

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ
ИНСТИТУТ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ»
(ФГБУ «ЦНИГРИ»)

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА АЛМАЗОВ, БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ
МЕТАЛЛОВ — ОТ ПРОГНОЗА К ДОБЫЧЕ

I Молодёжная научно-образовательная конференция ЦНИГРИ
(19-21 февраля 2020 г., Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ»)

Москва
ФГБУ «ЦНИГРИ»
2020

УДК 553.41/.82.04(043.2)

Минерально-сырьевая база алмазов, благородных и цветных металлов — от прогноза к добыче. Сборник тезисов докладов I Молодёжной научно-образовательной конференции ЦНИГРИ. (19-21 февраля 2020 г., Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ»). М.: ЦНИГРИ. 2020. 231 с.

В сборник включены 74 доклада, представленных на конференции. Цель конференции – развитие научного и творческого потенциала молодых ученых и специалистов в области геологии, формирование кадров научно-прикладного направления. В тезисах докладов представлены материалы участников Первой Молодежной научно-образовательной конференции «Минерально-сырьевая база алмазов, благородных и цветных металлов — от прогноза к добыче» по следующим темам: металлогения, минерагения и рудогенез; прогноз, поиски, оценка и разведка месторождений полезных ископаемых; разработка поисковых и геолого-генетических моделей месторождений твердых полезных ископаемых; методы изучения вещественного состава пород и руд; физико-химические условия минералообразования; геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и участков недр; использование геоинформационных технологий и пространственных данных в геологической отрасли; современные технологии добычи и переработки минерального сырья. Материалы конференции ориентированы на молодых учёных и специалистов по различным направлениям наук о Земле.

Научно-техническое издание

Сдано в набор 11.02.2020. Подписано в печать 13.02.2020
Уч. Изд. Л. 14,1. Тираж 50 экз.

Полиграфическая база ФГБУ «ЦНИГРИ»
117545, Варшавское шоссе, дом 129, корп. 1

ISBN 978-5-85657-029-7

© Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов
(ФГБУ «ЦНИГРИ»), 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Алферова В.А., Рябошапка А.Г. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РУДНОГО ЗОЛОТА ИЗ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ВЕРХНЕЯКОУТСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ.....	10
Алямкин В.А., Минькин К.М. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЗАПАДНОГО ФЛАНГА ЛЕВОБЕРЕЖНОГО РУДНОГО ПОЛЯ (КАБАРДИНО-БАЛКАРСКАЯ РЕСПУБЛИКА)	14
Анашкина Н.Е. (ФГБУ «ЦНИГРИ») О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ АЛМАЗОНОСНЫХ РУД	18
Антонец А.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ НА ЗОЛОТО И ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ РЕГИОНОВ КАК ПАРАМЕТР ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ПРИМЕРЕ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ.....	22
Артемова О.А., Шумилин Д.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») НОВЫЕ ДАННЫЕ О РУДОНОСНОСТИ МАНОМИНСКОГО ПРОГНОЗИРУЕМОГО РУДНОГО УЗЛА	25
Арутюнян Л.Л. (НИТУ «МИСиС») ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПАНИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА	27
Бадьянова Л.В., Игнатов П.А. (ФГБОУ ВО «МГРИ») ОСОБЕННОСТИ ГИПЕРГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ УРУПСКОГО РАЙОНА КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКИ (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ).....	28
Берковский Е.М. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЧУЙ (ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)	29
Бисатова А.Е. (ТОО «ГЕОС»), Айтбаева С.С., Дьячков Б.А., Мизерная М.А. (ВКГТУ им. Д. Серикбаева) О ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С НАЛОЖЕННЫМ ТИПОМ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧЕРДОЯК)	32
Богославец Н.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ РУДОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД АЛЕКСАНДРОВО-ЗАВОДСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ).....	36

Болдашев Д.Г., Самсонов А.А. (МГУ им. М.В. Ломоносова) ПРИМЕНЕНИЕ ИМПЛИЦИТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ LEARFROG GEO ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ НА ПРИМЕРЕ МЕДНО-ЦИНКОВО-КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	39
Борисова Д.А. (МГУ им.М.В. Ломоносова) ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ 19А ЖИЛЫ УЧАСТКА ХРУСТАЛЬНЫЙ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДУКАТ	42
Брысин М.П., Лейбгам П.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Шабалин С.И. (ИГМ СО РАН), Арсентьева И.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Сергеев А.А. (АО СНИИГГиМС) МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАЛАРСКОГО ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ (ГОРНАЯ ШОРИЯ)	45
Брысин М.П., Лейбгам П.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ») НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИНЕРАЛОГИИ РУД УЧАСТКА ЧЕРЕМУХОВАЯ СОПКА СИНЮХИНСКОГО ЗОЛОТО-МЕДНО-СКАРНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)	49
Васильченко В.Ю. (ФГБУ «ЦНИГРИ») МИРОВАЯ ПРОБЛЕМА НЕЛЕГАЛЬНОЙ КУСТАРНОЙ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	53
Ветров Е.В. (ИГМ СО РАН) ТРЕКОВАЯ ТЕРМОХРОНОЛОГИЯ АПАТИТОВ (НА ПРИМЕРЕ ГРАНИТОИДОВ НОВОСИБИРСКОГО И ОБСКОГО МАССИВОВ) КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОГНОЗА ПОГРЕБЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	55
Видавский В.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Иванова Н.Д. (ФГБОУ ВО «МГРИ») ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ ГАН-АНДРЕЕВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ И ВОЗМОЖНАЯ РОЛЬ АУТИГЕННЫХ ПИРИТ-МАРКАЗИТОВЫХ СТЯЖЕНИЙ В РУДОГЕНЕЗЕ (РЕСП. САХА)	59
Внучков Д.А. (МГУ имени М.В. Ломоносова), Шипилова Е.С. (ИГЕМ РАН), Макарова М.А. (ИГЕМ РАН, МГУ имени М.В. Ломоносова) РАСПРОСТРАНЁННОСТЬ И МОРФОЛОГИЯ ФЕРРИПЛАТИТОВ В БОКСИТОНОСНЫХ ЛАТЕРИТНЫХ ПОКРОВАХ ПРОВИНЦИИ ФУТА-ДЖАЛОН МАНДИНГО	64
Гоипов А.Б. (ГП «ИМР» ГОСКОМГЕОЛОГИИ РУз), Ибрагимов Р.Х. (НУУз), Ахмадов Ш.И. (ГП ИМР ГОСКОМГЕОЛОГИИ РУз) СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДЗЗ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ЛОКАЛИЗАЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО И ДРУГОГО ОРУДЕНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОР КУЛЬДЖУКТАУ, УЗБЕКСИТАН)	68
Грачева Т.А., Касьянова Н.А. (ФГБОУ ВО «МГРИ») ПРОГНОЗ КОРЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА В ВОСТОЧНО-БУРЕЙНСКОЙ ЗОЛОТО-РУДНОЙ РОССЫПНОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЕ (ЕВРЕЙСКАЯ АО)	72

Давлатов Н.Х. (ГУП «Региональная ГСЭ»), Мойлиев М.Ш. (НУУз им. Мирзо Улугбека) КОНОДОНТЫ И НОВЫЕ ДАННЫЕ В СТРАТИГРАФИИ НИЖНЕГО И СРЕДНЕГО ДЕВОНА ГОР КУЛЬДЖУКТАУ (ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КЫЗЫЛКУМЫ).....	74
Джурабаев А.Б., Карабаев М.С., Амиров Э.М., Орлов А.К., Садиров Р.М. (Узбекистан, Ташкент, ИГиГ) К МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИМ ОСОБЕННОСТЯМ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ КУЛЬДЖУКТАУ И ИХ ПОИСКОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ	78
До М.Ф. (ФГБОУ ВО «МГРИ», Вьетнамский геофизический отдел, г. Ханой), Нгуен З.Х. (ФГБОУ ВО «МГРИ», Горно-геологический университет, г. Ханой) ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ СУ, U, AU МИНЕРАЛИЗАЦИИ РАЙОНА КОН РА, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ВЬЕТНАМ	82
Зайцева М.Н., Инякин А.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СУХОПИТСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ АНГАРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)	86
Карамышев А.В. (СПбГУ, ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Федорова К.С. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Тарасов А.В. (СПбГУ, ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Зубов Е.И. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Пачерский Н.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПРОГНОЗ СКРЫТОГО ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ЦЕНТРАЛЬНО-КОЛЫМСКОГО РАЙОНА ПО КОМПЛЕКСУ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ МЕТОДОМ РАСПОЗНАВАНИЯ	88
Касикова Т.И., Дмитриев Г.А., Курбатова Н.С. (АО «Сибирское ПГО») ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РУД СУХОПИТСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛОВ	92
Климоченков М.Д., Сандаков Э.Г. (НИТУ «МИСиС») ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА БЛОКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ ЖИЛЬНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ....	96
Кравченко Д.А. (АО «Росгеология») УКРУПНЕННАЯ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГАЛУТИНСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ (ВОСТОЧНЫЙ ДОНБАСС РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	97
Крылов И.О. (МГУ им. М.В. Ломоносова) ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ РУДНЫХ ТЕЛ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РУДОВМЕЩАЮЩИХ СТРУКТУР НОВО-ШЕМУРСКОГО МЕДНО-КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	100
Кутлыев И. И., Ус С. С. (НИТУ «МИСиС») ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СУББЛОКИРОВАНИЯ И ФАКТОРА БЛОКА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ГГИС....	102
Лошакова А.С., Карпухина М.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОЕКТОВ ОСВОЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ	103

Лысенко В.И., (Филиал МГУ в г. Севастополе), Котляров В.А. (Институт минералогии УрО РАН г. Миасс), Андрияшин Д.С. (Филиал МГУ в г. Севастополе) СЛЕДЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЙКАХ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛАВОВЫХ ПАЛЕОПОТОКОВ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО КРЫМА	106
Максимова С.В. (ГУП МО «Экосистема») ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ GEODIN 7 ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	111
Манукян С.Т. (АО «Росгеология») УРОВНИ РУДОЛОКАЛИЗАЦИИ ЮЖНО-ПОДОЛЬСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ МЕДНО-ЦИНКОВО-КОЛЧЕДАННЫХ РУД И КРИТЕРИИ ИХ ВЫДЕЛЕНИЯ (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)	115
Мартыненко И.В. (ФГАОУ ВО НИ ТПУ) МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СОСТАВ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА КОРЫ	117
Марфин А.Е., Иванов А.В. (ИЗК СО РАН), Каменецкий В.С. (Utas) МИНЕРАЛОГИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ В СУЛЬФИДНЫХ ОБОСОБЛЕНИЯХ БАЗАЛЬТОВ ИВАКИНСКОЙ СВИТЫ ПОД ИНТРУЗИЕЙ НОРИЛЬСК-1	121
Мерзликин А.А., Нигмаджанов Т.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ ЗОЛОТОРУДНО-РОССЫПНЫХ ОБЪЕКТОВ ЧОЧИМБАЛЬСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЗАПАДНОЕ ВЕРХОЯНЬЕ)	124
Мишанькин А.Ю., Языков Е.Г., Карпенко Ю.А. (ФГАОУ ВО НИ ТПУ), Филимоненко Е.А. (ООО ТННЦ) ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ТЕРРИТОРИИ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЬЮН (РЕСПУБЛИКА САХА-(ЯКУТИЯ))	125
Монаков Е.В., Романова В.Е., Евсеева Е.В. (НИТУ «МИСиС») МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ УЧАСТКА «ПИХТОВСКИЙ» КЕДРОВСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА	129
Муравьев В.С., Костина Е.Д., Бечвая А.Д. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОПЫТ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯННОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЛИСТА Q-52	130
Муравьев В.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИЗА МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ, ДЕТАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА И РЕЗУЛЬТАТОВ ИХ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ОСНОВЫ МАСШТАБА 1:100 000 НА ПРИМЕРЕ УЧУЙСКОГО РУДНОГО УЗЛА (АДЫЧА-ТАРЫНСКАЯ ЗОНА, РЕСП. САХА (ЯКУТИЯ))	134
Муромцев Е.А. (ФГАОУ ВО «СФУ») ВЛИЯНИЕ НАЛОЖЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РУДНОГО ТЕЛА ГОРЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	138

Мусаев А.М. (ИГиГ Госкомгеологии РУз), Каримова Ф.Б. (ИГиГ Госкомгеологии РУз), Джуманиязов Д.И. (ИГиГ Госкомгеологии РУз) ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД АКТОСТИНСКОГО ИНТРУЗИВА (ГОРЫ КУЛЬДЖУКТАУ)	142
Насонов Д.А., Григорьева Ж.В. (АО «ПМГРЭ») ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ И ПРИЗНАКИ СУЛЬФИДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ГЛУБОКОВОДНЫХ РАЙОНАХ МИРОВОГО ОКЕАНА.....	146
Одинаев Ш.А., Литвиненко А.К. (ФГБОУ ВО «МГРИ»), Авезов М.Н. (ТНУ) АНОМАЛИЯ СО-NI НА ПЛОЩАДИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧЕРНОГОРСКОЕ ЮВЕЛИРНОГО СКАПОЛИТА, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПАМИР (РЕСПУБЛИКА ТАДЖИКИСТАН).....	150
Окулов А.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ПО ТИПОМОРФИЗМУ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА КАЯНЧИНСКОЙ ПЛОЩАДИ.....	154
Петухов А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») АНАЛИЗ И ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ	158
Позднякова Н.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Иванов М.А. (ФГКУ «В/ч 34435») ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА ВАНГАШСКОГО, ЕНАШИМИНСКОГО И НИЖНЕАМЫЛЬСКОГО УЗЛОВ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ).160	
Попов Б.Г., Попов Г.Г. (ООО «Теллур Северо-Восток») ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЗОЛОТОНОСНОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ФОРМАЦИИ БЕРЕЗИТОВ. (НА ПРИМЕРЕ КЕДРОВСКОГО, ВИТИМКОНСКОГО (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ) И БЕРЕЗИТОВОГО (АМУРСКАЯ ОБЛАСТЬ) РУДНЫХ ПОЛЕЙ.).....	164
Пяткова А.П., Мизерная М.А., Черненко З.И., Дьячков Б.А. (ВКГТУ им. Д. Серикбаева) Мирошникова А.П. (Филиал РГП НЦ КПМС РК ВНИИцветмет) ПРОБЛЕМЫ ВОСПОЛНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ МЕДНО- ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД РУДНОГО АЛТАЯ	165
Распитина Д.А. (МГУ им. М. В. Ломоносова) ВКЛЮЧЕНИЯ РЕНИЯ И МОЛИБДЕНИТА В ПОРОДАХ МИХЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ).....	168
Самойленко М.В., Пачерский Н.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА НА РОССЫПНОЕ ЗОЛОТО (НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ ГДП-200, ВЕТРЕНСКАЯ ПЛОЩАДЬ)	171
Сильянов С.А. (ФГАОУ ВО «СФУ») ГЕОХИМИЯ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И РУД ОЛИМПИАДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА	173

Сомов Н.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ШЛИХО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОИСКОВ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ТОЛЩ ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	177
Сорокина А.М., Рева И.В., Рудмин М.А. (НИ ТПУ) МИНЕРАЛЬНАЯ ФОРМА РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МОРСКИХ ООИДОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКАХ.....	179
Старостин И.А., Авилова О.В., Андреев А.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЕ МОЛИБДЕН-МЕДНО-ПОРФИРОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ КЫЗЫК-ЧАДР В ТУВЕ: ОСОБЕННОСТИ РУДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ И MORFOЛОГИИ РУДНЫХ ТЕЛ.....	183
Тедикова А.А., Красноцветов М.А. (НИТУ «МИСиС») ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС MICROLINE ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УЧАСТКА УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	187
Тогаев И.С. (НУУз им.МирзоУлугбека), Нурходжаев А.К. (ГП ИПК и ПКГО Госкомгеологии РУз) ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ПРИ КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ГОР ЮЖНЫЙ НУРАТАУ, УЗБЕКИСТАН).....	189
Троицкий А.В., Ануфриева С.И. (ФГБУ «ВИМС») НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ВОПРОСАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СУЛЬФИДОВ	192
Туаев О.П. (АО «Росгеология») ФАКТОРЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВОЙ ТОЛЩЕ СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НОВЫХ ПЛОЩАДЕЙ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ ГРР НА РУДНОЕ ЗОЛОТО (РЕСПУБЛИКА СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ).....	196
Фатхуллаева З.М., Усмонова Ш.В, Арипова М.К. (НУУз им.МирзоУлугбека) К ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫХ ПОЗИЦИИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЯНЬ-ШАНЯ	199
Федоренко С.В., Грачев. В.А, Вахрушев А.М (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОСОБЕННОСТИ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И УЧЕТА ЦИФРОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ОРГАНИЗАЦИИ И, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ЭТОГО ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ	201
Фролова А.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ») АНАЛИЗ ПЛОТНОСТИ РАЗВЕДОЧНОЙ СЕТИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ЗАПАСОВ	202
Харченко Т.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ РУД В РОССИИ..	204

Хачатуров М.М., Зайцева М.Н., Инякин А.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДОВМЕЩАЮЩИХ ТЕРРИГЕННО-КАРБОНАТНЫХ ПОРОД СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АНГАРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ) ...	205
Хромов В.М. (ФГБУ «ЦНИГРИ») АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНОГО ПАРКА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ РУДНИКОВ И КАРЬЕРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУД БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	207
Цикина М.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЗОЛОТОНОСНЫХ КОР ХИМИЧЕСКОГО ВЫВЕТРИВАНИЯ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЕРАВНИНСКОЙ ДЕПРЕССИИ	210
Шемякина Е. М. (МГУ им. М.В. Ломоносова, ООО «ИННОТЕР») ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТРУКТУР, БЛАГОПРИЯТНЫХ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛАТИНОИДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ, НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСА МЕТОДОВ (В ТОМ ЧИСЛЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ)	214
Шукуров А.Х., Ахмеджанов Б.А. (НУУЗ им. Мирзо Улугбека), Кодиров С.Х. (Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта) О ЛАМПРОФИРОВЫХ ДАЙКАХ КОЙТАШСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (СЕВЕРНОЕ НУРАТАУ, УЗБЕКИСТАН).....	215
Шумилин Д.А., Артемова О.А., Васюков В.Е., Кочетова К.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, МАГМАТИЗМ И МИНЕРАЛИЗАЦИЯ СРЕДНЕАМУРСКОГО ЗОЛОТО-МЕДНОПОРФИРОВОГО РУДНОГО РАЙОНА.....	219
Эминов С.А. (АО «Росгеология») ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОГО-ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД КАКАДУРСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ (РЕСПУБЛИКА СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ).....	222
Юркова М.В. (ФГАОУ ВО НИ ТПУ) МИНЕРАЛОГИЯ РУД СОХАТИНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (РЕСПУБЛИКА САХА).225	
Янченко О.М., Якич Т.Ю. (ФГАОУ ВО НИ ТПУ) ФОСФАТЫ ЗОЛОТОНОСНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ТОМСКОГО РАЙОНА	228

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РУДНОГО ЗОЛОТА ИЗ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ВЕРХНЕЯКОУТСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Верхнеякоутское рудное поле расположено в Алданском районе Республики Саха (Якутия). Район работ охватывает водораздельные пространства рек Якоkit, Малая Юхта и Левый Ыллымах [3].

В геологическом строении Верхнеякоутского рудного поля принимают участие терригенные отложения юры. Золотое оруденение выявлено в мезозойских интрузивах и в юрской терригенной толще, субвертикальных минерализованных зонах дробления и в пологозалегающих рудных телах, в углистых алевролитах, вблизи крутопадающих зон брекчирования и в зонах оруденелых тектонических брекчий. Оруденение относится к золото-сульфидно-кварцевой формации, характерной для месторождений Лебединского рудно-россыпного узла.

По материалам, полученным в ходе выполнения полевых работ 2019 года была изучена характеристика рудного золота на различных участках Верхнеякоутского рудного поля («Юрбетский», «Южно-Юрбетский» и «Якоутский»).

Участок Юрбетский представлен золотосодержащими: кварцевыми жилами, сериями маломощных даек щелочного состава, кварцевыми брекчиями и зонами дробления, развитыми по юрским песчаникам, алевролитам и лимонит-кварц-полевошпатовым метасоматитам.

Южно-Юрбетский участок сложен золотосодержащими: маломощными дайками щелочного состава, метасоматическими образованиями кварц-лимонит-полевошпатового, карбонат-кварц-лимонит-полевошпатового составов и связанными с ними зонами дробления, которые также развиты по песчаникам и алевропесчаникам юрского возраста.

Якоутский участок представлен золотосодержащими: метасоматитами кварц-лимонит-карбонатного, карбонат-кварц-лимонитового составов, часто разрушенными до глины и дресвы, дайками и силлами щелочного состава, брекчиями, а также углистыми, плотными алевролитами, часто окварцованными и пиритизированными.

В ходе выборочной специализированной документации бульдозерных канав был отобран ряд протолочных проб. Опробование проводилось по интервалам, где визуально выделялись минерализованные зоны (сульфидизация, интенсивная лимонитизация).

Характеристика золота, полученного на различных участках («Юрбетский», «Южно-Юрбетский» и «Якоутский») приводится на основании его изучения в гравитационных концентратах. В результате исследований золота под биноклем выявлены различные морфологические типы золота. После чего оно выборочно было отправлено на рентгеноспектральный микроанализ (Cameca SX50).

По участку Юрбет отобрано золото из протолочной пробы по зоне дробления, представленной разрушенными лимонит-кварц-полевошпатовыми метасоматитами. Золото светло-желтого (10%), желтого (90%) цвета, с максимальным количеством знаков более 500. Максимальный размер составляет 0,8 мм, минимальный – менее 0,1 мм. Морфологическая разновидность различна: комковидные золотины составляют порядка 25%, пластинчатые – 8%, интерстициальные – 27%, кристаллы – 10%, дендриты (сростки кристаллов) – 20%, губчатые – 10%. С золотинами наблюдаются сростки кварца, в примазках гидроокислы Fe и Mn. Наличие поверхностных образований составляет 40–45%. Характер краев золотинов не ровный, иногда острый, но также встречается золото с ровными краями. Поверхность золотинов шагреневая, мелкопористая, гладкая.

По данным рентгеноспектрального микроанализа пробность золота колеблется от 696,3 до 986,4; что соответствует градации от низкопробного до весьма высокопробного [2].

Для золота зоны дробления характерно наличие теллуридов серебра, таких как гессит (Ag_2Te), также встречаются незначительные элементы-примеси As, Sb, Cu, Bi.

Золото из кварцевых жил представлено металлом светло-желтого (25%), желтого (75%) цвета, с максимальным количеством знаков 4. Максимальный размер составляет 0,35 мм, минимальный – менее 0,1 мм. Морфологическая разновидность различна: пластинчатые золотины составляют порядка 25%, интерстициальные – 75%. С золотинами наблюдаются сростки кварца, в примазках гидроокислы Fe и Mn. Наличие поверхностных образований составляет 50–60%. Характер краев золотин не ровный, иногда острый, но также встречается золото с ровными краями. Поверхность золотин шагреневая, мелкопористая, гладкая.

По полученным данным рентгеноспектрального микроанализа пробность золота колеблется от 729,8 до 865,0; что соответствует градации от относительно низкопробного до средней пробности [2]. Характерными элементами-примесями являются Ag, Te, Bi.

Золото кварцевых брекчий желтого (75%), темно-желтого (25%) цвета, с максимальным количеством знаков 4. Максимальный размер составляет 0,25 мм, минимальный – менее 0,1 мм. Морфологическая разновидность различна: комковидные золотины составляют порядка 25%, пластинчатые – 25%, интерстициальные – 50%. С золотинами наблюдаются сростки кварца, в примазках гидроокислы Fe и Mn. Наличие поверхностных образований составляет 25–30%. Характер краев золотин не ровный, иногда острый, но также встречается золото с ровными краями. Поверхность золотин шагреневая, мелкопористая, гладкая.

На основании рентгеноспектрального микроанализа, пробность золота колеблется от 715,5 до 975,7; что соответствует градации от относительно низкопробного до весьма высокопробного [2]. Характерными элементами-примесями являются Ag, Te, Bi, Cu.

По Южно-Юрбетскому участку отобрано золото из зоны дробления, в количестве 47 знаков. Основная масса представлена металлом желтого цвета, на долю которого приходится 80%, на светло-желтое не более 5% и на темно-желтые разновидности около 15%. Максимальный размер золотин составляет 0,25 мм, минимальный – менее 0,1 мм. Морфологическая разновидность золотин различна: комковидная – 3%, пластинчатая – 10%, интерстициальная – 67%, дендриты (сростки кристаллов) – 20%. Наличие поверхностных образований составляет 30–35%, в примазках гидроокислы Fe и Mn. Характер краев золотин не ровный, иногда острый, но также встречается золото с ровными краями. Поверхность золотин шагреневая, мелкопористая.

Исходя из полученных результатов рентгеноспектрального микроанализа, пробность золота колеблется от 707,6 до 993,4; что соответствует градации от относительно низкопробного до весьма высокопробного [2].

Для золота зоны дробления характерно наличие теллуридов серебра, таких как гессит (Ag_2Te) и петцит (Ag_3AuTe_2), также встречаются незначительные элементы-примеси As, Sb, Cu, Bi.

Золото из окварцованных и сульфидизированных песчаников представлено металлом светло-желтого (12%), желтого (63%) и темно-желтого (25%) цвета, с максимальным количеством знаков 42. Максимальный размер составляет 0,2 мм, минимальный – менее 0,1 мм. Морфологическая разновидность различна: комковидные золотины составляют порядка 20%, пластинчатые – 13%, интерстициальные – 42%, дендриты (сростки кристаллов) – 25%. С золотинами наблюдаются сростки кварца, в примазках гидроокислы Fe и Mn. Наличие поверхностных образований составляет 15–20%. Характер краев золотин не ровный, иногда острый, но также встречается золото с ровными краями. Поверхность золотин шагреневая, мелкопористая, гладкая.

По данным рентгеноспектрального микроанализа пробность золота колеблется от 412,4 до 993,0; что соответствует градации от низкопробного до весьма высокопробного [2]. Элементами-примесями являются Ag, Te, As, Sb, Cu.

По участку Якокутский отобрано золото из зоны дробления, в количестве 456 знаков. Цвет золота: светло-желтый (10%), желтый (70%), темно-желтый (20%). Максимальный размер золотин составляет 0,9 мм, минимальный – менее 0,1 мм. Морфологическая

разновидность золотин различна: комковидная – 28%, пластинчатая – 10%, интерстициальная – 47%, дендриты (сростки кристаллов) – 15%. С золоти́нами наблюдаются сростки кварца, в примазках гидроокислы Fe и Mn. Наличие поверхностных образований составляет 50–55%. Характер краев золотин неровный, иногда острый, но также встречается золото с ровными краями. Поверхность золотин шагреневая, мелкопористая.

На основании полученных данных рентгеноспектрального микроанализа, пробность золота колеблется от 487,7 до 993,5; что соответствует градации от низкопробного до весьма высокопробного [2].

Для золота зоны дробления характерно наличие теллуридов серебра, таких как гессит (Ag_2Te), также встречаются незначительные элементы-примеси As, Sb, Cu, Bi.

Золото из окварцованных и сульфидизированных песчаников представлено металлом желтого (66%), темно-желтого (34%) цвета, с максимальным количеством знаков 4. Максимальный размер составляет 0,35 мм, минимальный – менее 0,1 мм. Морфологическая разновидность различна: комковидные золоти́ны составляют порядка 25%, интерстициальные – 50%, дендриты (сростки кристаллов) – 25%. С золоти́нами наблюдаются сростки кварца, в примазках гидроокислы Fe и Mn. Наличие поверхностных образований составляет 20–25%. Характер краев золотин не ровный, иногда острый, но также встречается золото с ровными краями. Поверхность золотин шагреневая, мелкопористая, гладкая.

По данным, полученным в ходе проведения рентгеноспектрального микроанализа, пробность золота колеблется от 607,3 до 978,5; что соответствует градации от низкопробного до весьма высокопробного [2]. Элементами-примесями для песчаников данной зоны являются Ag, Te, As, Sb, Cu, Bi.

Золото дайки ортофи́ров желтого (30%), тёмно-желтого (70%) цвета, с максимальным количеством знаков 6. Максимальный размер составляет 0,2 мм, минимальный – менее 0,1 мм. Морфологическая разновидность различна: интерстициальные золоти́ны составляют порядка 65%, дендриты (сростки кристаллов) – 35%. С золоти́нами наблюдаются сростки кварца, в примазках гидроокислы Fe и Mn. Наличие поверхностных образований составляет 40–50%. Характер краев золотин не ровный, иногда острый, но также встречается золото с ровными краями. Поверхность золотин шагреневая, мелкопористая, гладкая.

По данным рентгеноспектрального микроанализа, пробность золота колеблется от 739,5 до 977,2; что соответствует градации от относительно низкопробного до весьма высокопробного [2]. Характерными элементами-примесями являются Ag, Te, Sb, Cu.

Золото дайки лампроитов желтого (70%), темно-желтого (30%) цвета, с максимальным количеством знаков 3. Максимальный размер составляет 0,05 мм. Морфологическая разновидность различна: интерстициальные золоти́ны составляют порядка 67%, дендриты (сростки кристаллов) – 33%. С золоти́нами наблюдаются сростки кварца, в примазках гидроокислы Fe и Mn. Наличие поверхностных образований составляет 40–45%. Характер краев золотин не ровный, иногда острый, но также встречается золото с ровными краями. Поверхность золотин шагреневая, мелкопористая.

На основании рентгеноспектрального микроанализа, пробность золота колеблется от 765,4 до 977,0; что соответствует градации от относительно низкопробного до весьма высокопробного [2]. Элементами-примесями являются Ag, Te, Sb.

В пределах Верхнеякутского рудного поля выделяются различные гипабиссальные комплексы [1]. Известны средне-позднеюрский верхнеселигдарский гипабиссальный сиенит-порфи́ровый, позднеюрско-раннемеловой лебединский плутонический монзонит-сиенит-гранитовый, раннемеловой колтыконский гипабиссальный сиенит-порфи́ровый комплексы. Причем лебединский комплекс расчленен на три фазы (от ранних к поздним):

1. Первая фаза представлена щелочноземельными сиенитами, сиенит-порфирами, монцонитами, шонкинитами.
2. Вторая фаза – мезо-, меланократовые сиениты, кварцевые сиениты и сиенит-порфиры, сиенит-порфиры.
3. Третья фаза – щелочнополевошпатовые сиениты и сиенит-порфиры, щелочнополевошпатовые граносиениты и граносиенит-порфиры.

Выявленные основные характерные признаки самородного золота – морфологические, пробность, элементы-примеси, минеральные включения – дают возможность сделать предварительный вывод о парагенетической связи золота, полученного из рудопроявлений различного типа, с внедрением трех разновременных комплексов субщелочных пород в период тектоно-магматической активизации площади.

Для зон дробления характерен большой разброс пробности золота от низкопробного до весьма высокопробного. Низкая пробность золота обусловлена большим количеством примесей Ag и достаточным количеством Te для выделения теллуридов серебра, таких как гессит и петцит, которые проявлены в виде включений в золоте (Рис. 1).

Для золота из сульфидизированных окварцованных песчаников также характерен большой разброс пробности, это обусловлено повышенным содержанием примесей Ag, отмечаются также Te, As, Sb, Cu, Bi, но их количество весьма незначительно.

Исходя из выше изложенного можно сказать, что на Верхнеякутском рудном поле шло неоднократное подновление золоторудных зон, начиная со средне-позднеюрского до раннемелового этапа, что подчеркивает такой разброс пробности от низкопробного до весьма высокопробного золота.

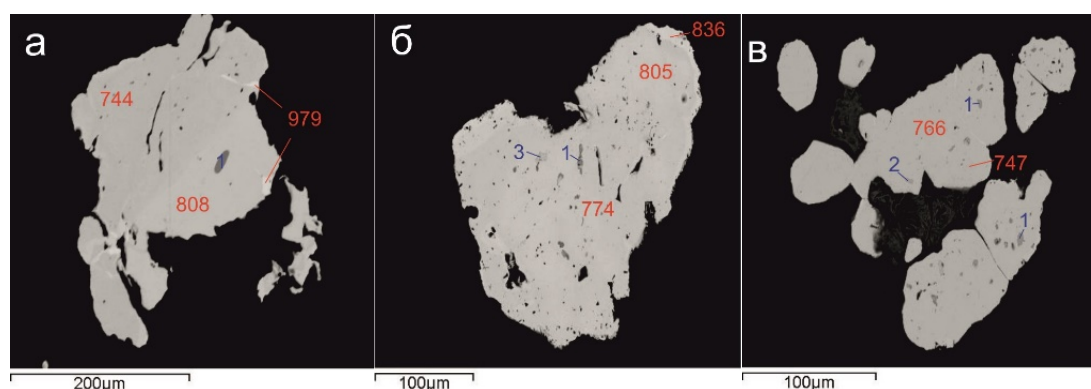


Рис. 1 Микрофотографии золота. 1 – гессит (Ag_2Te), 2 – петцит (Ag_3AuTe_2), 3 – галенит (PbS), 744 – пробность золота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюков Е. И. Геологическое строение и полезные ископаемые Верхне-Якутской структуры Центрально-Алданского района. Отчет Верхнеякутской партии о результатах геологического доизучения масштаба 1:50 000 на листах О-51-60-В, Г; О-51-72-А, Б, В, Г и общих поисках золота в бассейнах рек Якокит, Лев. Ыллымах, Бол. Нимныр за 1992 – 1999 г. г. Алдан, 1999; Фонды ГУП РС (Я) «Алдангеология».
2. Николаева Л.А., Гаврилов А.М., Некрасова А.Н., Яблокова С.В., Шатилова Л.В. Типоморфизм самородного золота. – 2-е изд., доп. – Под редакцией А.И. Кривцова, С.С. Вартамяна – М.: ЦНИГРИ, 2010. – 66 с.
3. Столяренко В.В., Кряжев С.Г., Двуреченская С.С., Минаева С.В., Рябошапка А.Г., Алферова В.А. Отчетная документация о результатах работ за IV кв. 2019 г. по объекту: «Прогнозно-поисковые модели золоторудных объектов Томмот-Якутской площади» - М.: ФГБУ «ЦНИГРИ», 2019. – 75 с.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЗАПАДНОГО ФЛАНГА ЛЕВОБЕРЕЖНОГО РУДНОГО ПОЛЯ (КАБАРДИНО-БАЛКАРСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

Левобережное рудное поле расположено в северо-западной части Кардан-Куспартинского рудного узла Центрально-Кавказской металлогенической зоны и в геологическом отношении находится в области киммерийского рифтогенеза [1]. Рудное поле известно выявленными в её пределах золоторудным месторождением Радужное и рудопроявлением Орлиное, локализованными в ниже-среднеюрской вулканогенной риолитовой толще, перекрывающей и подстилающей совозрастные осадочные (аргиллитовые и песчано-алевролит-аргиллитовые) образования. В настоящее время в западной части Левобережного рудного поля, вблизи рудопроявления Орлиное, продолжаются поисковые работы на выявление золото-сульфидных руд, выполняемые АО «Северо-Кавказское ПГО».

