

# ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА

**Т. В. Башлыкова,**  
директор

**Г. А. Пахомова,**  
заместитель директора

**С. В. Гетман,**  
начальник технологической группы

**Л. С. Калиниченко,**  
начальник минералогической группы,  
канд. геол.-минерал. наук

ООО «НВП «Центр-ЭСТАгео»

Анализируемым параметром при технологической оценке кварцевого песка является вредная примесь – железо, по остаточному содержанию которого определяется ценность кварцевого песка, а по величине удаляемого железа (извлечению) – эффективность того или иного метода обогащения. Технология обогащения песков обуславливается фазами железа, присутствующими в конкретном минерально-сырьевом объекте, и их соотношением.

К традиционным методам переработки кварцевых песков относятся обесшламливание, классификация, оттирка, гравитация, магнитная сепарация. Все перечисленные операции можно разделить на две группы: сепарационные (оттирка, гравитация, магнитная сепарация) и классифицирующие (грохочение, промывка, гидроциклонирование, обесшламливание). По сути, алгоритм технологического воздействия на кварцевые пески представляет собой чередование сепарационного и обесшламливающего переделов. В процессе технологической оценки песков устанавливаются фазы – концентраты железа, характер их распре-

деления, формы нахождения (свободные зерна, в сростках, в виде включений, пленок, «рубашек») (рис. 1), что позволяет обосновать выбор и последовательность обогатительных операций и аппаратов для удаления железа (рис. 2).

Основной ценный минерал месторождений кварцевых песков – собственно кварц, и задачей технологической оценки является диагностика его разновидностей и их соотношение, которое будет определять мак-

симально достижимое качество готовой товарной продукции, а также долю необогащаемых кварцевых зерен с неудаляемой (неизвлекаемой) фазой железа (рис. 3). Так, присутствие практически чистых, прозрачных зерен кварца свидетельствует о возможности получения высокой марки песков (для используемого в качестве примера минерально-сырьевого объекта это – марка ВС-030-1) в объеме не менее 20 %. Установленное при технологической оценке количе-

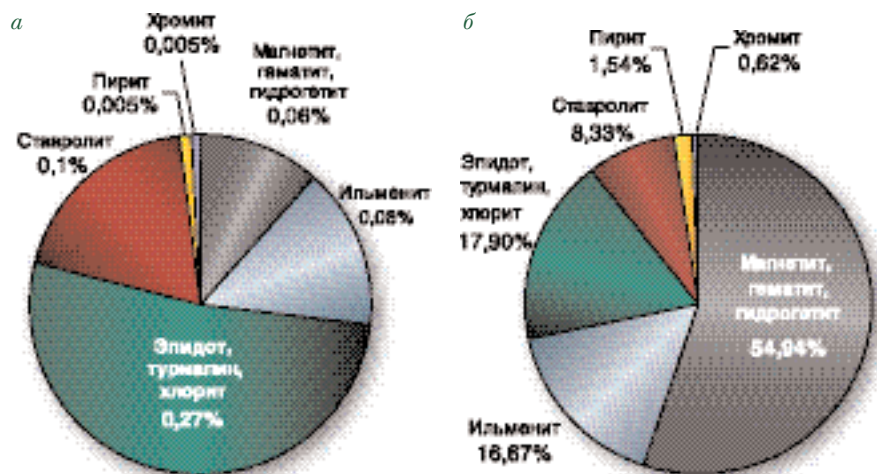
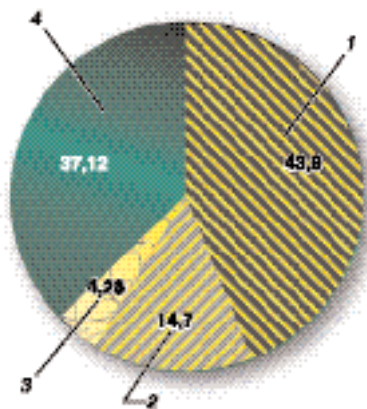


Рис. 1. Содержание железосодержащих минералов в кварцевых песках (а) и доля (% отн.) оксида железа, связанного с этими минералами (б)

