

# ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕСКА С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА

В СТАТЬЕ ПРИВЕДЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА В КВАРЦЕВОМ ПЕСКЕ II КАМЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СРЕДНИЙ УРАЛ) ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАРКИ ВС-040-1. ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА В КВАРЦЕВОМ ПЕСКЕ С 0,4 % ПРОВОДИЛИСЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОТТИРКИ ПЕСКА С ПОСЛЕДУЮЩИМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАВИТАЦИОННЫХ, МАГНИТНЫХ И ФЛОТАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ, А ТАКЖЕ ТОНКОГО ГРОХОЧЕНИЯ. ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОВОДИЛИСЬ МЕТОДОМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОТТИРКИ. ТРЕБУЕМОЕ ЗНАЧЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ  $Fe_2O_3$  — 0,04 % В КВАРЦЕВОМ ПРОДУКТЕ ДОСТИГАЕТСЯ ПО ГРАВИТАЦИОННО-ФЛОТАЦИОННО-МАГНИТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОТТИРКИ.

**Авторы:** Г. И. Газалеева, д. т. н., зам. директора по науке, Н. В. Шихов, к. т. н., зав. лаб. редких металлов, В. Н. Шигаева, мл. научный сотрудник, Н. Б. Чинова, мл. научный сотрудник, ОАО «Уралмеханобр», г. Екатеринбург

**Р**азведанных запасов кварцевого стекольного сырья — кварцевых песков, песчаников, кварца — в Российской Федерации достаточно. Их хватит более чем на 100 лет. Однако качество кварцевых материалов оставляет желать лучшего. В природном виде кварцевое сырье с массовой долей оксидов железа 0,03—0,07 % встречается всего в 5—7 месторождениях РФ.

В стекловарении одним из основных критериев качества шихтовых материалов принято считать содержание в них оксидов железа, которые являются красящими примесями, влияющими на светопрозрачность стекла. Массовая доля оксидов железа в стеклах различных марок строго регламентируется. В сортовом стекле допустимое содержание  $Fe_2O_3$  составляет не более 0,050 %, 0,012 — 0,020 %, 0,025 — 0,035 % и не более 0,070 % для бесцветного, хрустального, светотехнического и медицинского стекол соответственно [1].

Требования к листовому стеклу различных марок допускают содержание  $Fe_2O_3$  в пределах 0,09—0,20 %. В тарном стекле величина допустимого содержания оксидов железа довольно высока: не более 0,1 % в бесцветном стекле БТ-1 и не более 0,8 % в зеленом

ЗТ-1 и коричневом стекле КТ-1. Перечисленные выше ограничения к содержанию оксидов железа в готовом стекле определяют соответствующие требования к чистоте как традиционных шихтовых стекольных материалов — кварцевого песка, доломита, соды, мела, пегматита и т. п., так и нетрадиционных, таких как, например, доменный шлак, применяемый в производстве тарного темного стекла.

Основная масса разведанного кварцевого песка отвечает требованиям ГОСТ 22551-77 на марки Б-100-1(2), ПБ-150-1(2), ПС-250 и «Т», которые нельзя в природном (необогащенном) виде использовать для производства высококачественного бесцветного стекла [2]. Для решения этой проблемы исходные пески должны быть подвергнуты обогащению различными физико-механическими и другими методами.

Цель проведения исследований заключалась в разработке технологии обогащения кварцевого песка II Каменского месторождения (Средний Урал) для получения кварцевого песка марки ВС-040-1 (химический состав:  $SiO_2 \geq 98,5$  %;  $Fe_2O_3 \leq 0,04$  %;  $Al_2O_3 \leq 0,6$  %, гранулометрический состав: остаток на сите № 08, % не более 0,5; проход через сетку № 01, % не более 5,0).

По результатам минералогического исследования, с учетом химического и фазового анализов, были подсчитаны содержания минералов в исходном песке (табл. 1).

Самым распространенным минералом в исследуемой пробе является кварц. Окраска кварца в большинстве случаев отсутствует, редко встречаются зерна кварца с белой и светло-серой окраской. Примеры зерен кварца с окраской и без нее приведены на рисунке 1.

Таблица 1. Минеральный состав исходного песка II Каменского месторождения

Минералы	Массовая доля, %
Кварц	95,0
Полевые шпаты и глинистые алюмосиликаты	4,5
Оксиды и гидроксиды железа	0,5
Пирит	Е. з.