Несмотря на достаточно хорошую изученность западного фланга рудного поля (поисковые работы ГПП «Кольцовгеология», 1988-1991 гг.; ГПП «Севкавгеология», 2002-2004 гг.; ОАО «КБГРЭ», 2006-2014 гг.; АО «СК ПГО», 2018-2019 гг.), ряд вопросов, связанных с обстановкой формирования месторождений и локализацией золотого оруденения, остается нерешенным. Существуют две точки зрения на происхождение руд: гидротермально-осадочное рудообразование, связанное с риолитовым вулканизмом (Барановский А.Ф., 2014) и эпигенный рудогенез, связанный с поздними зонами разрывных нарушений и интрузивным магматизмом (геологи АО «Северо-Кавказское ПГО», 2019). Такой неоднозначный подход к определению происхождения руд внес неопределенность в направлении ГРП по локализации ПР золота категории Р₁.

Для более полного и обоснованного ответа на эти вопросы представляется важным типизация по морфоструктурным и геохимическим признакам золоторудной минерализации, выявленной поисковым бурением разных лет, а также определение особенностей размещения руд в пределах рудовмещающей толщи риолитов.

Анализ имеющихся данных свидетельствует о том, что в целом золотосодержащая минерализация на западном фланге рудного поля вскрыта всеми скважинами поискового бурения разных лет, то есть в целом имеет площадной характер развития (Рис. 1).

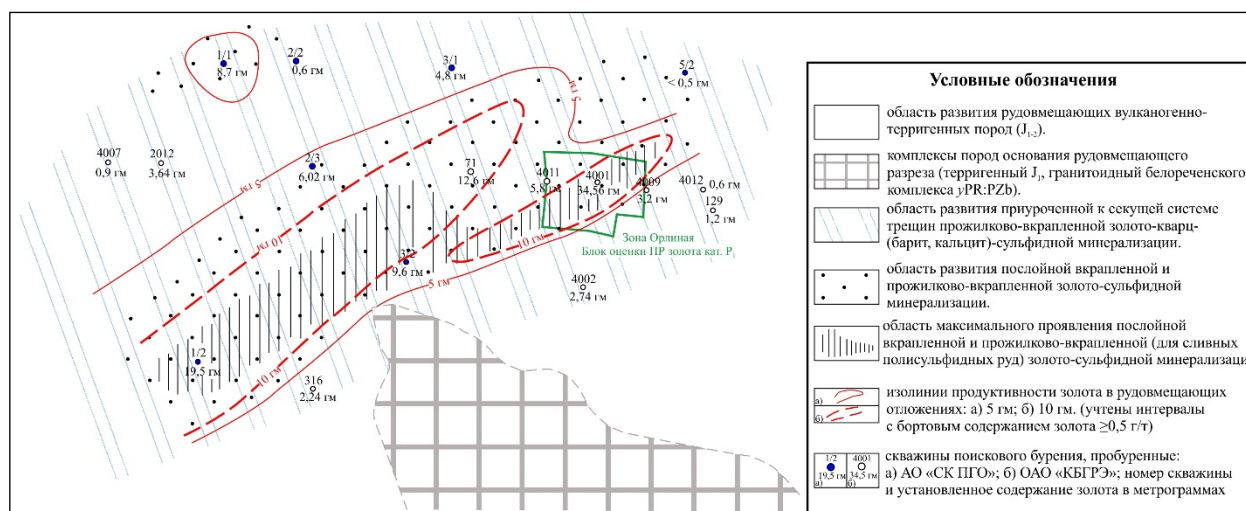


Рис. 1 Схема размещения разнотипной золоторудной минерализации на западном фланге Левобережного рудного поля (со снятым чехлом образований, перекрывающих рудовмещающую толщу риолитов).

В разрезе такая минерализация приурочена к уровню развития вулканогенных пород — каолинитизированных и гидрослюдизированных лавовых, лавокластических и сравнительно мало измененных субвулканических риолитов, сочетающихся с углеродистыми аргиллит-алевролитовыми отложениями. В перекрывающих рудоносный уровень преимущественно аргиллитовых отложениях признаков золоторудной минерализации не выявлено. Вместе с тем, в песчано-алевролит-аргиллитовых отложениях, залегающих в основании рудовмещающего разреза известны проявления прожилковой золото-сульфидной минерализации (Барановский А.Ф., 2012).

По структурно-морфологическим признакам в рассматриваемой рудовмещающей толще, с нашей точки зрения, выделяются два типа золотосодержащей минерализации: 1. Прожилково-вкрапленная золото-кварц-(барит, кальцит)-сульфидная приуроченная к секущей системе трещин; 2. Послойная вкрапленная и прожилково-вкрапленная (до сплошных полисульфидных руд) золото-сульфидная.

Первый тип минерализации (золото-кварц-сульфидный) вскрыт практически всеми скважинами поискового бурения в породах разного состава (Рис. 1) и представлен разноориентированной системой прожилков и жил (мощностью до 4 см) с вкрапленностью и гнездами сульфидов (пирит, халькопирит, сфалерит, галенит) как в прожилках, так и в околопрожилковом пространстве. Состав сульфидов в этой минерализации варьирует от существенно моносльфидного пиритового (с содержаниями золота не превышающей 0,1 г/т) до полисульфидного сфалерит-галенит-халькопиритового (с содержаниями золота до рудных концентраций, от $\geq 0,5$ г/т до 2,66 г/т). Продуктивность такой минерализации, оцениваемой как сумма произведений мощности рудных интервалов (с бортовым содержанием $\geq 0,5$ г/т) на содержания золота в них, как правило не превышает 5 гм (Рис. 1).

Второй тип минерализации более характерен для южной части рассматриваемой площади (Рис. 1). Сульфидные минералы (халькопирит, пирит сфалерит, галенит) образуют вкрапленность в каолинит-(карбонат)-кремнистом цементе лавокластических брекчий риолитов или полностью выполняют его, а также гнезда, желваки в тонко-мелкообломочных вулканогенных породах. В скважинах 4001 и 3/2 вскрыты сплошные сульфидные руды, с долей сульфидов достигающей 60-70%. В составе сульфидов преобладает сфалерит (до 30 %), присутствуют галенит и пирит (до 15-20 % каждый), халькопирит (до 5%). Минерализация этого типа характеризуется относительно высокой продуктивностью — 5-10 гм и более (Рис. 1).

С целью выяснения сходства и различия типов руд, выделяемых по структурно-морфологическим признакам был проведен анализ геохимических данных (по бортовому содержанию золота 0,5 г/т), а также проанализированы содержания элементов в слабоизмененных вулканогенных риолитах (Рис. 2, Табл. 1).



Рис. 2 Соотношение средних содержаний геохимических элементов в послойной вкрапленной золото-сульфидной минерализации (1), секущей прожилково-вкрапленной золото-кварц-сульфидной минерализации (2) и в малоизмененных рудовмещающих вулканогенных риолитах (3).

Табл. 1

Коэффициенты корреляции основных геохимических элементов для двух типов золоторудной минерализации.

Коэффициент корреляции элементов в послонной вкрапленной и прожилково-вкрапленной золото-сульфидной минерализации

Коэффициент корреляции элементов в секущей прожилково-вкрапленной золото-кварц-(барит, кальцит)-сульфидной минерализации	Au	Cu	Zn	Pb	Ag	As	Sb	Co	Ni	Mn	Cd	Ba
	Au	0,64	0,59	0,66	0,56	0,63	0,67	0,47	0,42	0,61	0,72	-0,07
	Cu	0,52		0,85	0,87	0,59	0,88	0,96	0,64	0,46	0,72	0,80
	Zn	0,50	0,99		0,93	0,55	0,71	0,87	0,68	0,53	0,85	0,92
	Pb	0,33	0,80	0,87		0,53	0,83	0,90	0,68	0,53	0,85	0,92
	Ag	0,62	0,48	0,49	0,45		0,33	0,70	0,15	0,08	0,27	0,39
	As	0,47	0,79	0,79	0,73	0,68		0,84	0,77	0,60	0,80	0,88
	Sb	0,54	0,57	0,63	0,72	0,86	0,70		0,59	0,41	0,75	0,84
	Co	0,47	0,95	0,92	0,71	0,41	0,77	0,45		0,89	0,77	0,77
	Ni	0,17	0,76	0,71	0,48	0,34	0,65	0,40	0,78		0,63	0,63
	Mn	-0,23	0,13	0,11	0,01	-0,33	-0,05	-0,22	0,25	0,37		0,93
	Cd	0,42	0,91	0,90	0,81	0,55	0,91	0,64	0,93	0,76	0,13	
	Ba	0,20	0,70	0,73	0,71	0,27	0,61	0,49	0,64	0,63	0,11	0,68

В результате анализа данных, отраженных на рисунке 2 установлено, что по отношению к слабо измененным рудовмещающим вулканогенным риолитам для обоих типов руд помимо золота, характерны повышенные содержания Cu, Zn, Pb, Ag, As, Sb, Ba и др. (Рис. 2).

Рудам с секущей прожилковой минерализацией свойственны более высокие содержания Cu, Zn, Cd, Ba и др. Корреляционная связь золота в таких рудах значима с Cu, Zn, Ag, As, Sb, характерна также корреляция содержаний полиметаллов с Ba (Табл. 1).

Руды с послонной минерализацией отличаются более высокими содержаниями As, Sb, Mn и др. (Рис. 2); для них содержания Au значимо коррелируют с содержаниями более широкого спектра элементов: Cu, Zn, Pb, Ag, As, Sb, Mn, Cd.

Несмотря на ряд различий в геохимическом составе упомянутых выше типов руд, для них отмечается общая группа элементов, характеризующихся повышенными содержаниями и коррелирующих с золотом (Cu, Zn, Ag, As, Sb), что очевидно, может свидетельствовать об их образовании в ходе единого процесса рудообразования синхронному вулканизму. Сочетание в пространстве этих разновидностей минерализации, их геохимическое сродство по ряду элементов (Cu, Zn, Ag, As, Sb) а также приуроченность к вулканогенным отложениям риолитового состава могут свидетельствовать об их формировании в ходе единого синвулканического рудообразующего процесса. При этом золото-кварц-(барит, кальцит)-сульфидная минерализация секущих зон может рассматриваться как образования подводящих каналов, обеспечивающих поступление рудного вещества для формирования послонной золото-сульфидной минерализации в ходе гидротермально-осадочного процесса, синхронного риолитовому вулканизму. Данное предположение подтверждает ранее сделанные выводы по результатам проведенного в ЦНИГРИ (Кряжев С.Г., Двуреченская С.С.) изучения вещественного состава и изотопно-геохимических характеристик руд зоны Орлиная (Барановский А.Ф., 2014).

Таким образом, для западного фланга Левобережного рудного поля по структурно-морфологическим и геохимическим признакам нами выделены две основные разновидности золоторудной минерализации — секущая рудовмещающие породы прожилково-вкрапленная золото-кварц-(барит, кальцит)-сульфидная и наиболее продуктивная на золото послонная вкрапленная и прожилково-вкрапленная золото-сульфидная, отвечающие по ряду признаков образованиям синвулканического гидротермально-осадочного процесса. Послонная вкрапленная и прожилково-вкрапленная золото-сульфидная минерализация, исходя из относительно высокой её продуктивности на золото, представляется наиболее перспективной на выявление промышленных руд золота. Полученные результаты, наряду с другими геологическими данными (литолого-

фациальными, минералогическими и др.), могут быть использованы для уточнения геолого-поисковой модели золоторудного месторождения и корректировки направлений детализационных ГРР в пределах рудного поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ящинин С.Б. Геология, металлогения, рудноминеральные ресурсы Северного Кавказа в начале XXI столетия — 2008.

О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ АЛМАЗОНОСНЫХ РУД

При существующей в России технологии добычи и переработки алмазосодержащих кимберлитов повреждаемость кристаллов алмаза составляет от 25% до 75%, что приводит к потере полезной массы кристаллов, достигающей 29% от общего количества. Основным источником повреждений алмаза при переработке кимберлитовых руд является процесс их самоизмельчения, приводящий к нарушению целостности значительного числа кристаллов алмаза [1].

Повышение сохранности кристаллов алмазов при их извлечении из руд можно обеспечить как за счет предварительного разупрочнения минералов кимберлита и сокращения пребывания рудной массы в мельницах мокрого самоизмельчения (ММС), так и вследствие направленного изменения (модификации) структурно-химических и технологических свойств самого алмаза. Практика исследований в области переработки алмазосодержащих кимберлитов свидетельствует об экономической нерациональности применения традиционных технологий для уменьшения потерь алмазов крупностью менее 5 мм [2]. В связи с этим, проблема разработки новых процессов и методов, обеспечивающих эффективную комплексную переработку труднообогатимых кимберлитов, повышение извлечения и сохранность целостности и качества алмазов, является весьма актуальной.

Одним из путей повышения эффективности процессов дезинтеграции минерального сырья, разделения минералов с близкими физико-химическими и технологическими свойствами является использование в подготовительных операциях перед обогащением руд нетрадиционных (немеханических) методов энергетических воздействий. Среди таких методов важное значение имеет высокoeffективный, энергосберегающий способ нетеплового воздействия на руды и продукты обогащения мощными наносекундными электромагнитными импульсами – МЭМИ.

Материалы и методики исследований. Объектами исследования послужили образцы алмаза и породообразующих минералов кимберлитов - серпентина, оливина и кальцита из месторождений Якутии. Алмазы представлены кристаллами класса крупности $-2 +1$ мм из триасовых россыпей Нижне-Ленского района (коллекция Ю.М. Сибирцева).

Обработка проб (кристаллов алмаза и аншлифов породообразующих минералов кимберлитов) высоковольтными наносекундными импульсами проводилась на воздухе при стандартных условиях. Параметры импульсной обработки: τ (фронта импульса) $\sim 1-5$ нс, τ (длительность импульса) ~ 50 нс, U (амплитуда импульса) ~ 25 кВ, $E \sim 10^7$ В·м⁻¹, частота повторения импульсов 100 Гц, энергия в импульсе $\sim 0,1$ Дж, диапазон изменения времени электроимпульсной обработки – 10 – 150 с, т.е. число МЭМИ $N_{imp} \sim (1 - 15) \cdot 10^3$.

Содержание структурных примесей и дефектов в алмазах определялось методом ИК-фурье-спектроскопии (ИКФС) на спектрометре Nicolet-380 с микроосветительной приставкой фирмы Karl Zeiss. Морфологические свойства поверхности минералов исследовались методами аналитической электронной, и оптической микроскопии. Микротвердость породообразующих минералов в исходном состоянии и после обработки аншлифов МЭМИ определялась по методу Виккерса (HV, МПа).

Результаты исследования. По данным аналитической электронной микроскопии (РЭМ–РСМА) в результате импульсных энергетических воздействий на поверхности породообразующих минералов произошли следующие, стимулированные электрическим полем, изменения: образование следов незавершенных пробоев, локализованных в местах скопления металлосодержащих фаз, для оливина и серпентина (Рис. 1 б, в соответственно) и разнонаправленных трещин и микрокристаллических фрагментов (выколок) для кальцита (Рис. 1, а).

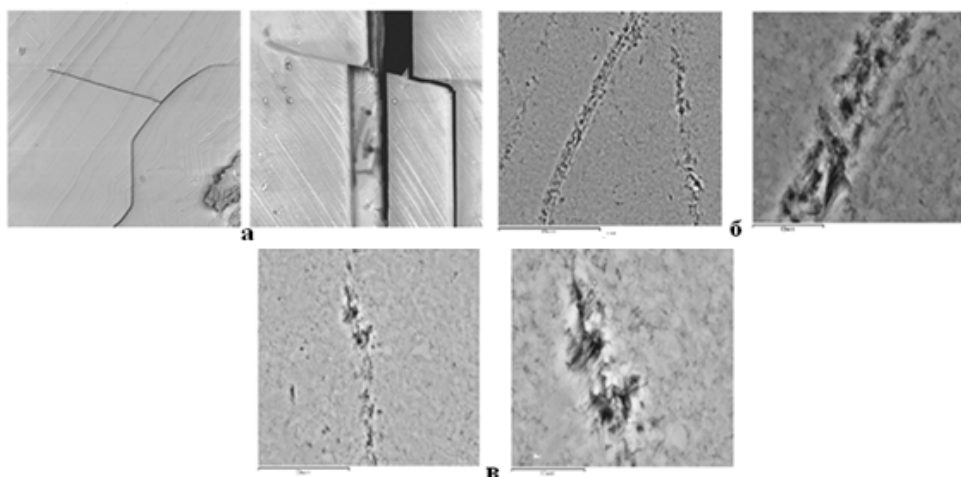


Рис.1 РЭМ-изображение поверхности кальцита (а), серпентина (б) и оливина (в) после воздействия МЭМИ в течение 50 с

Наряду с изменениями микрорельефа поверхности порообразующих минералов кимберлитов, импульсные энергетические воздействия вызвали нарушение их структуры, что подтверждено спектроскопическими исследованиями [3]. Возможными причинами установленных изменений спектральных характеристик оливина, в кристаллической структуре которого изолированные кремнекислородные тетраэдры соединяются посредством атомов Mg и Fe, и серпентина, обладающего слоистой структурой, в которой катионы сосредоточены в триоктаэдрических слоях, под действием МЭМИ являются нарушения микроструктуры, обусловленные образованием, перемещением и взаимодействием дефектов, а также процессами разупорядочения и аморфизации.

Электромагнитная импульсная обработка порообразующих минералов кимберлитов вызвала значительное снижение микротвердости образцов. В целом максимальное относительное снижение микротвердости минералов достигало 42-66% в результате воздействия МЭМИ в течение 100 и 150 с. Для минералов с низкой твердостью (кальцит, серпентин) резкое снижение микротвердости достигалось уже при $t_{\text{treat}} = 10-30$ с. Для минералов со сравнительно низким уровнем твердости скорость изменения микротвердости максимальна при малых дозах электромагнитного излучения и, по всей видимости, определяется изначальной твердостью минералов, зависящей от природы и энергии химических связей.

В то же время нетепловое воздействие МЭМИ не вызывало образования существенных повреждений кристаллов алмаза, диагностируемых методами микроскопии, что обусловлено величиной электрической прочности алмаза, составляющей порядка $10^9 \text{ В} \cdot \text{м}^{-1}$, и на два порядка превышающей величину напряженности электрического поля в межэлектродном промежутке генератора импульсов ($E \sim 10^7 \text{ В} \cdot \text{м}^{-1}$).

По данным ИКФС в результате электромагнитного импульсного воздействия установлены незначительные изменения структуры кристаллов алмаза, проявляющиеся в увеличении концентрации дефектов микродвиговой природы, представленных межузельными углеродными атомами – плейтлестс или В2, характерными для алмазов с повышенными прочностными свойствами [5]. Данные структурные изменения зафиксированы по систематическому увеличению коэффициента поглощения линии ИК-спектра около 1365 см^{-1} , обусловленной В2-дефектами, с ростом продолжительности (дозы) электроимпульсной обработки $N_{\text{imp}} = (1-15) \times 10^3$ (Рис. 2). Вместе с тем глубокой структурной перестройки кристаллов алмаза не происходило, а именно, концентрация и распределение азотных центров практически не изменялись. Новые В2-дефекты образовывались, преимущественно, в образцах с повышенным относительным

содержанием азотных В-дефектов, составляющим 35-65% от общего содержания примеси азота в кристаллах.

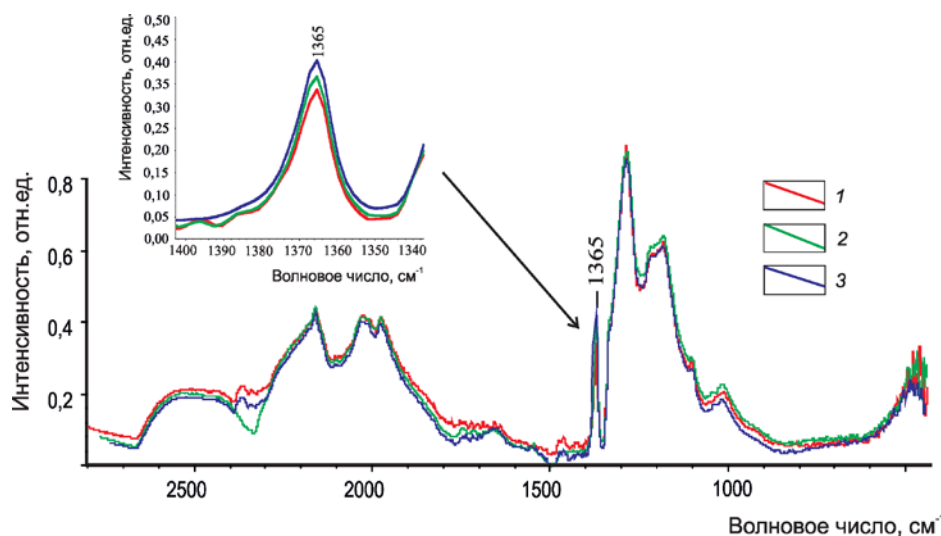


Рис. 2 – ИК-спектр алмаза до (1) и после (2), (3) обработки МЭМИ: электроимпульсное воздействие в течение $t_{\text{treat}} = 50$ с (2) и 150 с (3)

Таким образом, в результате проведенных исследований установлен эффект разнонаправленного изменения механических (прочностных) свойств порообразующих минералов кимберлита (оливина, серпентина, кальцита) и алмазов в условиях воздействия наносекундных импульсов высокого напряжения, состоящий в разупрочнении поверхности минералов породы, уменьшении их микротвердости в целом на 40–60% и, предположительно, повышении прочностных свойств алмазных кристаллов. Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения импульсных энергетических воздействий для повышения эффективности разупрочнения порообразующих минералов алмазосодержащих кимберлитов без повреждения кристаллов алмазов, обеспечения их сохранности в процессе измельчения руд.

Возможность применения метода обработки МЭМИ для интенсификации процессов обогащения кимберлитовых руд.

Как было установлено ранее [6] размер обрабатываемой МЭМИ минеральной частицы не должен быть меньше ~ 100 мкм, что определяется условиями формирования зоны повреждений (трещиноватости) вокруг канала электрического пробоя в частице для повышения эффективности процесса дезинтеграции (раскрытия) минеральных сростков при последующем измельчении. Максимальный размер минеральных частиц составляет 2–3 мм (максимально 5 мм), что обусловлено необходимостью формирования слоя руды заданной толщины для обеспечения равномерности воздействия МЭМИ на минералы в условиях непрерывной подачи руды в зону электроимпульсной обработки. Несмотря на данное ограничение, нетепловое воздействие наносекундных МЭМИ позволяет направленным образом модифицировать физико-химические и технологические свойства порообразующих минералов кимберлита и алмазов при непрерывном режиме обработки руды и минимальных энергозатратах (1,7 кВт·ч на 1 т руды). Как было показано ранее [7] помимо повышения эффективности процессов разрушения и селективности дезинтеграции кимберлитов, МЭМИ позволяет направленно изменять физико-химические свойства и функциональный покров поверхности алмазов, что позволяет использовать данный метод для интенсификации процесса флотации.

В результате анализа особенностей применяемых в России технологических схем обогащения кимберлитов, можно прогнозировать эффективность применения данного вида импульсного энергетического воздействия для переработки (обработки) хвостов

обогачительных операций, направленных на доизмельчение (циркуляция), относящихся к классу крупности руды менее 5 мм.

Проведенные исследования изменения физико-химических, структурных и технологических свойств свидетельствует о целесообразности режимов кратковременных (малые дозы) импульсных энергетических воздействий для направленного изменения структурно-химического состояния поверхности, механических и флотационных свойств кристаллов алмазов и породообразующих минералов кимберлитов. В этом случае за счет предварительной электромагнитной импульсной обработки руды следует ожидать реализации следующих положительных эффектов:

1 - интенсификация процесса дезинтеграции кимберлитов перед операцией доизмельчения хвостов (циркуляции), повышение селективности раскрытия минеральных сростков и сохранности алмазов в мельницах самоизмельчения;

2 - направленная модификация структурно-химических и технологических свойств гидрофильных, покрытых минеральными пленками, алмазов для повышения эффективности извлечения ценных кристаллов из хвостов обогащения (циркуляции), а также контрастное изменение физико-химических и механических свойств минералов породы (кальцита, оливина, серпентина).

Таким образом, экспериментально показано, что воздействие МЭМИ вызывает разупрочнение поверхностного слоя и уменьшение микротвердости породообразующих минералов в целом на 40–66%, а также образование дополнительных В2-дефектов в кристаллах алмаза, которые вследствие дисперсионного упрочнения кристалла, предположительно, будут способствовать повышению прочностных свойств алмазов.

Полученные результаты показали принципиальную возможность использования импульсных энергетических воздействий (МЭМИ) для повышения эффективности разупрочнения породообразующих минералов кимберлитов, обеспечения сохранности кристаллов алмазов при измельчении кимберлитовой породы в мельницах самоизмельчения, направленного изменения физико-химических и технологических свойств природных минералов-диэлектриков и совершенствования технологического процесса извлечения алмазов из руд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каплин А.И. Интенсификация процесса мокрого самоизмельчения кимберлитов на основе использования электрохимического кондиционирования водных систем // Дисс. ... канд. техн. наук. – М., 2010.
2. Чантурия В.А., Горячев Б.Е. Обогащение алмазосодержащих кимберлитов // Прогрессивные технологии комплексное переработки минерального сырья. – М.: Издательский дом «Руда и металлы». 2008. С. 151–163.
3. Bunin I.Zh., Chanturia V.A., Anashkina N.E., Ryazanceva M.V. Experimental validation of mechanism for pulsed energy effect on structure, chemical properties and microhardness of rock-forming minerals of kimberlites // Journal of Mining Science. 2015. № 4. P. 799–810.
4. Урусов В.С., Ерёмин Н.Н. Кристаллохимия. Краткий курс. – М.: Изд-во МГУ, 2010.
5. Налетов А.М., Ключев Ю.А., Григорьев О.Н. Влияние оптически активных центров на прочностные свойства алмаза // Доклады АН СССР. 1979. Т. 246. № 7. С. 83–86.
6. Бунин И.Ж. Теоретические основы воздействия наносекундных электромагнитных импульсов на процессы дезинтеграции и вскрытия тонкодисперсных минеральных комплексов и извлечения благородных металлов из руд // Дисс. д-ра техн. наук. – М., 2009.
7. Чантурия В.А., Анашкина Н.Е., Бунин И.Ж., Хачатрян Г.К. Изменение состава функционального покрова природных и синтетических алмазов при воздействии высоковольтных наносекундных импульсов // Руды и металлы. 2016. № 4. С. 98–110.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ НА ЗОЛОТО И ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ РЕГИОНОВ КАК ПАРАМЕТР ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ПРИМЕРЕ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

Геологическая изученность характеризует полноту и степень достоверности знаний о геологических особенностях территорий и является одним из ключевых факторов для постановки и проведения геологоразведочных работ (ГРР). Однако, степень транспортной доступности оказывает существенное влияние на инвестиционную привлекательность перспективных регионов. Основной целью исследования является создание и анализ визуального представления взаимосвязи изученности территории и стоимостной поверхности транспортной доступности на примере Алтае-Саянской складчатой области (АССО).

В качестве исходных данных для составления схемы плотности проведения ГРР были использованы доступные материалы каталога геологической изученности Росгеолфонда [3]. Использовался достаточно простой алгоритм визуализации плотности этих данных на территории АССО методом подсчета пространственного вхождения контуров работ в отдельные ячейки регулярной сетки. Выполнение такого рода анализа было основано на взаимоувязанных этапах получения данных, экспертной оценки полученной информации, выполнение непосредственно самих расчетных процедур, и завершалось визуальным оформлением результатов. В итоге основная проблема при решении данной задачи возникла при экспертной «разбраковке» карточек геологической изученности. Итогом обработки данных явился полигональный слой, который демонстрирует контуры площадей выполненных исследовательских и разведочных работ на золото. Далее посредством ГИС была рассчитана плотность изученности с использованием регулярной сети. Полученный растр демонстрирует количество объектов геологической изученности в каждой его ячейке.

На следующем этапе была проанализирована существующая дорожная сеть территории АССО на основе данных OSM [5], информация о которой оказалась достаточно качественной и подробной для моделирования растрового представления, демонстрирующего удаленность от существующих путей. Перед этим исходные данные были отфильтрованы таким образом, чтобы при моделировании учитывались объекты дорожной сети только с твердым покрытием, пригодные для перемещения автомобильного транспорта, существующие на текущий момент.

Растр расстояний от существующих автодорог был составлен путём создания буферных зон через 1 километр в евклидовом пространстве. Полученные зоны были объединены в один слой, вес объекта вычислялся на основе буферного расстояния от дорог. Этот полигональный слой был переведён в растр, в котором самые тёмные пиксели соответствуют наибольшей удаленности от существующих автодорог.

Для более корректной информации о транспортной доступности был учтён уровень крутизны рельефа местности. На изучаемой территории достаточно полными и корректными оказались данные GMTED2010 с пространственным разрешением 7,5 угл. с ~ 250 м [2]. Были загружены 4 листа ЦМР с общим пространственным покрытием 30–70° с. ш. и 60–120° в. д., в последствии они были объединены в один растр и обрезаны по контуру территории АССО. Из полученного изображения и был вычислен растр уклона поверхности, который представляет из себя функцию изменения высоты для каждой ячейки ЦМР. Это первая производная от ЦМР.

Помимо этого, учитывались факторы, связанные с ландшафтными особенностями местности. Для этого были использованы данные топографической основы масштаба 1:500 000 о растительности, особенностях земельного покрытия, площадной гидрографии.

Все эти слои были объединены, затем каждому объекту был присвоен определенный вес в зависимости от усложнения проходимости территории.

Далее полученный полигональный слой был переведен в растр, в котором значения для пикселей (200×200 м) были взяты из весов объектов слоя. Полученная поверхность отражает сложность перемещения по территории в зависимости от наличия на ней разного вида растительности, озёр, болот и типов земельного покрытия, где наиболее темные участки (объекты с самыми большими весами) соответствуют самым труднодоступным местам.

В результате обработки исходных данных инструментами ГИС были получены следующие растровые представления: расстояния до автодорог, уклон рельефа и типы поверхности. Эти три фактора вносят свой вклад в стоимость построения дороги через каждую ячейку результирующей поверхности. Далее требовалось объединить эти три растра, для чего необходимо произвести нормирование значений, поскольку каждый из этих наборов данных представлен в разных единицах измерения.

На следующем этапе значения полученных растровых изображений были приведены к положительным целым числам, с учётом их атрибутов и влияния на стоимость перемещения через каждую ячейку сетки. Кроме того, применялась дополнительная классификация по диапазонам значений, для упрощения процесса взвешивания и суммирования.

Например, в растре уклона значения представлены в градусах. Все ячейки, которые имеют значение больше 12 градусов, можно объединить в один класс, поскольку дороги в областях с таким уклоном не строят. Так же можно объединить в один класс пиксели с незначительной разницей в уклоне (1–2 градуса). Таким образом, максимальные значения были присвоены ячейкам с показателем уклона 12 и более градусов, остальным были присвоены существенно меньшие значения, поскольку в тех местах уклон не критичен. Аналогичные манипуляции были выполнены и с двумя другими растрами [1].

На этапе взвешивания необходимо было понять, что является основополагающим фактором, влияющим на итоговую стоимость. Близость к существующим дорогам важна, но не первична, если в непосредственной близости находится крупный водный объект или крутые склоны. При этом на некоторых труднопроходимых участках наблюдается нулевой уклон (озёра, болота).

Было решено принять вес результирующего изображения за 100 %, а веса его составляющих распределить следующим образом: для растра уклона принять вклад в стоимость в размере 42 % (в нём меньше всего классов, а удорожание резко растёт после 12 градусов), для растра проходимости — 34 % (при этом в нём больше классов, чем в растре уклона), для растра расстояний остаётся 24 % (в нём больше всего классов и далёкие ячейки всё равно будут иметь большой вес).

Для получения результирующего изображения, классифицированные данные были взвешены и сложены. В результате получено растровое представление, которое определяет степень транспортной доступности территории АССО [6].

