

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА Д.С. КОРЖИНСКОГО  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**РОССИЙСКОЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО**



**ХIII ВСЕРОССИЙСКАЯ ШКОЛА  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ  
МИНЕРАЛОГИЯ,  
ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ»**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**27-28 октября 2022 г.  
Черноголовка**

УДК 550.4.02

**ХIII ВСЕРОССИЙСКАЯ ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ»:** Сборник материалов, ИЭМ РАН, Черноголовка, 2022 г., 101с.

В сборнике представлены материалы ХIII Всероссийской школы молодых ученых «Экспериментальная минералогия, петрология и геохимия». Школа организована на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт экспериментальной минералогии имени академика Д.С. Коржинского Российской академии наук (г.Черноголовка, 27-28 октября 2022 г.). В сборнике обсуждаются общие и частные проблемы экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии. Уделяется внимание условиям зарождения и эволюции магм, минеральным равновесиям в силикатных и рудных системах, исследованиям гидротермальных и флюидных систем, синтезу макро- и нанокристаллов, технической петрологии и материаловедению.

*Все материалы представлены в авторской редакции*

**ISBN 978-5-6041841-8-9**

ISBN 978-5-6041841-8-9



©ИЭМ РАН

Оглавление

*Акимова Е.Ю.*

Микротермометрия флюидных включений в минералах корундсодержащих и вмещающих пород проявления Хитоостров (Северная Карелия)..... 6

*Акимова Е.Ю.*

Метасоматическая переработка гранатовых амфиболитов на проявлении Хитоостров, Северная Карелия..... 8

*Асафов Е.В., Соболев А.В., Каззи Ш., Чугунов А.В.*

Изотопный состав водорода и содержания воды в коматиитовых магмах ..... 11

*Вайтиева Ю.А., Аксёнов С.М., Михайлова Ю.А., Пахомовский Я.А., Воронин М.В.*

Роль железа в структуре нефелина из Ловозерского щелочного массива по данным рентгеноструктурного анализа ..... 14

*Вовчина Т.А.*

Химический состав гранатов из гондитовых прослоев месторождения Изъякырьюское (Полярный Урал)..... 17

*Балицкая Е.Д., Лахова А.И., Сеткова Т.В., Голунова М.А., Балицкий В.С., Петров С.М., Плотникова И.Н., Бубликова Т.М.*

Флюидные включения в кварце, полученные в результате взаимодействия гидротермальных растворов с нефтяными углеводородами различных генотипов..... 18

*Чижигов А.П., Константинов А.С., Бажин П.М., Столин А.М.*

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез композиционного материала на основе оксида алюминия, упрочненного частицами диборида циркония..... 21

*Дугушкина К.А., Берзин С.В., Степанов С.Ю.*

Ксенолит в метеорите Челябинск (L15): минералогия, строение и механизм формирования ..... 23

*Дымищ А.М., Дорогокупец П.И., Шарыгин И.С.*

Уравнение состояния  $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$  (пироп) в приложении к фазовым переходам в переходной зоне Земли..... 25

*Дымищ А.М., Шарыгин И.С., Мальковец В.Г., Алифирова Т.А., Яковлев Д.А., Костровицкий С.И.*

Термальный режим и метасоматические процессы в литосферной мантии под Верхнемунским кимберлитовым полем..... 27

*Горбунов М.А., Кунилова И.В., Гольберг Г.Ю., Бухаркина Т.В.*

Исследование состава продуктов выщелачивания золы от сжигания углей..... 29

*Григорьева Е. И., Алферьева Я. О.*

Экспериментальное моделирование кристаллизации топазсодержащего гранита Этыкинского массива (Восточное Забайкалье)..... 32

