

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор федерального государственного  
бюджетного учреждения науки «Институт  
горного дела им. Н. А. Чинакала» Сибир-  
ского отделения Российской академии  
наук



А.П. Хмелинин  
«30» Европей 2026 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт горного

дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук

на диссертационную работу Землянского Григория Сергеевича

«Обоснование оптимальных режимов обработки пиритосодержащих руд полями  
сверхвысокочастотного диапазона для повышения эффективности процессов  
рудоподготовки», представленную на соискание учёной степени кандидата  
технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных  
пород, рудничная аэrogазодинамика и горная теплофизика»

### Актуальность темы диссертации.

Одной из ключевых проблем при извлечении из руд ценных компонентов является раскрытие сростков. Традиционно применяемый на этапе дробления-измельчения механический способ разрушения руды в отсутствии эффективной предварительной обработки часто приводит к значительному переизмельчению, высоким энергетическим потерям, высокой себестоимости конечного продукта, а иногда и к неблагоприятным экологическим последствиям. Одним из способов повышения эффективности селективной дезинтеграции при рудоподготовке является применение электромагнитного воздействия, обеспечивающего разупрочнение сырья, при этом наиболее перспективны является применение сверхвысокочастотного излучения (от 300 МГц до 300 ГГц). В настоящее время не существует обоснованных критериев эффективности СВЧ-воздействия на горную породу, поэтому выбранная тема представляется весьма актуальной.

**Научная новизна работы** заключается в обнаружении особенности роста температуры пиритосодержащих руд при нагреве в СВЧ полях, проявляющейся в появлении на начальных этапах нагрева временного интервала, в течение которого с увеличением продолжительности СВЧ облучения не происходит роста температуры зерен пирита; а также в установлении факта структурных изменений кристаллической решётки пирита, сопровождающихся выходом избытка энергии через образованные дислокации на участке стабилизации температуры зерен пирита при СВЧ-воздействии.

**Научная ценность** исследования заключается в обосновании нового подхода к определению оптимального времени СВЧ-воздействия на

пиритосодержащие руды, основанном на анализе временной динамики изменения плотности дислокаций.

**Практическая значимость работы** заключается в определении оптимальных значений времен СВЧ-воздействия на пиритосодержащие руды в зависимости от содержания и крупности рудных зерен. Полученные автором диссертации результаты в части определения оптимального времени СВЧ воздействия по проявлению кратковременной стабилизации температуры минеральных зерен приняты к использованию при проведении лабораторных исследований в «Центре проблем метана и газодинамических явлений угольных и рудных месторождений» ИПКОН РАН и могут быть рекомендованы научно-исследовательским и проектно-конструкторским организациям, занимающимся созданием и разработкой устройств и технологий воздействия на горные породы с применением СВЧ-излучения (Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований», НИЦ «Курчатовский институт», научно-исследовательским университетам).

**Обоснованность и достоверность** научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается корректным использованием при проведении экспериментальных исследований аппаратурного обеспечения с высокими метрологическими характеристиками и апробированного программного обеспечения; непротиворечивостью полученных в ходе экспериментов данных законам физики, теории прочности, а также данным, опубликованными в научной литературе; минимизацией количества факторов, способных повлиять на результаты экспериментов, достигнутой за счёт их проведения на одном и том же оборудовании, при температурах, исключающих возможность фазовых переходов, а также за счёт подбора образцов с минимальным набором слагающих минералов и нулевым влагосодержанием.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на всероссийских и международных научно-технических конференциях. По теме диссертационной работы опубликовано 5 печатных работ, в том числе 3 – в научных статьях в рекомендованных ВАК РФ, из которых 2 – в изданиях, входящих в международную базу данных Scopus.

### **Структура и основное содержание диссертационной работы.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 138 наименований и трех приложений, изложена на 110 страницах текста и содержит 33 рисунка и 9 таблиц.

**Во введении** автором обоснована актуальность работы, сформулированы цель и идея исследования, приведены основные научные положения, научная и практическая значимость результатов исследования.

**В первой главе** показана перспективность применения СВЧ-воздействия в горном деле, проанализированы современные технологические решения в области разрушения металлосодержащих руд, использующих СВЧ-воздействие, а также проведен обзор существующих методов оценки эффективности СВЧ-воздействия на горные породы.