Следующим этапом стало моделирование и анализ пригодности местности к проведению ГРР по показателям транспортной доступности и геологической изученности. Для этого использовалось наложение полученных ранее поверхности плотности геологической изученности и стоимостной поверхности транспортной доступности. При этом ячейки этих двух растров накладываются друг на друга, сопровождая каждое местоположение определенными атрибутами. Для решения этой задачи значения ячеек накладываемых растров сначала были оценены по степени их пригодности, а сами растры нормированы по линейной функции к 100, чтобы привести их к единой шкале оценок. Затем обработанные поверхности комбинировались: был получен растр их наложения. Результатом проведенной работы является комплексная схема пригодности территории АССО для дальнейшего геологического изучения.

Полученная схема демонстрирует прямую зависимость между степенью геологической изученности и транспортной доступностью территории. Самые экономически выгодные объекты уже находятся в разработке, на них выданы лицензии, они имеют высокую инфраструктурную обеспеченность и высокую степень геологической изученности, это наглядно видно при размещении на схеме объектов распределенного фонда недр [4]. Пространственный анализ положения объектов нераспределенного фонда недр с прогнозным потенциалом на золото проявил несколько участков с высокой степенью пригодности, которые можно считать доступными и привлекательными для дальнейшего изучения. Остальные участки недр либо недоизучены, либо не имеют достаточно высоких показателей запасов или ресурсов, либо труднодоступны для освоения.

Таким образом, повышение освоенности и доступности АССО и геологическое доизучение участков недр повысит привлекательность некоторых золоторудных проявлений для лицензирования. С другой стороны, выявление перспективных участков повлечёт за собой развитие инфраструктуры территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/creating-a-cost-surface-raster
2. edcintl.cr.usgs.gov/downloads/sciweb1/shared/topo/downloads/GMTED
3. geol.irk.ru/izuch/index
4. lic.rfgf.ru
5. openstreetmap.org
6. Антонец А.В. Использование ГИС для оценки транспортной доступности участков недр на территории Алтае-Саянской складчатой области// IX Российская молодёжная научно-практическая Школа «Новое в познании процессов рудообразования». ИГЕМ — 2019 г.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РУДОНОСНОСТИ МАНОМИНСКОГО ПРОГНОЗИРУЕМОГО РУДНОГО УЗЛА

Маноминский прогнозируемый рудный узел расположен в пределах Нижнеамурской металлогенической зоны, в центральной части Хабаровского края. В строении территории принимают участие терригенные образования мела, прорываемые верхнемеловыми интрузивами мяочанского комплекса. С юга и запада его площадь ограничена разрывными нарушениями, вертикальные смещения по которым определили развитие положительных форм рельефа Гионского хребта относительно равнин Среднеамурской впадины.

Интрузивы гранодиорит-порфиров согласно данным предшественников имеют площади выходов до 15 км² (Гионский массив) и образуют ряд более мелких, площадью 1-4 км² тел, вытянутых в цепочку северо-восточного простираения. Отмечается развитие вокруг них ореолов ороговикования, окварцевания, сульфидизации [1].

В ходе проведения работ 2019 года установлено, что все встреченные разности гранодиоритов и кварцевых диоритов характеризуются порфировидной структурой с полнокристаллическим мелко-тонкозернистым базисом. Фенокристаллы плагиоклаза в большинстве сечений характеризуются зональным строением. В полях развития интрузивных пород нередко отмечаются обломки ороговикованных вмещающих пород. Широко развиты массивные и неяснополосчатые биотитовые, реже биотит-мусковитовые роговики. Это свидетельствует, на наш взгляд, о небольшой глубине эрозионного среза массивов, что благоприятно для выявления порфировых месторождений.

В составе малых интрузий развитых на данной территории можно выделить две основные разности пород: биотит-роговообманковые гранодиориты и существенно роговообманковые мезократовые (с количеством темноцветных минералов до 35-40%) кварцевые диориты - диориты. Отмечаются роговообманковые разности кварцевых диоритов с незначительным количеством биотита и оплавленными(?) фенокристаллами кварца; в подобных породах нередко присутствуют фенокристаллы плагиоклаза с признаками магматической коррозии; внешняя зона фенокристалла, идиоморфна и близка по составу к плагиоклазу основной массы. Это может рассматриваться как признак смешения расплавов диоритового и гранодиоритового состава.

Метасоматические преобразования магматических пород выражены в альбитизации плагиоклаза, хлоритизации темноцветных минералов, образовании вкрапленности кристаллов и мелких гнезд пирита (до 2% об.), реже отмечаются процессы серицитизации. Степень изменения встреченных разностей умеренная, за исключением отдельных серицитизированных обломков, где плагиоклаз замещен практически нацело.

В магматических породах, реже в породах рамы, развиты маломощные (первые десятки см) жилы кварца с редкой вкрапленностью пирита в зальбандах. По данным предшественников, в отдельных жилах в гранитоидах выявлены редкие скопления молибденита, отмечены повышенные содержания золота [2ф].

В контурах одного из массивов, при проведении профильных геохимических исследований в юго-восточной части хребта, где по данным предшественников, был выявлен пункт минерализации молибдена и золота, установлена комплексная литохимическая аномалия меди и молибдена (XRF, Cu до 0,016%, Mo до 0,0031%, ширина более 150 м), что сопоставимо с аномалиями, выявленными опытно-методическими работами данным методом в пределах Малмыжского месторождения.

Плохая обнаженность и развитие глинистых элювиально-делювиальных отложений над телами гранитоидов (в особенности над зонами метасоматитов) позволила выявить единичные минерализованные обломки с вкрапленностью пирита и единичные обломки маломощных кварцевых жил. Прожилковых, штокверковых текстур, характерных для

порфиновых руд выявлено не было. Ожидается подтверждение полученных результатов методом ПКСА и ионно-сорбционного опробования.

Во вмещающих породах на значительном (1-1,5 км) расстоянии от выходов гранитоидов выявлены гидротермально-метасоматические преобразования в ороговикованных терригенных породах. Наиболее интенсивные изменения сопровождают зоны дробления мощностью до 2 м, заполненные брекчированным, милонитизированным материалом (также проявлена аргиллизация). Суммарная мощность сложно построенной зоны окварцевания и серицитизации, вскрытой в коренном обнажении превышает 50 м, при протяженности более 300 (далее не прослежена из-за плохой обнаженности); Отмечаются невыдержанные маломощные кварцевые жилы мощностью до 20 см, с группами ксеноморфных зерен пирита, и пересекаемые более поздними пирит-хлоритовыми прожилками.

При изучении прозрачных и полированных шлифов из материала данной зоны отмечено развитие более ранних кварц-пиритовых прожилков, пересекаемых тонкими хлорит-пиритовыми, с отдельными зернами халькопирита и темноокрашенного сфалерита. Окварцевание пород проявлено сравнительно слабо, преобладает хлоритизация и серицитизация. В массе хлорит-серицитовых метасоматитов отмечается развитие кубических и ксеноморфных зерен пирита. Данные образования сходны с метасоматитами золоторудной зоны Грибная, Пони-Мулинского рудного узла, однако отличаются наличием кварцевых жил и более интенсивной сульфидизацией.

Нахождение зон потенциально-золотоносных метасоматитов, в пределах Маноминского ПРУ и Нижнеамурской металлогенической зоны в целом требует проведения ревизионных работ в ее пределах, с изучением искусственных обнажений появившихся в результате освоения территории в последние десятилетия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная геологическая карта СССР М-53-XXIII. Серия Сихотэ-Алинская. Ред. В.В. Соловьев. Изд-во ВСЕГЕИ СПб.: 1982
2. Кузьменко С.П., Батюков С.И. и др. Геологическое строение, полезные ископаемые, гидрогеологические и инженерно-геологические условия листов М-53-XXII, XXIII, XXIV, и части XXX (Отчет Троицкой партии за 1975-1978гг.) Хабаровск, 1979

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПАНИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА

Повышение эффективности операционной деятельности становится краеугольным камнем для любого предприятия, особенно это актуально на сегодняшний день для компаний минерально-сырьевого комплекса. Одним из ключевых факторов эффективности становится цифровая трансформация – процесс внедрения автоматизированных и роботизированных технологий на производстве. Одной из подобных инноваций в работе минерально-сырьевых компаний стала технология цифрового моделирования месторождений, позволяющая значительно повысить качество интерпретации первичных геологических данных, полученных на различных стадиях изучения недр.

Создание трехмерных моделей месторождений происходит при помощи различных методов, а также зависит от характеристики месторождения и добываемого полезного ископаемого [1]. В большинстве случаев используется метод пространственного моделирования по данным опробования разведочных буровых скважин и выработок [2].

Анализ применения цифровых моделей месторождений на различных предприятиях показал, что при помощи данной технологий компания может сосредоточиться на более тщательном изучении перспективных участков, а также увеличить эффективность следующих аспектов операционной деятельности, в том числе:

- оценка месторождений;
- определение границ ведения горных работ;
- буровзрывные работы;
- планирование горных работ;
- безопасность ведения горных работ.

Несмотря на очевидность повышения эффективности функционирования предприятий минерально-сырьевого комплекса, при внедрении цифровых геологических моделей остается ряд нерешенных вопросов, связанных, в том числе, с формированием единой цифровой среды в компаниях. Она должна обеспечить условия для возможности использования автоматизированных технологий, осуществляющих свою деятельность с использованием систем искусственного интеллекта, применение которых невозможно без формирования Больших данных. Последние должны выполнять роль обучающего множества для систем искусственного интеллекта

Полученные результаты исследований показывают перспективность использования технологии построения трехмерных геологических моделей и необходимость ее внедрения на различных предприятиях минерально-сырьевого комплекса России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басаргин Андрей Александрович Создание цифровых моделей месторождений полезных ископаемых с применением современных технологий // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2014. №1 (25). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozдание-tsifrovyyh-modeley-mestorozhdeniy-poleznyh-iskopaemyh-s-primeneniem-sovremennyh-tehnologiy> (дата обращения: 30.12.2019).
2. Лесонен М. В., Сень М. С. Использование блочной модели для технико-экономической оценки месторождений ТПИ (на примере открытого способа отработки) // Экономика. - 2010. - Июнь. - С. 85-86.

ОСОБЕННОСТИ ГИПЕРГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ УРУПСКОГО РАЙОНА КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКИ (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)

Гипергенные изменения различных по своим характеристикам рудопроявлений и месторождений, обусловленная ими вторичная зональность, определяются совокупностью многих природных факторов [1].

Минералогия зон окисления месторождений определяется главным образом составом первичных руд. Однако факторами, влияющими на возникновение вторичных минералов, могут также быть: активная жизнедеятельность микроорганизмов, способствующая ускорению процессов химического и биохимического разложения первичных минералов, водные потоки, переносящие растворенные газы, такие как кислород и уголекислота, также другие компоненты [2], химическая характеристика сезонных атмосферных осадков (снег) в высокогорных районах.

Природные сульфаты, содержащие медь, насчитывают более 100 представителей, большинство из которых представлены вторичными минералами в зонах окисления сульфидных руд. При этом, их изучение важно, поскольку расширяет представления об особенностях минералообразования, а также формах концентрации меди в природе. В литературе рассматриваются общие вопросы очередности формирования сульфатов, карбонатов, силикатов и трудно (или вовсе) водорастворимые соединения металлов.

В ледниковом цирке (местное название Имеретинский из-за р. Имеретинка), расположенном в Урупском районе республики Карачаево-Черкессии на высоте 2600 - 3154 м были найдены кварцевые жилы.

Впервые описана гипергенная минералогия регионального значения, в частности, соединения сульфатов меди и свинца. Поднят вопрос о возможных действующих факторах, ускоряющих процессы вторичного минералообразования в высокогорных районах.

Полученные данные позволяют более точно определить направление дальнейшей исследовательской деятельности, дополняют научную библиотеку, посвященную проблемам гипергенной минералогии различных по составу зон окисления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. – АН СССР, 1955.
2. Яхонтова Л. К. и др. Основы минералогии гипергенеза. – 2000.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЧУЙ (ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)

Золото-кварцевое месторождение Учуй расположено в центральной части Адыча-Тарынской металлогенической зоны в 70 км к юго-востоку от месторождения Сентачан. Месторождение представляет собой сложно построенную систему субсогласных и секущих кварцевых жил, которая прослеживается в северо-западном направлении на расстояние 2.5 км при ширине 100-200 м. Мощность отдельных жил варьирует от первых см до 3,5 м в коротких раздувах, обычно же мощность жил составляет 10-50 см. Их размещение контролируется сочленением дизъюнктивных структур сдвигово-раздвиговой кинематики и пликативных структур высоких порядков, вследствие чего оруденение имеет отчетливо выраженный линейно-узловой характер [1]. Благоприятным фактором является также чередование хрупких песчаников и пластичных сланцев в разрезе вмещающей углеродисто-терригенной толщи средненорийского возраста. Породы метаморфизованы в серицит-хлоритовой ступени зеленосланцевой фации.

Магматические породы в рудном поле представлены березитизированными дайками диоритовых порфиритов. По геофизическим данным рудное поле приурочено к надинтрузивной зоне массива гранитоидов с глубиной залегания кровли до 6 км.

Рудная минерализация в жилах представлена пиритом, галенитом, халькопиритом, арсенопиритом и самородным золотом. Размеры выделений самородного золота варьируют от 0.1 до 3 мм, его пробность изменяется от 890 до 970 ‰ [1].

С целью определения физико-химических условий рудообразования автором впервые установлены параметры индивидуальных флюидных включений в образцах золотоносного кварца, отобранных специалистами ЦНИГРИ на Учуйском месторождении. Всего было изучено 53 образца, которые характеризуют месторождение на всей его площади. Включения, размеры которых позволили выполнить необходимые микротермометрические измерения, обнаружены в 7 образцах.

Анализы проводились с использованием криотермокамеры конструкции ЦНИГРИ, позволяющей выполнять охлаждение и нагревание препаратов от -180 до $+650$ °C с измерением температур фазовых переходов во включениях посредством хромель-алюмелевой термопары. Камеру калибровали при температурах тройной точки чистой CO_2 (-56.6°C), температурах плавления льда в стандартных растворах NaCl (от -18° до -1°C), температурах плавления AgNO_3 (210°C) и K_2CrO_7 (398°C). При интерпретации результатов использованы экспериментальные и расчетные данные по свойствам системы $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CO}_2$ [3].

Проанализированные включения имеют неправильную форму и размеры от 3 до 10 мкм. При комнатной температуре в большинстве вакуолей отчетливо наблюдаются три фазы: водный раствор, жидкая и газообразная углекислота. Углекислотная фаза во включениях занимает от 20 до 15 % объема (рис. 1). Включения образуют небольшие изометричные или короткие линейные кластеры и по этому признаку отнесены к первичным или псевдоторичным [3].

Результаты термобарогеохимических исследований представлены в таблице (табл.1). Начало плавления льда во включениях отмечается в интервале от -5 до -6 °C, что указывает на преимущественно гидрокарбонатно-сульфатный анионный состав растворов [3]. Концентрация водно-солевого раствора отвечает интервалу 5.0 ± 0.2 мас.% экв. NaCl . Углекислота практически не содержит примесей, т.к. температура ее плавления соответствует температуре тройной точки чистой CO_2 . Плотность углекислоты, определенная по температуре ее гомогенизации, варьирует от 0.74 до 0.21 г/см³, ее содержание во флюиде — от 8 до 3.5 моль. %, соответственно.

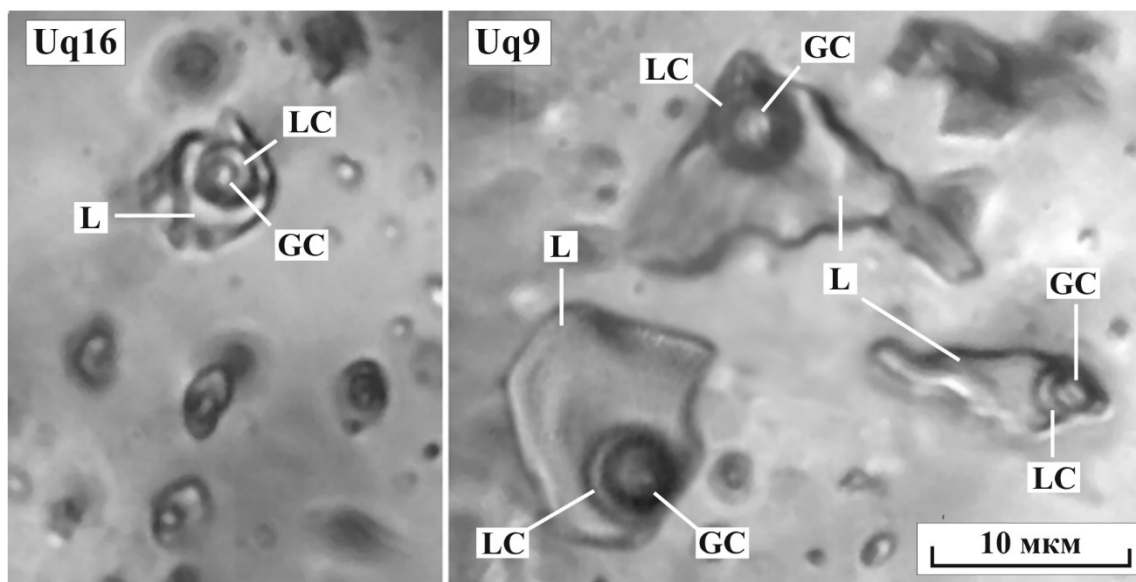


Рис. 1 Флюидные включения в золотоносном кварце месторождения Учуй.

Фазы: L – водный раствор; LC – жидкая CO₂, GC – газообразная CO₂.

Табл. 1

Параметры флюидных включений в золотоносном кварце месторождения Учуй

№ обр.	№ жилы	Температуры фазовых переходов, °C					Расчетные параметры		
		T _л	T _{гг}	T _{плCO₂}	T _{гомCO₂}	T _{гом}	xCO ₂	C _{NaCl}	P кбар
Uq16	5	–	+7.5	–56.7	+23.0 (ж)	285–295	8.0	4.8	0.6
Uq12	6	–	–	–	–	265–270			
Uq26	б/н	–	+7.4	–56.7	–	260–265		5.0	
Uq16	5	–	–	–	–	250–260			
Uq9	15	–4.8	+7.5	–	+22.0 (г)	230–240	3.5	4.8	0.4
Uq31	1	–3.2	–	–	–	225–230		5.2	
Uq21	18	–	–	–	–	220–225			
Uq23	б/н	–	–	–	–	215–225			

Примечания. Измеренные температуры: T_л – плавления льда ($\pm 0.2^\circ\text{C}$), T_{гг} – плавления газогидрата ($\pm 0.5^\circ\text{C}$), T_{плCO₂} – плавления углекислоты ($\pm 0.1^\circ\text{C}$), T_{гомCO₂} – гомогенизации углекислоты в газовую (г) или жидкую (ж) фазу ($\pm 0.1^\circ\text{C}$), T_{гом} – полной гомогенизации включения путем растворения углекислоты в воде. Расчетные параметры: xCO₂ – мольная доля (%) углекислоты, оцененная по ее объемной доле во включениях и плотности, определенной по T_{гомCO₂} [3]; C_{NaCl} – концентрация солей в водном растворе (в мас. %-экв. NaCl), определенная по температуре плавления льда [6] или газогидрата [7]; P, кбар – давление, оцененное по растворимости CO₂ в 5 % растворе NaCl при T_{гом} [2]. Прочерк – фазовый переход не наблюдался.

Все включения гомогенизируются путем растворения углекислоты в воде в интервале от $290 \pm 5^\circ\text{C}$ до $220 \pm 5^\circ\text{C}$. При этом максимальные температуры гомогенизации установлены в молочно-белом кварце, слагающем основной объем жил, минимальные – в водяно-прозрачном кварце их центральной части. Расчеты свидетельствуют, что охлаждение флюидов сопровождалось снижением концентрации в них углекислоты и падением давления от 0.6 до 0.4 кбар. В условиях литостатического градиента такое давление отвечает глубинам порядка 2 км от палеоповерхности.

Полученные характеристики состава и *PT*-параметров формирования кварца рудных жил соответствуют установленным для орогенных золоторудных месторождений (orogenic gold deposits) [8]. К этому типу относят многочисленные золото-кварцевые месторождения северо-востока России [4, 5].

На рисунке (рис. 2) сведены данные о физико-химических условиях формирования золото-кварцевых месторождений, локализованных в пределах Адыча-Тарынской металлогенической зоны.

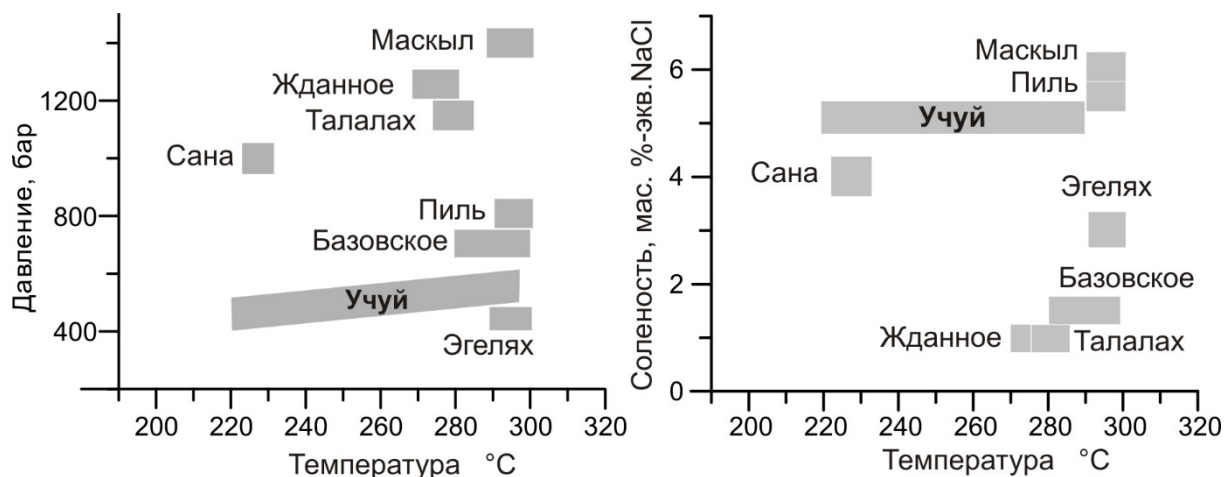


Рис. 2 Физико-химические условия формирования золото-кварцевых месторождений Адыча-Тарынской металлогенической зоны [4, 5 с добавлением автора].

В сравнении с другими золото-кварцевыми объектами рудообразующие флюиды Учуйского месторождения характеризуются относительно высокой соленостью растворов и одним из наиболее низких значений давления. Ближайшими аналогами по термобарогеохимическим параметрам являются месторождения Пиль, Эгелях, Базовское.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов М.А. Геологические условия формирования золотого оруденения центральной части Адыча-Тарынской площади (республика Саха-Якутия). Автореферат дис. ... кандидата геолого-минералогических наук / Рос. гос. геологоразведоч. ун-т им. С. Орджоникидзе (РГГРУ). Москва, 2012.
2. Кряжев С.Г. Современные проблемы теории и практики термобарогеохимии // Руды и металлы. 2010. №2. С. 38–45.
3. Мельников Ф.П., Прокофьев В.Ю., Шатагин Н.Н. Термобарогеохимия: учебник для вузов. –М: Академический проект. 2008. 222 с.
4. Фридовский В.Ю., Кряжев С.Г., Горячев Н.А. Физико-химические условия формирования кварца золоторудного месторождения Базовское (Восточная Якутия, Россия) // Тихоокеанская геология, 2019, том 38, № 5, с. 14–24.
5. Фридовский В.Ю., Кряжев С.Г. Флюидный режим формирования орогенных золоторудных месторождений центральной части Яно-Колымского металлогенического пояса (Северо-Восток России) // В книге: Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции: в 2-х томах. 2019. С. 105–109.
6. Bodnar R.J., Vityk M.O. Interpretation of microthermometric data for H₂O-NaCl fluid inclusions // In De Vivo B, Frezzotti M.L. (eds) Fluid inclusions in minerals, methods and applications // Blacksburg, Virginia Tech. 1994. P. 117–130.
7. Darling R.S. An extended equation to calculate NaCl contents from final clathrate melting temperatures in H₂O-CO₂-NaCl fluid inclusions: implications for PT-isochors location // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1991. V. 55. P. 3869–3871.
8. Goldfarb R. J., Groves D. I. Orogenic gold: Common or evolving fluid and metal sources through time // Lithos. 2015. V. 233. P. 2–26.

Бисатова А.Е. (ТОО «ГЕОС»), Айтбаева С.С., Дьячков Б.А., Мизерная М.А.
(ВКГТУ им. Д. Серикбаева)

О ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С НАЛОЖЕННЫМ ТИПОМ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧЕРДОЯК)

Главными редкометалльными структурами Восточного Казахстана являются гранитоидные пояса северо-западного направления, сформированные в позднегерцинской постколизийной (орогенной) геодинамической обстановке пермского времени (Горноалтайский, Калба-нарымский, Акбиик-Акжайляуский и др. В Калба-Нарымском поясе сосредоточены многие месторождения и рудопроявления редких металлов пегматитового, альбит-грейзенового, грейзеново-кварцевожильного и других типов (Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn, W, TR) [1,2]. Известные месторождения генетически связаны с гранитами калбинского комплекса (P1), в меньшей степени с лейкогранитами монастырского комплекса (P2) [3]. Критерии прогнозирования и поиска редкометалльных объектов базируются на системном анализе геотектонических, геолого-геофизических, рудно-петрологических, минералого-геохимических и других благоприятных факторов. Кроме прямой генетической связи, выделяются редкометалльные объекты в пространственной связи с более ранними малыми интрузиями и дайками гранодиорит-плагиогранитового состава (кунушский комплекс СЗ), сформированные в коллизийной геодинамической обстановке. (Чердоjak, Медведка, Кара-Аяк и др.).

Месторождение Чердоjak – типовой представитель грейзеново-кварцевожильной олово-вольфрамовой формации наложенного типа. Открыто в 1934 г. П.К. Каликом, разрабатывалось до 1958г. Новые исследования авторов, с учетом материалов предыдущих работ, позволяют уточнить генезис, особенности вещественного состава руд и оценку перспектив данного объекта. Месторождение расположено в Нарымском рудном районе Калба-Нарымской зоны [1,4]. Непосредственно приурочено к небольшому телу плагиогранитов кунушского комплекса (размером 1000х250м), отделяющихся от более поздних гранитоидов Нарымского массива (P1) узкой сланцевой оторочкой такырской свиты (D3) (Рис. 1). Плагиограниты состоят в основном из плагиоклаза (63,1%) и кварца (27,6%), относятся к нормальному петрохимическому ряду низкоплюмазитовой агапитности, натриевой спецификации щелочей ($\text{Na}_2\text{O}:\text{K}_2\text{O}=3.4$ раза) и высокой глиноземистости ($\frac{a}{c}=4.7$). По результатам масс-спектрометрии в плагиогранитах выявляется высокое отношение La/Yb (27,5) и аномальное содержание Sr (661-718,4 г/т), что соответствует адакитовой группе гранитоидов, производных метабазальта [3].

Уточняется геолого-структурная позиция и специфика рудоносности Чердоjakского месторождения. В результате тектонического сжатия под воздействия гранитоидной интрузии (направление СЗ-ЮВ) плагиограниты подверглись интенсивным контактово-метасоматическим преобразованиям (повышенная автономная и наложенная трещиноватость, дробление и катаклаз, огнейсование, графитизация, грейзенизация и окварцевание). Степень изменения плагиогранитов в северо-западном направлении (в сторону от гранитной интрузии) постепенно ослабевает. Тектонически нарушенные плагиограниты рассматриваются в качестве благоприятной рудовмещающей среды (структурно-литологической ловушки) для проникновения рудоносных флюидных потоков (H_2O , F, B, Cl, S, W и др.), отложения и концентрации рудного вещества, связанного с процессами формирования гранитоидов калбинского комплекса (P1).

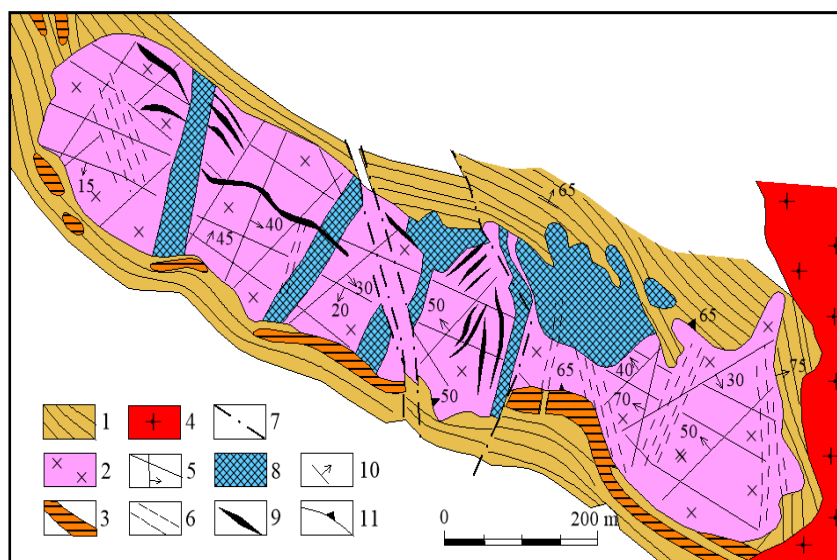


Рис. 1 Схематическая геологическая карта месторождения Чердоjak:

1 - сланцы такырской свиты; 2-3 - кунушский комплекс (СЗ): 2 - метаморфизованные плагиограниты, 3 - плагиогранит-порфиры; 4 - биотитовые граниты калбинского комплекса; 5 - система трещин; 6 - зоны сдвига; 7 - разломы; 8 - рудоносные штокверки; 9 - кварцевые жилы; 10 - слоистость по простиранию и падению; 11 - углы падения контактов интрузий плагиогранитов.

Модель рудообразования отражает избирательную локализацию олово-вольфрамового оруденения в поперечных трещинных зонах плагиогранитов лестничного типа (простирание СВ $20-30^{\circ}$, падение на ЮВ под углами $50-70^{\circ}$) с образованием рудных тел грейзенового и кварцево-жильного типа. Грейзенизация сопровождалась привносом Si, K, C орг., F, B, Sn, W и выносом Ca, Na, Mg. Высокое содержание Ca в плагиогранитах способствовало образованию в рудах шеелита. Главные рудные минералы - касситерит, шеелит и арсенопирит. Распространенные жильные минералы-кварц, мусковит, турмалин (шерл), флюорит, графит. Среднее содержание в рудах WO_3 - 0,13-0,19%, Sn - 0,10-0,13% [3]. Шеелит образует гнезда размером до 16 см в поперечнике с игольчатым турмалином (Рис. 2, 3). Содержит примеси Sn ($>1\%$), As (0,2-0,4%), редких земель ($\Sigma=242$ г/т), Mo (25.3 г/т), Hg (3079 г/т), Re (до 7,37 г/т). Касситерит в кварцевых жилах представлен кристаллами пирамидально-призматического облика (размером до 15 см по удлинению), Рис. 3б.



Рис. 2 Рудоносный грейзен кварц-графит-турмалин-касситерит-шеелитового состава.



Рис. 3 Главные рудные минералы месторождения Чердоjak (а) шеелит с игольчатым турмалином (шерлом); б) кристаллы касситерита темно-коричневого цвета).

По данным масс-спектрометрии содержит примеси (г/т): в касситерите In (82.96), Ag (8,98), Ta (140), Nb (129,5), W (121,2), Li+Rb+Cs (261,83) и в шеелите (Табл. 1, 2, Рис. 4,5).