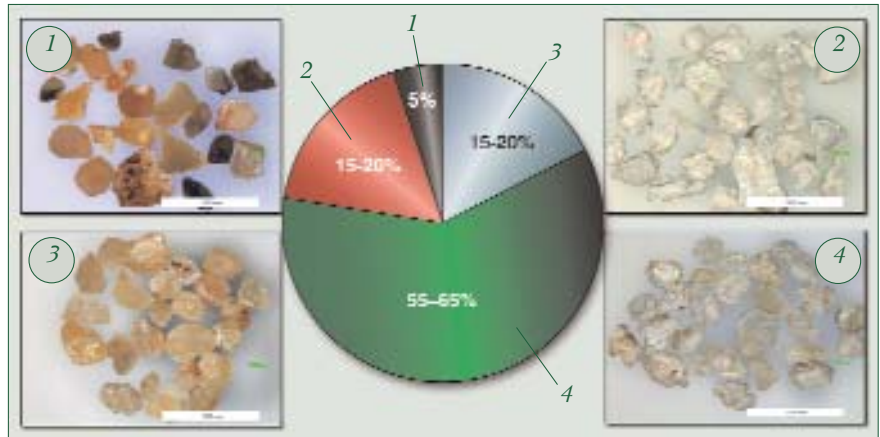
ственное соотношение разновидностей кварцевых зерен определяет выход получаемых товарных песков различных марок при их переработке, т. е. сортовой состав. Выполненная по этому же месторождению научно-исследовательская работа, целью которой являлось определение возможности получения песков марки ВС-030-1, подтвердила результаты, полученные на стадии его технологической оценки.

При проведении технологической оценки разведываемых месторождений либо технологического аудита действующих обогатительных производств авторы используют инновационные технологические решения, направленные на увеличение контрастности технологических свойств минерального сырья и повышение в результате этого эффективности передела. Увеличение контрастности технологических свойств достигается путем оптимизации рудоподготовки с использованием интенсифицирующих воздействий перед сепарационными операциями.

При мокром обогащении кварцевых песков повышения контрастности технологических свойств можно достичь с помощью интенсифицирующей кавитационной обработки. Перспективность использования кавитационной обработки в акустичес-



**Рис. 2. Доля удаляемой фазы железа (%) в технологических операциях:**  
 1 и 2 – обесшламливание и оттирка (гидроксиды железа, хлорит, пирит и другие переизмельченные минералы); 3 – выделение тяжелой фракции (свободные зерна ильменита, ставролита, турмалина, сростки кварца с вышеназванными минералами, зерна кварца с субмикроскопическими включениями пирита, гематита, магнетита); 4 – неудаляемая фаза



**Рис. 3. Разновидности кварцевых зерен и их доля в кварцевых песках месторождения:**

1 – зерна кварца, интенсивно пропитанные гидроксидами железа, чаще всего по трещинкам, с включениями минералов железа, и перекристаллизованные агрегаты; 2 – прозрачные кварцевые зерна, очень редко покрытые пленками гидроксида железа, с единичными включениями ставролита, гематита, ильменита; 3 – полупрозрачные зерна кварца с гидроксидами железа в виде пленок и по трещинкам, с включениями минералов железа; 4 – прозрачный кварц с несколько большим количеством пленок гидроксидов железа и включениями других минералов

ком режиме подтверждена авторами на многочисленных пробах кварцевых песков ряда месторождений. Кавитационная обработка способствует повышению эффективности практически всех циклов обогащения песков, будь то оттирка, гравитация или магнитная сепарация, но место обработки в технологической цепочке для конкретного минерально-сырьевого объекта определяется исходя из особенностей вещественного состава и количественного содержания фаз – концентраторов железа. В качестве аппаратов для кавитационной обработки в акустическом режиме применяются питающий лоток или колонна, выполняющая одновременно две функции – кавитационную обработку и обесшламливание по заданной крупности. Помимо кавитационных установок, работающих в акустическом режиме, испытывались также более мощные кавитаторы, работающие в гидродинамическом режиме. В процессе испытаний установлено, что к недостаткам последних можно отнести значительное потребление электроэнергии и натир техногенного железа в материал кварцевых песков. В настоящее время совместно с производителями кавитаторов ведутся работы по устранению указанных недостатков.

Установление фаз – концентраторов

железа и формы их нахождения предопределяет целесообразность той или иной технологической операции. Так, наличие в кварцевых песках гидроксидов железа в виде тонкой корки, облегающей зерна кварца в «рубашку», свидетельствует о необходимости применения кавитационной обработки или оттирки, либо той и другой операции последовательно (рис. 4). В случае, когда зерна кварца содержат мелкую сыпь вкраплений железосодержащих минералов, присутствие которых не меняет свойств кварца (такие зерна при обогащении попадают в концентрат), эта фаза будет определять неудаляемую (неизвлекаемую) часть железа в кварце и не позволит получить концентрат более высокой марки (см. рис. 4). Если эти вкрапления образуют цепочечные выделения, локально приуроченные к периферийной части зерна (рис. 5), то можно рекомендовать оттирку для обнажения частиц магнетита на поверхности зерен, что будет способствовать удалению таких зерен в магнитную фракцию при последующей магнитной сепарации. В настоящее время ведутся работы научно-исследовательского и испытательного циклов по сухой оттирке кварцевых песков стекольного назначения с целью снижения уровня механического натира

техногенного железа.