**Вторая глава** посвящена описанию экспериментальных исследований изменения температуры зерен пирита в СВЧ-полях. Приведено описание использованных в экспериментах образцов и применяемого оборудования; результаты гранулометрического анализа зерен пирита в образцах; установлен факт возникновения участков стабилизации температуры; получены корреляционные взаимосвязи между временем стабилизации температуры и содержанием и эквивалентным диаметром зерен пирита.

**Третья глава** посвящена исследованию внутренней структуры образцов методами рентгеновской дифрактометрии. По уширениям характерных пиков рентгенограмм рассчитаны плотности дислокаций в зернах пирита на различных участках нагрева, и их значения соотнесены с участками температурной стабилизации, что позволило сделать вывод о том, что резкое повышение плотности дислокаций в зернах пирита происходит на этапе стабилизации их температуры, причем значения этой плотности увеличиваются с ростом диаметра зерен пирита и их процентного содержания, а при дальнейшем нагреве, сопровождающемся ростом температуры образца, снижаются.

**В четвертой главе** приведены результаты исследования изменения динамического модуля упругости пирита от времени СВЧ-воздействия, позволившие установить, что снижение динамического модуля упругости образцов пиритовой руды происходит на этапе стабилизации температуры зерен пирита при их СВЧ-нагреве, что может служить основой для определения оптимального с точки зрения последующей дезинтеграции времени СВЧ-воздействия на пиритовую руду по времени окончания этапа стабилизации.

**В заключении** соискателем Землянским Г.С. приводятся основные научные результаты и выводы работы.

#### **Замечания по работе:**

1. В полученных автором регрессионных зависимостях, приведенных на рис. 2.7 – 3.10, отсутствует расшифровка параметров “у” и “х” и их размерностей.
2. Приведенная на рис. 3.9 и 3.10 размерность средней скорости снижения плотности дислокаций представляется неправильной.
3. В работе недостаточно подробно приведена методика определения времени прихода сдвиговой волны: как происходит дифференцирование сигнала? Как происходит запись временной формы сигнала?
4. На стр. 90 приведено утверждение: «Аналогичная ситуация наблюдается с динамическим модулем сдвига, демонстрирующим способность зёрен пирита сопротивляться сдвиговым деформациям при высокочастотных нагрузках». О каких высокочастотных нагрузках идет речь?

Высказанные замечания не снижают ценности диссертационного исследования. Автореферат диссертации и опубликованные работы достаточно полно отражают основные положения диссертации и результаты проведенных исследований.

#### **Заключение**

Диссертационная работа Землянского Григория Сергеевича «Обоснование оптимальных режимов обработки пиритосодержащих руд полями

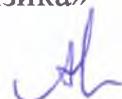
сверхвысокочастотного диапазона для повышения эффективности процессов рудоподготовки», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС».

Автор диссертационной работы – Землянский Григорий Сергеевич, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэrogазодинамика и горная теплофизика».

Отзыв на диссертацию Землянского Г.С. «Обоснование оптимальных режимов обработки пиритосодержащих руд полями сверхвысокочастотного диапазона для повышения эффективности процессов рудоподготовки» обсужден и одобрен на объединенном заседании лаборатории горной геофизики и лаборатории механики горных пород Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, протокол № 1, от 30.01.2026 г.

Отзыв подготовили:

Патутин Андрей Владимирович,  
кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
и.о. заведующего лабораторией горной геофизики ИГД СО РАН.  
Специальность: 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород,  
рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»



Патутин А.В.

Красновский Андрей Анатольевич,  
кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник, заведующий  
лабораторией механики горных пород ИГД СО РАН.  
Специальность: 01.02.04. – «Механика  
деформируемого твердого тела»



Красновский А.А.

30 января 2026 г.

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук» (ИГД СО РАН), 630091, Новосибирская область, город Новосибирск, Красный проспект, д.54.

Официальный сайт: <http://www.misd.ru>

Телефон: +7 (383) 205-30-30

Адрес электронной почты: [mailigd@misd.ru](mailto:mailigd@misd.ru)

Подписи Патутина А.В., Красновского А.А.  
заверяю, ученый секретарь ИГД СО РАН,  
кандидат технических наук

