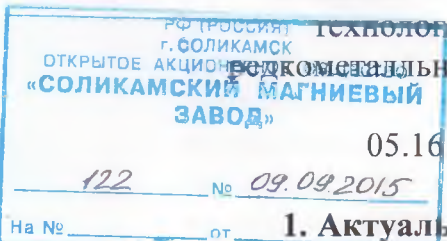


## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Богатыревой Елены Владимировны на тему:  
«Развитие теории и практики эффективного применения механоактивации в  
технологии гидрометаллургического вскрытия кислородсодержащего  
редкометалльного сырья», представленной на соискание ученой степени доктора  
технических наук по специальности  
05.16.02 – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов»



**1. Актуальность работы.** Современное состояние технологии редких металлов характерно тем, что в связи с высокими затратами на сырье, энергию и реагенты и истощением природных ресурсов их переработка должна быть ресурсо- и энергосберегающей, максимально извлекать все ценные компоненты в гибких и многоцелевых процессах. Опыт показывает, что разработка новых способов подготовки сырья к вскрытию позволяет значительно интенсифицировать процесс переработки концентратов и повысить эффективность технологии в целом. Автору удалось убедительно доказать, что предварительной кратковременной механоактивацией различных редкометалльных концентратов можно значительно интенсифицировать их гидрометаллургическое выщелачивание и степень вскрытия минерального сырья. Это делает работу Богатыревой Е.В. весьма актуальной и значимой как в научном, так и практическом планах.

**2. Научная новизна работы.** Работа Богатыревой Е.В. содержит обширный научный и методический материал по обоснованию режимов предварительной механоактивации минералов в связи с изменением внутренней энергии обрабатываемого материала и его удельной поверхности.

При исследованиях автора выявлены волновой характер структурных изменений в оксидных минералах редких металлов в процессе механоактивации и закономерности изменения их энергосодержания и реакционной способности от вида аккумулированной энергии, физико-химических свойств и крупности исходного концентрата, что позволяет прогнозировать поведение системы после кратковременной механоактивации.

Разработаны научно обоснованные критерии оценки эффективности предварительной механоактивации оксидных минералов редких металлов для интенсификации их гидрометаллургического вскрытия.

При системном анализе 100 оксидных минералов по химической стойкости к действию кислот и энергоплотности кристаллических решеток предложено уравнение для расчета теоретически необходимого количества аккумулированной энергии, которое должно быть придано минералу при механоактивации для его эффективного гидрометаллургического вскрытия.

По нашему мнению, совокупность представленных Богатыревой Е.В. в автореферате материалов и результаты проведенных ею научных исследований вносит существенный вклад в развитие теории и практики механоактивации как метода обработки минералов для повышения их химической активности.

**3. Практическая значимость.** Богатыревой Е.В. разработана «Методика оценки энергетического состояния кристаллической решетки минералов после механоактивации концентратов с применением рентгеноструктурного анализа», опробованная на вольфрамитовых, шеелитовом, лопаритовом, перовскитовом, аризонитовом и ильменитовом концентратах. Созданы основы технологии с предварительной механообработкой обширного ряда концентратов, обеспечивающей при малой продолжительности механоактивации до 3 минут высокую степень

извлечения в раствор редких металлов при последующем низкотемпературном ( $<100^{\circ}\text{C}$ ) гидрометаллургическом вскрытии – более 98%.

Установлено, что кратковременная механоактивация обеспечивает энергоэффективность процесса вскрытия концентратов редких металлов со снижением продолжительности механообработки в 3-5 раз, уменьшением температуры вскрытия в 1,5-2 раза (с  $180-225^{\circ}\text{C}$  для шеелита, с  $140-200^{\circ}\text{C}$  для перовскита до  $90-100^{\circ}\text{C}$ ) и возможностью получения искусственного рутила из ильменитового и аризонитового концентратов гидрометаллургическим путём без предварительного пирометаллургического передела при  $850-1100^{\circ}\text{C}$ .

В целом ряде случаев автором практически подтверждены полученные режимы механообработки: вольфрамовых концентратов на ОАО «Победит», ильменитовых и аризонитовых концентратов на ОАО «Соликамский магниевый завод», что ильменитовых концентратов на ОАО «Гидрометаллургический завод» и ОАО «ВСМПО-АВИСМА», порошковых карбидов вольфрама и молибдена на ОАО «Техоснастка», продуктов переработки фосфогипса на ОАО «Воскресенские минеральные удобрения», что подтверждено соответствующими актами внедрений и испытаний.

