС - 050 –1. Данный концентрат пригоден для производства листового стекла типа «флоат», бесцветной стеклотары, стекловолокна.

Исследовалась флотация материала проводилась в камере лабораторной флотомашины непосредственно после оттирки и гидроклассификации. В качестве реагента собирателя – вспенивателя использовалось сульфатное мыло – промежуточный продукт переработки древесины. Расход реагента составлял 3 кг/т. Время флотации определялось опытным путем. Плотность пульпы в процессе флотации Т : Ж = 1:2. Результаты эксперимента представлены в табл. 6.9.

Таблица 6.9.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Т:Ж=1:2 | Продукты | Выход, % | Fe2O3, масс. % | |
| содержание | извлечение |
| Концентрат | 97,8 | 0,052 | 86,1 |
| Шламы | 2,2 | 0,37 | 13,9 |
| Рабочая фракция | 100 | 0,059 | 100 |

На основании проведенного эксперимента показано, что пески могут обогащаться практически до марки ВС-050-1 после оттирки при соотношении Т:Ж=1:0,75. Процесс флотооттирки более эффективен, однако в процессе проектирования могут возникнуть проблемы по экологическим параметрам.

ООО «НПЦ СТЕКЛО» считает возможным повышать качество концентрата следующим образом.

Согласно данным, представленным в табл.6.4., наиболее чистый класс по оксидам железа является –0,63+0,20, суммарное содержание которого равно 61%. Данный фракционный состав может быть принят за «рабочий» для получения более высоких марок кварцевых концентратов.

При аналогичных операциях обогащения следует, что после промывки получается концентрат с содержанием Fe2O3 =0,07% (табл.6.10).

Таблица 6.10.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Операция | Продукт | Выход | Fe2O3 | |
| Содержание | Извлечение |
| Промывка фракции  –0,63+0,2 | Концентрат | 98,9 | 0,06 | 47,5 |
| Шламы | 1,1 | 5,9 | 52,5 |
| Рабочая фракция | 100 | 0,125 | 100 |
| Отделение тяжелых минералов | Концентрат | 97,9 | 0,050 | 81,4 |
| Шламы | 2,3 | 0,48 | 18,6 |
| Рабочая фракция | 100 | 0,06 | 100 |

Таким образом, в процессе промывки и отделения тяжелых минералов в указанном рабочем классе (-0,63+0,2) образуется концентрат марки ВС-050.

Операция оттирки (Т:Ж=1:1) позволяет с последующей промывкой снизить концентрацию Fe2O3 до 0,04% (табл. 6.11).

Таблица 6.11.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Продукт | Выход | Fe2O3 | |
| Содержание | Извлечение |
| Концентрат | 99,1 | 0,04 | 79,3 |
| Шламы | 0,9 | 1,15 | 20,7 |
| Рабочая фракция | 100 | 0,05 | 100 |

Выделение в исходном материале класса –0,63+0,2 мм позволило получить после указанных процессов обогащения концентрат марки ВС-040-1 для производства изделий высокой светопрозрачности.

Магнитная сепарация полученного концентрата после оттирки проводилась на электромагнитном сепараторе СЭМ-1 при напряженности магнитного поля 14,5 тысяч эрстед, зазоре между валками 1,5 мм и величине тока 0,5 А в сухом режиме. Для более полного извлечения слабо - и среднемагнитных минералов материал подвергался двукратной сепарации. В результате получен концентрат со следующим содержанием Fe2O3  (табл. 6.12.).

Таблица 6.12.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Продукт** | **Выход %** | **Fe2O3, мас. %** | |
| **Содержание** | **Извлечение** |
| Немагнитная фракция | 99,88 | 0,032 | 79,9 |
| Магнитная фракция | 0,12 | 6,6 | 20,1 |
| Рабочая фракция | 100 | 0,04 | 100 |

На основании лабораторно - технологических испытаний групповой пробы кварцевого песка месторождения Осечно получен концентрат следующего химического состава (табл. 6.13.)

Таблица 6.13.

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование оксидов**  **и металлов** | **Содержание компонентов, масс. %** |
| **SiO2** | 99,40 |
| **Al2O3** | 0,17 |
| **TiO2** | 0,09 |
| **Fe2O3** | 0,032 |
| **CaO** | 0,01 |
| **MgO** | 0,01 |
| **K2O** | 0,01 |
| **Na2O** | следы |
| **п.п.п при 10000 С** | 0,21 |
| **Σ** | **99,92** |

Продукт практически соответствует марке ВС – 030 – В (расхождение в 0,002 %) и может быть применен в производстве термически полированного стекла (флоат), обесцвеченной стеклотары, лабораторного, медицинского, парфюмерного стекла, силиката натрия (катализаторы), стеклоблоков.

Испытания пробы кварцевого песка на присутствие в ней активности естественных радионуклидов показали результаты, приведенные в табл. 6.14

Таблица 6.14.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Активность радионуклида, Бк/кг** | | | **Аэфф** | **Аэфф**  **НРБ** |
| **Rа - 232** | **Th - 232** | **K - 40** |
| 69,2 | 8,7 | 91 | 88,27 | < 370 |

Удельная эффективная активность в объединенной пробе песка не превышает нормы радиационной безопасности для строительных материалов по 1 классу.

На основании данных лабораторно - технологических испытаний групповой пробы кварцевого песка месторождения Осечно в Пеновском районе Тверской области установлено:

1. В исходном виде материал относится к кварцевым стекольным пескам по гранулометрическому и химическому составам в соответствии с ГОСТ 22551 –77 “Песок кварцевый, молотый песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности”, марка ПБ-150-1.

2. Минералогический анализ выявил значительное содержание тяжелых минералов (2,2%). Преимущественно илменита FeTiO2, доля которого составляет около 50%. Легкая фракция состоит из кварца с включениями гематита. Минералы распределены не только в нижних классах (0,1 мм), но и встречаются в виде сцементированных включений и в более верхних фракциях.

3. Анализ обогатимости показал, что наибольшая концентрация примесей содержится в классе –0,1 мм (0,58% по Fe2O3). Относительно высокая концентрация данного оксида в классе –0,2+0,1 мм (до 0,20%). Процессы грохочения, обесшламливания и отделения тяжелых минералов позволяют получить концентрат в рабочем диапазоне (-0,63+0,1 мм) с содержанием Fe2O3 = 0,07% и TiO2 = 0,13%.

Интенсивная оттирка материала позволила получить концентрат с содержанием Fe2O3  до 0,05% (марка ВС-050-1).

4. Установлено, что при выводе из технологического процесса класса –0,2 мм, можно получать продукты при обогащении более высокого качества, а именно, на стадии операции оттирки получить концентрат марки ВС-040-1, а при использовании магнитной сепарации на последней стадии получать кварцевые пески с содержанием Fe2O3 до 0,03% (марка ВС-030-В).

5. Содержание естественных радионуклидов не превышает норм радиационной безопасности для строительных материалов.