Рис. 1. Зерна кварца белое (слева) и бесцветное (справа). Просыпка, косой свет, без анализатора, 9°



Рис. 2. Зерна кварца, связанные между собой полевым шпатом. Просыпка, косой свет, без анализатора, 20°



Рис. 3. Зерна кварца, связанные между собой гетит-гематитовой смесью. Просыпка, косой свет, без анализатора, 20°

Зерна кварца могут находиться в полиминеральных агрегатах, которые условно можно разделить на два вида: кварц-полевошпатовые и кварц-лимонитовые агрегаты.

Первый вид агрегатов наиболее распространен. К такому виду агрегатов можно отнести зерна кварца, сцементированные тонкодисперсным полевым шпатом, а также зерна кварца, на поверхности которого наблюдается полевой шпат. В кварц-полевошпатовых агрегатах большую часть от объема занимает кварц. Вид кварц-полевошпатовых агрегатов приведен на рисунке 2.

Кварц-лимонитовые агрегаты встречаются реже. К такому виду агрегатов можно отнести зерна кварца, сцементированные лимонитом (гетит-гематитовой смесью). В кварц-лимонитовых агрегатах большую часть от объема агрегата занимает лимонит. Вид кварц-лимонитовых агрегатов приведен на рисунке 3.

Именно такие зерна необходимо удалить, предварительно раскрыв связи между лимонитом и кварцем. Та-



Таблица 2. Фазовый состав исходных кварцевых песков II Каменского месторождения

Формы проявления Fe	Массовая доля Fe, %	Распределение Fe, %
Пленки гидроокислов на поверхности кварца	0,18	45,0
Отдельные зерна магнетита	—	—
Отдельные зерна гематита	0,03	7,5
Магнетитовые включения в кварце	—	—
Гематитовые включения в кварце	0,19	47,5
Итого	0,40	100,00

ким образом, возможно значительное снижение оксидов железа в кварцевом песке. В таблице 2 представлен фазовый состав исходного кварцевого песка.

Основная масса оксидов железа практически в равных долях приходится на пленки гидроокислов на поверхности кварца и гематитовые включения в кварце.

Для снижения содержания оксидов железа в кварцевом песке проводились исследования по изучению различных методов оттирания песка с последующим ис-



Рис. 4. Установка ультразвуковой очистки сыпучих материалов МОД НО-156 компании «Александра-Плюс»

пользованием гравитационных, магнитных и флотационных методов обогащения, а также тонкого грохочения. Исследования проводились методом ультразвуковой и механической оттирки. Исследования эффективности ультразвуковой оттирки производили на установке ультразвуковой очистки сыпучих материалов МОД НО-156 компании «Александра-Плюс» (рис. 4), механическую оттирку осуществляли на аппарате ОМ-2.

Тонкое мокрое грохочение осуществляли на многочастотном вибрационном резонансном грохоте ULSTM 1,5×0,6-Е компании Kroosh Technologies Ltd. Изучение процесса разделения кварцевого песка физическими методами проводили на различных обогатительных аппаратах. Гравитационные исследования производили на концентрационном столе марки Holman 2000, магнитную сепарацию — на установке сухой магнитной сепарации ИТОМАК — СМС-20М [3], флотационные методы обогащения ис-

пытывали на флотационной машине 240-ФЛ.

Принципиальная схема исследований приведена на рисунке 5.

Механической оттирке подвергался как классифицированный, так и неклассифицированный кварцевый песок. Классификация производилась по классу 0,1 мм. На рис. 6–7 представлены результаты экспериментов с подбором времени оттирки для различного содержания твердого в пульпе.

Оптимальные результаты получены на классифицированном песке при оттирке 10 мин. и содержании твердого в пульпе 60 %.

В таблице 3 приведены результаты оттирки исходного кварцевого песка в ультразвуковой установке.

Ультразвук дал худшие результаты, чем механическая оттирочная машина, содержание оксидов железа снизилось с 0,422 % до 0,17 % при использовании ультразвука, в то время как использование механической оттирочной машины снизило  $Fe_2O_3$  с 0,4 до 0,1 %.

