

**УРАЛЬСКАЯ
МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ
ШКОЛА – 2023**



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Уральское отделение

Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого

Уральский государственный горный университет

Уральское отделение Российское минералогическое общество



ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
УРАЛЬСКАЯ
МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ШКОЛА – 2023
ПОД ЗНАКОМ
ИНДИКАТОРОВ МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩИХ СРЕД
И УСЛОВИЙ ПЕТРО- И РУДОГЕНЕЗА

18–24 сентября 2023 г.

ЕКАТЕРИНБУРГ

2023

УДК 549.1

XXIX Всероссийская научная конференция «Уральская минералогическая школа – 2023». Сборник статей студентов, аспирантов, научных сотрудников академических институтов и преподавателей ВУЗов геологического профиля. Екатеринбург: Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН, 2023. 232 с.

ISBN 978-5-94332-129-0

Фотографии на обложке:

микроснимок петрографического шлифа
мантийного ксенолита в базальтах,
вулкан Карьерный. Фото Ахмедова Д. А.



СОДЕРЖАНИЕ

- 8 **G. Sezerer**
NEW FINDING SERIES: THE NEW DISCOVERY FIELDS ABOUT PRECIOUS METALS IN ANATOLIA
- 10 **Азарова Ю. В.**
О ХРОМИТЕ ГОЛОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИЗ ФОНДОВ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ ИМ. В. И. ВЕРНАДСКОГО РАН
- 13 **Аюпова Н. Р., Ятимов У. А., Шепель Е. В., Целуйко А. С.**
СЛОИСТЫЕ ГЕМАТИТ-МАГНЕТИТОВЫЕ РУДЫ СУХОДОЙСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СЕВЕРНЫЙ УРАЛ
- 15 **Берзин С. В., Петров С. В., Конопелько Д. Л., Курапов М. Ю., Червяковский В. С.**
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ ИНДИКАТОРОВ Cu-Mo-Au-ПОРФИРОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГРАНИТОИДОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ П-ВА ТАЙМЫР
- 17 **Бибко А. А., Бухарова О. В., Лычагин Д. В.**
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОСТНОГО АПАТИТА
- 19 **Бобров А. В., Бенделиани А. А.**
МАНТИЙНЫЙ АЛФАВИТ: ИДЕЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА В НЕДРАХ ЗЕМЛИ
- 21 **Богданова Л. И., Михайловская З. А., Щапова Ю. В.**
СИНТЕЗ И АТТЕСТАЦИЯ ФОСФАТОВ РЗЭ С ОДНО- И ДВУХПОДРЕШЕТОЧНЫМИ ЗАМЕЩЕНИЯМИ
- 24 **Бокарева А. А., Рассказов С. В.**
РАСШИФРОВКА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛИТОСФЕРНОЙ МАНТИИ В ГЛУБИННЫХ КСЕНОЛИТАХ ИЗ ТЕФРИТОВ ВУЛКАНА ШИЛИЙН-БОГД ЮГО-ВОСТОЧНОЙ МОНГОЛИИ
- 26 **Булатов В. А., Радостева Д. О., Желунецын И. А., Замятин Д. А.**
ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОДНОРОДНОСТИ ПОРОШКОВОЙ ПРОБЫ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГРАНАТА $Y_3Fe_5O_{12}$ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВОГО МИРКОАНАЛИЗА
- 29 **Бутвина В. Г., Лиманов Е. В., Сафонов О. Г., Якушик М. А., Ван К. В.**
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИНДИКАТОРНЫХ РЕАКЦИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ФЛОГОПИТА ПРИ УЧАСТИИ ХРОМСОДЕРЖАЩЕГО ГРАНАТА ПРИ P-T УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ
- 32 **Бушнева Т. Д., Чареев Д. А., Шванская Л. В.**
СИНТЕЗ АНАЛОГА ЭЛАСМОХЛОИТА МЕТОДОМ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ РЕАКЦИИ
- 34 **Бычкова Е. С., Бондаренко Н. В.**
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ИНЪЯЛИ-ДЕБИНСКОГО ТЕРРЕЙНА (НА ПРИМЕРЕ ЫЛЭНСКОГО РУДНОГО УЗЛА, РЕСПУБЛИКА САХА, ЯКУТИЯ)
- 38 **Васильев Е. А.**
ТИПОМОРФИЗМ АЛМАЗА СЕВЕРО-ВОСТОКА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ
- 41 **Войтин А. А., Малич К. Н.**
НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ТИПОМОРФИЗМУ И ТИПОХИМИЗМУ МИНЕРАЛОВ ЗОЛОТА ИЗ РОССЫПЕЙ РЕК ГУЛЭ И ДУНИТОВАЯ, (МАЙМЕЧА-КОТУЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ)
- 45 **Гаранин В. К.**
КАКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫТИЯ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗА В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ
- 48 **Глухов М. С., Шиловский О. П.**
НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АУТИГЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В КОСТНОЙ ТКАНИ ПОЗВОНКОВ МОРСКИХ РЕПТИЛИЙ ИЗ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