Табл. 1
Распределения редких элементов в шеелите месторождения Чердоjak (г/т)

№ пробы	Участок	Хар-ка породы	Ta	Nb	Be	Li	Rb	Cs	Sn	W	Mo
134	Чердоjak	Шеелит	0,89	24,8	2,4	9,52	21,65	5,38	6,66	418900	25,33
5429-а	Чердоjak	Шеелит	358,9	166,6	0,65	11,3	10,9	0,45	4,53	404100	1,17

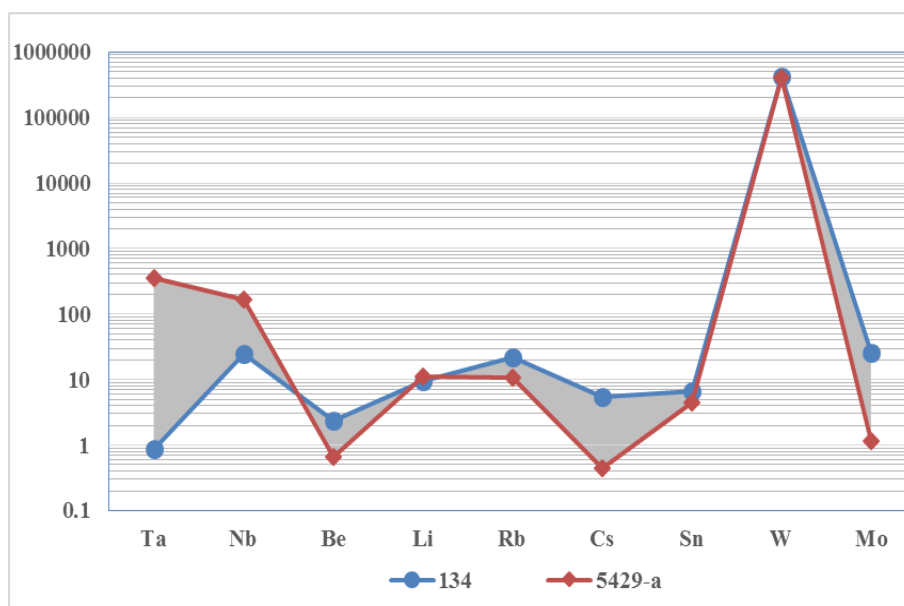


Рис. 4 График распределения редких элементов в шеелите месторождения Чердоjak

Табл. 2
Распределения рассеянных элементов в шеелите месторождения Чердоjak

№ пробы	Участок	Хар-ка породы	B	Ga	Ge	Y	Zr	In	Hf	Tl	Th	U	Re
134	Чердоjak	Шеелит	105,5	6,3	0,95	24,58	39,21	0,06	1,12	0,3	6,72	1,54	
5429-а	Чердоjak	Шеелит	54,2	1,01	0,39	6,09	9,7	0,02	0,91	2,01	3,22	0,92	7,37

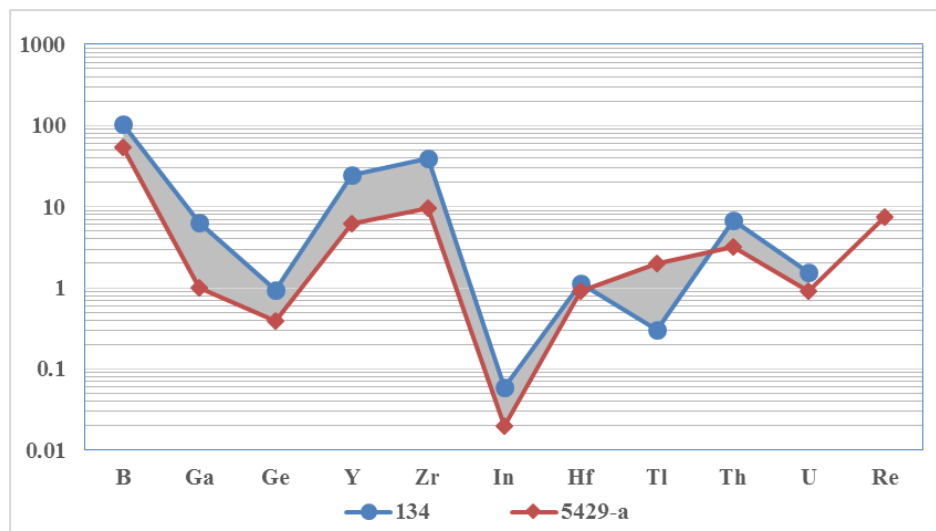


Рис. 5 График распределения рассеянных элементов в шеелите месторождения Чердомяк

По устойчивой кварц-турмалин-флюорит-касситерит-шеелитовой ассоциации на месторождении вскрыта только средняя часть рудоносной колонны. Это подтверждается новыми результатами буровых работ (А. Горяинова и др., 2019), которыми на глубине до 150-200м выявлен ряд минерализованных зон с общими прогнозными ресурсами WO_3 в первые тыс. тонн (при содержании 0,10-0,40%). В соответствии с геолого-генетической моделью перспективы объекта могут быть повышены за счет доразведки приконтактной зоны плагиогранитов с калбинскими гранитами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большой Алтай (геология и металлогения). Кн.2. Металлогения. – Алматы. РИО ВАК РК – 2000. – 400с.
2. Дьячков Б.А. Генетические типы редкометалльных месторождений Калба-Нарымского пояса. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ – 2012. – С.130.
3. M. L. Kuibida, B. A. Dyachkov, A. G. Vladimirov et. al. Contrasting granitic magmatism of the Kalba fold belt (East Kazakhstan): Evidence for Late Paleozoic post-orogenic events.//*Journal of Asian Earth Sciences* – 2019 – №175 – С. 178-198. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.08.027>
4. Щерба Г.Н. Геология Нарымского массива гранитоидов на Южном Алтае, Алма-Ата: Изд-во АН Каз. ССР – 1957. – С. 216.

ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ РУДОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД АЛЕКСАНДРОВО-ЗАВОДСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

Для Александрово-Заводского рудного поля рудовмещающей является средне-позднеюрская вулканогенно-кремнисто-терригенная геологическая формация. Соотношение в ее составе кремнисто-терригенных и вулканогенных отложений определяется с одной стороны близостью вулканно-аппаратов (субвулканических отложений – относящихся к жерловым фациям вулканизма), а с другой самим характером и интенсивностью вулканической активности в пределах рудных полей и месторождений. Александрово-Заводское рудное поле приурочена к краевой части вулcano-тектонической депрессии и сложено исключительно отложениями нижней и средней субформациями и характеризуется достаточно резкой фациальной изменчивостью. Разрезе представлен вулканогенными, терригенными и вулканогенно-терригенными породами в примерно равном соотношении. Вулканогенный разрез состоит из основных, средних и кислых вулканитов с широко развитой фациальной изменчивостью.

Породы кислого состава: риолиты – порода порфировой структуры. В виде фенокристаллов отмечаются кристаллы плагиоклаза, калиевого полевого шпата и кварца, размером до 3,0 мм. Из цветных минералов редко отмечается роговая обманка. Полевые шпаты пелитизированы, серицитизированы. Основная масса мелко- тонкозернистая, стекловатая кварц-полевошпатового состава, измененная. Вторичные минералы представлены серицитом, карбонатом, кварцем. Породы часто пронизаны гидроокислами железа. Риодациты – серо-зеленые, плотные с порфировой структурой. Количество вкрапленников в них составляет около 70%. Породы подвержены на 30-100% метасоматическим изменениям, в том числе *турмалинизации*. В изменённой породе мусковит-серицит-карбонат-пелит-кварцевого состава встречаются рудные минералы, а также мельчайшие скопления игольчатого рутила. Кварц образует неправильно- и неравномерно зернистые агрегаты. Серицит рассеян в массе, сложенной кварцем, находится как внутри зёрен, так и между ними в виде скоплений, замещающая полевые шпаты. Пластинки и листочки светлой слюды (до 1,8 мм) имеют изогнутые формы, по её спайности развивается рудный минерал. На слюду наложен карбонат, из вторичных изменений наблюдается *хлоритизация*. Повсеместно развиты глинистые минералы, которые чаще вместе с карбонатом образуют плотные скопления. Из акцессорных минералов отмечается сфен и апатит, размер кристаллов которого достигает 0,15 мм, а также встречаются очень мелкие осколки эпидота. Дациты – порода пористая, светло-серая с вкрапленниками полевых шпатов размером до 2,5 мм, которые составляют до 40% от её массы подвержена интенсивному метасоматозу *карбонат-серицит-кварцевого* и *серицит-хлоритового* состава с турмалином. Основная масса мелкозернистая *карбонат-серицит-хлоритизирована* с реликтами микролитов полевых шпатов, иногда с глинистыми участками. Карбонат заполняет вкрапленники удлиненно-призматической формы, также образует прожилки мощностью 0,3-0,5 мм и обособления размером до 3 мм. Хлоритоид в виде неправильных зёрен зеленоватого цвета с секториальным угасанием и аномальными серо-сизыми цветами интерференции вместе с таблитчатым карбонатом заполняет прожилки, мощностью до 0,2 мм. В породе зёрна гранобластового кварца разделены чешуйчатым серицитом. Турмалин представлен вытянутыми трещиноватыми зёрнами с зеленовато-болотным и болотно-коричневым плеохроизмом различной интенсивности, вместе с кристаллами рудного минерала образуют тонкие (до 1 мм мощностью) прожилки,

в которых иногда наблюдается карбонат. Из акцессорных минералов встречаются кристаллы эпидота и редко – апатита.

Породы среднего состава: андезидациты – породы обладают порфировой структурой, обусловленной развитием крупных (до 1,0 мм) лейстовидных и призматических кристаллов плагиоклаза и ксеноформных кварца, погруженных в мелко-скрытокристаллическую основную массу кварц-полевошпатового состава флюидально-полосчатой микротекстуры. Вторичные минералы представлены серицитом, карбонатом, кварцем. В целом аналогичны андезитам, но с небольшим количеством кварца (до 5%). По фенокристаллам развивается также мелкозернистый турмалин, тремолитовый-актинолит амфибол. Последний образует игольчатые слабо плеохроирующие веерообразные лучистые агрегаты по всей породе. В породе наблюдаются халцедон-кварц-карбонатный прожилки с глинисто-карбонатными прослоями. Халцедон образует полусферические и радиально-лучистые выделения, переходя, в большинстве случаев, в мелкозернистую кварцевую массу, заполняющую свободное пространство. Карбонат представлен крупными кристаллами. Иногда встречаются осколки эпидота. Андезиты – тёмно-зелёные породы с ясно выраженной порфировой структурой с вкрапленниками (40-60% от общей массы породы) плагиоклазов и миндалинами кальцита (размером до 5 мм). Скрытокристаллический базис представлен зеленовато-коричневой пелит-серицит-карбонат-полевошпатовой массой с отдельными лейстами плагиоклаза и пылевидными скоплениями рудного минерала. Структура основной массы микролитовая, местами флюидальная. Вкрапленники плагиоклазов округлой и призматически-вытянутой форм замещены, иногда полностью, вторичными минералами – *серицитом* и *карбонатами*, вдоль некоторых кристаллов формируются листочки мусковита и отмечаются реликты роговой обманкой. По плагиоклазу образует псевдоморфозы кварц, который также образует крупные агрегатные выделения (в ассоциации с карбонатом) в основной массе. Отмечаются андезиты с миндалекаменной структурой. В породе развита вкрапленность пирита и цоизита. Встречаются фенокристаллы оливина петельчатой структуры, полностью замещенные карбонатом. По трещинам и в краевых частях карбонат разделён карбонат-серицитовой массой. Кристаллы акцессорного апатита (около 1%, до 0,4 мм в продольном сечении) тяготеют к вкрапленникам, располагаясь в их краевых частях. Тонкие карбонатные прожилки имеют мощность до 0,01 мм. В основной массе также находятся округлые скопления (до 0,25 мм) рудного минерала.

Породы основного состава: андезибазальты – обладают порфировой структурой, обусловленной наличием фенокристаллов плагиоклаза и полевого шпата таблитчатой формы, размером до 1,0–1,5 мм, редко более. Плагиоклазы частично *серицитизированы*, полевые шпаты кроме того *карбонатизированы*. Основная масса тонко-скрытокристаллическая, состоящая из мелких микролитов плагиоклаза, небольшого количества кварца (до 5%) и вулканического стекла. Структура основной массы микролитовая или гиалопелитовая. Порфировые выделения и миндалины основной массы пелитизированы и замещены серицитом, карбонатом, редко хлоритом. Карбонат также образует округлые миндалевидные выделения. Базальты – Порода обладает порфировой структурой. В виде фенокристаллов отмечаются плагиоклазы, оливин и пироксены таблитчатой, изометричной и призматической формы, размером до 2,0–3,0 мм. Порфировые выделения интенсивно пелитизированы и замещены вторичными образованиями: серицитом, боулингом, карбонатом. Основная масса – мелко-, тонкозернистая, преимущественно плагиоклазового состава, пелитизированная, афонитовой, местами флюидальной структуры. В породе содержатся мелкие кристаллики

цоизита и прожилки карбоната, вкрапленники оливина. Зёрна оливина округлой формы, замещенные иллингситом, серпентином и в меньшей степени карбонатом со держат рудные минералы. Эффузивно-обломочные породы представлены лавобрекчиям вышеописанных эффузивных пород с аналогичным составом.

Вулканогенно-осадочные породы, представленные туфами андезитов. Породы тёмно-серые с розоватым оттенком, с единичными светлыми округлыми вкрапленниками, размером до 3 мм и множеством удлиненно-призматических и таблитчатых кристаллов плагиоклаза, размером до 1,5 мм имеют порфиновую микропористую текстуру и часто метасоматически изменены, в результате этого приобретают светло-серую окраску с бурым оттенком за счет гематитизации. Основная масса породы, пропитанная пылевидным черным веществом мелко-тонкозернистая кварц-полевошпатового состава, с вторичными пелит-соссюритовыми изменениями по лейстам плагиоклаза. Вкрапленники представлены плагиоклазами, листочками хлоритизированного биотита с мусковитом в центральной части и гематитовой оторочкой, реликтовой роговой обманкой, угловатыми оплавленными обломками пород андезитового и алевролитового состава, также песчаников. Преобладают таблитчатые кристаллы плагиоклаза (андезин) с прямой и обратной зональностью, простыми и полисинтетическими двойниками, по которому развиваются соссюритовый агрегат. Часто крупные выделения по краям замещаются карбонатом, а центральная часть пустая. Размер кристаллов достигает 1-1,5 мм. Границы зёрен подчеркнуты гематитовой крошкой. Гематит полностью замещает единичные кристаллы роговой обманки. Карбонат образует пятнистые псевдоморфозы по плагиоклазам и развивается между обломков пород. В составе отмечаются обломки оплавленных андезитов. Встречается акцессорный апатит, размер кристаллов которого достигает 0,04 мм.

Все рассмотренные выше вулканические и осадочные породы претерпели гидротермальный метаморфизм, выразившийся в умеренной (или частичной) гидратации и карбонатизации. Эффузивные породы основного состава подвержены серицитизации, карбонатизации, а среднего и кислого также в меньшей степени окварцеванию. Породы изменены не более чем на 20–30% от объема пород. Нацело измененные породы (метасоматиты) встречаются редко и приурочены к рудным зонам. Метасоматиты кварц-серицит-карбонатного состава сформированы в процессе березитизации. Отсутствие в этой ассоциации хлорита, в особенности развитого по средне-основным породам, объясняется тем, что в первичных породах нигде не встречены цветные минералы. Кварц-хлоритовый и кварц-турмалин-хлоритовые метасоматиты по андезитам отмечаются на отдельных участках. Метасоматит, пропитанный гидроксидами железа, представлен кварц-турмалин-хлоритовой массой с более крупными зёрнами кварца и неправильной формы чёрными рудными выделениями (до 0,1 мм), которая на контакте с кварцевым прожилком имеет прослой с радиальным веероподобным иссинезелёным хлоритом с одной стороны и карбонатно-железистыми фестончатым прослоем с другой стороны. Турмалин выделяется в виде зеленовато-бежевых короткопризматических кристаллов и их скоплений. Встречаются в породе прожилки кварцевые мощностью от 1 см, также глинистые паутинообразные непрозрачные ожелезненные и соссюритизированные зеленоватые. Интенсивный метасоматоз пород с образованием турмалинитов ($T=250-500^{\circ}$) развивается по кислым, реже средним породам во внутренних зонах небольших жил, также часто турмалин встречается в прожилках. Порода на 97% состоит из мелкокристаллического зонального турмалина шерл-дравитового изоморфного ряда с разным преобладанием шерлового минерала. Он ассоциируется с кварцем, который наблюдается в единичных полостях неправильной формы в виде скоплений зёрен размером до 0,2 мм.

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПЛИЦИТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ LEAPFROG GEO ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ НА ПРИМЕРЕ МЕДНО-ЦИНКОВО-КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В настоящее время большую актуальность приобретает трёхмерное моделирование месторождений полезных ископаемых в горно-геологических информационных системах (Leapfrog, Micromine, Surpac, Datamine и др.) с целью подсчета или оценки запасов.

Целью данной работы является создание трёхмерной модели медно-цинково-колчеданного месторождения в программном комплексе Leapfrog Geo [2] для установления пространственного расположения рудных залежей и оперативной оценки запасов меди и цинка.

Исследуемый объект располагается на южном Урале и является типичным колчеданным месторождением Уральского типа. Месторождение приурочено к базальтовой депрессии, перекомпенсированной кислыми вулканитами, формирующими биклиналичную структуру. В разрезе базальт-риолитовой формации выделены следующие толщи: нижняя базальтовая, нижняя риодацитовая, сменяющаяся по простиранию андезитодацитовая, средняя базальтовая, верхняя риодацитовая и верхняя базальтовая. [1]

На месторождении выявлено шесть залежей медно-колчеданных руд, имеющих промышленное значение. Залежи протягиваются на 2,8 км, погружаясь в северном, северо-восточном направлении.

Рудные залежи обычно залегают согласно с контактами литологических разновидностей вмещающих пород, реже залегание их обусловлено развитием тектонических зон.

Технологически выделяют 7 типов руд: медные колчеданы, медно-цинковые колчеданы, цинковые колчеданы, серные колчеданы, вкрапленные медные и цинковые руды, бурые железняки.

В качестве исходных данных для построения модели и оценки ресурсов была использована база данных скважин, включающая результаты опробования материала керна, данные инклинометрии и геодезические координаты скважин. После загрузки базы данных в систему был проведен её анализ (Табл. 1), в результате которого было исправлено 4 ошибки, являющиеся типичными для баз данных, а именно: наложение интервалов опробования (до 0,1 м) и неправильно введённые данные инклинометрии (с неправильным знаком).

Табл. 1.

Статистика по загруженным данным

	Cu	Zn
Количество проб	1650	1650
Количество «0»	3	42
Количество скважин	123	123
Среднее содержание в пробах, %	2,78	0,912

Далее работа проходила по следующим этапам:

- на основе данных опробования для рудных интервалов были воссозданы границы залежей;
- по данным координат устьев скважин была воссоздана топографическая поверхность;

- привязаны геологическая карта и имеющиеся геологические разрезы по месторождению для проверки имеющихся данных и присвоения литологических кодов рудным разностям;
- создана геологическая модель рудных тел с заложением тренда по их падению для придания им наиболее точной формы (Рис.1.).

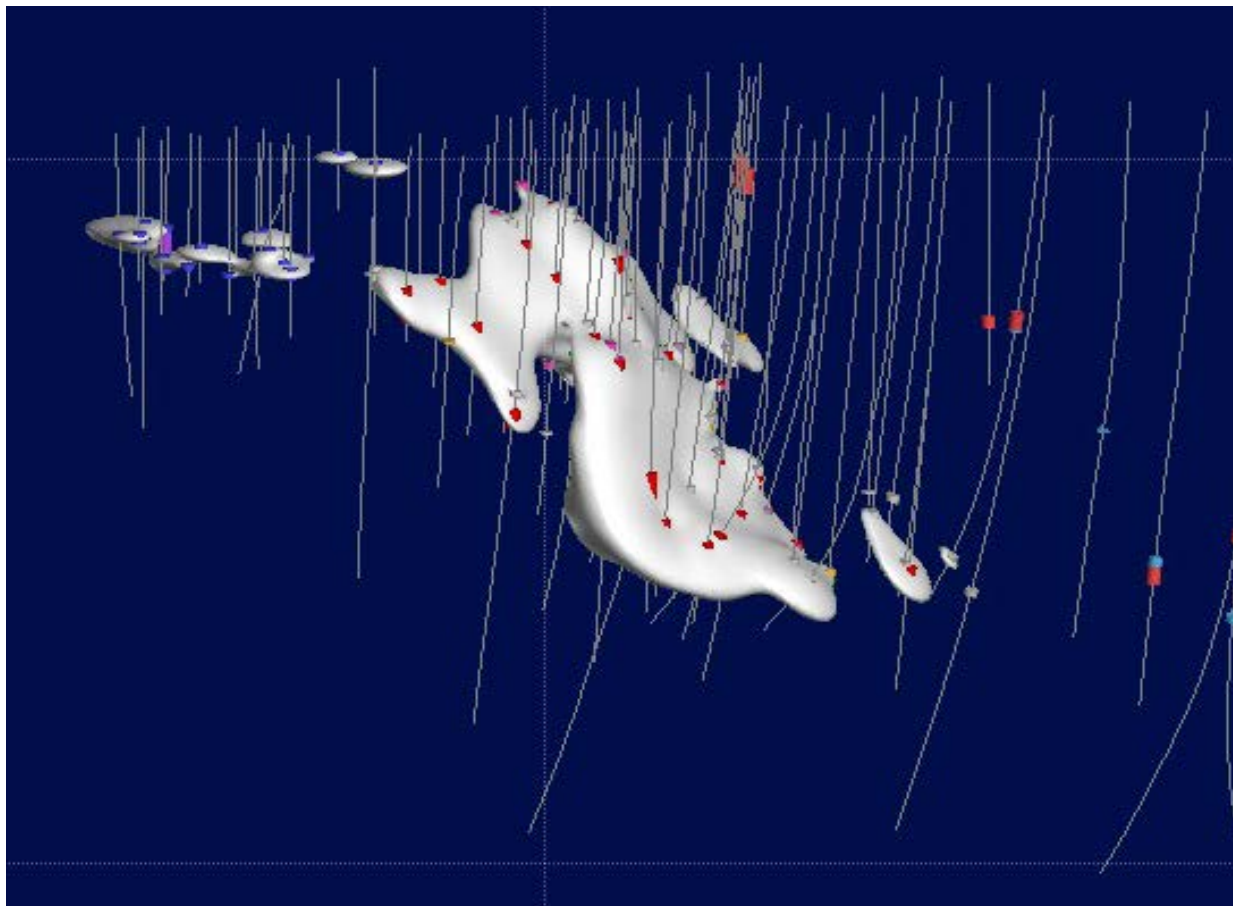


Рис. 1. Пространственная геологическая модель рудных тел

Для предварительной оценки запасов на месторождении необходимо создать блочную модель. В данном случае для предварительной оценки был задан размер блока 15*15*15 м и установлены границы блочной модели в соответствии с имеющейся геологической моделью. После этого представляется возможным получить первичные данные посчитанных запасов путём создания отчёта по блочной модели в Leapfrog (Табл. 2), при установлении параметра плотности руды (в данном случае плотность принята за 3 г/см³).

Табл. 2.
Данные оценки запасов месторождения, полученные в Leapfrog Geo

GM	Tonnes t	Average Grade		Metal Content	
		cu %	zn %	cu t	zn t
ORE	7,754,609.04	2.51	0.77	194,943.08	59,632.91
Total	7,754,609.04	2.51	0.77	194,943.08	59,632.91

В дальнейшем такая оценка требует ряда уточнений: разбивка по доменам (сортам руды), установление бортового содержания (по естественному борту или кондициям), применение геостатистических методов для определения характера распределения компонентов. В тоже время, созданная модель отражает пространственное положение рудных тел на месторождении, а полученные данные можно использовать для подсчета запасов с использованием методов геостатистики, проектирования открытых и подземных горных выработок и дальнейшего планирования горных работ.

Таким образом, основными преимуществами программного комплекса Leapfrog Гео являются: возможность оперативной оценки запасов по данным разведки, возможность быстрого построения геологических моделей, возможность быстрого корректирования модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контарь Е.С. Геолого-промышленные типы месторождений меди, цинка, свинца на Урале. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – С. 199.
2. Описание возможностей программного комплекса Leapfrog [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.leapfrog3d.com/ru> (дата обращения 25.12.2019)

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ 19А ЖИЛЫ УЧАСТКА ХРУСТАЛЬНЫЙ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДУКАТ

Дукатское золото-серебряное месторождение расположено в Омсукчанском районе Магаданской области. Оно приурочено к центральной части интрузивно-купольного поднятия, размещенного в области пересечения Балыгычано-Сугойского прогиба и внешней краевой зоны центральной части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Образование интрузивно-купольного поднятия происходило в два этапа: при становлении экструзивно-купольного поднятия в раннем мелу и Омсукчанского плутона позднемелового возраста.

Формирование месторождения происходило в два этапа: ранний, связанный с вулканогенной деятельностью, и поздний – с внедрением Омсукчанского гранитного плутона. Для раннего этапа характерно окварцевание, адуляризация, гидрослюдизация вмещающих пород и образование сначала рудных тел серебро-полисульфидного, а затем – кварц-адуляр-серебро-сульфосольного состава, имеющих крутое падение ($60-90^{\circ}$). К позднему этапу относится проявление высокотемпературных метасоматических минералов – гельвина, граната, аксинита, бустамита (скарноидная ассоциация) и пологих жил кварц-родонит-родохрозитового состава [1].

Участок Хрустальный, включающий 19а жилу, расположен на северном фланге месторождения и ограничен от других участков Восточным разломом. 19а жила мощностью до 2х метров, протяженностью до 450 м имеет крутое падение $70-75^{\circ}$ и не выходит на поверхность. Она вскрыта скважинами и прослежена подземными горными выработками в интервале 875-760 м. Жила сопровождается жильно-прожилково-вкрапленной минерализацией. Минеральный состав жилы неоднороден: верхние и центральные горизонты сложены кварц-адуляр-сульфидным, нижние – кварц-родонитовым минеральными комплексами.

В кварц-адуляр-сульфидном минеральном комплексе основными рудными минералами являются сфалерит, халькопирит, пирит, галенит, магнетит, реже встречаются: арсенопирит, пирротин, самородное серебро, акантит, фрейбергит и сульфосоли серебра. Самородное серебро образует сростания с халькопиритом, акантитом, сульфосолями серебра, либо фиксируется в виде мелких самостоятельных сильно корродированных выделений. Для пирита характерно наличие тонкой эмульсии самородного серебра – мирмекитоподобные сростания (Рис.1), и акантита (Рис.2).

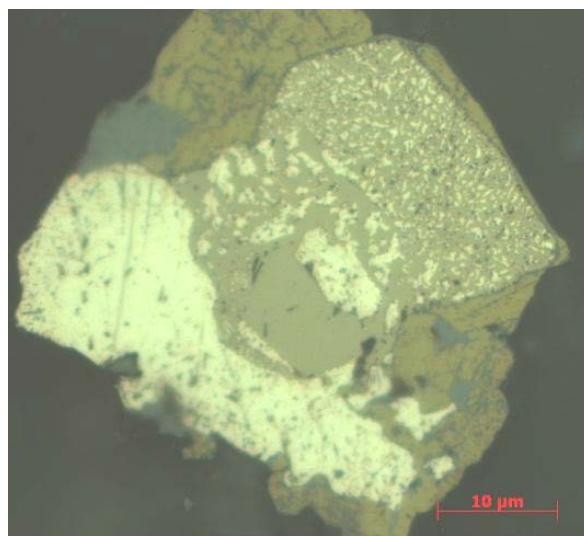


Рис.1. Мирмекитоподобные сростания самородного серебра с пиритом в халькопирите.

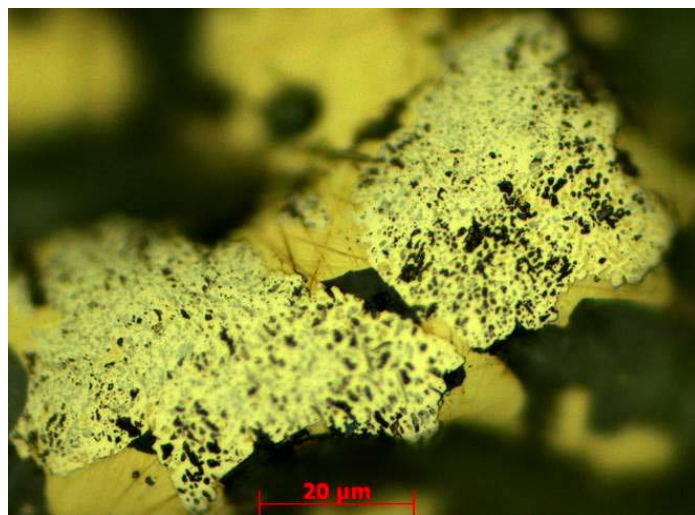


Рис.2. Пирит с тонкой эмульсией акантита в халькопирите

В кварц-родонитовом минеральном комплексе арсенопирит резко преобладает над пиритом, увеличивается роль самородного серебра, акантита, сульфосолей серебра, а также встречается гематит. Для самородного серебра характерны самостоятельные выделения различной формы, сростания с акантитом, халькопиритом (Рис.3) и сульфосолями серебра. Самородное серебро окаймляет сульфосоли серебра и акантит, присутствует в виде включений в халькопирите. В пирите тонкая эмульсия самородного серебра сливается в крупные каплевидные обособления, создающие впечатления коррозии пирита (Рис.4).

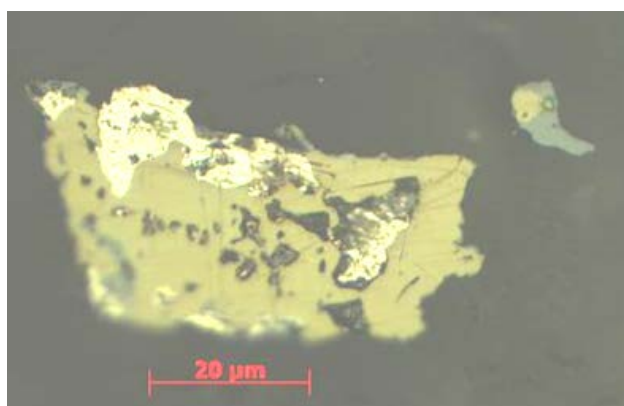


Рис.3. Сростание халькопирита с самородным серебром и акантитом

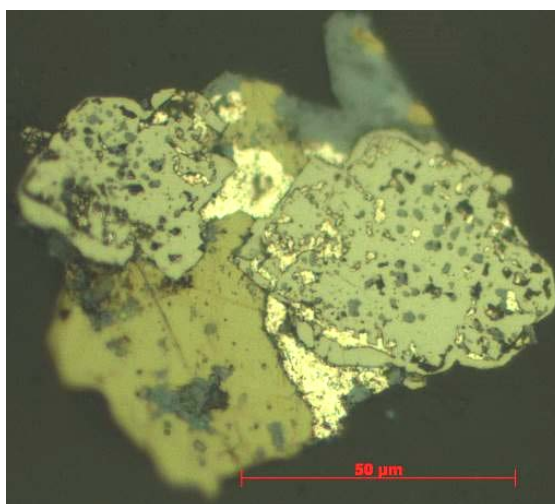


Рис.4. Сростание самородного серебра с пиритом и халькопиритом

Выделение двух минеральных комплексов позволяет предположить о двух этапном формировании 19а жилы Дукатского месторождения, обязанному внедрению Омсукчанского гранитного плутона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савва Н.Е., Кравцов В.С., Алексеев В.Ю. Месторождение Дукат // Крупные и супер крупные месторождения полезных ископаемых. Том 3. Стратегические виды рудного сырья Востока России. Книга 1. ИГЕМ РАН, 2006. С. 383-422.

Брысин М.П., Лейбгам П.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Шабалин С.И. (ИГМ СО РАН),
Арсентьева И.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Сергеев А.А. (АО СНИИГГиМС)

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАЛАРСКОГО ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ (ГОРНАЯ ШОРИЯ)

Каларское золото-серебрянное рудное поле выделено в северо-восточной части Кабурчакского узла при проведении ГМК-500 [1]. Рудный узел приурочен к одноименной девонской вулcano-тектонической структуре в южной части Тельбесского прогиба. Вмещающие породы представлены преимущественно комплексом вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород учуленско-казанкольского вулканического комплекса раннего-среднего девона, прорванного комагматичными интрузивами кистальского комплекса. Золото-серебряное оруденение парагенетически связано с образованиями учуленско-казанкольского вулканического и кабурчакского субвулканического комплексов.[2]

На площади рудного поля расположено Каларское золото-серебряное рудопоявление и многочисленные геохимические аномалии элементов-спутников золота: серебра, мышьяка, свинца, сурьмы, висмута. Стратифицированные породы в пределах рудопоявления, сложены верхними горизонтами нижнедевонской толщи, относящийся к учуленско-казанкольской группе свит (преимущественно эффузивы среднего-основного состава), которая к юго-западу перекрывается кислыми эффузивами верхней части вышеуказанной последовательности свит. В составе вулканитов на долю андезитов приходится около 50%, андезибазальтов – 15 %, базальтов - 8%, туфов андезитового состава - 15%, туфов кислого и смешанного состава 1 % [2].

Золото-серебряные руды представляют собой серию сульфидно-кварцевых жил и прожилков среди метасоматически измененных брекчированных вулканитов и субвулканических дацитовых порфиров. По данным ранее проведенных поисковых работ выделено три стадии рудной минерализации: ранняя (золото-арсенопирит-пиритовая); поздняя (серебро-галенитовая) и пострудная (из рудных минералов в небольших количествах содержится борнит, киноварь, марказит, реальгар, золото). Кроме широко распространенных пирита, арсенопирита, галенита, сфалерита, халькопирита в рудах отмечены золото, электрум, серебро, марказит, мельниковит, пирротин, леллингит, молибденит, реальгар, киноварь, аргентит, акантит, висмутин, борнит, калаверит, гессит, алтаит, тетрадимит, тетраэдрит, теннантит, буланжерит, барит, алунит, маухерит, магнетит, гематит. Содержания золота в рудах меняется от 0,7 г/т до 5,6 г/т, серебра – от 0,2 до 570 г/т [2]. Около 75% золота связано с золото-арсенопирит-пиритовой ассоциацией.

Нами были отобраны образцы керна поисковой скважины С-2, пройденной в северном фланге Каларского рудопоявления, из которых были изготовлены и изучены шлифы и аншлифы. Оставшаяся часть была раздроблена и проанализирована методом ICP-MS с целью определения концентрации рудных элементов на масс-спектрометре ELAN-6100 в лаборатории ФГБУ «ИМГРЭ». Аншлифы из интервалов с повышенными содержаниями золота изучены на сканирующем электронном микроскопе (JSM-6510LV (Jeol Ltd) с системой микроанализа AZTEC Energy XMax-80) в ИГМ СО РАН.

В результате ICP-MS анализа установлено, что в пробах с повышенным содержанием золота (более 0,2 г/т) отмечается устойчивая положительная его корреляция с такими элементами как Ag, As, Pb, Bi, Sb. (Табл.1).

Табл. 1

Результаты ICP-MS анализа пород и руд Каларского рудопоявления (скв. С-2, инт. 43,5–157,6 м). Выделены анализы с концентрацией золота более 0,2 г/т.