*Игнатов М.А., Шацкий А.Ф., Арефьев А.В., Литасов К.Д., Ращенко С.В.*

Упорядоченная и разупорядоченная модификации  $K_2Ca_3(CO_3)_4$ ..... 35

*Йосимовска А.В., Чевычелов В.Ю.*

Изучение природных клинкеров Восточной Монголии из комплекса Хамарин-Хурал-Хид .....	38
<i>Исаков С.И.</i>	
Гидротермально-эксплозивные процессы в песчаных толщах миоцена близ с. Буглен. 40	
<i>Константинов А.С., Чижииков А.П., Бажин П.М., Антипов М.С.</i>	
Изучение реологического поведения и процессов структуро- и фазообразования в условиях процесса СВС-экструзии материалов на основе системы Ti-Al-V.....	42
<i>Корепанов Я.И.</i>	
Изучение фазовой диаграммы Ag-Au-Te при T=450 C.....	44
<i>Ковалев В.Н., Томас В.Г., Боровикова Е.Ю., Спивак А.В., Вирюс А.А., Сеткова Т.В.</i>	
Гидротермальный синтез и КР-спектроскопия монокристаллов твердого раствора $Ve_2(Si_{1-x}Ge_x)O_4$ со структурой фенакита.....	45
<i>Ковалев В.Н., Спивак А.В., Сеткова Т.В., Захарченко Е.С., Балицкий В.С., Зубкова Н.В.</i>	
Кремнийсодержащий оксид германия со структурой $\alpha$ -кварца: синтез и КР-спектроскопия при давлении до 30 ГПа.....	48
<i>Ковальский Г.А., Ковальская Т.Н., Ермолаева В.Н., Чуканов Н.В., Варламов Д.А., Калинин Г.М., Чайчук К.Д.</i>	
Синтетические фазы эвдиалитового состава.....	51
<i>Кузьмин Н.Н. Мальцев В.В., Микляева Е.П., Болдырев К.Н.</i>	
Экспериментальное изучение фазовых соотношений в системах $R_2O_3 - Cr_2O_3 - V_2O_5$ (R = Gd – Lu) при 1000 °C .....	54
<i>Лахова А.И., Петров С.М., Сеткова Т.В., Баликая Е.Д, Голунова М.А., Плотникова И.Н., Бубликова Т.М., Балицкий В.С.</i>	
Экспериментальное изучение взаимодействия гидротермальных растворов с кремнисто-карбонатной породой Бавлинского месторождения.....	56
<i>Лиманов Е.В., Бучинский В. В., Бутвина В.Г., Сафонов О.Г., Варламов Д. А.</i>	
Экспериментальное исследование реакций образования флогопита в системе гроссуляр-кноррингит-пироп-энстатит в присутствии флюида $H_2O-KCl$ при 3 ГПа и 900°C .....	58
<i>Федяева М.А., Лепешкин С.В, Оганов А.Р.</i>	
Предсказание структур и стабильности нанокластеров $Na_mCl_n$ .....	61
<i>Бубликова Т.М, Манохина Е.А., Некрасов А.Н., Балицкий В.С., Сеткова Т.В.</i>	
Строение синтетических аналогов тенорита и малахита, полученных в растворах аммиака.....	63
<i>Пискунова Н.Н.</i>	
Моделирование с помощью атомно-силовой микроскопии механического воздействия на растущий кристалл .....	65
<i>Русак А.А., Щекина Т.И., Котельников А.Р., Зиновьева Н.Г.</i>	

Сопоставление экспериментальных данных по фазовым отношениям и поведению редкоземельных элементов в гранитной системе с соответствующими наблюдениями в гранитах с редкометальной минерализацией .....	68
<i>Рыбин И.В</i>	
Новые данные по вакуумной декриптометрии кварцевых гидротермалитов Восточного Донбасса .....	71
<i>Рыбин И.В</i>	
Результаты определения энергонасыщенности системы «уголь-газ» методом вакуумной декриптометрии .....	74
<i>Рыбин И.В</i>	
Результаты дегазации систем «уголь-газ» при акустическом, вибрационно-волновом и электрическом воздействиях.....	77
<i>Сапегина А.В., Воронин М.В., Перчук А.Л., Сафонов О.Г.</i>	
Содержание Fe <sup>3+</sup> в клинопироксенах ксенолитов кимберлитовой трубки Удачная: результаты мёссбауэровской спектроскопии.....	80
<i>Соловьев К.М., Ковальская Т.Н.</i>	
Причины возникновения окраски минералов.....	81
<i>Сорокин Е.М., Хисина Н.Р.</i>	
Свидетельства термовосстановления двухвалентного железа в космическом веществе: наблюдения и эксперимент.....	84
<i>Терещенко Ю.А., Ковальская Т.Н.</i>	
Переработка полиметаллических руд и ее влияние на экологию.....	87
<i>Тобелко Д.П., Портнягин М.В., Крашенинников С.П.</i>	
Комплекс методов для оценки исходного содержания H <sub>2</sub> O в примитивных островодужных магмах на примере Камчатки.....	89
<i>Цыбуляев С.В., Базиков Н.С.</i>	
Новая модель формирования ферропикритовых магм, на примере палеопротерозойских вулканитов Курского блока Восточной Сарматии.....	92
<i>Шарапова Н.Ю., Бобров А.В., Спивак А.В., Искрина А.В., Корепанов В.И.</i>	
КР-спектроскопия твердого раствора в системе Fe-Ni-S.....	95
<i>Юричев А.Н.</i>	
Акцессорное золото из реститовых ультрамафитов офиолитовых комплексов.....	97
<i>Антипов М.С., Бажина А.Д., Константинов А.С., Чижиков А.П., Бажин П.М.</i>	
Изучение формуемости материалов на основе TiC - (5 – 50 мас. %) NiCr в условиях свободного СВС - сжатия.....	100

# ПЕРЕРАБОТКА ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЮ

Терещенко Ю.А.<sup>1</sup>, Ковальская Т.Н.<sup>2</sup>

Геошкола ЦДО МАН “Импульс”, г. Черноголовка,<sup>2</sup> Институт экспериментальной минералогии им. академика Д.С. Коржинского РАН, г. Черноголовка, yuliya.tereshchenko2005@gmail.com