Применение интенсифицирующих технических приемов при технологической оценке минерального сырья, например кавитационной обработки, позволяет: повысить эффективность диагностики минерального сырья и, как следствие, обоснования оптимальной глубины обогащения; получить товарную продукцию более высокого качества; сократить число сепарационных переделов.

В качестве примера многофункциональной роли применения различных технических приемов в процессе технологической оценки кварцевых песков можно привести результаты их биотехнологического тестирования. Удаление микроорганизмами с поверхности зерен кварца гидроксидов железа и каолинит-гидроксилированных агрегатов повысило эффективность визуализации включений ставролита, гематита и магнетита, ранее плохо различимых, а также позволило установить параметры процесса биохимического обезжелезнения песков (рис. 6).

Предлагаемый авторами статьи нестандартный инновационный подход может использоваться при решении различных задач, например, при проведении работ по минералого-технологическому картированию месторождений кварцевых песков, техно-



**Рис. 5. Использование кавитационной обработки на примере песков Сухобезводненского месторождения:**  
*а* – субмикроскопические выделения цепочкой расположенных кристаллов магнетита и гематита вдоль зерна кварца; *б* – зерна кварца с включениями магнетита, гематита, ильменита

логическому аудиту действующих обогатительных фабрик, перерабатывающих кварцевые пески. Инновационность при минералого-технологическом картировании месторождений кварцевых песков заключается в том, что фазовый анализ железа, выполняемый на рядовых (частных, групповых) пробах и включающий традиционно обесшламивание, классификацию, оттирку, гравитационное и магнитное фракционирование, дополняется операцией кавитационной обработки, причем уже на этой стадии изучения определяется оптимальное ме-

сто кавитационного воздействия при последующей переработке кварцевых песков. Подробно, на примере конкретных месторождений, опыт такого рода работ отражен в уже имеющихся публикациях (Цветные металлы. 2007. № 3. С. 73–77).

Выполненное на стадии изучения месторождения минералого-технологическое картирование способствует не только выбору оптимального комплекса технологических испытаний при изучении месторождения, но и оптимизации технологического процесса при переработке кварцевого сырья в процессе освоения. Современный уровень развития компьютерных технологий позволяет представлять массив данных по месторождению в различных, удобных для использования вариантах.

Технологический аудит действующих обогатительных фабрик выполняется для решения таких актуальных для любого горно-перерабатывающего производства задач, как повышение качества готовой продукции, снижение эксплуатационных затрат, оптимизация технологического процесса. При выполнении аудита анализируется эффективность всех задействованных в технологической схеме методов и аппаратов, для чего проводится генеральное опробование. Изучаются особенности вещественного состава технологических продуктов, пооперационная обогатимость ос-



**Рис. 4. Примеры нахождения фаз железа, определяющие выбор технологической операции (верхний снимок) и качество концентрата (нижний снимок):**  
*а* – пески Старотитаровского месторождения, тонкая корка гидроксидов железа (светло-серый цвет) облекает зерно кварца в «рубашку»; *б* – пески Сухобезводненского месторождения; вкрапления железосодержащих минералов в виде мелкой сыпи в кварце, пропитанном гидроксидами железа

новых минеральных комплексов, устанавливается уровень неизбежных технологических потерь, максимально достижимое качество концентратов, их сортовой состав. Все это позволяет выдать недропользователю четко сформулированные рекомендации, важнейшей составляющей которых является обоснование степени устойчивости усовершенствованной технологической схемы к возможным изменениям вещественного состава. Так, в частности, проведенный авторами статьи технологический аудит двух опытных обогатительных фабрик, перерабатывающих кварцевые стекольные пески, выявил слабую эффективность оттирочных машин, нерезультативность некоторых компоновочных решений, возможность интенсификации сепарационных процессов (рис. 7).

