

**Е.А. Ермолович, С.В. Сергеев, М.Г. Ковалева, Е.П. Даньшина**  
**ТЕХНОГЕННЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ**  
**В ОТХОДАХ ОБОГАЩЕНИЯ МОКРОЙ МАГНИТНОЙ**  
**СЕПАРАЦИИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА**

**П**роблема техногенных наночастиц, объектов с характерным размером в диапазоне от 1 до 1000 нм, находится пока на стадии накопления информации. Эти аспекты пока мало привлекают внимание специалистов. При изучении гранулометрического состава разрушаемых различными способами горных пород нанодракции не выделяются, их обычно рассматривают в составе фракции минимально учитываемых размеров. Вместе с тем современные геотехнологии добычи и переработки минерального сырья отличаются степенью разрушения горных пород с образованием минеральных частиц, как в микро, так и в нанодиапазонах крупности. Эта особенность не имеет однозначного толкования. С одной стороны, появление повышенных количеств сверхтонкой пыли в атмосфере резко повышает опасность для здоровья людей и создаёт дополнительные и пока мало изученные экологические проблемы. С другой стороны, появляется возможность использования новых специфических свойств тонкодисперсных частиц при создании материалов в других отраслях промышленности.

С этой точки зрения весьма интересны отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов КМА.

Одним из существенных источников техногенных наночастиц являются хвостохранилища отходов обогащения. Поступая в атмосферу с их поверхно-

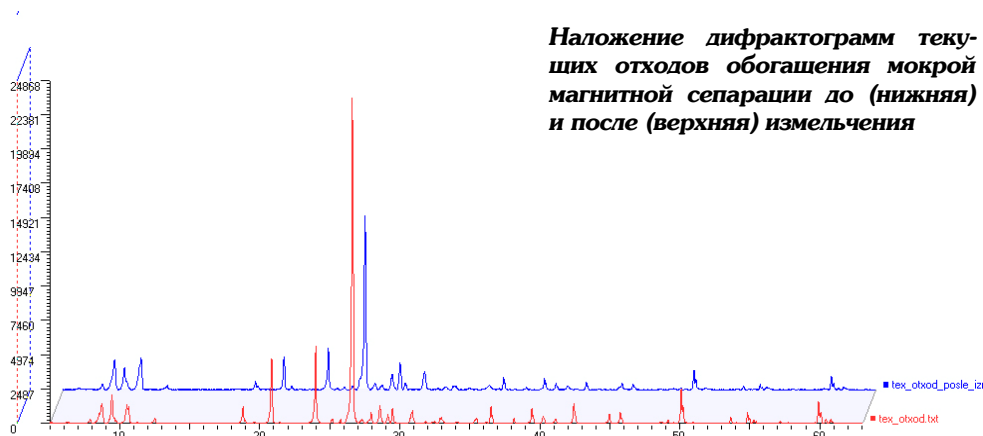
сти, сверхтонкие частицы наносят вред экологии окружающей среды.

Наиболее вредными являются частицы крупностью менее 10 мкм, которые задерживаются верхними дыхательными путями, и частицы крупностью 0,5-5 мкм, которые проникают в легкие и задерживаются там.

В процессе переработки руд на обогатительных фабриках измельчение идёт до микронных размеров. Исследования гранулометрического состава текущих отходов мокрой магнитной сепарации ОАО Комбинат КМАруда, проведенные с помощью лазерного дифракционного анализатора размера частиц «Analysette 22 NanoТес» Центра коллективного пользования научным оборудованием БелГУ, показали, что фракции менее 10 мкм составляют в них 26,6 %, менее 1,5 мкм - 5,5%, а нанодракции около 3%.

Ранее проведенные нами исследования доказали возрастание активности отходов обогащения мокрой магнитной сепарации по отношению к вяжущим веществам с ростом их дисперсности. Это свойство легло в основу запатентованных бетонной, асфальтобетонной смесей и шихты для производства керамического кирпича.

Анализ сделанных при этом рентгенограмм показал наличие уменьшений интенсивностей дифракционных пиков кварца по мере увеличения тонкости помола отходов. Что подтверждает наличие изменений его кристаллической структуры. При этом изучались измене-



**Наложение дифрактограмм текущих отходов обогащения мокрой магнитной сепарации до (нижняя) и после (верхняя) измельчения**

ния свойств материалов промышленного измельчения. Было доказано, что размеры частиц имеют решающее влияние на технологические свойства наполнителей.

В развитии данного вопроса интересным показалось изучение свойств техногенных отходов обогащения при дополнительном их измельчении.

Для этого текущие отходы обогащения мокрой магнитной сепарации с удельной поверхностью  $0,55 \text{ м}^2/\text{г}$  (определенной методом БЭТ на приборе и TriStar II 3020) были измельчены дисковой вибрационной мельницей RS200 до величины удельной поверхности  $1,9 \text{ м}^2/\text{г}$ . При этом содержание фракции менее  $10 \text{ мкм}$  возросло до  $62 \%$ , менее  $1,5 \text{ мкм}$  до  $9,3\%$ , а нанодисперсии до  $5\%$ . Коэффициент элонгации увеличился с  $2,16$  до  $2,32$ .

Сравнение дифрактограмм отходов обогащения до и после измельчения, полученных на рентгеновском дифрактометре Ultima IV Rigaku и представленные на рисунке.

Значительное уменьшение интенсивности дифракционных пиков кварца ( $d=4,28$  ( $2\theta=20,84$ );  $3,34$  ( $26,62$ );  $1,82$  ( $50,1$ )) и увеличение аморфизованного фона после измельчения отходов указывает на увеличение деструкции их кристаллической структуры. Что возможно связано с процессом аморфизации кварца в поверхностных слоях частиц отходов обогащения. А это в свою очередь открывает широкие возможности использования измельченных до нанодисперсий техногенных отходов обогащения в качестве наполнителей для полимерных и резинотехнических изделий.

Таким образом, являясь источником негативного экологического воздействия в хвостохранилищах и из-за содержания нанодисперсий в том числе, отходы обогащения перестают быть таковыми, если использовать их в качестве сырья для смежных и сопутствующих производств, в которых специфические свойства наночастиц играют положительную роль. **ИИЭ**

### Коротко об авторах

Ермолович Е.А. – директор ООО «Наука»,  
Сергеев С.В. – доктор технических наук, профессор Белгородского университета (БелГУ),  
Ковалева М.Г. – ст. научный сотрудник,  
Даньшина Е.П. – научный сотрудник,  
Центр коллективного пользования научным оборудованием БелГУ.  
Рецензент д-р геолого-минералогических наук, проф. В.А. Дунаев, ФГУП ВИОГЕМ.