Современная металлургия включает в себя большое количество способов получения чистого металла. Основным является пирометаллургия - отрасль металлургии, связанная с получением и очищением металлов и металлических сплавов при высоких температурах. Этому методу обработки подвергаются полиметаллические руды – комплексные руды, в которых главными ценными компонентами являются свинец и цинк, попутными - медь, золото, серебро, кадмий, иногда висмут, олово, индий и галлий. В результате технологии обжига выделяется сернистый газ (SO<sub>2</sub>), который попадает в атмосферу как отходы производства. Кислород воздуха вместе со светом окисляют сернистый газ до образования серного ангидрида. Конечным продуктом этого взаимодействия является аэрозоль серной кислоты в атмосфере, содержащийся в дождевых водах. Когда он выпадает вместе с дождём, то начинает подкислять почву и угнетающе воздействовать на физическое состояние людей [1 - 6].

Исходя из вышесказанного, поиск путей нейтрализации выделяемого в атмосферу при обжиге сульфидных руд диоксида серы является на сегодняшний день актуальной задачей, решение которой крайне необходимо в свете возникающей экологической проблемы.

В данной работе рассмотрен процесс выделения диоксида серы при обжиге сульфидных руд различного химического состава. Исследовались сульфидные руды, отобранные из 6 различных месторождений. Определение химического состава производилось на сканирующем электронном микроскопе Tescan MV2300 (VEGA TS 5130MM) в лаборатории физических методов исследования вещества ИЭМ РАН. Результаты химического анализа в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав сульфидных руд

Номер образца	Минерал	Состав								Массовая доля серы, %
		S		Fe		Mn, Co, Pb, Cu		Zn, Ni		
		Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%	
1	Пирит	53,56	66,91	45,43	32,58	0	0	0	0	54,1
2	Пирит	51,48	64,93	48,04	34,79	0	0	0	0	52,7
3	Пирит	54,60	67,80	44,15	31,47	0	0	0	0	55,3
4	Сфалерит	36,78	53,86	5,73	4,81	0,54 (Mn)	0,46 (Mn)	56,49 (Zn)	40,58 (Zn)	36,9
5	Сфалерит	35,28	52,23	5,94	5,05	0,70 (Mn)	0,61 (Mn)	57,32 (Zn)	41,63 (Zn)	35,5
6	Пирротин	41,62	55,42	56,95	43,54	0,86 (Co)	0,62 (Co)	0,58 (Ni)	0,42 (Ni)	41,6
7	Галенит	12,84	48,77	0	0	86,06 (Pb)	50,58 (Pb)	0	0	12,98
8	Халькопирит	34,9		30,54		34,57 (Cu)		0		34,9

В работе проведено 2 эксперимента по обжигу руд.

Химическая реакция обжига:  $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2 + \text{Q}$ .

Эксперимент №1: 1) Измельчение пирита в порошок; 2) Помещение порошка в специальную установку с нагревом и газоотводной трубкой (рис.1), ведущей в пробирку с раствором гидроксида бария (Ba(OH)<sub>2</sub>); 3) Нагревание порошка; 4) Наблюдение выпадения белого осадка (BaSO<sub>3</sub>) и выделения бесцветного газа с запахом жжёных спичек (SO<sub>2</sub>).



Рисунок 1. Экспериментальная установка с нагревом и газоотводной трубкой для наблюдения выделения диоксида серы при обжиге полиметаллических сульфидных руд.

Эксперимент №2: 1) Измельчение пирита в порошок; 2) Помещение порошка в специальную установку с нагревом и газоотводной трубкой (рис.1), ведущей в пустую пробирку (дном вниз, т.к. сернистый газ тяжелее воздуха); 3) Нагревание порошка; 4) Наблюдение выделения бесцветного газа с запахом жжёных спичек ( $\text{SO}_2$ ).

Таким образом, в работе было доказано выделение сернистого газа (диоксида серы) при обжиге полиметаллических сульфидных руд.

В работе также предложены возможные варианты решения экологической проблемы, возникающей при пирометаллургическом процессе: 1. Консервация вредных токсичных отходов (в нашем случае  $\text{SO}_2$ ) с использованием бария (получаем барит) и создание минеральных матриц, которые плохо разлагаются в земной коре. 2. Модернизация очистных сооружений. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны предложенных вариантов, а также перспективы и направления дальнейших исследований.

#### Литература

1. <https://habr.com/ru/post/546444/>
2. <https://novayagazeta.ru/articles/2017/10/20/74267-krik-otravlennogo-goroda>
3. <https://cyberleninka.ru/article/n/pochvennaya-matritsa>
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
5. Бетехтин А.Г. «Курс минералогии. Учебное пособие» — М.: КДУ, 2007. - 721 с
6. Власов Е.А., Герасимов Е.И., Пеков И.В «Питкярантская учебная минералогическая практика» МАКС Пресс, Москва, 2008 г., 60 стр.