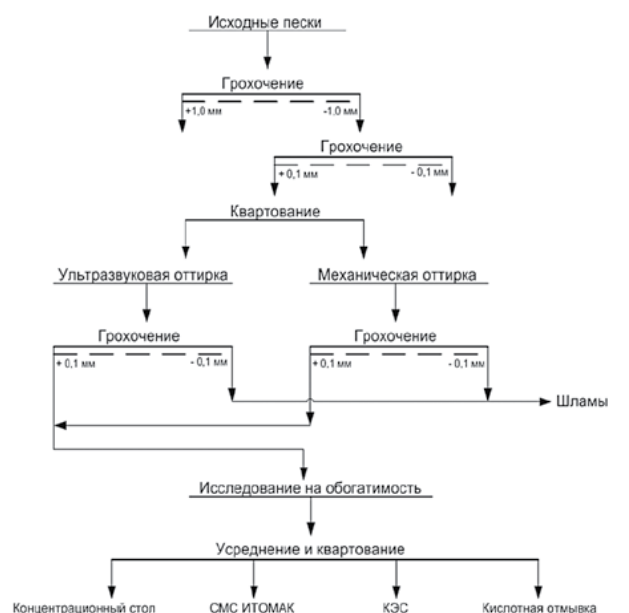


Рис. 5. Принципиальная схема исследований исходных кварцевых песков II Каменского месторождения

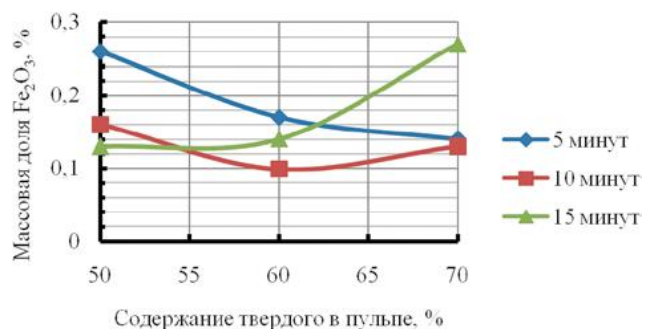


Рис. 6. Зависимость массовой доли  $Fe_2O_3$  в песковой фракции (класс  $-1+0,1$  мм) от содержания твердого в пульпе и от времени механической оттирки кварцевого песка с предварительной классификацией

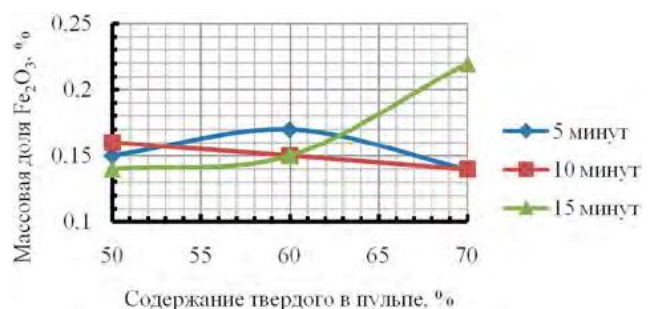


Рис. 7. Зависимость массовой доли  $Fe_2O_3$  в песковой фракции (класс  $-1+0,1$  мм) от содержания твердого в пульпе и от времени механической оттирки кварцевого песка без предварительной классификации

Таблица 3. Результаты проведения опытов в ультразвуковой установке

№ опыта	Наименование продуктов	Неклассифицированные пески			Классифицированные пески		
		Выход, %	Массовая доля Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Извлечение Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Выход, %	Массовая доля Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Извлечение Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %
2.1	Оттертый	94,80	0,17	38,03	97,06	0,17	39,10
2.2	Шламы	5,20	5,02	61,17	2,94	8,74	60,90
	<b>Итого:</b>	<b>100,00</b>	<b>0,422</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>0,422</b>	<b>100,00</b>