Результаты большого объема выполненных авторами разноплановых работ по кварцевым пескам 11 месторождений (минералого-технологическое картирование месторождений, минералого-технологическое изуче-

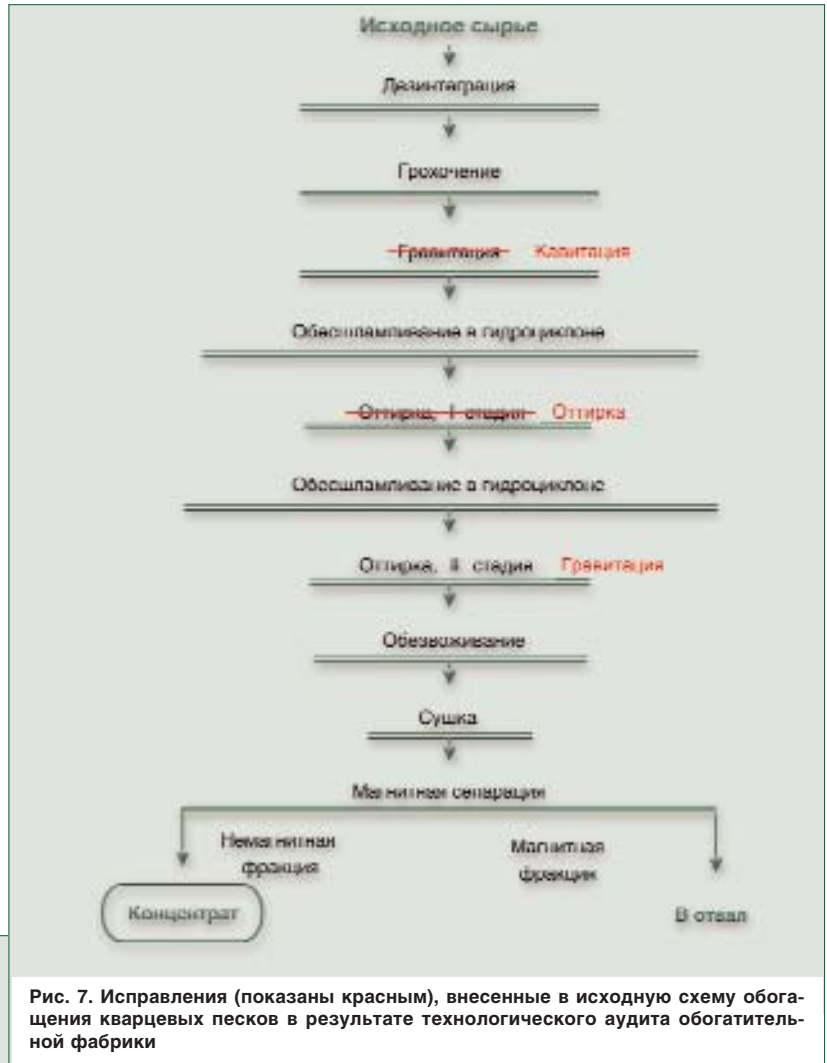


Рис. 7. Исправления (показаны красным), внесенные в исходную схему обогащения кварцевых песков в результате технологического аудита обогатительной фабрики



Рис. 6. Кварцевые пески Сухобезводненского месторождения до (а) и после (б) воздействия микроорганизмов: а – поверхность зерен покрыта гидроксидами железа и каолинит-гидроглистистым агрегатом, зерна кварца непрозрачны; б – зерна кварца прозрачны, видны вкрапления ставролита, гематита и магнетита в единичных зернах

ние технологических проб с обоснованием рациональной технологической схемы, разработка технологических регламентов, технологический аудит обогатительных фабрик, биотехнологическая оценка песков с разработкой технологии обезжелезнения песков непосредственно на месторождении) свидетельствуют об их актуальности как при изучении минерально-сырьевых объектов, так и при решении текущих проблем действующих производств по переработке кварцевых песков. ■

Special issues of the engineering assessment of quartz sand deposits

T. V. Bashlykova, G. A. Pakhomova, S. V. Getman, L. S. Kalinichenko

The article describes innovative technological approaches aimed at the enhancement of the contrast of process-related properties of mineral raw materials and the resulting efficiency of the process stage, which are used by the authors either for the technological evaluation of the deposits being explored or for the technological audit of operating mineral processing facilities. The enhancement of the contrast of process-related properties can be provided through the optimization of ore dressing and concentration with the use of intensifying treatment in advance of the separation processes. Innovative approach for mineralogical-process oriented mapping of quartz deposits is in the fact that the phase analysis of iron performed with run-of-mine samples and including deslurrying, classification, attritioning, gravity and magnetic fractionation, is supplemented by the process of cavitation treatment, and at this particular stage of research the optimal place of the cavitation treatment is identified for the eventual processing of quartz sands.