- 51 **Гроховский В. И.**
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МИНЕРАЛЫ МЕТЕОРИТОВ
- 53 **Давлетшина А. А., Замятин Д. А.**
ГРАНУЛЯРНОЕ ЗЕРНО ЦИРКОНА ($ZrSiO_4$) С ВКЛЮЧЕНИЯМИ БАДДЕЛЕИТА (ZrO_2) ИЗ КРАТЕРА КАРА, УРАЛ
- 55 **Евсюкова А. А.**
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНАТОВ МУРХОЙСКОЙ СВИТЫ (НИЖНЕУДИНСКИЙ РАЙОН ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)
- 58 **Вотяков С. Л., Замятин Д. А., Шапова Ю. В., Червяковская М. В.**
АЛГОРИТМ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОГО СОСТАВА, СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МИНЕРАЛОВ, РЕАЛИЗОВАННЫЙ В ЦКП «ГЕОАНАЛИТИК» ДЛЯ РЕШЕНИЯ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ
- 60 **Золотарев А. А. мл., Шевелева Р. М., Житова Е. С., Авдонцева М. С., Пеков И. В., Кржижановская М. Г., Бочаров В. Н., Шендрик Р. Ю., Власенко Н. С., Золотарев А. А., Рассомахин М. А., Кривовичев С. В.**
КРИСТАЛЛОХИМИЯ NH_n -СОДЕРЖАЩИХ ФАЗ ($n = 3, 4$) ИЗ ГОРЕЛЫХ ОТВАЛОВ ЧЕЛЯБИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА
- 63 **Иванова Ю. Н., Тюкова Е. Э.**
МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ КАРЬЕРНОЕ, ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ
- 66 **Игошева В. С., Киселева Д. В., Фокина А. К.**
К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ Li, Ta, Nb, Be, Cs И Rb МЕТОДОМ ИСП-МС В ЛИТИЕВЫХ РУДАХ И ПЕГМАТИТАХ
- 69 **Игошева В. С., Киселева Д. В., Фокина А. К.**
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВЫСОКОЧИСТОГО КВАРЦА МЕТОДАМИ ИСП-МС И ИСП-АЭС НА ПРИМЕРЕ ЮТА-STANDARD (UNIMIN)
- 72 **Исаенко С. И.**
ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕОБРАБОТАННЫХ ПРИРОДНЫХ КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА МЕТОДОМ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА
- 75 **Калугина А. Д., Зедгенизов Д. А.**
КР-СПЕКТРОСКОПИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ КОЭСИТА В ПРИРОДНЫХ АЛМАЗАХ
- 77 **Карасева Е. С., Мурзин В. В., Варламов Д. А., Кисин А. Ю.**
МИНЕРАЛОГИЯ РУДНЫХ ЖЕЛВАКОВ В АССОЦИАЦИИ С ДЕМАНТОИДОМ ПОЛДНЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
- 80 **Каримова Ф. Б., Джуманиязов Д. И.**
МЕДНО-ПОРФИРОВАЯ ФОРМАЦИЯ БЕЛЬТАУ-КУРАМИНСКОГО ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКОГО ПОЯСА (СРЕДИННЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ, УЗБЕКИСТАН)
- 82 **Кирьянова Ю. В., Каллистов Г. А., Осипова Т. А.**
КУМУЛЯТИВНАЯ ПРИРОДА ВЫСОКОМАГНЕЗИАЛЬНОГО ДИОРИТА ЧЕЛЯБИНСКОГО ГРАНИТОИДНОГО МАССИВА
- 85 **Кисин А. Ю., Карасева Е. С.**
ИСТОРИЯ ЗАРОЖДЕНИЯ И СТАНОВЛЕНИЯ ГЕММОЛОГИИ
- 90 **Корсаков А. В., Демин С. П., Романенко А. В., Михайленко Д. С.**
МИНЕРАЛЫ-КОНЦЕНТРАТОРЫ КАЛИЯ – ИНДИКАТОРЫ МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ В ГЛУБОКО СУБДУЦИРОВАННЫХ ПОРОДАХ
- 93 **Корякина А. В., Плотинская О. Ю.**
ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ХЛОРИТА НА ТАРУТИНСКОМ МЕДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)
- 96 **Кох С. Н.**
ПИРОГЕННЫЙ МЕТАМОРФИЗМ КАК ЧАСТЬ ЯВЛЕНИЯ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА

- 99 **Куприянова И. И., Кувшинова Л. А., Кувшинова К. А., Клименцова Н. И.**
АРХИВ ВИМСА ПО КОЛЛЕКЦИЯМ «БЕРИЛЛИЕВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РОССИИ И СТРАН СНГ», ОЦИФРОВАННЫЙ И.И. КУПРИЯНОВОЙ. ЕГО ДОСТОИНСТВА И ПРОБЛЕМЫ
- 101 **Лепеха С. В., Васильев Е. А., Кобузов А. С., Зедгенизов Д. А.**
ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ЦЕНТРА 793.5 нм В КРИСТАЛЛАХ ПРИРОДНОГО АЛМАЗА
- 104 **Лиханов И. И.**
ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ОБСТАНОВОК АКТИВНОГО ТЕКТОГЕНЕЗА
- 107 **Лихоман О. А.**
СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В ЛОКАЛИЗАЦИИ И РАЗМЕЩЕНИИ РТУТНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ (ЮЖНОЕ ПРИУРАЛЬЕ)
- 110 **Мандрыгина Д.А., Михайловская З. А.**
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В ПРИРОДОПОДОБНЫХ ЦИРКОНАХ, ЗАМЕЩЕННЫХ ИЗБРАННЫМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ
- 112 **Мартынюк Е. В., Сидоров Д. А.**
МИНЕРАЛОГИЯ ПОРОД ДОЮРСКОГО КОМПЛЕКСА КАМЕННОЙ ПЛОЩАДИ КРАСНОЛЕНИНСКОГО СВОДА
- 116 **Масленников В. В.**
ГАЛЬМИРОЛИЗ КАК ФАКТОРА НАКОПЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНАХ
- 119 **Мельчаков С. Ю., Некрасова А. А.**
К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ РАСКРЫТИЯ КАССИТЕРИТА И ШЕЕЛИТА В ПРОДУКТАХ ОБОГАЩЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ СИАМС «МИНЕРАЛ С7»
- 121 **Миденко Я. М., Пахомова С. Б., Шилова О. А., Бузин И. В., Ванданова Д. Б.**
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕГИОНА ПРОИСХОЖДЕНИЯ ИЗУМРУДОВ НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА
- 124 **Мизецкая А. В.**
УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РУД ДЖУСИНСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
- 126 **Мизецкая А. В.**
ХАЛЬКОПИРИТ МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОРЕНБУРГСКОЙ ЧАСТИ ЮЖНОГО УРАЛА
- 129 **Михайленко Д. С., Аулбах С., Корсаков А. В., Губанов Н. В., Шу Ю.-Г.**
ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ КИСЛОРОДА В КОЭСИТЕ ИЗ КСЕНОЛИТОВ ЭКЛОГИТОВ
- 131 **Молчанов В. П., Медков М. А., Иванников С. И.**
САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО РУДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ АРИАДНЕНСКОЙ ИНТРУЗИИ УЛЬТРАБАЗИТОВ (ПРИМОРЬЕ)
- 134 **Мурзин В. В.**
МЕДЬ В САМОРОДНОМ ЗОЛОТЕ И ЕЕ ИНДИКАТОРНОЕ ЗНАЧЕНИЕ
- 137 **Николаев А. В.**
СКАНИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ МИНЕРАЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ МЕДЕКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
- 140 **Нуриева Е. М., Петрова Р. Д.**
МУЗЕЙНЫЕ КОЛЛЕКЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ ИМ. А. А. ШТУКЕНБЕРГА КФУ – ИСКУССТВО ПРИРОДЫ В КАМНЕ И ИСТОЧНИК ЗНАНИЙ
- 142 **Окулов А. В., Черных А. И., Сорокин Д. А., Позднякова Н. Н., Кряжев С. Г., Прохорова М. А.**
МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ КИЗАССКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ)
- 145 **Пальянова Г. А., Сидоров Е. Г.**
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ МЕДЬСОДЕРЖАЩЕГО ЗОЛОТА (р. ОЛЬХОВАЯ-1, КАМЧАТСКИЙ МЫС)