Номер пробы	Fe масс. доля, н*10 ⁻⁴ , %	Co масс. доля, н*10 ⁻⁴ , %	Ni масс. доля, н*10 ⁻⁴ , %	Cu масс. доля, н*10 ⁻⁴ , %	Zn масс. доля, н*10 ⁻⁴ , %	As масс. доля, н*10 ⁻⁴ , %	Ag масс. доля, н*10 ⁻⁴ , %	Cd масс. доля, н*10 ⁻⁴ , %	Sb масс. доля, н*10 ⁻⁴ , %	W масс. доля, н*10 ⁻⁴ , %	Au масс. доля, н*10 ⁻⁴ , %	Pb масс. доля, н*10 ⁻⁴ , %	Bi масс. доля, н*10 ⁻⁴ , %
C-2-43,5	59949	26	22,5	60	>500	909	0,177	>1	5,8	0,54	<0,001	31	0,52
C-2-79,7	43507	14,2	14,2	72	>500	633	0,129	<0,1	6,5	0,67	<0,001	12,9	0,48
C-2-82,5	77078	16,9	15,8	27	164	564	0,089	0,15	8,2	0,37	<0,001	7,2	0,89
C-2-83,6	39130	4,7	9,1	156	87	3476	1,67	0,51	18,6	0,86	<0,001	102	>10
C-2-84,0	>100000	67	13,6	366	366	>10000	10,0	>1	56	<0,1	1,39	315	>10
C-2-84,8	55924	11,7	12,4	175	31	6228	2,41	0,15	23	0,91	0,055	66	>10
C-2-88,0	62617	8,3	15,5	198	375	1657	0,68	<0,1	18,9	0,63	0,0107	24	>10
C-2-90,6	52186	17,0	13,6	42	38	4177	0,31	<0,1	14,3	0,66	0,0103	35	1,22
C-2-132,5	75391	16,5	12,5	118	90	5298	0,38	0,15	24	0,86	0,0145	11,7	5,5
C-2-134,4	87518	18,9	16,5	70	33	4195	1,81	0,21	59	2,2	0,23	45	>10
C-2-134,6	84120	8,0	4,7	21	34	4856	3,57	0,19	37	>10	0,137	419	>10
C-2-135,4	92000	4,3	8,5	43	25	3249	3,21	0,16	49	2,1	0,067	318	7,4
C-2-135,6	>100000	3,1	5,0	586	129	>10000	>30	>1	>200	9,6	0,76	>500	>10
C-2-136,2	>100000	3,3	4,3	207	79	8668	25,6	>1	>200	7,8	0,48	>500	>10
C-2-137,1	91282	7,3	11,0	26	67	4609	2,99	0,46	45	>10	0,35	205	>10
C-2-140,5	>100000	60	14,8	63	67	>10000	12,4	>1	197	>10	1,38	>500	>10
C-2-146,8	28052	8,1	10,6	14,4	77	2713	0,64	<0,1	11,5	0,69	0,058	20	2,6
C-2-151,4	61356	25	9,2	25	>500	1940	2,40	>1	14,6	1,39	0,107	>500	3,2
C-2-152,3	63359	35	8,4	12,2	>500	3495	0,36	>1	12,1	0,55	0,0120	74	1,31
C-2-154,4	>100000	5,0	12,2	232	229	9434	19,1	>1	80	1,98	0,88	>500	>10
C-2-156,3	90906	48	25,1	345	143	720	6,9	0,78	58	1,02	0,028	371	9,4
C-2-157,6	72565	25	7,1	14,9	132	446	0,203	<0,1	5,4	0,91	0,026	22	0,96

В процессе изучения шлифов скважины С-2 были выделены следующие метасоматические зоны:

Верхняя зона (А) представлена кварц-серицит-хлоритовыми метасоматитами с зернами плагиоклаза по которым развивается агрегат соссюрита.

Умеренноизмененная зона (Б). Метасоматиты сложены серицитом (40%), кварцем (20%), карбонатом (20%), хлоритом (15%), рудной минерализации (1-3%). В изученных образцах наблюдается замещение выделений плагиоклаза агрегатом соссюрита. Размер фенокристов до 3-4 мм.

Аргиллизитовая зона (В). Метасоматиты сложены хлоритом (50%), глинистыми минералами (35%), кварцем (5 %), серицитом (1-3%), карбонатом (1-3%). Рудная минерализация в количестве 3-5 %.

Рудная зона (Г) характеризуется интенсивным преобразованием вмещающих вулканогенно-осадочных толщ. Метасоматиты представлены кварц-карбонат-серицит-хлоритовым агрегатом с рассеянной рудной минерализацией. Отмечаются прожилки кварцевого, карбонатного, карбонат-хлоритового состава с рудной минерализацией, вдоль которых фиксируются окислы и гидроокислы железа. Рудных минералов до 20%.

Подрудная зона (Д) характеризуется карбонатизацией, серицитизацией и окварцеванием вулканогенно-осадочных пород.

По относительному содержанию сульфидов в метасоматитах выделяются минерализованные и рудные зоны, а также рудные тела.

В минерализованной зоне количество рудных минералов 1-3 % которые представлены преимущественно пиритом. Для рудной зоны количество рудных минералов составляет 3-5 %, которые представлены пиритом (80-85%) и арсенопиритом (5-10%), крайне редко отмечаются сфалерит, пирротин (до 5%). В рудных телах количество сульфидов достигает 20%, в редких случаях они образуют маломощные (до 0,5 м) участки сливных руд с количеством сульфидов до 65-70%. Рудные минералы представлены пиритом (до 50%), арсенопиритом (до 45%), редко отмечаются сфалерит, халькопирит, пирротин, блеклые руды, висмутин (до 5%).

При изучении шлифов из рудного тела с отметки 140,5 м на сканирующем электронном микроскопе были установлены следующие минералы: из рудных преобладают пирит и арсенопирит (зональный, зональность обусловлена изменением количества мышьяка), присутствуют тетраэдрит, галенит, висмутин, впервые авторами обнаружены парагуанахуатит $\text{Bi}_2(\text{Se},\text{S})_3$, яскольскиит $\text{Pb}_{2+x}\text{Cu}_x(\text{Sb},\text{Bi})_{2-x}\text{S}_5$, $x=0,2$, козалит $\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{S}_5$,

твиннит $Pb(Sb,As)_2S_4$, вюрцит, павонит $AgBi_3S_5$, арамайонит $Ag(Sb,Bi)S_2$, купчикит $Cu_{3,4}Fe_{0,6}Bi_5S_{10}$, гисенит $Pb_{27}Cu_2(Bi,Sb)_{19}S_{57}$, тинтинаит $Pb_{22}Cu_4(Sb,Bi)_{30}S_{69}$ слагающие менее 1 % от общего объема сульфидов.

При изучении рудных интервалов с повышенным содержанием золота (до 1,39 г/т) не удалось установить самородное золото размерностью более 1 мкм. Предположительно субмикроскопическое золото входит в арсенипирит

Табл. 2

Химический состав рудных минералов по данным РСМА

Mineral	Total	Cu	Pb	Bi	Sb	S			
Paraguajaiti	96,66	0,66	8,2	60,14	8,02	18,69			
Mineral	Total	Fe	Cu	Ag	Pb	Bi	Sb	S	
Jaskolskiite	98,59	1,07	1,46	1,32	46,29	26,2	6,31	15,15	
Mineral	Total	Fe	Cu	Ag	Pb	Bi	Sb	S	
Cosalite	100,9	1,72	1,84	0,45	37,72	29,01	12,33	16,93	
Mineral	Total	Fe	Cu	Ag	Pb	Bi	Sb	S	
Aramayoite	98,56	1,83	1,03	8,56	23,92	23,52	20,66	17,86	
Mineral	Total	Fe	Cu	Ag	Pb	Bi	Sb	As	S
Twinnite	100,2	12,18	1,04	0,55	32,39	22,21	4,47	14,15	18,21

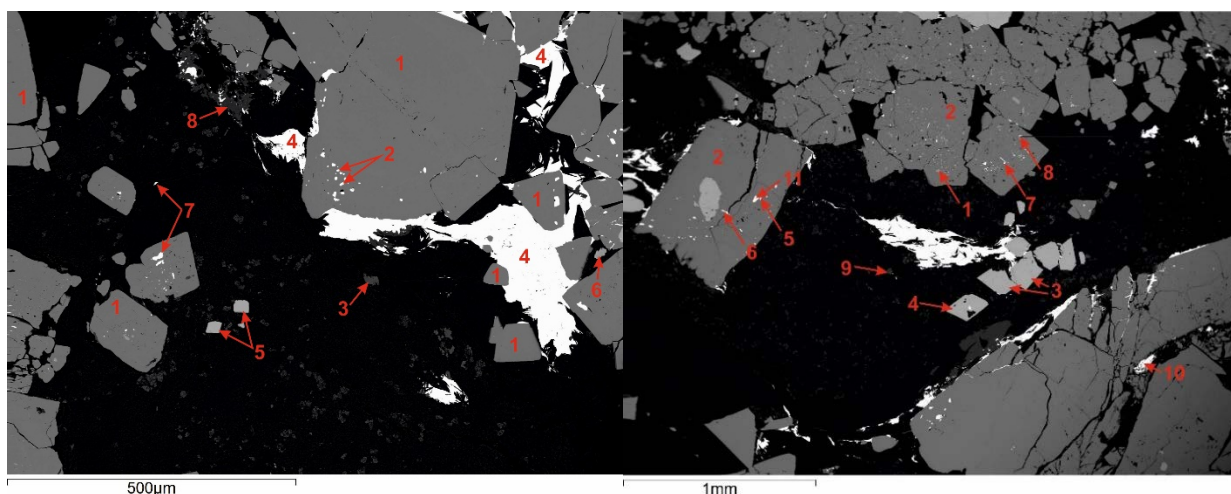


Рис.1 Микрофотографии аншлифов со сканирующего электронного микроскопа JSM-6510LV (Jeol Ltd).

А (слева): 1-пирит, 2-павонит, 3-рутил, 4-висмутин, 5-арсенипирит, 6-черчит, 7-яскольскит, 8-сидерит, 9-апатит; **Б** (справа): 1 – вюрцит, 2 – пирит, 3 – арсенипирит, 4 – висмутин, 5 – арамайонит, 6 – купчикит, 7 – галенит, 8 – козалин, 9 – рутил, 10 – гисенит, 11 – павонит.

Ранее при проведении геохимической съемки ионно-сорбционным методом было установлено, что золото-серебряное оруденение Каларского проявления сопровождается вторичными наложенными геохимическими ореолами As, Sb, Bi Ag [3].

Исходя из вышеописанных результатов, элементный состав наложенных ореолов отражает состав первичных руд.

Проекция рудных тел с глубин 100-150 м на поверхность попадает в поле высоких значений комплексной литохимической аномалии ИСМ. Направление снижения значений комплексной литохимической аномалии ИСМ отражает направление падения рудных тел (Рис. 1).

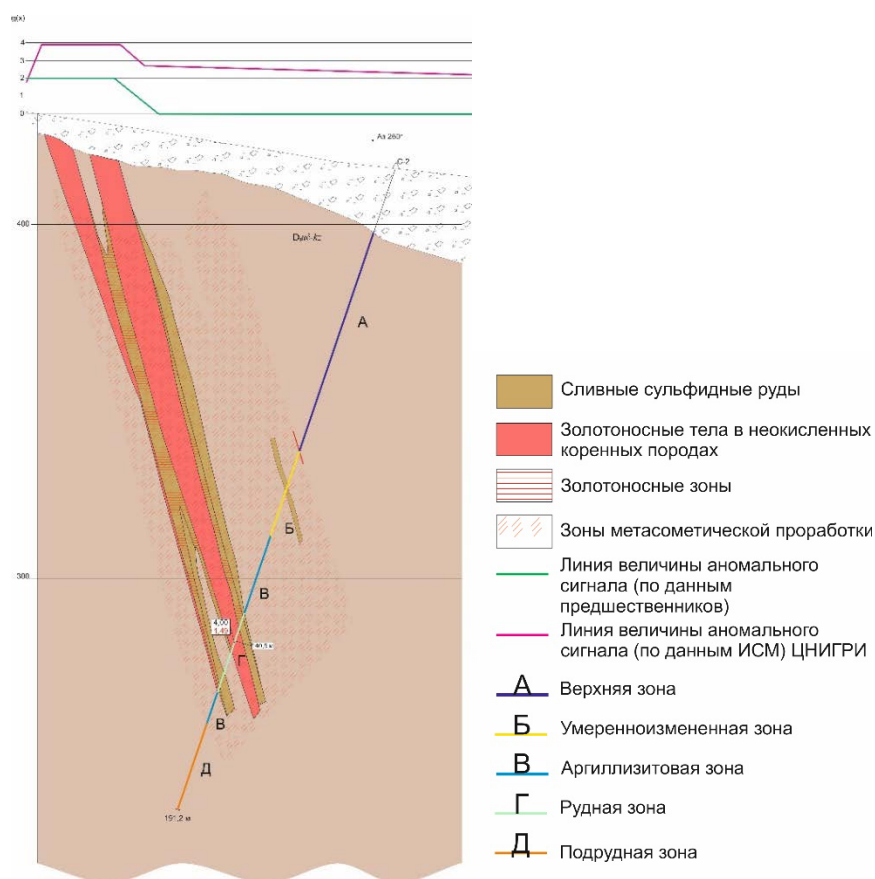


Рис.1 Разрез по скважине С-2

В ходе исследований в общей массе руды установлено относительно незначительное количество минералов Ag, Bi, Pb, Sb (менее 1 % от общего количества сульфидов), однако, этого количества достаточно для формирования отчетливых аномалий, фиксируемых методами ИСМ, несмотря на значительные глубины.

В результате проведенных работ получены новые данные по минералогии руд Каларского проявления. Установлена прямая связь элементов спутников золотого оруденения по данным ICP-MS анализа руд и ранее рекомендованным для геохимического коэффициента, что подтверждает его правильность. Подтверждено, что даже незначительное количество минералов элементов-индикаторов в рудах (менее 1%) могут обеспечивать уверенные геохимические аномалии ИСМ для глубин до 150 метров.

При изучении рудных интервалов с повышенным содержанием золота (до 1,39 г/т) не удалось установить самородное золото размерностью более 1 мкм. Предположительно субмикроскопическое золото входит в арсенопирит. Изучение данного вопроса планируется продолжить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черных А.И. Геолого-минерагеническое картирование на золото масштаба 1:500000 северозападной части Алтае-Саянской складчатой области (задачи, методика, результаты) // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 314. – № 1. – С. 16 – 22.
2. Черных А.И., Неволько П.А., Борисенко А.С. Эпитермальное золотосеребряное оруденение Кабурчакского рудного узла (Горная Шория) – особенности локализации, минералогия и возраст // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2013, № 3 (15) с. 76-82.
3. Черных А.И., Миляев С.А., Брысин М.П., Гвоздева И.А., Арсентьева И.В. Опыт применения ионно-сорбционного метода для выявления эпитермального золото-серебряного оруденения (Каларское рудное поле, Горная Шория). Сборник тезисов докладов IX научно-практической конференции. (17–19 апреля 2019 г., Москва, ФГУП ЦНИГРИ), – М.: ЦНИГРИ. 2019. с. 152-153.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИНЕРАЛОГИИ РУД УЧАСТКА ЧЕРЕМУХОВАЯ СОПКА СИНЮХИНСКОГО ЗОЛОТО-МЕДНО-СКАРНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Синюхинское рудное поле и одноименное месторождение, расположенное в Чойском административном районе Республики Алтай, и является объектом золото-медно-скарнового типа оруденения. Исследованиям геологии и минералогии руд Синюхинского месторождения посвящена обширная литература [1–5 и др.]. В большинстве публикаций дана детальная характеристика золото-медного оруденения в скарнах. В значительно меньшей степени изучена золотоносная прожилково-вкрапленная минерализация участка Черемуховая сопка.

Участок Черёмуховая Сопка, расположенный в юго-восточной части рудного поля, сложен туфами и лавами кислого, среднего и основного составов средней подсвиты усть-семиинской свиты (Є2), прорванные роями даек долеритовых порфириров, диоритовых порфириров, монцодиоритовых порфириров, спессартитов, гранодиорит-порфириров. Местами в контактах даек наблюдаются маломощные скарны пироксен-гранатового состава. По мнению А.И. Гусева (2013) На участке Черемуховая Сопка развито золото-порфировое оруденение в виде жильно-прожилковой штокверковой минерализации. В пределах штокверка развита густая сеть кварцевых, кварц-кальцитовых, карбонатных прожилков, линзочек, гнезд. В прожилках и во вмещающих породах отмечается вкрапленность пирита, реже халькопирита, борнита и самородного золота. Штокверковая минерализация наложена на пропилитизированные и фельдшпатизированные вулканогенные породы и дайки. Кварц, эпидот и ортоклаз образуют единый агрегат, метасоматически импрегнирующий дайки, лавы андези-базальтов, андези-дацитов и туфы среднего, средне-кислого составов [2].

Авторами в карьере участка Черемуховая сопка были отобраны образцы руд, представленные эпидот-кварц-калишпатовыми метасоматитами по вулканогенно-осадочным породам. Рудная минерализация в метасоматитах представлена пиритом, халькопиритом, гипергенными минералами меди и самородным золотом. Размер золотинок достигает 1,0 мм. Из образцов были изготовлены шлифы и аншлифы, которые изучались на микроскопе Olympus BX51. Состав минералов уточнен с использованием сканирующего электронного микроскопа Hitachi TM4000Plus с энергодисперсионной приставкой.

По результатам исследований в рудах выделены следующие парагенетические ассоциации:

1. Скарновая, представленная реликтами граната неправильной формы андродит-гроссулярового ряда (Рис. 1 а, b).

2. Кварц-калишпатовая с эпидотом и перекристаллизованным гранатом (Рис. 1d). В этой ассоциации встречено самородное золото (Au1) в КППШ на границе с гранатом (Рис.4).

3. Пропилитовая, представленная амфиболом, хлоритом, кальцитом (Рис.1b, c).

4. Золото-кварц-сульфидная, представленная кварцем, рудными минералами (халькозин, халькопирит, борнит, мелонит, кюстелит (Рис.3), самородным золотом (Au2). Золото встречено как в кварце, так и в ассоциации с сульфидами, в виде сростания золота с зернами сульфидных минералов (Рис. 2а, b, c, d).

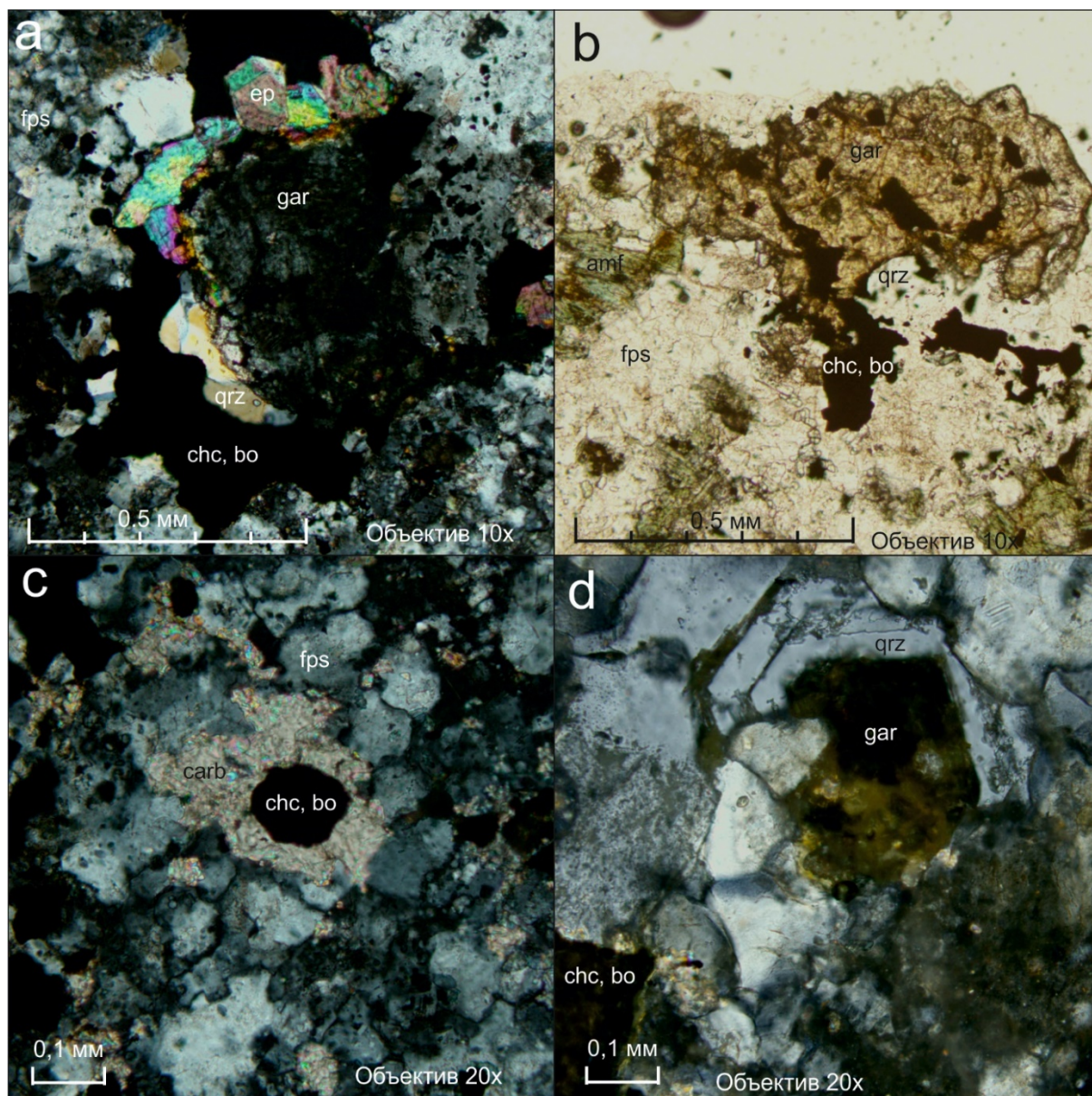


Рис.1 Обрастание реликтового граната кварцем, эпидотом и рудными минералами (а), реликтовый гранат скарнов с рудными минералами по трещинам (b), обрастание рудного минерала кальцитом в массе КППШ (с), перекристаллизованный гранат в кварц-калцишпатовых метасоматитах (d).

Выделены два типа золота. Раннее самородное золото (Au1) тесно ассоциирует с калиевым полевым шпатом, для второго, более позднего золота (Au2) характерны как небольшие выделения размером до 0,01 мм, в кварце, так и выделения до 1 мм в ассоциации с борнитом и халькозином, при этом они могут находиться как в сростании с зернами сульфидов, так и располагаться внутри них.

В результате элементного картирования поверхности на сканирующем электронном микроскопе было установлено наличие Te минерализации (мелонит, NiTe_2) в ассоциации с халькопиритом и борнитом по трещинам в КППШ. В сульфидах установлена примесь свинца (Рис.3).

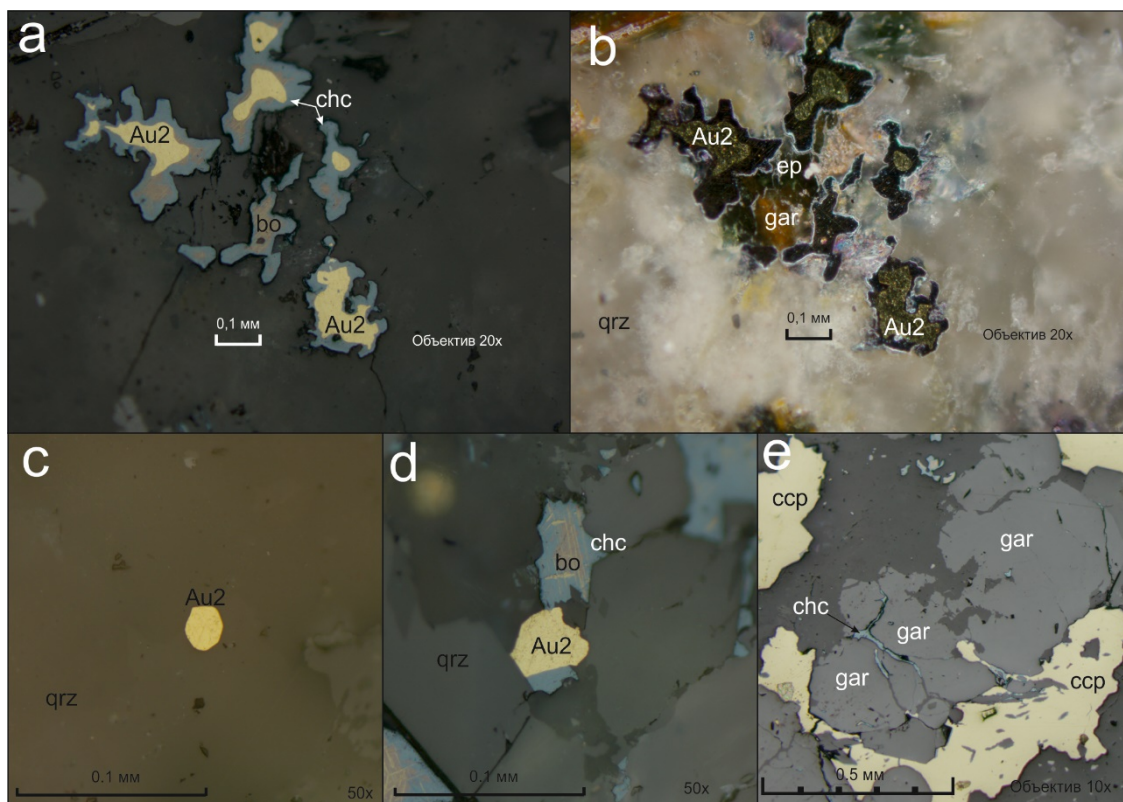


Рис. 2 Золото в зернах борнита и халькозина, обрастающих гранат-эпидотовый агрегат (a,b), золото в кварце (c), золото в ассоциации с борнитом с решетчатой структурой распада и халькозином в кварце (d), агрегат халькопирита и халькозина по трещинам в гранате (e).

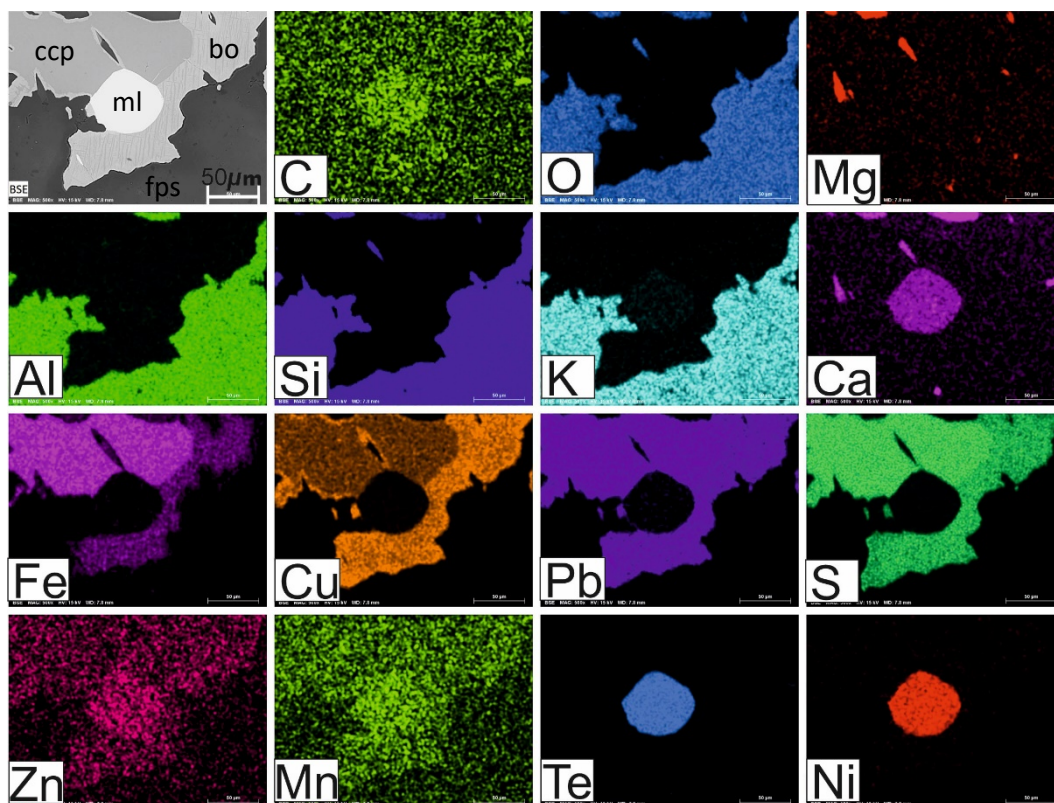


Рис. 3 Карты распределения элементов, изображения со сканирующего электронного микроскопа. Зерно мелонита (ml) в срастании с халькопиритом (ccp) и борнитом (bo).

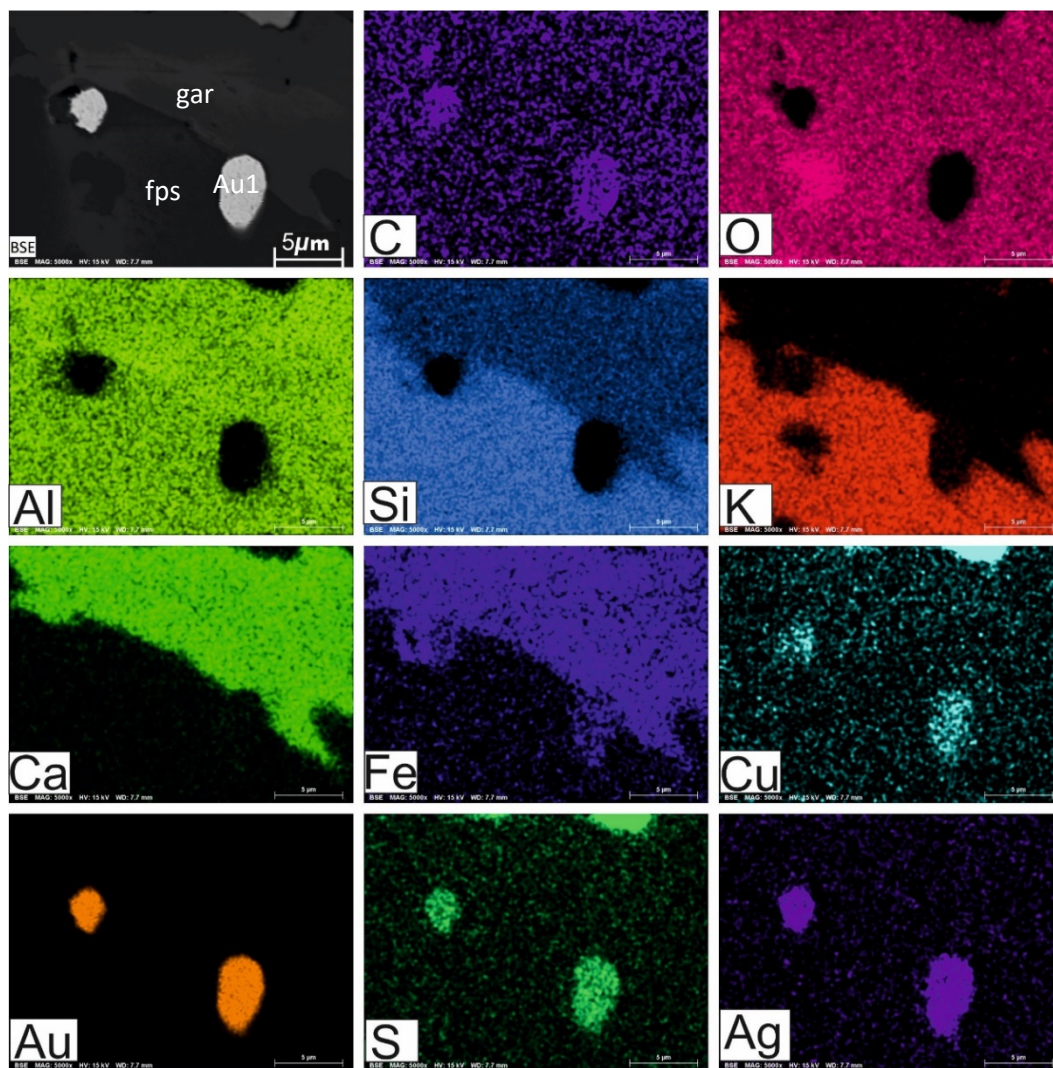


Рис. 4. Карты распределения элементов, изображения со сканирующего электронного микроскопа. Самородное золото (Au1) в ассоциации с КПШ (fps) на контакте с гранатом (gar).

Таким образом, для руд Черемуховой сопки, непосредственно для их благороднометальной ассоциации, характерны калишпатизация и развитие кварца, как гидротермального, слагающего тончайшие просечки и прожилки, так и метасоматического. Отмечается определенное сходство минеральной ассоциации и форм нахождения золота с теми, что были установлены при изучении руд Синюхинского рудного поля предшественниками [3,5]. Вместе с тем, в рудах Черемуховой сопки впервые выявлено самородное золото в парагенезисе с апоскарновыми кварц-эпидот-калишпатовыми метасоматитами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахрушев В.А. Минералогия, геохимия и образование месторождений скарново-золоторудной формации. – Новосибирск: Наука. 1972. 240 с.
2. Гусев А.И. Золото-порфировое оруденение Черемуховой сопки Синюхинского рудного поля (Горный Алтай) // Современные наукоемкие технологии. № 1. 2013. С. 94-98.
3. Двуреченская С.С. Новые данные о самородном золоте и составе рудных минералов Синюхинского месторождения // Руды и металлы. М. ЦНИГРИ. 2010 № 5 с. 54-63.
4. Ettlinger A.D, Meinert L.D. Copper-gold skarn mineralization at the Veselyi Mine Siniukhinskoe District, Siberia, USSR. // Economic Geology. 1991. Vol. 86. pp. 185-194.
5. Serguei G. Soloviev, Sergey G. Kryazhev, Svetlana S. Dvurechenskaya, Victor I. Uyutov. Geology, mineralization, fluid inclusion, and stable isotope characteristics of the Sinyukhinskoe Cu-Au skarn deposit, Russian Altai, SW Siberia. // Ore Geology Reviews. Vol. 112. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.103039>

МИРОВАЯ ПРОБЛЕМА НЕЛЕГАЛЬНОЙ КУСТАРНОЙ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В настоящее время большое количество стран мира столкнулось с проблемой незаконной добычи природных богатств кустарным способом. От этой проблемы страдают как государства и компании, сталкивающиеся с сопротивлением местного населения, при попытках промышленной разработки месторождений, так и сами местные жители, обнаружившие себя в заложниках у скупщиков предлагающих мизерную цену за их опасную работу, напрямую связанную с риском для жизни и здоровья.