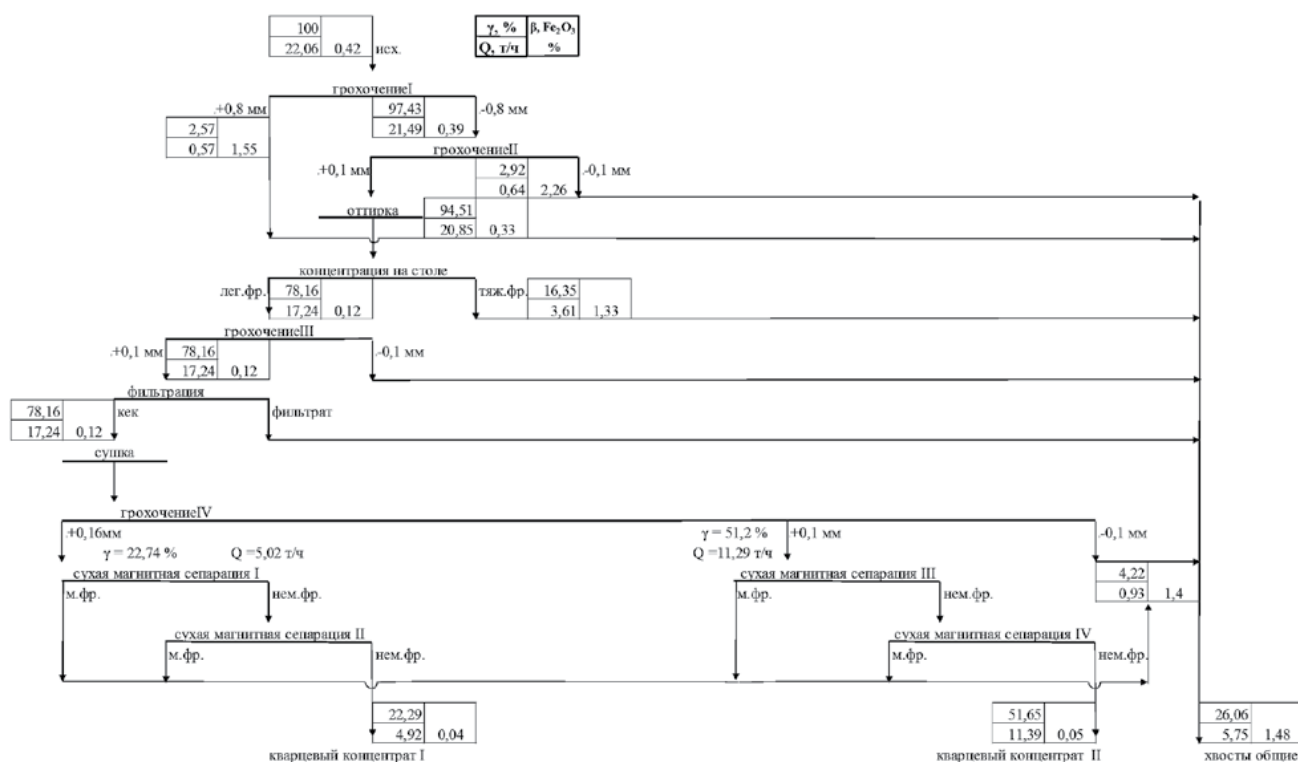


Рис. 8. Технологическая схема обогащения кварцевого песка II Каменского месторождения

Далее были проверены несколько вариантов схем: гравитационно-флотационно-магнитная и гравитационно-магнитная [4]. На рисунке 8 приведена оптимальная схема обогащения кварцевого песка. Схема включает 2 стадии предварительного мокрого грохочения на ситах с размерами ячейки 0,8 мм и 0,1 мм, механическую оттирку классифицированного материала, концентрирование на столе оттертого песка, повторную классификацию на грохоте с выводом фракции менее 0,1 мм, сгущение и фильтрацию надрешетного продукта грохота, сушку, разделение сухого продукта на грохоте на фракции +0,16 мм; -0,16 +0,1 мм; -0,1 мм с выводом последней в хвосты и двухстадийной сухой магнитной сепарацией для первых двух классов материала по отдельности для каждого класса.

Требуемое значение массовой доли Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,04 % в кварцевом продукте достигается по гравитационно-флотационно-магнитной технологии, представленной на рисунке 8. Себестоимость обогатительного передела по предлагаемой технологической схеме составила 463,93 руб. за тонну, что является высоким показателем для данного вида продукции.

Предложенная технология использована при составлении технологического регламента на проектирование цеха переработки песка II Каменского месторождения компании ОАО «Атомстройкомплекс» (г. Екатеринбург). 🌐

#### Список использованной литературы

1. Ревнивцев, В. И. Обогащение полевых шпатов и кварца / В.И. Ревнивцев. — М., Недра, 1970. — 128 с.
2. Высотин А. В. Обогащение стекловых песков / А. В. Высотин, А. И. Степаненко. — [Электронный ресурс]. — www.gmexp.ru. — (дата обращения 16.05.2012).
3. Магнитное обогащение кварцевого песка для стекловых промышленности / Н. Н. Конев, И. П. Сало, Ю. П. Лежнев, В. П. Ельский. — [Электронный ресурс]. — www.emcomag.ru/publ2.html. — (дата обращения 16.05.2012).
4. Лабораторное оборудование: проспект [Электронный ресурс]. — www.mtspb.com/production.php. (дата обращения 16.05.2012).