- 147 **Перевозникова Е. В., Казаченко В. Т.**
ИЗОТОПНЫЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ХЕМОГЕННО-БИОГЕННОЙ ПРИРОДЫ
МАРГАНЦЕВОСИЛИКАТНЫХ ПОРОД И СИЛИКАТНО-МАГНЕТИТОВЫХ РУД СИХОТЭ-АЛИНЯ
- 151 **Перфилова О. Ю., Самородский П. Н., Клейменов В. В., Лисина Д. Г., Брит В. А., Бахова В. В.**
СКАРНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И РУДОПРОЯВЛЕНИЯ СЕВЕРНОЙ ХАКАСИИ
КАК ИСТОЧНИКИ КОЛЛЕКЦИОННОГО СЫРЬЯ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОБЕКТЫ ГЕОТУРИЗМА
- 155 **Печурин М. С., Панкрушина Е. А., Вотяков С. Л.**
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТРУКТУРУ ПРИРОДНОГО
ФЕНАКИТА ПО ДАННЫМ РАМАНОВСКОЙ *in situ* СПЕКТРОСКОПИИ
- 157 **Плечов П. Ю.**
ФЛЮИД РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ДАННЫМ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ
В МИНЕРАЛАХ
- 159 **Погребная Д. А., Вахромеев А. Г., Долгова Е. И.**
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛИТИЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
В БАССЕЙНАХ СОЛЯНЫХ ОЗЕР (НА ПРИМЕРЕ ВЫСОКОГОРНЫХ САЛАРОВ АНД, ЮЖНАЯ
АМЕРИКА)
- 162 **Поленов Ю. А.**
УРАЛЬСКИЕ РУДОНОСНЫЕ ШОВНЫЕ ЗОНЫ
- 164 **Полин В. Ф.**
ПЕТРОГЕНЕЗИС И ГЕОДИНАМИКА СТАНОВЛЕНИЯ ДАРЬИНСКОГО ФОИДОЛИТ – ФОИДОСИЕ-
НИТОВОГО КОМПЛЕКСА КЕТКАПСКО-ЮНСКОЙ МАГМАТИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ АЛДАН-
СКОГО ЩИТА
- 168 **Пономарева Н. И., Бочаров В. Н., Галина П. А.**
УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В КВАРЦЕ ПАКИСТАНА
- 171 **Потапов С. С., Паршина Н. В., Латюк Е. С., Горячев А. А., Червяцова О. Я.**
ПОБОЧНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ
БИОВЫЩЕЛАЧИВАНИИ БЕДНЫХ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД
- 176 **Рахимов И. Р.**
МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАМАФИТОВЫХ ШТОКОВ
ХУДОЛАЗОВСКОГО КОМПЛЕКСА ЮЖНОГО УРАЛА КАК СВИДЕТЕЛЬСТВО ПРОЦЕССОВ
ВНУТРИКАМЕРНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ
- 179 **Ронкин Ю. Л.**
МЕТОДЫ ИЗОТОПНОЙ ГЕОЛОГИИ, КАК ИНСТРУМЕНТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА АЛМАЗОВ:
СОСТОЯНИЕ НА 2023 г.
- 182 **Ронкин Ю. Л., Чащухин И. С., Пучков В. Н.**
К ПРОБЛЕМАМ ВОЗРАСТА, ГЕНЕЗИСА И ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ПОЗИЦИИ ГИПЕРБАЗИТОВЫХ
МАССИВОВ КРАКА (Ю. УРАЛ)
- 185 **Рязанова Т. А., Яцканич Е. А.**
ГЕНЕЗИС ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ОСАДОЧНЫХ, МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИ-
ЧЕСКИХ ДОЮРСКИХ КОМПЛЕКСАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ
- 188 **Салимгараева Л. И., Березин А. В.**
ПРОБЛЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ГРАНАТИТОВ ИЗ ЭКЛОГИТОВОГО КОМПЛЕКСА МАРУН-КЕУ
(ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)
- 191 **Серебрянников А. О., Михайленко Д. С., Логвинова А. М.**
МЕТАСОМАТИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ГЛУБОКО-СУБДУЦИРОВАННЫХ ПОРОД
НА ПРИМЕРЕ КСЕНОЛИТА ЭКЛОГИТА ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ УДАЧНАЯ
- 193 **Скублов С. Г., Романова Л. Ю.**
ГЕОХИМИЯ ЦИРКОНА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ
- 196 **Смирнов С. З.**
МИНЕРАЛОГИЯ ФЛЮИДНЫХ И РАСПЛАВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ

- 199 **Усанова О. И., Бондаренко Н. В., Шатилова Л. В.**
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА СТРУКТУРУ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА НА ПРИМЕРЕ УЧУЙСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (РЕСПУБЛИКА САХА-ЯКУТИЯ)
- 202 **Ушакова С. А., Плечов П. Ю., Щербаков В. Д.**
МЕТАСОМАТИЧЕСКИЙ ГЕНЕЗИС КАРИТОВ МУРУНСКОГО КОМПЛЕКСА
- 205 **Федоров С. А., Перепелицын В. А., Давыдов С. Я.**
ХИМИЧЕСКИЙ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ВТОРИЧНО ИЗМЕНЕННОГО ТЕХНОГЕННОГО МАГНЕЗИАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА
- 208 **Хамедова Е. В., Гаврюшкина О. А.**
МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ПЕРМО-ТРИАССОВЫХ ГРАНИТОИДОВ ТИГИРЕКСКОГО ИНТРУЗИВА (РУДНЫЙ АЛТАЙ)
- 210 **Хмельницкая М. О., Верещагин О. С., Власенко Н. С.**
БЕСКИСЛОРОДНЫЕ МИНЕРАЛЫ БАЗАЛЬТОИДОВ о. ДИСКО (ГРЕНЛАНДИЯ)
- 212 **Целуйко А. С., Аюпова Н. Р. Артемьев Д. А., Котляров В. А.**
ГРАНАТОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ РУДНОГОРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ): ДАННЫЕ ЛА-ИСП-МС АНАЛИЗОВ
- 215 **Чашухин И. С.**
ИТОГИ СРАВНИТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ОРОГЕННЫХ И ОФИОЛИТОВЫХ УЛЬТРАМАФИТОВ УРАЛА – СЛЕДСТВИЯ ИЗ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ
- 218 **Чебыкин Н. С., Замятин Д. А.**
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ УДАРНО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ТИТАНИТОВ КАРСКОЙ АСТРОБЛЕМЫ
- 220 **Червяковский В. С., Червяковская М. В., Пупышев А. А., Вотяков С. Л.**
ЛА-ИСП-МС ОПРЕДЕЛЕНИЕ U-PV-ИЗОТОПНОГО СОСТАВА АПАТИТА
- 223 **Шафронова Д. В., Великих А. В., Овчинникова А. С., Бедова Е. А.**
ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕЯКОВЛЕВСКОЙ ПОДСВИТЫ В ПРЕДЕЛАХ ТАЗОВСКО-ЕНИСЕЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ
- 226 **Швоева Е. Д.**
МИНЕРАЛОГИЯ ФЛОГОПИТОВОГО КОМПЛЕКСА (КОВДОРСКИЙ МАССИВ, МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)
- 229 **Швоева Е. Д.**
ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЛЮДЫ ФЛОГОПИТА ИЗ ФЛОГОПИТОВОГО КОМПЛЕКСА КОВДОРСКОГО МАССИВА

КРИСТАЛЛОХИМИЯ NH_n -СОДЕРЖАЩИХ ФАЗ ($n = 3, 4$) ИЗ ГОРЕЛЫХ ОТВАЛОВ ЧЕЛЯБИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Золотарев А. А. мл.¹, Шевелева Р. М.¹, Житова Е. С.^{1,2}, Авдонцева М. С.¹, Пеков И. В.³,
Кржижановская М. Г.¹, Бочаров В. Н.¹, Шендрик Р. Ю.⁴, Власенко Н. С.¹, Золотарев А. А.¹,
Рассомахин М. А.⁵, Кривовичев С. В.^{1,6}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, a.zolotarev@spbu.ru