Чаще всего, с данной проблемой сталкиваются развивающиеся, и страны третьего мира с большим количеством богатых золотых месторождений с высокой концентрацией, такие как: Кения, Гана, Монголия, Зимбабве и др. Однако даже в развитых странах большое количество людей занимаются незаконной добычей ресурсов, особенно характерно это для удаленных поселений, где контроль государства значительно ниже, а альтернативных источников доходов у населения практически нет.

Незаконная кустарная добыча полезных ископаемых нежелательна по нескольким причинам:

- Увеличение объема контрабанды и развитие черного рынка в стране.
- Появление вооруженных группировок, контролирующих добычу и рынок сбыта полезных ископаемых.
- Полная потеря добытых ископаемых для экономики государства.
- Отсутствие технического оснащения, и несоблюдение техники безопасности, что приводит к огромному количеству несчастных случаев.
- Нанесение огромного и зачастую непоправимого вреда окружающей среде, из-за использования токсичных и ядовитых веществ в процессе добычи и обогащения.
- Невозможность начала промышленной добычи на местах, где уже ведется кустарная добыча, без нарастания конфликта с местным населением.
- Использование тяжелого детского труда.

Основными причинами, заставляющими людей заниматься незаконной добычей, являются: слабое государственное регулирование, отсутствие других источников заработка и отчаяние. Так в Монголии из-за сильнейшей засухи и последовавших за ней сильных заморозков с метелью, погибла большая часть скота, из-за чего огромное количество людей лишилось их единственного источника к существованию, и были вынуждены заняться незаконной добычей золота на территории разрабатываемой частной компанией Agiel, скрываясь от охраны, за что получили название «Монгольские ниндзя». [2]

Методы решения данной проблемы, в большинстве стран основываются на силовом воздействии и наказании «чернокопателей». Однако данный подход оказался не столь эффективным, и отношение к этим людям как к преступникам лишь усугубляет положение. В них воспитывается негативное отношение к государству и силовым структурам, начинается сотрудничество с криминальными элементами для обеспечения защиты и скупки. Из-за усугубления условий, применяются более опасные и менее экологичные методы добычи.

Однако есть и другие примеры решения проблем незаконной кустарной добычи. Например, «Суринамский подход». Власти Суринама, вместо дальнейшего усугубления конфликта с «чернокопателями», которые обеспечивали 60% добычи всего золота в стране, решили пойти на сотрудничество и организовали сервисные центры, в которых обучали всех желающих более эффективным методам добычи, помогали организовывать артели, и выдавали лицензии на добычу по упрощенной процедуре, а также обеспечивали средствами защиты и инструментом. Наряду с этим были организованы пункты приема золота, где

выплачивалась гораздо более честная цена за метал, чем предлагали скупщики на черном рынке. Таким образом, за несколько лет правительству Суринама удалось перевести более 60% чернокопателей в легальную сферу добычи, при этом значительно уменьшив криминальную и экологическую обстановку в местах добычи. [1]

Несмотря на то, что незаконная добыча, действительно является достаточно серьезной проблемой для некоторых регионов нашей планеты, существуют действенные и выгодные для всех сторон методы решения этих проблем. Однако важно помнить, что в большинстве случаев люди начинают заниматься незаконной добычей не ради легкого обогащения, а исключительно потому что это остается единственным способом их существования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выступление Thersa Wong Swie San, TEDxParamaribo [Электронный ресурс]. Режим доступа URL: <https://youtu.be/9IIVR3aQkho> (Дата обращения 14.11.2019)
2. Передача Witness Mongolian Ninjas. Al Jazeera English. TEDxParamaribo [Электронный ресурс]. Режим доступа URL: <https://youtu.be/eghfWVdg3JI> (Дата обращения 14.11.2019)

ТРЕКОВАЯ ТЕРМОХРОНОЛОГИЯ АПАТИТОВ (НА ПРИМЕРЕ ГРАНИТОИДОВ НОВОСИБИРСКОГО И ОБСКОГО МАССИВОВ) КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОГНОЗА ПОГРЕБЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Проблемы прогноза и поиска не обнаженных на дневной поверхности месторождений рудных полезных ископаемых серьезно изучаются последние десятилетия и не потеряют своей актуальности в обозримом будущем [1, 2]. Особое внимание в этих исследованиях независимо от генетического типа рудного месторождения уделяется вопросам определения источника рудного вещества, моделированию процессов генерации месторождений и эволюции рудолокализирующих структур [3]. Соответственно, ведущими факторами, контролирующими размещение месторождений твердых полезных ископаемых, являются магматический (и/или литолого-статиграфический) и структурно-тектонический. Остальные рудоконтролирующие факторы (геофизический, геохимический, неотектонический, геоморфологический и другие) принимаются во внимание в связи со спецификой искомым полезных ископаемых, их генезисом и условиями концентрации.

Данная работа рассматривает вопрос оценки денудации и скорости воздымания горных массивов с помощью метода низкотемпературной термохронологии (трекового анализа апатита). Оценка таких параметров необходима, например, в горно-складчатых областях, для которых характерна многоэтапная эволюция рельефа. Трековый анализ апатита (AFT) является методом геологического датирования, который основан на подсчете плотности треков спонтанного деления ядер урана (^{238}U), накапливающихся в минерале в ходе геологической истории [4]. Наблюдение за температурой, до которой AFT система датирования остается закрытой по отношению к сохранению дочерних продуктов, позволяет определить историю экспозиции пород до высоких температур в определенных геологических условиях. Во многих случаях такие термохронометры позволяют определить возрасты, которые редко связаны со временем начала работы системы. Эти возрасты отражают запись термальных и тектонических процессов, которые контролируют эволюцию длительной денудации земной поверхности, а не возрасты первоначального образования. Ключом в изучении термальных процессов с помощью трековых исследований является понимание кинематики процесса отжига треков, которое достигается путем экспериментов в масштабах лабораторного времени. Отжиг треков апатита – это термально активизированный процесс, происходящий на интервалах температур обычно выше 100-120 °C. С увеличением степени отжига, треки начинают прогрессивно укорачиваться и, когда порода охладится до диапазона температур относительной трековой стабильности, треки сохраняют большую часть своей первоначальной длины. Отжиг треков контролируется температурой, таким образом, длины треков могут быть использованы для количественной оценки отжига. Каждый отдельный трек добавлен событием радиоактивного распада в различное время, и несет в себе различную долю термальной истории. Следовательно, длины отдельных треков отображают палеотемпературы, накопленные образцами за различные временные интервалы. Рассмотрение трекового возраста и данных длин вместе, отражает комбинацию времени, за которое треки сохранились и термальную историю пород за этот временной период. Поэтому, интеграция трекового возраста и параметров трековых длин может установить строгие ограничения истории охлаждения через зону частичного отжига треков, т.е. позволяет определить, каким было охлаждение: быстрым, медленным или более сложным. Поскольку трековый анализ апатита дает количественную информацию о процессах остывания, то его можно использовать для оценки скоростей воздымания, эрозии и тектонической денудации.

Изучены Новосибирский и Обской гранитоидные массивы (Новосибирская область) Колывань-Томской складчатой зоны. Оба эти массива сложены среднепермско-

раннетриасовыми гранитоидами приобского монцодиорит-граносиенит-гранитового комплекса. К ареалу их развития наряду с гранитоидами барлакского ранне-среднетриасового комплекса приурочен Барлакский прогнозируемый редкометалльный рудный район. С гранитоидами приобского комплекса пространственно и генетически связано оруденение вольфрам-молибденовой грейзеновой формации, однако, прямые поисковые признаки (проявления, пункты минерализации) известны только в Новосибирском массиве. Массивы расположены на одном гипсометрическом уровне 110 ± 10 м.

Трековый анализ апатитов проведен в лаборатории минералогии и петрологии Гентского университета (MINPET, Ghent University) по стандартной методике [5, 6] с помощью метода внешнего детектора с использованием теплового нейтронного облучения. Треки спонтанного деления в апатите подвергались химическому травлению 5.5 раствором HNO_3 в течение 20 секунд при температуре 21 °С. Индуцированные треки были обнаружены в мусковитном внешнем детекторе после облучения и травления 40% HF раствором в течение 40 минут при температуре 20 °С. Облучение капсулы с пробами, стандартами и дозиметрами проводилось на бельгийском реакторе 1 (BR1) в бельгийском ядерном исследовательском центре г. Мол (Belgian Nuclear Research Centre in Mol). В качестве стандартов были использованы апатиты из туфов Durango и Fish Canyon, дозиметры – оптимизированное стекло IRMM 540. Подсчет треков произведен на сканирующем микроскопе Nikon. Калибровка трековых возрастов осуществлялась с использованием усредненного зета-фактора.

Распределение трековых длин в комбинации с трековыми возрастными данными позволило определить характер тренда охлаждения пород, и восстановить термальную историю земных пород с помощью моделирования. Моделирование термальных историй проведено при наличии необходимого количества измерений трековых длин (от 50 до 100) с использованием программного обеспечения QTQt от [7]. Термальный тренд, пригодный для наиболее надежной интерпретации модели тепловой истории, показан черным цветом. Цветовая палитра фона отображает статистическое соответствие исходным трековым данным, наиболее вероятными являются тренды с красным тепловым полем.

Трековые возрасты апатита для пород Обского массива варьируют от 90 до 110 млн лет (верхний-нижний мел), для пород Новосибирского массива диапазон несколько шире – от 150 до 80 млн лет (верхняя юра - верхний мел). Полученные возрасты датируют тектонический этап мезозойского внутриконтинентального орогенеза. Наиболее информативными для целей данного исследования являются термальные кривые, смоделированные с использованием трековых возрастов. Для примера выбраны наиболее показательные модели для Обского и Новосибирского массивов (Рис.1).

В термальной истории Новосибирского массива отчетливо выделяются два контрастных этапа (мел-палеогеновый и неогеновый), отражающие различные (нео)тектонические режимы. На протяжении всего мела в течение 80 млн лет массив был охлажден максимум на 40°C, иначе говоря, скорость денудации на этом временном интервале не превышала 2 м/млн лет. Такие значения являются показателем тектонической стабильности массива. Во время палеоцена и эоцена T-t-тренд термальной истории погружается в связи с нагреванием (от 60 до 70°C), которое может быть вызвано проседанием в результате накопления мощной толщи осадочной последовательности. Проседание прекратилось к олигоцену, во время которого термальная история характеризуется горизонтальным поведением тренда. В самом начале неогена Новосибирский массив испытал заключительную фазу быстрого охлаждения (от 70 до 25°C за 20 млн лет) и был выведен на современную поверхность. Скорость денудации оценивается как 60-70 м/млн лет.

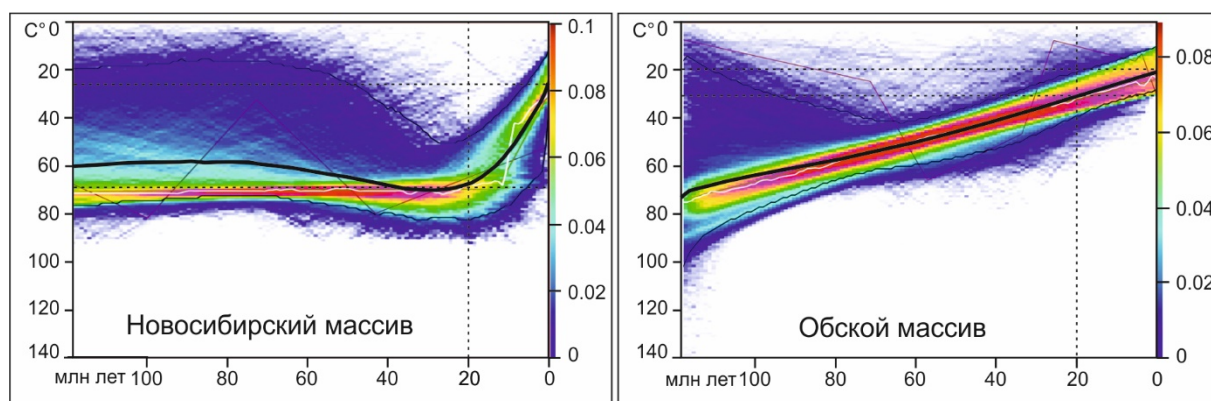


Рис. 1 Термальные истории Обского и Новосибирского массивов

На термальной истории Обского массива в отличие от Новосибирского термо-тектонические режимы не проявлены, массив на протяжении 120 млн лет испытывал длительное монотонное охлаждение со скоростью $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{млн лет}$, что соответствует скорости денудации 12-15 м/млн лет.

Таким образом удалось установить, что эксгумация гранитоидных массивов происходила во время неогеновой (20 млн лет назад) фазы быстрого охлаждения, которую можно интерпретировать как этап кайнозойского орогенеза. Во время этой фазы Новосибирский массив был охлажден на 45°C , иначе говоря, вскрыт денудацией на 1800 м, а Обской массив – охлажден на 10°C , т.е. мощность денудированной толщи составляет 400 м. Учитывая идентичный состав и принадлежность единому комплексу исследованных массивов, можно предположить наличие поисковых признаков оруденения вольфрам-молибденовой грейзеновой формации в пределах Обского массива на глубине 1400 м от настоящей поверхности.

Результаты данного исследования на примере гранитоидов приобского комплекса, с которыми связано оруденение, показали возможности метода низкотемпературной термохронологии апатита в оценке денудации и скорости воздымания массивов. Анализ этих инструментально обоснованных количественных параметров повышает степень достоверности оценки прогнозных ресурсов, а также позволяет оценить возможность прогнозирования на глубине скрытых месторождений твердых полезных ископаемых промышленно важных типов оруденения (например, молибденит-вольфрамитового и золото-сульфидно-кварцевого).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской области в рамках научного проекта № 19-45-543001.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горжевский Д.И., Натаров А.Г., Алекторова Е.А. Методика поисков глубокозалегающих рудных месторождений // Геохимические методы поисков глубокозалегающих рудных месторождений –1980. – С. 4-11.
2. Некрасов Е.М. Возможное проявление слепого оруденения на нижних уровнях месторождения Бaley и механизм формирования богатых руд на близповерхностных месторождениях золота и серебра // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка – 2017. – №5. – С. 40-51.
3. Митрофанов Н.П. О методологии прогноза, поисков и оценки скрытых плутогенных месторождений // Отечественная геология – 2017. – №2. – сС. 31-41.
4. Wagner G., Van den Haute P. Fission track dating. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1992, 285 p

5. De Grave, J., Glorie, S., Buslov, M.M., Stockli, D.F., McWilliams, M.O., Batalev, Yu, V., Van den haute, P. Thermo-tectonic history of the Issyk-kul basement (Kyrgyz northern Tien Shan, Central Asia). *Gondwana Research* 23, 2013, p. 998-1020.
6. De Pelsmaeker E., Glorie S., Buslov M.M., Zhimulev F., Poujol M., Korobkin V.V., Vanhaecke F., Vetrov E.V., De Grave J. Late-Paleozoic emplacement and Meso-Cenozoic reactivation of the southern Kazakhstan granitoid basement. *Tectonophysics* 662, 2015, p. 416–433.
7. Gallagher K. Transdimensional inverse thermal history modeling for quantitative thermochronology. *Journal of Geophysical Research Solid Earth* 117, 2012, p. 1-16.

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ ГАН-АНДРЕЕВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ И ВОЗМОЖНАЯ РОЛЬ АУТИГЕННЫХ ПИРИТ-МАРКАЗИТОВЫХ СТЯЖЕНИЙ В РУДОГЕНЕЗЕ (РЕСП. САХА)

Проявление Ган-Андреевское расположено на левом берегу р. Джолакаг, между ручьями Ган и Андреевский. В геологическом строении проявления и большей части одноименного рудного поля участвуют породы существенно глинистой толщи. В составе толщи преобладают темно-серые до черных алевропелиты, разномеристые алевролиты с прослоями и отдельными маломощными пластами песчаников тонорской свиты средненорийского возраста верхнего триаса.

В структурном отношении Ган-Андреевское рудное поле расположено в Центральной шовной подзоне Адыча-Тарынской зоны развития кулис дисгармоничных при- и межразломных конических складок, присдвиговых транспрессионных и транстенсионных дуплексов и одноименном блоке с инверсионным режимом палеотектонических напряжений. Инверсия поля тектонических напряжений от сдвигового типа на пред- и раннерудной стадии к сдвиго-сбросовому во внутрирудную стадию, по мнению ряда авторов, благоприятствовало дополнительному приоткрыванию рудовмещающих трещин.

Складчатой структурой условно первого порядка можно считать антиклиналь, контролируемую главным швом Ган-Аулачанского разлома. Антиклиналь в свою очередь осложнена многочисленными складками более высоких порядков.

Расположение рудного поля Ган-Андреевское в зоне непосредственного влияния Адыча-Тарынской системы разломов определяет ведущую роль в его тектоническом строении многочисленным разрывным нарушениям, главным образом, продольным северо-западным и субширотным. Подавляющее большинство нарушений характеризуется очень крутым субвертикальным падением плоскости сместителя, что характерно для зон сдвиговых дислокаций.

Все установленные основные рудные тела и рудоносные зоны на месторождении приурочены к продольным северо-западным и субширотным нарушениям. Северо-восточные нарушения контролируют размещение слаборудоносных кварцевых и карбонатно-кварцевых жил, минерализованных зон дробления и кварцевого прожилкования.

На начальных стадиях при правосдвиговых перемещениях по основным нарушениям дуплексов в обстановке преобладания напряжений сдвига и сжатия формировались минерализованные зоны дробления с золото-сульфидным прожилково-вкрапленным типом оруденения. Раздвиговая компонента в тектоническом поле появлялась в моменты инверсии локального поля вследствие смены направления смещений на левосторонние. Благодаря этому происходило дополнительное раскрытие основных продольных и их опережающих нарушений и формировались стержневые сульфидно-кварцевые жилы и зоны прожилкования.

Периоды инверсии поля на сдвиго-раздвиговый (вплоть до раздвигового) тип были продолжительны и интенсивны, судя по интенсивному развитию трещин, связанных с раздвиговыми напряжениями. Всё это, в целом, определило сочетание на Ган-Андреевском рудном поле рудных тел и жильно-прожилкового и прожилково-вкрапленного геолого-промышленных типов оруденения [2].

По результатам поисковых работ на проявлении Ган-Андреевское выявлено 4 рудных тела золото-антимонитового типа и 10 рудных тел золотосульфидного (пирит-арсенопиритового) типа. По мнению ряда авторов, ведущая роль в локализации золото-сурьмяных тел принадлежит узлам пересечений разрывных нарушений. Все тела данного типа образуют локальные скопления типа рудных столбов сложной морфологии и незначительных параметров по простиранию и падению.

Золото-сульфидное оруденение занимает более обширную площадь, рудные тела характеризуются большими параметрами по простиранию (десятки – возможно, первые сотни метров) и особенно по падению (первые сотни метров), но в целом и в их размещении, особенно богатых руд, ощущается «столбовой» характер.

Ведущими рудными минералами золото-сульфидных рудных тел являются пирит и арсенопирит. Главную роль в составе руд играет тонкоигольчатый арсенопирит: практически все промышленные содержания золота золото-сульфидных тел связаны с наличием в них арсенопирита в количестве 1–2 до 5%.

Характерна высокая степень золотоносности сульфидов, содержащих основное количество золота в тонкодисперсном состоянии. Содержания золота в арсенопирите колеблются в пределах 40 - 800 г/т (по данным атомно-абсорбционного анализа) и более 108 г/т (по результатам спектрального анализа). Содержание золота в пирите также устойчивое, в пределах 20-70 г/т.

Как арсенопирит, так и пирит характеризуются крайне низкими содержаниями серебра от 0,1 до 2,7 г/т. Кроме золота и серебра в арсенопирите почти стопроцентная встречаемость характерна для свинца, меди, кобальта, никеля, сурьмы. Такие элементы, как цинк, олово, встречаются спорадически, 50% встречаемость отмечена для вольфрама [3].

Характерной особенностью описываемых рудных тел является их приуроченность к участкам (блокам) пород с повышенным уровнем метаморфизма, выраженном в раскристаллизации и перераспределении сульфидных стяжений пирит-марказитового состава, появлении включений антраксолита в прожилках карбонатно-кварцевого состава, метасоматическом характере золото-сульфидных руд.

На основании работ предшественников установлено, что пирит-марказитовые стяжения являются сингенетичными. Так, в мезозойском задуговом бассейне, который представлял из себя Охотско-Чукотский вулканический пояс (ОЧВП), в обстановке субдукции и восстановительной среды отлагались чёрные углеродистые глины, содержавшие большое количество сульфидных коллоидов (гелей). Коллоидно-минералогические структуры как продукты гидротермальных процессов являются характерными для областей вулканической деятельности, но в меньшей степени известен факт отложения их аморфных масс в форме гелей, что характерно для ряда минералов – таких, в частности, как сульфиды мышьяка, меди, цинка, сурьмы, железа [1].

В отложениях, принимающих участие в геологическом строении Ган-Андреевского рудного поля фиксируются различные структурно-морфологические типы стяжений. В результате документации поисковых скважин зафиксированы следующие их типы: с прямой зональностью, инверсионной зональностью, стяжения, приуроченные к кливажу и трещинам отрыва, стяжения в будинах и складках высокого порядка.

Стяжения с прямой зональностью характеризуются «уплотненной» центральной частью с закономерным падением содержаний сульфидов к периферии. Их размерность колеблется от 1-2 см до 6-7 см в диаметре, форма выделения, как правило, изометричная.

Инверсионная зональность стяжений характеризуется «уплотненным» внешним контуром при «разубоженной» центральной части. Вариации размеров могут меняться от 1 до 5 см в диаметре при широком наборе форм выделения от изометричных до вытянутых, «торпедовидных».

Стяжения сульфидов с инверсионной зональностью формируются, в отличие от разностей с прямой зональностью, при прогреве черносланцевой толщи и метаморфизме не выше зеленосланцевой фации. При этом происходит перераспределение сульфидного вещества от центра стяжений к периферии, тогда как прямая зональность (Рис. 1) указывает на нормальные Р-Т условия формирования углистых глин.



Рис. 1. аншл. 118/66,2, ув. 5х. Прямая зональность в сульфидных стяжениях

Стяжения в будинах и складках высокого порядка, как правило, аналогичны стяжениям первых двух типов, но всегда удлинённой формы. При образовании складчатости высокого порядка (Рис. 2) в глинах и алевролитах, насыщенных органикой, накопление сульфидной составляющей происходит на плоскостях скалывания слоёв разной компетенции, как правило, в ядрах складок, откуда вещество нередко мигрирует к их крыльям и замкам.

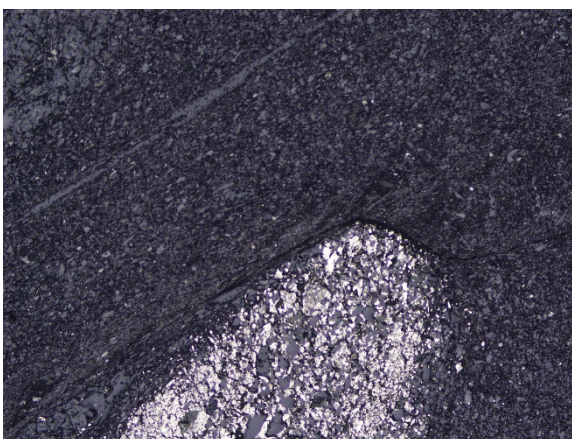


Рис. 2. аншл. 118/66,0, ув. 5х. Стяжения сульфидов в складках высокого порядка

Морфология стяжений, приуроченных к кливажу и трещинам отрыва, обычно характеризуется сильной вытянутостью, мощность стяжений ограничена плоскостями разрывов. Плотность сульфидной нагрузки значительная, однако присутствие оолитов и сложная колломорфная внутренняя текстура подразумевает их формирование из коллоидных масс. Образование сульфидных стяжений в кливаже и трещинах отрыва происходит вследствие гидротермальной проработки черносланцевой толщи, эти разновидности скоплений наиболее изменены (Рис. 3).

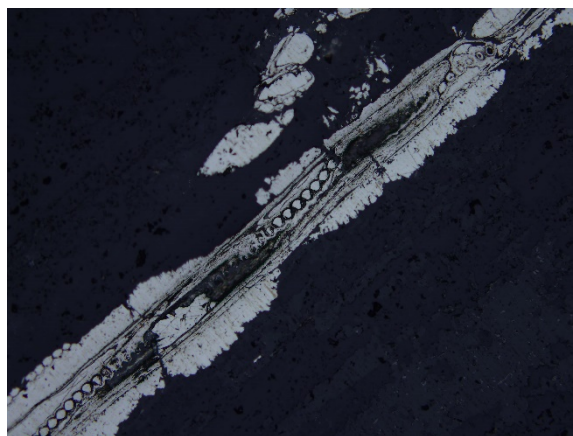


Рис. 3. аншл. 119/37,0, ув. 20х. Сульфидные новообразования в кливаже черносланцевой толщи

По нашим представлениям, сульфидные гели являются коллоидными системами, потерявшие текучесть вследствие формирования в них внутренних структур в виде сплошной сетки связанных между собой зольных частиц. Особенности подобной перестройки сульфидных выделений заключаются, прежде всего, в том, что дисперсионная среда и дисперсная фаза меняются своими ролями. То есть фаза (сульфидные выделения) становится непрерывной, а частицы среды – изолированными (гидрофаза), последние вследствие этого обладают очень большой поверхностью и поэтому способны адсорбировать большое количество посторонних ионов, прежде всего, металлов.

При тектоническом воздействии на уже раскристаллизованные стяжения происходит обратное перераспределение минеральной нагрузки в виде выделения сульфидов, в частности, соединений с золотом, их растворение, транзит и переотложение в гидротермальных системах (жилы, прожилки, минерализованные зоны).

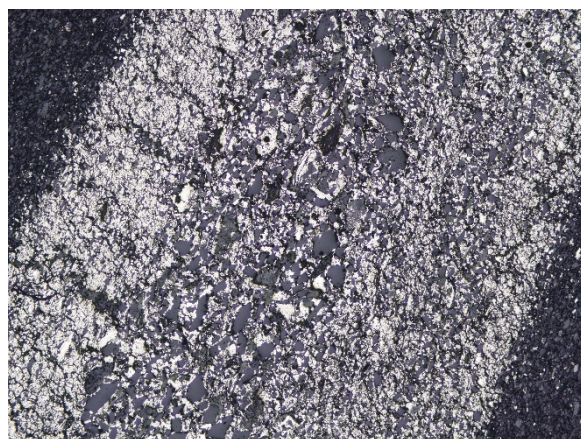


Рис. 4. аншл. 118/66,0, ув. 5х. Инверсионная зональность в сульфидных стяжениях

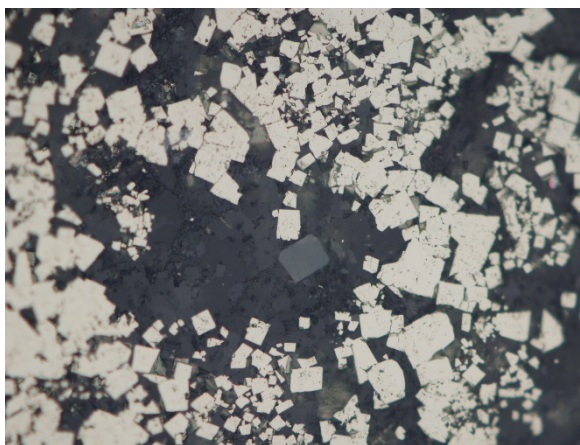


Рис. 5. аншл. 118/66,2, ув. 50х. Скопления пирита



Рис. 6. аншл. 119/28,6, ув. 10х. Кристалл пирита в секущем кварцевом прожилке

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Градов О.В. Подходы физико-химической механики естественных частично-упорядоченных сред, в том числе – неорганических полимерных и жидкокристаллических структур, в анализе формирования хемогенных, механогенных и биогенных осадочных пород. // девятнадцатая международная конференция "Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле". Материалы конференции. – 2018. – С. 87.
2. Сенотрусов Ю.И. Геологическое доизучение с общими поисками масштаба 1:50 000 в бассейне верхнего течения р. Джолакаг на площади листов: Q-54-73-А-в,г; Б-в,г; В-а,б; Г; 74-А-в,г; Б-в,г; В,Г; 75-В; 86-А,Б; 87-А-а,б в 1993-2001 гг. 2001 г. ОАО «Янгеология» ТГФ пос. Батагай.
3. Тямисов Н.Э., Петров Г.Н., Алексеев М.Ф. Отчет о результатах детальных поисковых работ на площади Джолакагского рудного поля в 1983-88 гг. Якутская АССР 1988 г., Якутскгеология, РГФ 454813

Внучков Д.А. (МГУ имени М.В. Ломоносова), Шипилова Е.С. (ИГЕМ РАН),
Макарова М.А. (ИГЕМ РАН, МГУ имени М.В. Ломоносова)

РАСПРОСТРАНЁННОСТЬ И МОРФОЛОГИЯ ФЕРРИПЛАНТИТОВ В БОКСИТОНОСНЫХ ЛАТЕРИТНЫХ ПОКРОВАХ ПРОВИНЦИИ ФУТА-ДЖАЛОН МАНДИНГО

Африка богата алюминиевым сырьем и занимает первое место в мире по общим и достоверным запасам. Подавляющая часть сконцентрирована в Западной Африке - бокситоносной провинции Фута Джалон-Мандинго, расположенной в основном на территории Гвинейской республики и частично Республик Мали и Гвинеи Бисау [6]. Сочетание благоприятных факторов (переменно-влажный тропический климат, положительная геодинамика и благоприятный состав материнских пород) обеспечивали условия необходимые для латеритного выветривания и образования бокситов высокого качества.

В латеритных бокситоносных корах выветривания самой крупной провинции Фута Джалон-Мандинго в генерализованном виде выделяется два литологических горизонта пород. Нижний горизонт сложен глинами (полиминеральными в нижней части и преимущественно каолиновыми вверху) совпадающей с гидрогеологической зоной постоянного обводнения в сезон дождей. Верхний горизонт является собственно латеритным покровом, который сложен преимущественно минералами оксидов и гидроксидов алюминия и железа. В нижней части собственно латеритного покрова – между глинистым и бокситовым горизонтами практически во всех скважинах, повсеместно залегают железистые латериты (так называемый нижний железистый горизонт), которые совпадают с гидрогеологической зоной колебания зеркала грунтовых вод в сезон дождей. Мощность железистого горизонта находится в пределах от 1,5 до 9 метров, чаще всего составляет 3-4 метра. Выше по разрезу в гидрогеологической зоне инфильтрации и аэрации находятся бокситы, которые в своей нижней части (над зоной колебания зеркала грунтовых вод) более светлые менее железистые, совпадают с зоной повышенного (до 10-12%) содержания CO_2 и уменьшенного содержания O_2 [3]. В верхней части бокситы (ближе к дневной поверхности, где повышается содержание O_2), как правило становятся красноцветными, более железистыми. Они зачастую в самой верхней части (1-2 метра от поверхности) переходят в железистые латериты – кирасу.

В пределах нижнего железистого горизонта почти повсеместно наблюдается линзовидные и плиткообразные тела очень крепких высокожелезистых пород, которые [5] названы благодаря уплощённой морфологии, гидроксидных и оксидных форм железа – ферриплантитами. Они отмечаются и выше по разрезу в бокситах. В горизонте железистых латеритов снизу-вверх уменьшается количество каолинита, то есть он почти полностью замещается гематитом, тонкодисперсным гетитом и алюмогетитом. Повешенные содержания оксидных форм железа (в целом, накопление железа в нижнем железистом горизонте, который совпадает с зоной колебания зеркала грунтовых вод в профиле коры выветривания, происходит благодаря окислительному геохимическому барьеру) приводит к образованию линз ферриплантитов.

Для выявления закономерностей распространённости ферриплантитов в латеритных бокситоносных покровах были проанализированы 76 разрезов скважин из 16 месторождений бокситов провинции Фута Джалон – Мандинго. В этих пересечениях всего выявлено 336 тел ферриплантитов, мощностью от 0,5 до 50 см с преобладанием в 2-7 см. Среди ферриплантитов выделяются по цвету и по минералогическому составу два типа: табачно-охристые (существенно гётитовые) и сургучно-красные (существенно гематитовые). В 58 скважинах выявлены только ферриплантиты табачно-охристые, в 4 скважинах только сургучно-красные и в 14 скважинах встречены оба типа. Разрезы же различаются по зональности. Выделяются две зональности - прямая и обратная [4]. Они различаются распределением Al_2O_3 по глубине. Для прямой зональности характерно

увеличение содержания Al_2O_3 с увеличением глубины. Для обратной зональности характерно высокое содержание глинозёма которое уменьшается с глубиной, а содержание Fe_2O_3 соответственно увеличивается. Статистические данные распределения тел ферриплантитов в различных зонах собственно латеритного покрова приведены в таблице 1.

Табл. 1.

Данные о встречаемости ферриплантитов в разных зонах латеритного покрова.