Способы вскрытия этих концентратов и взаимосвязь энергетического состояния кристаллических решеток целевых минералов редкометалльных концентратов с их реакционной способностью защищены 5 патентами РФ.

#### **4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.**

Теоретические положения и практические рекомендации автора базируются на результатах, полученных с использованием современных инструментальных методов исследований при соблюдении необходимых процедур поверки приборов и обработки данных экспериментов.

#### **5. Достоверность приведенных в автореферате данных.**

Достоверность результатов проведённых экспериментов доказана воспроизводимостью результатов, в том числе при проверке в условиях действующих производств. Полученные автором данные согласуются с результатами подобных исследований, описанными в литературе.

#### **6. Замечания и рекомендации.**

К автореферату имеются следующие вопросы и замечания:

1. Какова продолжительность сохранения активированного состояния минералов после проведения механоактивации?

2. Введение понятия энергоплотности (стр. 9) как меры стойкости кристаллических решеток минералов полезно и обоснованно как метод предсказания их химической активности. Но как объяснить, например, что барит с энергоплотностью  $56,2 \text{ кДж/см}^3$  гораздо более стоек к действию кислот, чем витерит большей энергоплотностью  $60,6-62,0 \text{ кДж/см}^3$ , легко реагирующий с кислотами, образующими растворимые в воде соли бария? (табл. 1, стр. 10)

3. стр. 14, табл. 2 и далее: Почему при проведении механоактивации было выбрано массовое соотношение шаров к концентрату 200: 10 и 800: 10?

4. стр. 24, табл. 6: Применение столь больших избытков реагентов в промышленном производстве предполагает их регенерацию. Каким образом автор предлагает регенерировать щелочные агенты – едкий натр и соду?

5. Возможно ли совместить в одном процессе механоактивацию и химическое вскрытие минерала и будет ли этот процесс более эффективен?

**7.1. Соответствие материалов диссертации пункту 9 Положения ВАК РФ.** Несмотря на высказанные замечания, по нашему мнению, диссертация Богатыревой



Е.В., представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, соответствует основным современным требованиям.

## **7.2. Соответствие материалов диссертации пункту 10 Положения ВАК РФ.**

Богатырева Е.В. лично выбрала и обосновала направления исследований, организовала и провела эксперименты, обобщила их результаты, подготовила материалы к публикации, провела их апробацию, разработала программы и методики исследовательских испытаний в лабораторном и укрупненно-лабораторном масштабах. Все разработки выполнены под непосредственным руководством и при участии соискателя.

В диссертации представлены материалы, которые вполне достаточны для воспроизводства методик и получения перечисленных результатов.

## **7.3. Соответствие материалов диссертации пункту 11-14 Положения ВАК РФ.**

По теме диссертации опубликовано 62 печатных работ, 1 монография, 25 статей, в том числе 21 – в журналах перечня ВАК, 5 патентов Российской Федерации, 1 ноу-хау, 30 докладов и тезисов докладов на Международных и Всероссийских конференциях. Диссертация изложена на 332 страницах, содержит 67 таблиц и 134 рисунка. Список использованной литературы включает 271 наименование.

## **8. Заключение рецензента:**

По нашему мнению, диссертационная работа, представленная к защите Богатыревой Е.В., является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям пункта 9 Положения ВАК Министерства образования и науки России, применяемым к докторским диссертациям, а ее автор **Богатырева Елена Владимировна заслуживает присуждения искомой ученой степени – доктора технических наук** по специальности 05.16.02 – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

## **Данные о рецензенте:**

**9. Ученая степень, ученое звание:** доктор технических наук, специальность 05.17.02 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

**10. Должность:** заместитель начальника опытного цеха ОАО «Соликамский магниевый завод», руководитель группы перспективных направлений.

**11. Место работы полностью:** ОАО «Соликамский магниевый завод», опытный цех № 3.

**12. Фамилия, имя, отчество (полностью):** Чуб Александр Васильевич.

**13. Адрес места работы:** 618500, Пермский край, г. Соликамск, ул. Правды, 9

**14. Телефон:** 8-(34253)-66-3-28, 66-6-09

**15. E-mail:** [chub328@rambler.ru](mailto:chub328@rambler.ru)

Заместитель начальника опытного цеха,  
руководитель группы перспективных направлений,  
д.т.н., специальность 05.17.02 –  
«Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов»

А.В. Чуб

Подпись Чуба Александра Васильевича, доктора технических наук, заместителя начальника опытного цеха ОАО «Соликамский магниевый завод», удостоверяю:

Начальник административно-хозяйственного отдела ОАО «СМЗ»

Г. А. Тейхреб