²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

³Московский государственный университет, Москва

⁴Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск

⁵Южно-Уральский ФНЦ минералогии и геоэкологии УрО РАН, Миасс

⁶ФИЦ Кольский научный центр РАН, Апатиты

Горелые отвалы Челябинского угольного бассейна (ЧУБ) являются уникальным в своем роде объектом техногенного фазообразования. За время их изучения было описано более 240 различных минералоподобных соединений, причем около 50 из них были уникальными на момент первого описания. Восемь фаз, найденных в Челябинских отвалах, были утверждены в качестве новых минеральных видов [Чесноков и др., 2008]. Особый интерес представляют аммоний-содержащие фазы, образовавшихся в результате контакта с органическим веществом при повышенных температурах. В пределах горелых отвалов ЧУБ описано по крайней мере 16 NH_4^+ -содержащих фаз (из них две фазы были утверждены в качестве действительных минеральных видов). Их образование связано с кристаллизацией из газовой фазы в так называемую «псевдофумарольную» стадию или в результате гипергенных процессов. Такие фазы имеют много кристаллохимического общего с фумарольными аммоний-содержащими минералами и аналогичными минералами, образующимися при реакциях минеральных компонентов с органическим веществом [Parafiniuk and Kruszewski, 2009; Zolotarev et al., 2019; Житова и др., 2019; Zhitova et al., 2018]. Ранее в рамках данного направления нами были детально исследованы две аммониевые минералоподобные фазы $\text{NH}_4\text{MgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}^{3+}\text{Cl}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ из горелых отвалов ЧУБ [Zolotarev et al., 2019] и показано, что они не только химически, но и структурно аналогичны минералам кремерзиту и новограбленовиту соответственно. Помимо аммониевых фаз, в ЧУБ описана аммиакатная фаза состава $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ с NH_3^0 комплексами, что является большой редкостью. В данной работе представлены новые кристаллохимические данные для ряда NH_n -содержащих фаз ($n = 3, 4$) из горелых отвалов ЧУБ.

Минералоподобная техногенная фаза $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$, содержащая NH_3^0 комплексы, исследована методами монокристалльной и порошковой рентгеновской дифракции при разных температурах, методами спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС) и инфракрасной (ИК-) спектроскопии [Zolotarev et al., 2023]. Антропогенная фаза $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ ромбическая, пр. гр. *Imma*, $a = 7.7399(6)$, $b = 8.0551(5)$, $c = 8.4767(8)$ Å, $V = 528.49(7)$ Å³, $R_1 = 0.0388$, $Z = 4$ (для температуры 200 К). Кристаллическая структура $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ основана на изолированных тетраэдрах ZnN_2Cl_2 , соединенных водородными связями (между NH_3 группами и атомами Cl) в трехмерную сеть. При нагревании фаза $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ стабильна примерно до температуры 150 °С, что хорошо согласуется с данными о температуре ее образования. Кристаллическая структура $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ расширяется анизотропно, наиболее сильное тепловое расширение наблюдается вдоль направления a_a . Тепловое расширение структуры контролируется системой водородных связей. КРС- и ИК-спектроскопические характеристики этой фазы близки к характеристикам минерала амминейта, $\text{CuCl}_2(\text{NH}_3)_2$ [Vojar et al., 2010], где четко различимы пики, соответствующие NH_3^0 группам. Исследованная техногенная фаза, образующаяся в условиях горелых угольных отвалов, идентична синтетическому соединению $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ [Ivšić et al., 2019 и ссылки внутри]. Источником NH_3^0 комплексов для образования техногенной фазы было, вероятно, специфическое органическое вещество. Образование данной фазы в природе возможно в очень специфических условиях - при взаимодействии цинксоодержащих минералов с органическим веществом (гуано).