Горизонт	Железистый горизонт	Бокситовый горизонт			Кираса	Всего тел	Количество скважин
		нижний	верхний	Без разделения			
Интервал от глинистого горизонта	0-4,5м	4,5-9м	9-13,5м	4,5-13,5м	13,5- >13,5м	0-13,5м	
Табачно-охристые ферриплантиты							
Без разделения	140	80	53	133	5	278	72
прямая зональность:							
- без разделения	60	36	36	72	2	134	27
- по алевро-аргиллитам	3	10	5	15	1	19	3
- по долеритам	16	8	14	22	1	39	9
- смешанный субстрат	41	18	17	35	-	76	15
обратная зональность:							
- без разделения	80	44	17	61	3	144	45
- по алевро-аргиллитам	23	10	2	12	-	35	16
- по долеритам	11	13	8	21	1	33	13
- смешанный субстрат	46	21	7	28	2	76	16
Сургучно-красные ферриплантиты							
Без разделения	38	16	4	20	-	58	18
прямая зональность:							
- без разделения	11	6	-	6	-	17	4
- по алевро-аргиллитам	5	4		4		9	1
- по долеритам	2	2		2		4	2
- смешанный субстрат	4	-		-		4	1
обратная зональность:							
- без разделения	27	10	4	14	-	41	14
- по алевро-аргиллитам	18	4	1	5		23	8
- по долеритам	-	3	3	6		6	2
- смешанный субстрат	9	3	-	3		12	4

Как видно из этих данных, из общего количества встреченных тел ферриплантитов на нижний железистый горизонт приходится более половины от общего их количества. При этом в нижних 4,5 метрах бокситов, соизмеримых по мощности железистому горизонту, количество тел ферриплантитов уже уменьшается до 96 (почти в 1,9 раза). В следующих 4,5 бокситов метрах выше по разрезу уменьшение уже более чем в 3 раза, а в зоне кирас (верхнем железистом горизонте) остаётся всего лишь 5 тел. Из этих общих сведений можно сделать два вывода.

Во-первых, сам факт того, что тела ферриплантитов, которые образуются исключительно в зоне колебания зеркала грунтовых вод за счёт интенсивного окислительного геохимического барьера [1, 2, 5] но встречаются выше по разрезу в бокситах, свидетельствует о том, что профиль выветривания развивается во времени и вышележащие горизонты формируются за счет нижележащих.

Во-вторых, хотя ферриплантиты обладают очень высокой плотностью, низкой водопроницаемостью, и общей пористостью, они тем не менее, тоже испытывают замещение глинозёмистым веществом, что прежде всего видно в значительном уменьшении их качества уже в нижней части бокситов, а вверх по разрезу к ещё большему сокращению. При этом, бокситизации в первую очередь подвергаются тонкие тела.

Из таблицы 1 видно, что количество табачно-охристых ферриплантитов, гораздо выше чем, сургучно-красных, более того, чем выше от зоны контакта глин с латеритным покровом, тем реже встречаются сургучно-красные ферриплантиты. В зоне кирасы, сургучно-красные ферриплантиты не встречаются вовсе. Это говорит о том, что сургучно-красные ферриплантиты замещаются гораздо быстрее, табачно-охристых.

Статистические расчеты по встречаемости тел ферриплантитов на одну скважину в зависимости от материнского субстрата показали, что по алевро-аргиллитам чаще образуются сургучно-красные (гематитовые) ферриплантиты. Это связано с меньшей пористостью алевро-аргиллитов по сравнению с долеритами, и, соответственно, их меньшей проницаемостью для поровых вод, более длительным контактом вода-порода, насыщенностью вод железом. Табачно-охристые ферриплантиты (гётитовые) чаще встречаются по долеритам.

Также, встречаемость ферриплантитов отличается в разных типах зональности разрезов. Была рассчитана встречаемость тел ферриплантитов на метр соответствующего горизонта и встречаемость в скважине. Например, для прямой зональности встречаемость в железистом латерите составляет 0,56 тел на метр ($71 \text{ тело} / (4.5\text{м} \cdot 28\text{скв})$) и 2,54 тела на скважину ($71 \text{ ферр} / 28\text{скв}$), а в верхней части бокситового горизонта встречаемость 0,29 тел на метр ($36 \text{ ферр} / (4.5\text{м} \cdot 28\text{скв})$) и 1,28 тела на скважину ($36 \text{ тела} / 28\text{скв}$), то есть встречаемость ферриплантитов в бокситовом горизонте уменьшается почти в два раза относительно железистого горизонта. Для обратной зональности встречаемость в железистом латерите составляет 0,5 тел на метр ($107 \text{ ферр} / (4.5\text{м} \cdot 48\text{скв})$) и 2,23 тела на скважину ($107 \text{ ферр} / 48\text{скв}$), а в верхней части бокситового горизонта встречаемость 0,1 тела на метр ($21 \text{ ферр} / (4.5\text{м} \cdot 48\text{скв})$) и 0,44 тела на скважину ($21 \text{ ферр} / 48\text{скв}$), то есть встречаемость ферриплантитов в бокситовом горизонте уменьшается почти в пять раз относительно железистого горизонта. Таким образом, для разрезов с обратной зональностью, где выше залегают бокситы более высокого качества, уменьшение встречаемости ферриплантитов напрямую влияет на качество бокситов.

Выводы:

1. Сургучно-красные ферриплантиты образуются значительно реже (в 3.7 раза), то есть условия для образования гётита более благоприятны, чем для гематита в латеритных покровах.
2. В бокситовом горизонте происходит замещение ферриплантитов бокситами в основном по трещинам.
3. Замещение сургучно-красных ферриплантитов происходит с большей скоростью, чем табачно-охристых.

4. Сами факты сохранения ферриплантиов выше в бокситах и даже в редких случаях в кирасе служат индикаторами направленности гипергенного инфильтрационного метасоматизма сверху вниз при котором каждый вышележащий горизонт формируется за счёт нижележащего.
5. Для прямой зональности характерно увеличение содержания Al_2O_3 с увеличением глубины. Для обратной зональности характерно высокое содержание глинозёма, которое уменьшается с глубиной, а содержание Fe_2O_3 соответственно увеличивается.
6. Расчеты показали, что по алевро-аргиллитам чаще образуются сургучно-красные (гематитовые) ферриплантиты. Табачно-охристые ферриплантиты (гётитовые) чаще встречаются по долеритам.
7. Для разрезов с обратной зональностью, где выше залегают бокситы более высокого качества, уменьшение встречаемости ферриплантитов напрямую влияет на качество бокситов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Макарова М.А., Мамедов В.И., Алехин Ю.В., Шпилова Е.С. Уникальная роль поровых растворов при образовании бокситов в латеритных корах выветривания (Гвинейская Республика) // в журнале Доклады Академии наук, издательство Наука (М.), 2019, том 489, № 1, с. 60-64.
2. Мамедов В.И., Броневой В.А., Макстенок И.О., Иванов В.А., Покровский В.В. Режим грунтовых вод – основной контролирующий фактор минералого-геохимической зональности кор выветривания на Либерийском щите. –Литология и полезные ископаемые, 1983, №1, с. 3-11.
3. Мамедов В.И., Воробьев С.А. Газовый режим бокситоносной латеритной коры выветривания (Гвинейская республика) // Вестник Московского университета. Серия №4. Геология. – 2011. – № 6. – С. 28-36.
4. Мамедов В. И., Макарова М. А., Корреа Г. Ж. и др. Особенности бокситоносных латеритных покровов района Сангареди (Гвинейская Республика) // Международный научно-исследовательский журнал. — 2016. — № 7 (49). — С. 114–135.
5. Mamedov V.I. The separation between Al and Fe the supergene zone as the determining factor of premium bauxite formation // Status of bauxite, alumina, aluminum, downstream products and future prospects. Materials XVI International Symposium ICSOBA-2005. Nagpur, India, 2005. P. 84 – 96.
6. Okonov E., Frolikova M., Chausov A., Pekarskii and V., Mamedov V., Melkin A. The Sangaredi Unique Bauxite Deposit in Guinea // 6th International Bauxite-Alumina Symposium “Sustainable development of bauxite & aluminaindustry in Guinea” (IBAAS – 2017), Conakry, Гвинея, 21-22 сентября 2017.

Гоипов А.Б. (ГП «ИМР» ГОСКОМГЕОЛОГИИ РУз), Ибрагимов Р.Х.
(НУУз им. Мирзо Улугбека), Ахмадов Ш.И. (ГП ИМР ГОСКОМГЕОЛОГИИ РУз)

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДЗЗ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ЛОКАЛИЗАЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО И ДРУГОГО ОРУДЕНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОР КУЛЬДЖУКТАУ, УЗБЕКСИТАН)

Исследования с помощью материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) способствуют усовершенствованию существующих и созданию новых методик исследований, изучению геолого-тектонического и космоструктурного особенности исследуемой территории, выявлению факторов определения взаимосвязи в локализации эндогенного оруденение. Выявляются структурные особенности локализации оруденения по отдельным площадям, изучаются связи космогеологических объектов с распределением полезных ископаемых.

В современных пакетах обработки данных, как правило, существует большое количество алгоритмов построения карт. Обоснованный выбор алгоритма, учитывающего особенности создаваемой карты, позволяет заметно повысить точность прогнозных карт при заданном наборе исходных данных.

При поисках месторождений полезных ископаемых основными объектами дешифрирования на космических снимках являются линеаменты (линейные структуры или разломы) и кольцевые структуры. На космоструктурных прогнозных картах отражается информация структурного и прогнозного содержания, позволяющая в комплексе с традиционными методами исследований решать основные задачи геологоразведочных работ.

Горы Кульджуктау в современной тектонической структуре представляют альпийское поднятие субширотного простирания, сложенное в ядре породами палеозойского складчатого фундамента, а в крыльях – отложениями мезо-кайнозойского осадочного покрова. Наиболее густая сеть линеаментов отмечается в пределах выходов палеозойского фундамента, в условиях открытости и полузакрытости поверхности и заметна их разряженность на равнинных участках. По мере удаления от гор понижается четкость и резко уменьшается количество выявляемых структурных единиц [1].

Результаты обработки позволяют откартировать все структурные единицы: представленные в геологической карте региона, а также новые и предполагаемые разрывные нарушения, зоны региональной трещиноватости меридионального простирания, кольцевые структуры, клиновидные блоки и другие тектонические нарушения, а также геолого-структурные комплексы.

Установлено, что все месторождения и рудопроявления в пределах изучаемой территории расположены в зонах разлома или их пересечении, что связано со структурно-тектоническими факторами.

В.С. Антионов (2001г.) научно и практически обосновал существование ареала аномалий спектральной яркости (по данным специализированной обработки МКС Landsat ETM+) над Эльконским золотоураново-рудным узлом и аномалии радиоярких температур над Дарасунским золоторудным полем, по данным космической съемки NOAA AVHRR. Для расширения научно-практического направления этой отрасли проанализировано космические снимки известных месторождений и рудопроявлений горы Кульджуктау. Хотя известна характеристика природы проявления аномалии месторождений эндогенного оруденения в отличие от окружающей среды.

В 1982 г. Р.Х. Файзулин отметил, что в пределах территории исследований выявлено значительное количество месторождений, рудопроявлений и точек минерализации, большинство из которых по генезису являются эндогенными различных генетических типов. Гидротермальные золоторудные объекты расположены среди вулканогенно-терригенных отложений таушанской и казасауйской свит. Редкометалльная и

редкоземельная минерализация (литий, цезий, торий и др.) связана с пегматитовыми, грейзированными и альбитизированными породами, приуроченными к гранитоидным и нефелин-сиенитовым породам нижнепермского возраста.

Анализ полученной карты по обработке инфракрасного диапазона космического снимка позволяет выявить линейные изменения тепловых аномалий в пределах известных и разломов и крупных разрывных нарушений и за его пределами. Увеличение интенсивности тепловых аномалий связано с некоторыми полосовидными зонами субширотного направления, особенно в пределах известных месторождений и рудопроявлений. Для выделения термолинеаментов линейные изменения тепловых аномалий связаны с границами геологических обнажений. Разные горные породы различают по теплофизическим свойствам. Температурные изменения наблюдаются от 35 до 40°C на поверхности рельефа. Основные месторождения и рудопроявления расположены в пределах температуры от 37 до 38,5°C.

Р.Х. Файзулин и др. (1982), по данным Я.Б. Асанова и др. (1973), составили Тектоническую схему центральной и западной частей гор Кульджуктау и Кынгыртау в масштабе 1:200 000. На этой схематической карте указаны многочисленные тектонические элементы. Сопоставлено термолинеаменты, которые отражают на карте тепловые аномалии, с ранее известными тектоническими элементами. Несколько крупных термолинеаментов соответствуют Таушанскому, Северо-Султанбибинскому взбросам и Таушанской, Султанбибинской антиклиналям, Южно-Султанбибинской синклинали. Центральнo-Кульджуктауский и Шайдаразский разломы четко отображаются на термических полях с различием линейного изменения температур.

Результаты обработки этими методами дали возможность откартировать на исследуемой площади все структурные единицы, представленные на геологической карте, а также зафиксировать новые и предполагаемые разрывные нарушения, зоны трещиноватости и т. д. Также данные методы позволили уточнить границы структурно-дешифрируемых комплексов.

Проведено визуальное дешифрирование материалов космических съемок различного диапазона по территории центральной и юго-восточной части гор Кульджуктау, создана космоструктурная схема в масштабе 1:25 000 с выделением потенциально перспективных прогнозных позиций. Необходимо отметить в пределах горы Кульджуктау разломы, связанные с верхнекаменноугольной фазой складчатости. Обычно они расположены вблизи интенсивно обновленных нарушений древнего заложения или же ответвляются от последних. К разрывным структурам герцинского заложения приурочены пространственно и, видимо, генетически подавляющее большинство рудопроявлений и ореолов рассеяния золота.

На космоструктурной схематической карте отображены линейные и кольцевые структуры. Термолинеаменты выделены по результатам распределения изменения поверхностных температур и инфракрасного диапазона. Линеаменты первого порядка выделены по автоматизированному дешифрированию цифровой модели местности, линеаменты второго порядка – по автоматизированным дешифрированным методам KIRSCH, кольцевых структур и предполагаемых линейных структур.

Важным элементом дистанционной основы являются кольцевые структуры (КС). Они являются геоморфологическим выражением двухмерных объемных космотектонических структур, возникших под влиянием эндогенных тектонических процессов. Кольцевые структуры отражают «горячие» точки, нескрытые интрузивные тела, объясняют единообразие структурного плана месторождений, расположенных в их пределах, и совмещение в пространстве минерализации разных источников, способствуют изучению зональности оруденения. Определено, что кольцевые разломы имеют минерагеническое значение. Редкоземельное оруденение (в зоне Учкудукского надвига) среди брекчированных, окремненных и ожелезненных доломитистых известняков нижнего силлура располагается чаще на концентраторах многоспектральных кольцевых структур.

Магматические образования составляют около 15% площади гор Кульджуктау. В количественном отношении среди них резко преобладают интрузивные породы гранитоидного и габброидного рядов. Кульджуктауский габброидный массив с проявлениями платино-сульфидной минерализации. Перспективны Бельтауский, Шайдаразский, Таушанский и Кийиктауский массивы габбро, габбро-сиенитов с сульфидно-медно-никелевым оруденением “типа Седбери и Норильска”. Возникновение сульфидной медно-никель-кобальтовой минерализации гор Кульджуктау определено собственно магматическим ликвационным обогащением габброидов Бельтауского, Шайдаразского и Таушанского массивов. Развита ультрамафитовые формации в Западном Узбекистане, особенно никеленосная перидотит-норит-габбровая в горах Кульджуктау [2].

Таким образом, через картирование кольцевых структур возможно использование в поисках и в прогнозе новых, космоструктурных, критериев локализации редкоземельного и другого оруденения. Это должно способствовать целенаправленному ведению поисковых работ и прогнозированию. Определены и изучены зоны вероятного оруденения и площадное распределение минералов и элементов, обработаны космические снимки ASTER и LANDSAT-8 в программах Erdas Imagine.

При определении перспективных позиций, в качестве эталона выбраны 4 месторождения золотого оруденения: Актосты, Таушан, Адылсай и Камысти, и рудопоявление Аякгужумды на редкометальное оруденение. Основные характеристики эталонных объектов являются радиояркостные аномалии и комбинация каналов в космических снимках мультиспектрального диапазона, а также геофизические и геохимические поля, разломов и многие других факторы в виде дополнительных информативных признаков. Во многих случаях в пределах изучаемой площади разрывные нарушения четко совпадают с повышенными ореолами спектральной сигнатуры космических снимков (Рис.1).

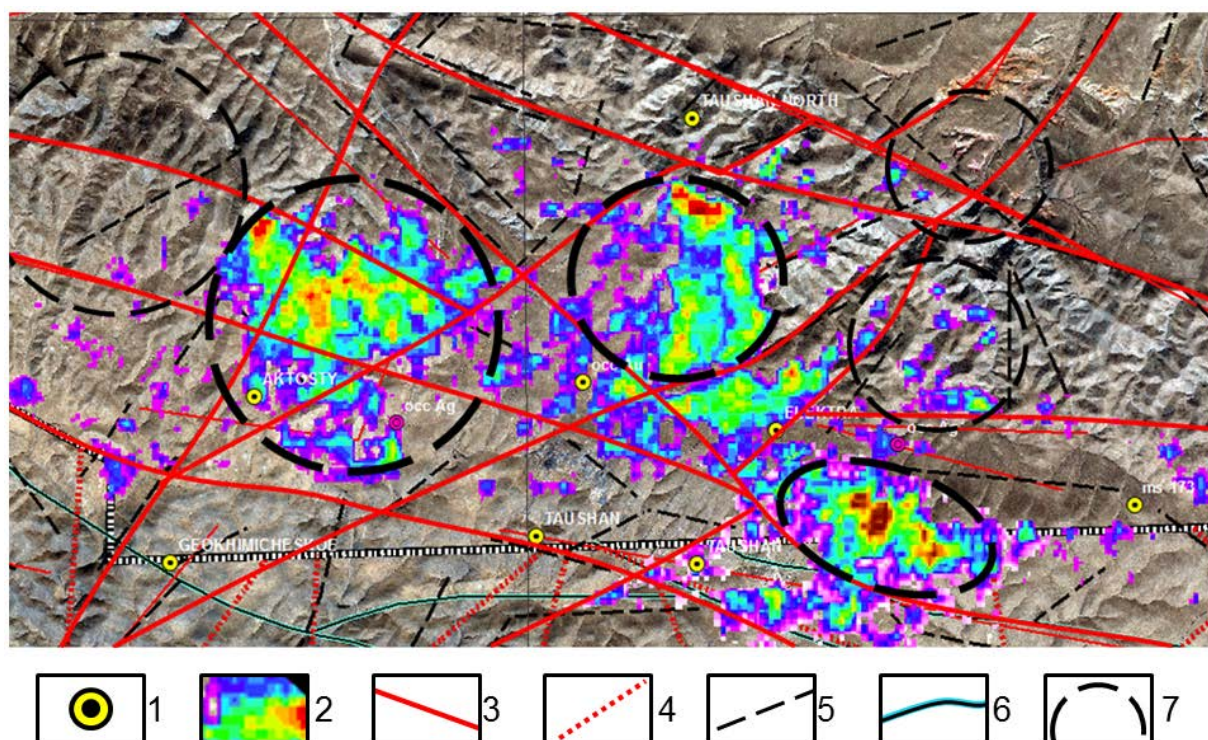


Рис. 1 Высокоареальные аномальные зоны спектральной яркости в пределах Таушанского месторождения и ряда рудопоявлений, по данным спектральной сигнатуры космической съемки (условные обозначения: 1-месторождения и рудопоявления; 2- ореолы аномальные зоны спектральной яркости; 3-линементы установлено по данным обработка материалов ДЗЗ; 4-термолинементы; 5- линементы выделено по визуальном дешифрировании; 6-разломы по геологическим данным; 7 - кольцевые структуры.

Известна приуроченность месторождений на площади к линейным тектоно-геологическим объектам, выраженным на поверхности и на снимках в виде протяженных линейных образований (линеаментов), зон трещиноватости. На рис.1 отражен ареал аномалий спектральной яркости и аномалия радиояркостных температур в пределах Таушанского месторождения и ряда рудопроявлений.

В горах Кульджуктау выявлены рудопроявления эндогенной сульфидной медно-никель-кобальтовой минерализации. Для выделения потенциально перспективных позиций вероятного эндогенного оруденения на основе спектральной сигнатуры горных пород и минералов проведена специализированная обработка космических снимков в мультиспектральном диапазоне.

Определено, что кольцевые структуры и разломы имеют минерагеническое значение, которые (в зоне Учкудукского надвига) среди брекчированных, окремненных и ожелезненных доломитистых известняков нижнего силлуря располагаются чаще на концентраторах многоспектральных кольцевых структур.

В результате выполненных работ с применением космогеологических исследований выделены 6 перспективных позиций, из них четыре – новые прогнозные позиции, они могут быть благоприятны на эндогенное оруденение, представляют собой ореол аномалий спектральной яркости и аномалию радиояркостных температур над прогнозными позициями.

На исследуемой территории выделены потенциально перспективные прогнозные позиции на эндогенное оруденение, обусловленные благоприятными условиями пересечения линейных и кольцевых структур, определяют узловую характер размещения оруденения в районе, поскольку часто минерагенические объекты приурочены к фокусам динамического взаимодействия гидротермальных флюидальных потоков, концентрируемых узлами пересечения проницаемых тектонических зон различного масштаба.

Выделенные перспективные позиции на золотое оруденение являются перспективными и для редкометально-редкоземельного оруденения и рекомендуются на постановку проведения поисковых работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глух А.К., Авезов А.Р. Карты поля плотности тектонической нарушенности и обеспечение широкого комплекса задач геологии // Геология и минеральные ресурсы. - 2005. - № 4. - С. 3-5.
2. Рудные месторождения Узбекистана. - Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2001. - 611 с.

ПРОГНОЗ КОРЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА В ВОСТОЧНО-БУРЕИНСКОЙ ЗОЛОТО-РУДНОЙ РОССЫПНОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЕ (ЕВРЕЙСКАЯ АО)

Изученность. Территориально Восточно-Буреинская минерагеническая зона находится в Облученском районе Еврейской автономной области. Золоторудный россыпной район в бассейне р. Сутара известен с 80-х годов прошлого века. Большинство из россыпей золота отработано старательским способом. По приближенным подсчетам добыча золота по ним до 1964 года составила более 6 тонн. Содержание золота в россыпях оценивалось в 0,5–11,6 г/м³ (Беломестнова, 1998, по данным Кимканской партии 1995-1997 гг.).

В южной части минерагенической зоны проявления золота представлены кварцевыми жилами (наибольшая из них протяженностью 100 м, мощностью 4-35 см), связанными с лейкогранитами биробиджанского комплекса на левобережье р. Сутара. В задириковых пробах содержание золота 2,2 – 36,0 г/т [1].

Кроме того, в восточной части Восточно-Буреинской минерагенической зоны выделен Кимканский железорудный район, где разведаны Сутарское (общие запасы 619,375 млн.т), Костеньгинское (общие запасы 166273 тыс.т) и Кимканское (общие запасы 29545,6 тыс. т) железорудные месторождения (Запорожцев, 2010). На Кимканском месторождении производится добыча железной руды открытым способом.

Установленные содержания золота в пробах, отобранных из кембрийских сланцев при разведке Сутарского месторождения железа, составили 0,01–0,08 г/т (Запорожцев, 2010), что соответствуют уровню содержания золота во вторичных ореолах золоторудных полей (0,01-0,1 г/т [2]).

К настоящему времени в пределах рассматриваемой территории россыпи золота пока установлены в руслах 4-х (из 15-ти) левых притоков р. Сутара, золотоносность остальных левых притоков не изучалась. Правые притоки р. Сутара не содержат россыпей золота.

Данные исследования посвящены изучению причин соседства месторождений различных типов полезных ископаемых, а также прогнозированию коренных месторождений золота в Восточно-Буреинской минерагенической зоне.

Методы и результаты исследования. Использован комплексный тектоно-геофлюидодинамический подход наряду с традиционным комплексным анализом всей имеющейся исходной информации (геологической, геохимической).

В Восточно-Буреинской минерагенической зоне золотоносность приурочена к блоку, ограниченному Хингано-Олонойским, Сутарским и Меридиональным глубинными разломами, по другую сторону этих разломов россыпи золота отсутствуют.

Анализ палео- и современных геоморфологических условий показал, что благоприятные условия для формирования россыпей – ранний палеоген-голоцен, когда происходило (и происходит) разрушение плутонического массива герцинского этапа тектономагматической активизации, способствующее высвобождению полезных ископаемых и их сносу в Сутарскую депрессию.

Основные выводы. Предполагается, что коренное золото в Восточно-Буреинской минерагенической зоне связано с интрузиями второй фазы внедрения гранитного состава позднеордовикского возраста, где вышеуказанные золотоносные притоки р.Сутара берут свое начало.

Вместе с тем, проявления золота могут иметь двоякое происхождение: связаны как с интрузиями (россыпи золота расположены от них на близком расстоянии - 1-3 км), так и с глубинными разломами северо-западной ориентировки, проявляющими неотектоническую активность (контролируют местоположение левых притоков р.Сутара) и являющимися путями миграции золотосодержащих флюидных потоков.

Следует отметить, что развитый в данном районе крупный глубинный разлом – Сутарский, имеет северо-восточную ориентировку, также проявляет неотектоническую активность (контролирует собственно русло р.Сутара) и является каналом миграции флюидов иного минерального состава – железосодержащего.

Таким образом, Восточно-Буреинская минерагеническая зона определенно обладает большими перспективами обнаружения коренного месторождения золота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Изд. второе. Сер. Буреинская, листы М-52-XXXV, М-52-XXXVI. Пояснительная записка / Атращенко А.Ф., Жевержеева М.К., Беломестнова Т.Д. - С-Пб., 2000.
2. Методика локального прогноза скрытых месторождений золота и серебра. - М.: Изд-во ЦНИГРИ, 1989. 160 с.

КОНОДОНТЫ И НОВЫЕ ДАННЫЕ В СТРАТИГРАФИИ НИЖНЕГО И СРЕДНЕГО ДЕВОНА ГОР КУЛЬДЖУКТАУ (ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КЫЗЫЛКУМЫ)

Актуальность выполненных работ определялась необходимостью создания схемы расчленения и корреляции девонских отложений гор Кульджуктау на более полных биостратиграфических данных, наиболее эффективно отражающих геологический возраст местных стратонтов и их достоверную корреляцию с ярусными подразделениями Международной стратиграфической шкалы девона на современном этапе исследований. При этом следует отметить, что благодаря широкому использованию конодонтов для установления возраста и последовательности отложений удалось выявить широкое распространение нижнего и среднего девонского отложений на территории Кульджуктау и установить девон почти в полном объеме.

Изучаемый район в тектоническом отношении очень сильно осложнен шарьяжно-надвиговыми структурами, но благодаря нахождению в разрезах разнообразных фаунистических комплексов и особенно конодонтов, удается установить достаточно точно геологический возраст отложений и их вероятную стратиграфическую последовательность. Поначалу отношение к конодонтам было весьма скептическим, поскольку было неясным их происхождение и положение в животном царстве. Самый большой шаг вперед в стратиграфии конодонтов был сделан на 110 конференции Германского геологического Общества в Марбурге в 1958 г., на которой большая часть докладов была посвящена стратиграфическому значению конодонтов девона и карбона. С тех пор конодонтам уделяется самое большое внимание, поскольку выяснилось, что быстрая смена их комплексов во времени и их быстрое планетарное распространение позволяет проводить межконтинентальные корреляции.

В Средней Азии систематическое изучение конодонтов девона было начато на территории Узбекистана в западной части Зеравшанского хребта с 70-х годов XX века [2,4,5,6,7].

При геологосъемочных работах 60-х и 70-х годов в горах Кульджуктау [1] обоснование возраста девонских отложений и их корреляция осуществлялись в основном на данных по изучению бентосной фауны: строматопорат, кораллов, брахиопод, криноидей и других органических остатков. Поэтому возрастная датировка и подразделение девонских отложений гор Кульджуктау в ряде случаев интерпретировались достаточно приближенно, что в условиях сложного тектонического строения района не давало четкого представления о возрастном объеме девонских толщ и их стратиграфических соотношениях.

Исследования стратиграфии девона гор Кульджуктау, проведенные сотрудниками Стратиграфической партии, ГУП «Региональная геолого-съемочная экспедиция» в 2015-17 гг. по комплексному обоснованию возрастных объемов нижнего и среднего девонского отложения с использованием полученных данных по конодонтам, позволило существенно уточнить их возрастные объемы, и значительно обогатить арсенал биостратиграфического метода по расшифровке стратиграфической последовательности толщ в тектонически сложно дислоцированных районах гор Кульджуктау (Рис. 2).

В пределах гор Кульджуктау отложения девона, представленные карбонатными и кремнисто-карбонатными образованиями, характеризуются неравномерным распределением по площади в виде отдельных вытянутых участков широтного и субширотного простирания с разной степенью обнаженности и охарактеризованности органическими остатками (Рис. 1).

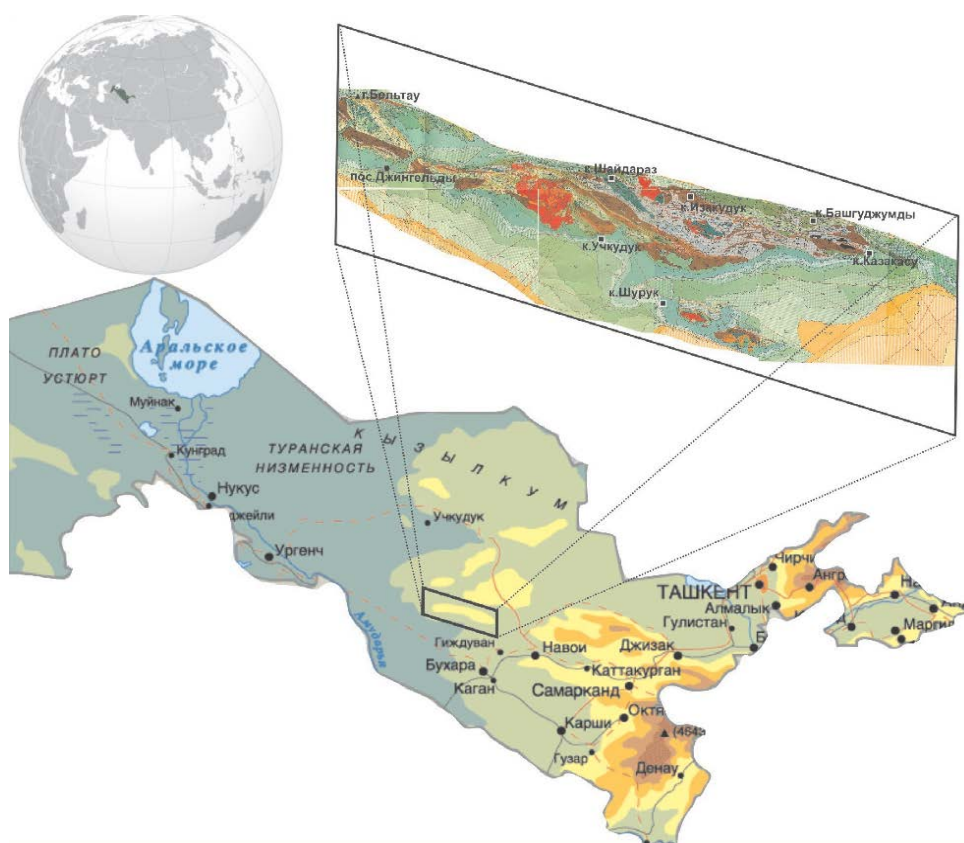


Рис. 1 Обзорная карта горы Кульджуқтау

В пределах изученной площади эти отложения были подразделены [1] на туркментаускую свиту (лохков-прага), султанбибинскую свиту (эмс) нижнего девона, арапказганскую свиту (эйфель-живет) среднего девона (Рис. 2). В литолого-фациальном отношении, эти отложения представлены мелководными карбонатными осадками шельфовых и отмельных зон с раковинной и строматопоратово-коралловой фауной, а также кремнисто-терригенно-карбонатными породами относительно глубоководных зон шельфа открытого моря с разнообразием бентосной и пелагической групп фауны, которые позволяют определить их возрастную и фациальную принадлежность.

Туркментауская свита выделена [1], состоит из двух частей. Нижняя представлена известняками серыми и темно-серыми, мелкозернистыми, органогенно-детритовыми тонко-средне слоистыми, с примесью глинистого, и глинисто – доломитового материала, фаунистически охарактеризована, главным образом, кораллово-раковинным комплексом лохков-пражского интервала. Верхняя часть, состоит из пачки мощностью до 250 м. узорчатых известняков светло-серого цвета с горизонтами брекчиевидных известняков с угловатыми «обломками» размером от 0,5см до 1,5м белых, светло-серых и темных известняков. Лохковско-пражский возраст свиты ими установлен на основании определений кораллово-раковинной фауны, из нижней части свиты.

Нашими исследованиями из нижней части свиты, впервые установлены конодонты *Kimognathus alexei* Mashkova, *Pedavis breviramus* Murphy et Matti, *Ancero-delloides omus* Branson et Mehl, *Ancyrodelloides postomus* Erina, *Eognathodus sulcatus* Philip, *Polygnathus pannonicus* Mashkova et Apekina, *Ozarkodina steinchornensis steinchornensis* Ziegler, характерные для интервала лохковского и пражского ярусов. [2,4,5,6]. То есть, нижняя часть свиты соответствует полному объему лохкова и прагиена. Из верхней части, узорчатых известняков светло-серого цвета с брекчиевидными горизонтами, были определены конодонты позднего девона, фаменского яруса. Исходя из полученных новых данных мы туркментаускую свиту понимаем в составе только нижней части разреза, в объеме лохковского и пражского веков (Рис. 2).