Аммоний-содержащая техногенная фаза $(\text{NH}_4)_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (аналог минерала буссенготита) была исследована методом монокристалльного рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии, порошковой терморентгенографии *in situ* и КРС-спектроскопии. Данная фаза кристаллизуется в моноклинной сингонии, пр. гр. $P2_1/a$, параметры элементарной ячейки: $a = 9.3183(4)$, $b = 12.6070(4)$, $c = 6.2054(3)$ Å,

$\beta = 107.115(5)^\circ$, $V = 696.70(5) \text{ \AA}^3$, $Z = 2$. Эмпирически рассчитанная формула $(\text{NH}_4)_{1.99}(\text{Mg}_{1.02}\text{Fe}_{0.01})(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. По результатам порошковой терморентгенографии *in situ* были обнаружены следующие фазовые высокотемпературные преобразования: аналог буссенготита $(\text{NH}_4)_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (25 – 90 °C) → рентгеноаморфная фаза (100 – 150 °C) → аналог ефремовита $(\text{NH}_4)_2\text{Mg}_2(\text{SO}_4)_3$ (160-340 °C) → MgSO_4 ((340 – 700 °C). Кристаллическая структура аналога буссенготита расширяется анизотропно, при этом наибольшее термическое расширение наблюдается вдоль оси b (α_{22}) и также, предположительно, контролируется расположением в трехмерной структуре системы водородных связей. Спектроскопия нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) в инфракрасной области проводилась для образцов техногенного аналога буссенготита, прокаленных при температурах 150, 200, 250, 300 и 400 °C, а также для непрокаленной (исходной) фазы. Для спектра, записанного при 25 °C характерно наличие четырех компонент в области 4000-2800 см^{-1} : 3270, 3180, 3080 и 2850 см^{-1} , относящихся к валентным колебаниям N-H и O-H; интенсивные полосы, относящиеся к аммоний-иону наблюдаются в области 1413-1425 см^{-1} , наиболее интенсивная полоса, отнесенная к сульфат-иону обнаруживается при 1057 см^{-1} . При прогреве до 150 °C наблюдается уменьшение интенсивности полос в области 4000-2800 см^{-1} при сохранении интенсивности полос в области 1413-1425 см^{-1} , что является следствием дегидратации аналога буссенготита. Спектры, записанные с образцов, прокаленных при 150, 200, 250, 300 °C соответствуют дегидратированной модификации аналога буссенготита, для них также характерно смещение полос, связанных с сульфат-ионом с 1057 см^{-1} (в исходной фазе) к ~ 1080 см^{-1} (прокаленная до 150 °C фазе) до 1118 см^{-1} (прокаленные до 200, 250 и 300 °C), что отражает происходящие фазовые преобразования из аналога буссенготита в аналог ефремовита. Образец, прокаленный до 400 °C имеет принципиально отличный спектр, в котором отсутствуют N-H и O-H колебания, а колебания, относящиеся к сульфат-иону, состоят из трёх интенсивных компонент. Таким образом, по результатам спектроскопии НПВО также были зафиксированы этапы дегидратации и деаммонизации техногенного аналога буссенготита.

Аммоний-содержащие техногенные аналоги чермигита $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ и лонкрикита $\text{NH}_4\text{Fe}^{3+}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ были также прокалены при 100, 250, 350, 450 и 600 °C и исследованы при комнатной температуре методами порошковой рентгенографии, ИК- и КРС- спектроскопии. По результатам порошковой рентгенографии аналог чермигита $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ при прокаливании образует смесь аналогов миллозевичита $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и масканьита $(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)$ (при 100 °C), аналог годовиковита $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ (при 250, 350 и 450 °C), и чистый аналог миллозевичита (при 600 °C); а аналог лонкрикита $\text{NH}_4\text{Fe}^{3+}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ образует аналог карлсонита $(\text{NH}_4)_5\text{Fe}_3\text{O}(\text{SO}_4)_6 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (при 100 °C), смесь аналогов сабеита $\text{NH}_4\text{Fe}^{+3}(\text{SO}_4)_2$ и микасаита $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (при 250 и 350 °C), и чистый аналог микасаита (при 450 и 600 °C). Результаты прокаливания *ex situ* аналога чермигита в целом совпадают с результатами терморентгенографии *in situ* для чермигита с термальных полей Камчатки [Житова и др., 2019]. Результаты Рамановской и ИК-спектроскопии также согласуются с данными порошковой рентгенографии: спектры прокаленного при 100 °C образца аналога чермигита соответствуют спектрам непрокалённой модификации, более высокотемпературное прокаливание приводит к дегидратации аналога чермигита (250, 350 °C) и деаммонизации (600 °C), а в случае аналога лонкрикита дегидратация прослеживается при более низкотемпературном прокаливании (100, 250, 350 °C), и также видна деаммонизация при более высокотемпературном прокаливании (600 °C). Таким образом, техногенные аммониевые гидратированные фазы оказались устойчивы до температур < 100 °C, что, вероятно, и соответствовало температуре их образования в условиях горелых отвалов ЧУБ. Сходные условия минералообразования также характерны для низкотемпературных вулканических обстановок, где встречаются природные гидратированные аммониевые сульфаты Al, Fe, Mg [Житова и др., 2019; Zhitova et al., 2018].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00147, <https://rscf.ru/project/23-27-00147/>. Исследования проведены с использованием оборудования РЦ «РДМИ» и «Геомодель» Научного парка СПбГУ; исследование ИК-спектров техногенного аналога буссенготита было проведено с помощью оборудования ЦКП «Изотопно-геохимических исследований ИГХ СО РАН».

ЛИТЕРАТУРА

1. Житова Е.С., Сергеева А.В., Нуждаев А.А., Кржижановская М.Г., Чубаров В.М. Чермигит термальных полей Южной Камчатки: высокотемпературное преобразование и особенности ИК-спектра // Записки РМО, 2019. Т. 148. С. 100–116.
2. Чесноков Б.В., Щербакова Е.П., Нишанбаев Т.П. Минералы горелых отвалов Челябинского угольного бассейна. УРО РАН: Миасс, 2008. 139 с.

3. Bojar H.P., Walter F., Baumgartner J., Färber G. Ammineite, $\text{CuCl}_2(\text{NH}_3)_2$, a new species containing an ammine complex: Mineral data and crystal structure // *Can. Mineral.*, 2010. V. 4. P. 1359–1371.
4. Ivšić T., Bi D.W. and Magrez A. New refinement of the crystal structure of $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ at 100 K // *Acta Crystallogr. E Crystallogr. Commun.*, 2019. V. 75. P. 1386–1388.
5. Parafiniuk J. and Kruszewski Ł. Ammonium minerals from burning coal-dumps of the Upper Silesian Coal Basin (Poland) // *Geol. Quart.*, 2009. V. 53. P. 341–356.
6. Zolotarev A.A., Zhitova E.S., Krzhizhanovskaya M.G., Rassomakhin M.A., Shilovskikh V.V. and Krivovichev S.V. Crystal chemistry and high-temperature behaviour of ammonium phases $\text{NH}_4\text{MgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}^{3+}\text{Cl}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ from the burned dumps of the Chelyabinsk Coal Basin // *Minerals*, 2019. V. 9(8). 486.
7. Zolotarev A.A., Avdontceva M.S., Sheveleva R.M., Pekov I.V., Vlasenko N.S., Bocharov V.N., Krzhizhanovskaya M.G., Zolotarev A.A., Rassomakhin M.A., Krivovichev S.V. $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$, a mineral-like anthropogenic phase with ammine complexes from the burned dumps of the Chelyabinsk coal basin, South Urals, Russia: crystal structure, spectroscopy and thermal evolution // *Minerals*, 2023. V. 13. x. (In press).
8. Zhitova E.S., Siidra O.I., Shilovskikh V.V., Belakovsky D.I., Nuzhdaev A.A. and Ismagilova R.M. Ammoniovoltaite, $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}^{2+}_5\text{Fe}^{3+}_3\text{Al}(\text{SO}_4)_{12}(\text{H}_2\text{O})_{18}$, a new mineral from the Severo-Kambalny geothermal field, Kamchatka, Russia // *Mineralogical Magazine*, 2018. V. 82. P. 1057-1077.

Научное издание

XXIX Всероссийская научная конференция

Уральская минералогическая школа – 2023

Сборник статей студентов, аспирантов, научных сотрудников
академических институтов и преподавателей ВУЗов геологического
профиля

**Рекомендовано к изданию
Ученым советом Института геологии и геохимии
Уральского отделения РАН**

Редактор: Каллистов Г.А.

Компьютерная верстка: Одинцова А.Ю.

ISBN 978-5-94332-129-0



9 785943 321290

Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН

620016, г. Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15.

www.igg.uran.ru