Отложения туркментауской свиты обнажены в западной части гор Кульджуктау, на южных склонах возвышенности Тузкой, западнее поселка Джангельды, западнее тозбулакского интрузива, на востоке они обнажены восточнее колодца Башгужумды (Рис. 1). Стратиграфически нормальные взаимоотношения с подстилающими образованиями башгужумдинской свиты верхнего силура и перекрывающими отложениями султанбибинской свиты эмского яруса (Рис. 2) наблюдаются западнее тозбулакского интрузива. Мощность - 400м.

Султанбибинская свита нижнего-среднего девона подразделяются на две части (Рис. 2). Нижняя часть (~300-400м) представлена в основании известняками доло-митовыми рыжевато-бурыми, выше известняками криноидно-детритовыми, органогенными, разнотелыми, серыми, темно-серыми, с прослоями, линзами и желваками кремнистых пород и малиново-бурых известковистых алевролитов. Эта часть свиты охарактеризована кораллово-брахиоподовым комплексом эмского возраста и подтверждена комплексом конодонтов *Eognathodus sulcatus* Philip, *Polygnathus kitabicus* Yolkin et al., *P. nothoperbonus* Mawson, *P. ex. excavatus* Carls et Gandl, *P. ex. gronbergi* Klapper et Johnson, *P. serotinus* Telford, *P. kimi* Mashkova et Apekina, *P. inversus* Klapper et Johnson, *P. laticostatus* Klapper et Johnson, *P. pannonicus* Mashkova et Apekina, *Ozarkodina boucoti* Klapper, *Oz. prolata* Mawson интервала зон *kitabicus-patulus* эмса. [2,4,5,6].

Верхняя часть (~130м) султанбибинской свиты представлена неравномерно чередующимися известняками и кремнистыми породами. Известняки микритовые, микрит-спаритовые, окремненные с неровно-комковатыми поверхностями напластования. Кремнистые породы яшмовидные, линзы, желваки, конкреции, серые и рыжевато-бурые. Из органических остатков присутствует редкая макрофауна и комплекс конодонтов *Icriodus symmetricus* Branson et Mehl, *Neopanderodus aequalis* Telford, *Polygnathus? coelatus* Bryant, *P. linguiformis* Hinde, *P. ling. pinquis* Weddige, *P. ling. mucronatus* Wittekindt, *P. ling. gamma morphotype* Bultynck, *P. cf. ling. weddigei* Leuteritz et Ziegler, *P. pseudofolius* Wittekindt, *P. xylus* Stauffer, *P. ansatus* Ziegler, Klapper et Johnson, *P. ovatinodosus* Ziegler et Klapper, *P. aff. uyeno* Bardashev, *P. robusticostatus* Bischoff et Ziegler, *P. timorensis* Klapper, *P. varcus* Stauffer, *Schmidtognathus hermanni* Ziegler, характерный для интервала среднего девона, эйфельского и живетского ярусов [2,4,5,6].

Отложения султанбибинской свиты по площади обнажены в виде отдельных вытянутых участков широтного и субширотного простирания (Рис. 1). Взаимоотношения с подстилающими отложениями туркментауской свиты стратиграфически нормальные, с перекрывающими отложениями арапказганской свиты, как и внутри между нижней и верхней частями свиты тектонические (Рис. 2).

Арапказганская свита обнажена в виде отдельных участков и вытянутых полос субширотного простирания (Рис. 1), от поселка Джангельды на западе и до колодца Янгиказган на востоке. Она представлена в нижней части (~180м., Рис. 1) кварц-кремнистыми яшмовидными породами, тонко-среднеслоистыми, плитчатыми, светло-серыми, белесыми, комковато-тонко слоистыми, зеленовато-серыми с единичными прослоями известняков скрытозернистых тонкослоистых, плитчатых, светло-серых и алевролитов известковистых малиново-серых с конодонтами *Polygnathus nothoperbonus* Mawson, *P. ex. excavatus* Carls et Gandl, *P. ex. gronbergi* Klapper et Johnson, *P. serotinus* Telford, *P. inversus* Klapper et Johnson, *P. kimi* Mashkova et Apekina, *P. foveolatus* Philip et Jackson позднего эмса. [2,4,5,6].

Благодаря использованию, при биостратиграфических исследованиях гор Кульджуктау, новой для этого района группы фауны как конодонты, удалось уточнить вещественный состав, возрастные объемы, фаціальную приуроченность, взаимные соотношения существующих здесь местных стратиграфических подразделений и отразить в схеме стратиграфии и корреляции (Рис. 2).

Международная стратиграфическая шкала, 2008				Биозональный стандарт по конодонтам Gradstein et al., 2004		Субрегиональная стратиграфическая шкала, 2007				Схема расчленения и корреляции гор Кульджуктау																																																																																																									
система	отдел	ярус	абсолют. возраст			надгоризонт	горизонт	слои	Биостратиграфические зоны	Айсанов Я.Б. и др. 1984 г.	Предлагаемая схема расчленения и корреляции по авторам 2018 г.																																																																																																								
										<i>C₂S₁</i>	<i>C₂S₁</i>	<i>C₂S₁</i>	<i>C₂S₁</i>																																																																																																						
Д Е В О Н С К А Я	С Р Е Д Н И Й	живетский	391.8	<i>Polygnathus norrisi</i>		ШИРДАГСКИЙ	согдийский	хамидульские	<i>disparilis</i> <i>hermanni - cristatus</i>	<i>C₂S₁</i>	<i>C₂S₁</i>	Арапказганская свита	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: строматопораты, табуляты, рутозы.	150 м.	Кремнисто-кварцевые породы зеленоватые с редкими прослоями известняков, и переслаивание известняков, кремнистых пород, алевролитов: стромат

Рис. 2 Схема стратиграфии нижнего и среднего девона гор Кульджуктау

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айсанов Я. Б., Егоров. А. И.. Геологическое строение и основные черты минерализации палеозойских образований гор Кульджуктау. Ташкент-1978. с 35-37
2. Апекина Л.С. Новый конодонт из нижнего девона Заравшанского хребта. //Палеонт. журн. №1., Москва, 1989. С. 119-120
3. Дрыгант Д.М. Корреляция и конодонты силурийских-нижнедевонских отложений Воыно-Подоллии. Киев: 1984. 90 с.
4. Машкова Т.В. Новые конодонты зоны *pesavis-optima* из нижнего девона Урала и Заравшана. //Палеонт. журн. № 2, 1978. С. 91-96.
5. Машкова Т.В., Апекина Л.С. Конодонты. //Атлас палеонтологических таблиц. Приложение к Путеводителю экскурсий, Ташкент, 1978. Табл. 73-78.
6. Ким А. И., Ерина М. В., Апекина Л. С., Лесовая А. И. Биостратиграфия девона Заравшано-Гиссарской горной области, Изд. ФАН, Ташкент, 1984, С. 3-93.
7. Yolkin E. A., Kim A. I., Weddige K., Talent J. A. and House M. R.. Definition of the Pragian/Emsian Stage boundary, Episodes, Vol. 20, No 4, 1997, 235-240.

К МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИМ ОСОБЕННОСТЯМ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ КУЛЬДЖУКТАУ И ИХ ПОИСКОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Изучены особенности минерального состава и характер распределения главных и сопутствующих элементов золотого оруденения месторождения Таушан в горах Кульджуктау. Установлено, что главными минералами руд являются пирит, псиломелан, гетит-гидрогетит, лимонит, развивающимися по трещинам в породах и отдельно в виде гнезд и вкрапленностей.

Характер распределению главных и сопутствующих элементов показывает, что золото образует значимую корреляционную связь с мышьяком, молибденом, теллуром, вольфрамом. Эти связи свидетельствуют о проявлении более высокотемпературных минерально-геохимических ассоциаций при формировании золотого оруденения месторождения Таушан. Отмечено, что хотя кларки концентрации вольфрама и молибдена не высокие, эти элементы, также могут быть использованы как поисковые критерии золотого оруденения, наряду мышьяком, теллуром и сурьмой.

Выявление вещественного состава руд и характера распределения основных и сопутствующих оруденению элементов, обусловленные условиями их формирования, несут важную информацию о характере рудообразующей системы и используются как поисковые признаки [2].

Исследования проводились по материалам месторождения Таушан (и частично рудопроявления Перевальное), который является наиболее значимым, в промышленном отношении, золоторудным объектом гор Кульджуктау. Минералого-геохимические изыскания включали оптическое изучение шлифов, содержания элементов определялись методом масс-спектрометрии в индуктивно связанной плазме (ISP-MS).

Участок месторождения Таушан сложен терригенными отложениями таушанской свиты. Подстилающие и перекрывающие мраморизованные известняки девона прослеживаются на севере площади и в виде тектонических линз в южной и западной части месторождения [4]. Литологический состав свиты довольно пестрый, и представлен чередованием песчаников, алевролитов, филлитовидных сланцев. Терригенно - осадочные отложения прорваны дайками лампрофиров. Наиболее широко проявлены дайки спессартитов (диоритных порфиров, микродиоритов). Эти дайки имеют субширотное простирание ($300 - 340^\circ$), мощность от 1 до 20 и более метров и протяженностью до 200 м. Углы падения крутые ($60 - 80^\circ$) на север [1].

В структурном плане месторождение Таушан представляет собой систему сближенных субпараллельных складок синформной морфологи и разделенных разрывами субширотного и северо-восточного простирания. Они сопровождаются окварцеванием, перераспределением углеродистого вещества и сульфидной минерализацией. В результате последовательного проявления складчато - разрывных структур при формировании месторождения образовалась сложная мозаично - блоковая инфраструктура, которую в целом можно охарактеризовать как линейно — ориентированный штокверк [3].

С поверхности минерализованные зоны и рудные залежи имеют значительный горизонтальный размах - 50 - 200 м. В вертикальном разрезе, с глубиной они закономерно уменьшаются и объединяются в крутопадающие зоны (рудные столбы), образуя структуру типа так называемого «конского хвоста» [5].

Рудовмещающими породами месторождений являются углерод содержащие терригенно-осадочные отложения таушанской свиты — алевропелиты, алевролиты, песчаники и гравелиты кварцевого и кварц-серицитового состава, и магматические изверженные породы основного состава — дайки лампрофиров, андезитовые и диабазовые порфириды [6].

В зоне окисления в приповерхностной части месторождения рудовмещающие породы серого и зеленовато-серого цвета интенсивно выветрелые, выщелочены, в значительной степени ожелезнены, обогащены арсенатами железа, гидроксидами марганца в результате чего рудные зоны приобретают буроватые оттенки до охристой, темно-коричневой и красноватой окраски.

По массе окисленных руд неравномерно распределены сильно катаклазированные гнездовидные выделения окислов марганца, по составу относящиеся, вероятнее всего, к группе псиломелана (криптомелан, голландит, коронадит). Под микроскопом в иммерсии и при больших увеличениях отчетливо видна небольшая разница на уровне отражательной способности, а также в строении зерен – одни более плотные и компактные, другие же чешуйчатые, волокнистые. Из чего следует вывод, что эти выделения представляют собой тонкую смесь вышеперечисленных минералов (Рис.1).



Рис. 1 Текстурно-структурные особенности руд месторождения Таушан

Размер индивидов окислов марганца не превышает 0,02 мм. Размер гнезд – до 2 мм в диаметре. На фоне повсеместно присутствующих окислов марганца изредка различаются гидроокислы железа, активно окрашивающие прилегающие минералы в буроватый цвет. Их выделения колломорфные, землистые, размером до 0,2 мм. Структура руд катакластическая, текстура брекчиевая.

В интенсивно катаклазированной породе отмечаются лимонитовые и карбонат-лимонитовыми прожилки. Порода интенсивно катаклазирована и трещинки катаклаза выполнены карбонатом, гидроокислами железа и совместно карбонатом с гидроокислами железа, в которых гидроокислы железа располагаются по границам прожилков. Реже гидроокислы железа вместе с карбонатом слагают рыхлые, пористые массы. Мощность прожилков от тысячных долей мм до 2,5 мм. Внутреннее строение гидроокислов железа колломорфное, землистое, часто пористое, изредка зональное. Пирит встречается в породе редкими микрозернами, размером не более 0,01мм, форма их полигональная, внутреннее строение однородное.

Более высокие степени концентрации элементов характерны для теллура (101), селена (95), мышьяка (93), менее – золота (24), сурьмы (13), серебра (10), висмута (9) и вольфрама и молибдена (4). Значения других элементов низкие. Содержания редкоземельных элементов в изученных пробах низкие, имеют ниже кларковое значения.

Золото образует значимую корреляционную связь с мышьяком (0,9), молибденом (0,7), теллуром, висмутом (до 0,6), вольфрамом (0,75). Эти связи свидетельствуют о проявлении более высокотемпературных минерально-геохимических ассоциаций при формировании золотого оруденения месторождения Таушан (Рис.2).

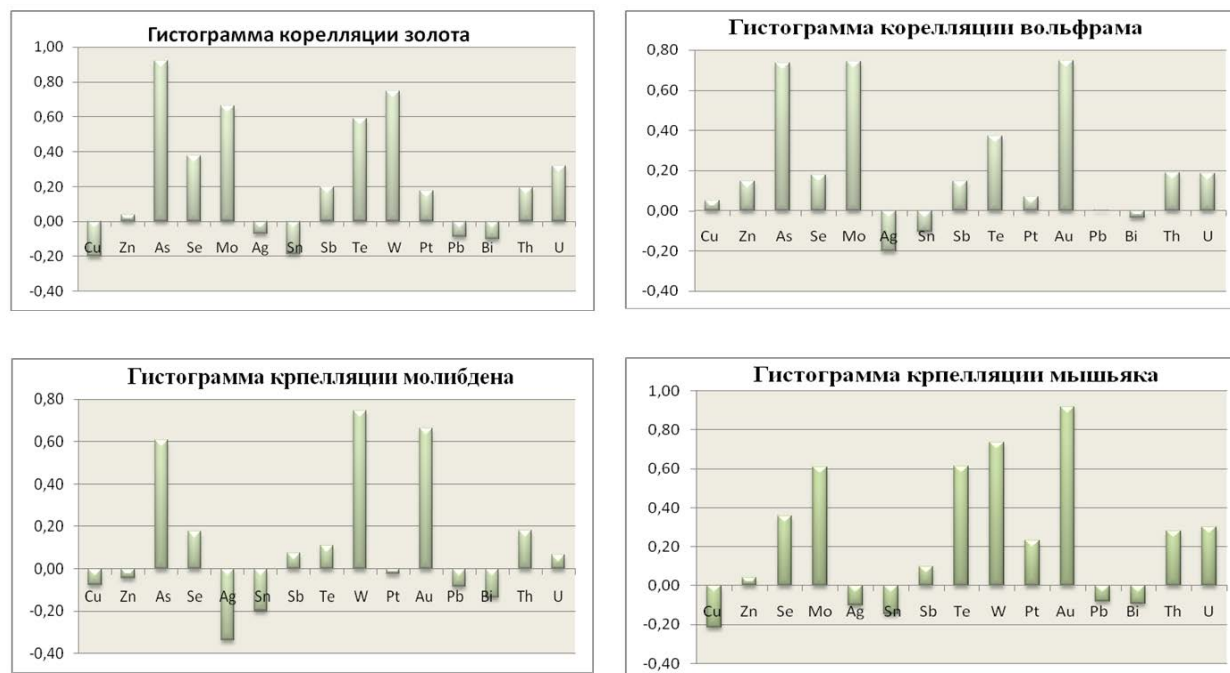


Рис. 2 Гистограммы корреляционных связей элементов

Выводы:

1. Минерализованные зоны площади представлены зонами дробления и окварцевания. Сложены гетит-гидрогетитом, развивающимися по трещинам в породах и отдельно в виде гнезд и вкрапленностей. В кварце из зоны окисления встречаются реликты пирита - в трещиноватой кварцевой породе изредка встречаются вкрапленные микрозерна пирита, размером не более 0,01 мм, форма зерен неправильная полигональная.
2. Характер распределения главных и сопутствующих элементов показывает, что золото образует сильную корреляционную связь с мышьяком, вольфрамом, молибденом, теллуром, и менее с висмутом. Эти связи свидетельствуют о проявлении более высокотемпературных минерально-геохимических ассоциаций при формировании золотого оруденения месторождения Таушан.
3. Хотя кларки концентрации вольфрама и молибдена не высокие, эти элементы, также могут быть использованы как поисковые критерии золотого оруденения, наряду с мышьяком, теллуром, сурьмой и др.
4. Содержания редкоземельных элементов в рудах низкие - имеют ниже кларковое значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айсанов Я.Б. Тектоническое строение палеозоя гор Кульджуктау //Узб. геол. журнал, №5. 1969.
2. Бискэ Ю.С. Палеозойская структура и история южного Тянь-Шаня //Санкт-Петербург: С.Петербургский ун-т, 1996.

3. Гранитоидные формации Узбекистана. Под редакцией И.М. Исамухамедова. // Ташкент, 1970 г.
4. Эволюция и типы магматизма Западного Тянь-Шаня. Под редакцией Далимова Т.Н., Ганиева И.Н //Ташкент, 2010г.
5. Goldfarb R.J., Ryan D., Gregory S. Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia // Elsevier.- 2013.
6. Yakubchuk A.S., Shatov V.V., Kirwin D. et al. Gold and Base Metal Metallogeny of the Central Asian Orogenic Supercollage: Society of Economic Geology,- Anniversary Volume.- 2005.

До М.Ф. (ФГБОУ ВО «МГРИ», Вьетнамский геофизический отдел, г. Ханой), Нгуен З.Х. (ФГБОУ ВО «МГРИ», Горно-геологический университет, г. Ханой)

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ CU, U, AU МИНЕРАЛИЗАЦИИ РАЙОНА КОН РА, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ВЬЕТНАМ

Район исследования Кон Ра расположен в центре массива Кон Тум, который сложен неопротерозойскими метаморфическими породами, интродуцированными, средне-позднепалеозойскими, мезозойскими и кайнозойскими комплексами [2]. В районе площадью 25 км² известны 17 рудопроявлений меди, 4 - золота и урана (рис. 1).

Краткая характеристика главных магматических комплексов.

Породы неопротерозойского комплекса Хам Дык (PR-Є kđ) широко распространены и также встречаются в виде небольших ксенолитов в гранитоидах раннего триаса комплекса Хай Ван. Они заметно деформированы и имеют сложную форму с общей вытянутостью на северо-восток и субмеридионально, в меньшей мере, на северо-запад. По составу комплекс Хам Дык подразделяется на 9 ассоциаций: метаультрамафическая (uPR-Є kđ); метагабро (grPR-Є kđ) - амфиболиты (aPR-Є kđ); метаплагиограниты (pPR-Є kđ); метакарбонатные (скарновые) (caPR-Є kđ); амфиболовых гнейсов (gaPR-Є kđ); антофилит-кордиеритовая (acPR-Є kđ); биотитовых гнейсов (gbPR-Є kđ) и кристаллических сланцев (fPR-Є kđ).

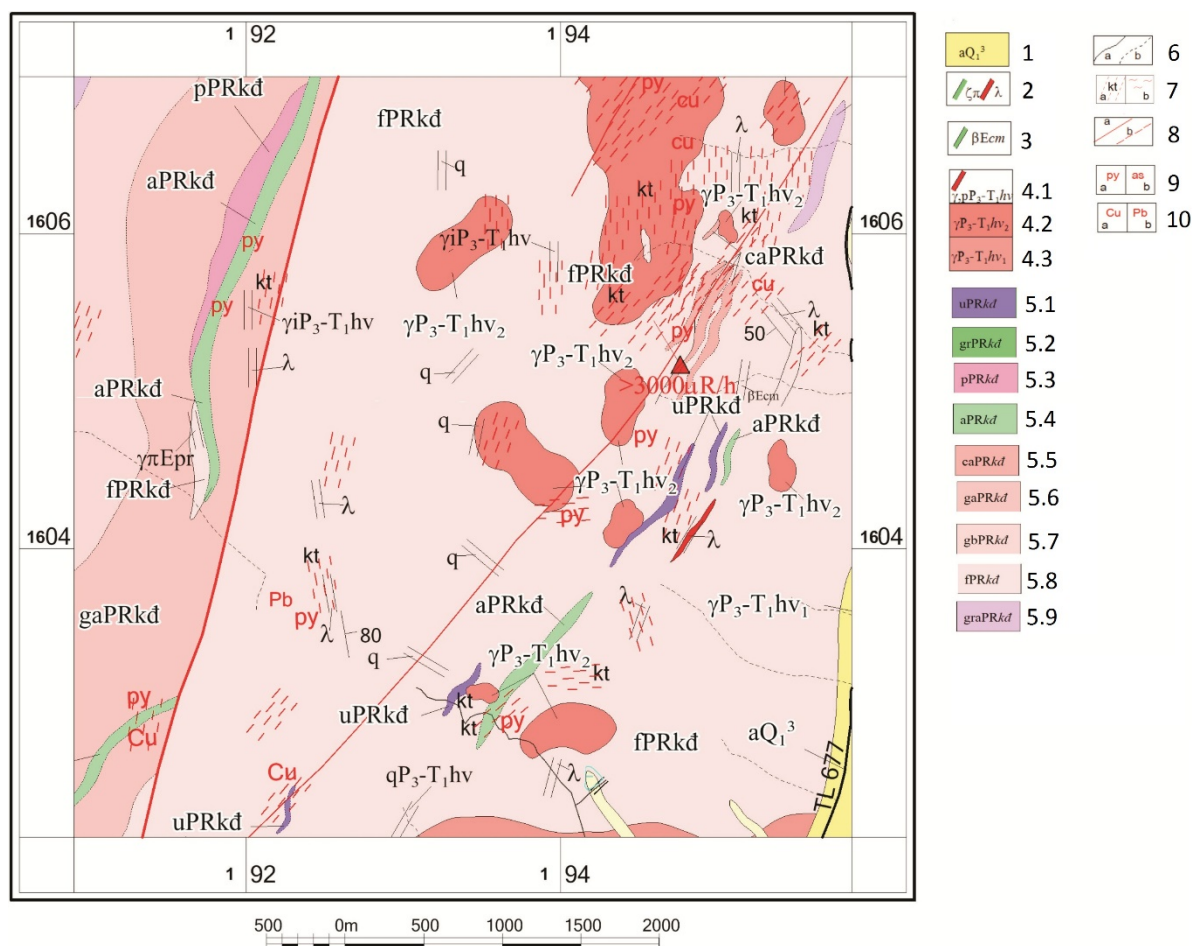


Рис. 1 Схематическая геологическая карта района Кон Ра, Вьетнам. Масштаб 1:50.000, Чан 3, 2019 [1]. 1 - верхний плейстоцен (aQ₁³), речные отложения; 2 - гидротермальные жилы разного состава; 3 - кембрийские диабазы комплекса Ку Монг (βEcm); 4 - комплекс Хай Ван (U-Pb возраст 253 и 235 млн лет, ранний-средний триас): 4.1 - гранит-аплиты и пегматиты ранней фазы (γⁱ-pT₁₋₂hv); 4.2 - биотитовые и двуслюдяные граниты второй фазы (γT₁₋₂hv₂); 4.3 - Фаза 1: биотитовые граниты поздней фазы (γT₁₋₂hv₁); 5 - протерозойский комплекс Хам Дык (PR-Є kđ): 5.1 - метаультрамафиты (uPRkđ): дуниты, перидотиты, пироксениты; 5.2 - метагабро (grPRkđ): амфиболиты; 5.3 -

амфиболиты (aPRkd): 5.4 - ассоциация метаплагиогранитов (pPRkd): плагиогранитогнейсов, гранодиоритогнейсов и диоритогнейсов; 5.5 - метакарбонатный комплекс (caPRkd): мраморы, оливковые и диопсидовые кальцифиры, диопсидиты, гнейс диопсидовые гнейсы, сланцевые кварц-диопсидовые породы, пироксеновые скарны; 5.6 - комплекс амфибол-гнейсовый (gaPRkd): амфиболовые, амфибол-биотитовые, амфибол-пироксеновые и пироксеновые гнейсы; 5.7 - антофиллит-кордиеритовый комплекс (acPRkd); 5.8 - комплекс биотитовых гнейсов (gbPRkd): биотитовые гнейсы, биотит-плагиогнейсы, биотит-гранит-плагиогнейсы; 5.9 - сланцы (fPRkd): кварцево-сланцевые, кварцевые сланцы, мусковитовые, биотитовые сланцы, слюдисто-гранат-силиманит-андалузит-кордиеритовые породы; 6 - геологические границы; 7 - зоны дробления (kt); 8 - разломы; 9 - минерализация: а - пирит, б - арсенопирит; 10 - рудопроявления: а - Cu, б - Pb

Породы триасового комплекса Хай Ван ($\gamma T_{1-2}Hv$) обрамляют метаморфические породы комплекса Хам Дык (PR-Є kd). Комплекс Хай Ван пересекается диабазом комплекса Ку Монг (βEcm); Граниты второй фазы пересекают граниты ранней фазы в блоке Дак Не. В районе Кон Ра породы комплекса Хай Ван обнажаются небольшими блоками на поверхности и вскрыты скважинами до глубины 300 м. Они пересекают зону дробления и катаклаза, которая находится в протерозойских метаморфических породах комплекса Хам Дык. Местами граниты комплекса интенсивно подроблены и хлоритизированы.

Тектоническое строение районе сложное. В комплексе Хам Дык распространены изоклинальные складки разного порядка. Они маркируются полосчатыми гнейсами. Оси макро и микроскладок часто субпараллельны с общим направлением по долготе и на северо-восток.

По массовым замерам трещин устанавливаются ортогональные направления нарушений (рис. 2). Субширотные и субмеридиональные направления устанавливаются и по линеamentному анализу аэрофотоснимков. По геофизическим данным отмечается преобладание меридиональных структур.

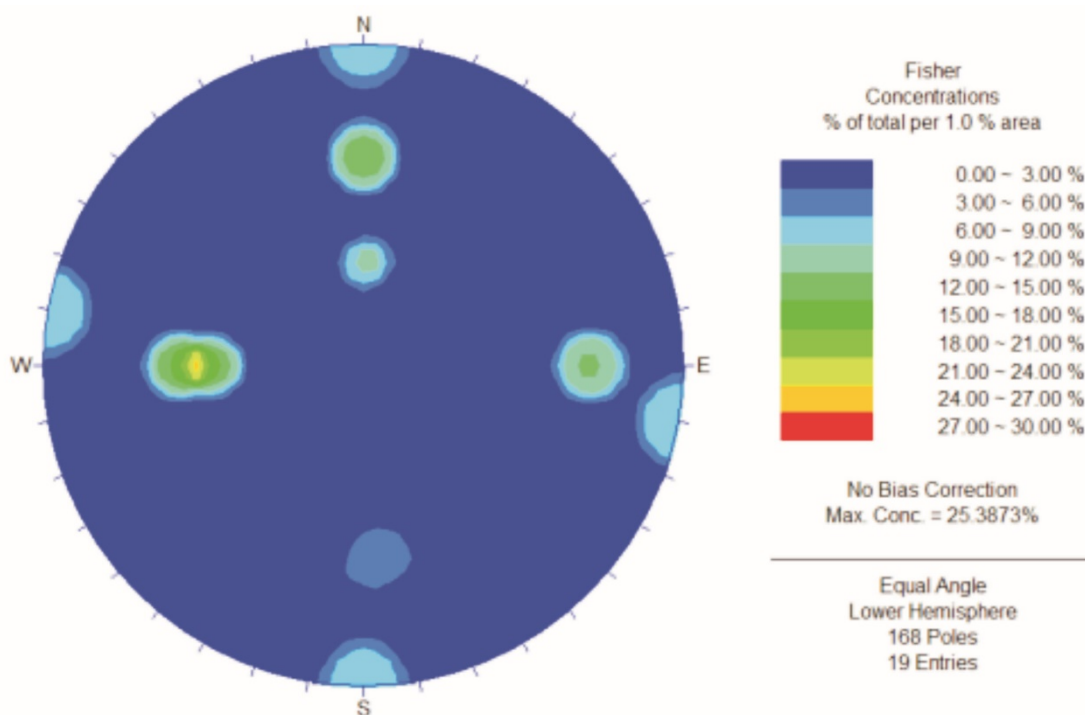


Рис. 2 Диаграмма плотности точек замеров трещин

По совокупности геолого-геофизических материалов выделяются разломы трех основных направлений меридиан, северозапад и юго-запад. Они играют доминирующую роль, разделяя всю территорию на блоки. Важное значение они имеют в распространении минерализации Cu, U и Au.

В районе исследования известно много полиметаллических проявлений и точек минерализации, содержащих медь, золото и уран. В ряде случаев обнаружены содержания, характерные для рядовых руд.

Рудопроявления и участки минерализации меди и золота главным образом приурочены к зонам катаклаза протерозойских пород метаморфического комплекса Хам Дык (PR-Є kđ). Содержание меди колеблется от 0,3% до 6,06 %, в среднем 0,85 %. Содержание золота составляет от 0,01 г/т до 1,05 г/т, в среднем 0,29 г/т. В некоторых медно-рудных зонах обнаружен уран в концентрациях от 0,033 % до 1,196%.

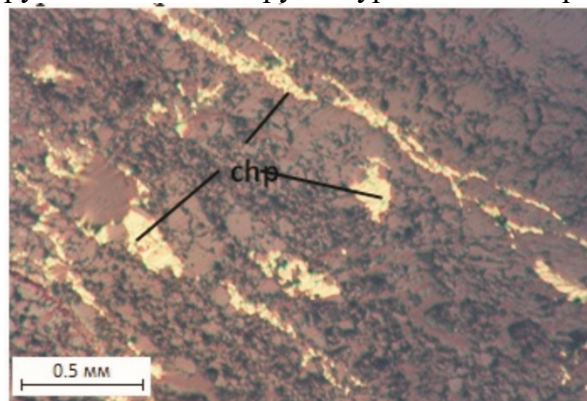


рис. 3.1

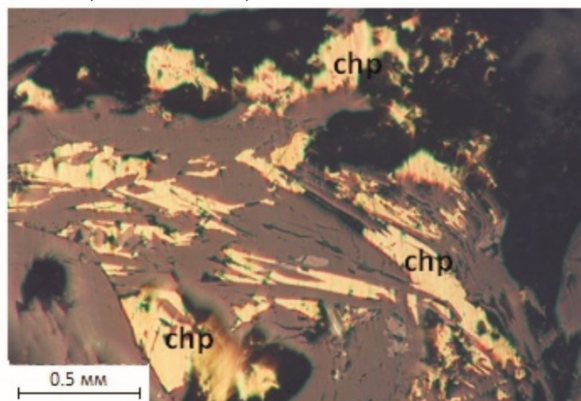


рис. 3.2

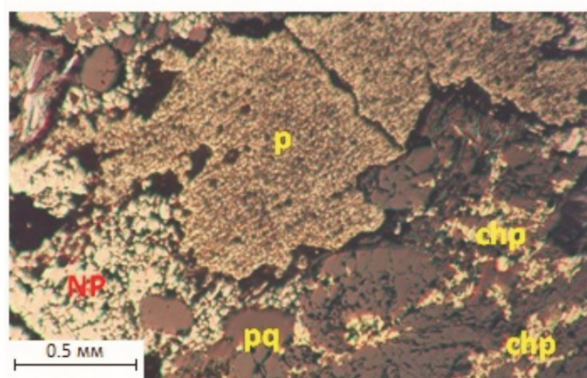


рис. 3.3

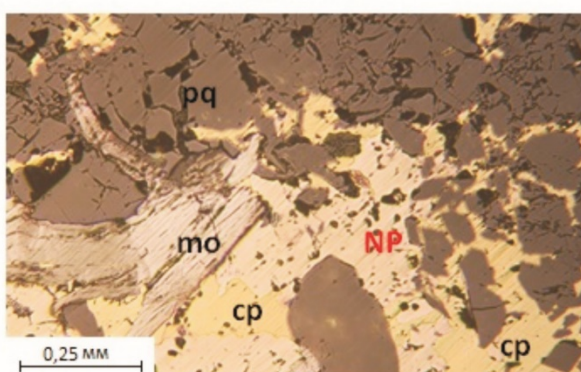


рис. 3.4

Рис. 3 Микрофото аншлифов медных руд района Кон Ра, Вьетнам. Условные обозначения: chp-халькопирит; py- пирит; mo- молибден; pq-пиротин.

Изучение рудных штучков показало следующие. Халькопирит распределен неравномерно, его содержание составляет в среднем 10-15%. Сложен мелкими (0,5x1 мм) гранулированными частицами или в виде коротких прерывистых лучей в нерудных минералах (рис. 3.1, 3.2). Отмечается его парагенезис с пиритом и пирротином (рис. 3.3). Выделения пирита имеют идиоморфную или субидиоморфную структуру размерами от 0,08 x 0,3 мм до 1,8 x 1,6 мм. Они рассеяны или сконцентрированы в гнездах, обволакивают нерудные минералы или вместе с халькопиритом слагают прожилки (рис. 3.3). Пиротин образует ксеноморфные выделения размером 0,1x2,5 мм с максимумом 2,4 x 4,4 мм, Распределен рассеянно в нерудных минералах или слагает агрегаты совместно с пиритом и халькопиритом (рис. 3.3, рис. 3.4). Молибденит встречается в редких небольших агрегатах. Наибольший размер - 1,5x3 мм; Распространен изолированно в рудовмещающих породах. Предполагается его парагенезис с пиритом и халькопиритом (рис. 3.4).

Минерализация урана встречена в гранитах комплекса Хай Ван ($\gamma T_{1-2}hv$) и в меньшей мере в его приграничной зоне тектонических нарушений с метаморфитами Хам Дык (PR-Є kđ). Радиоактивные аномалии (80-4,166 мкр/час) урановой природы установлены также на тектонизированном контакте интрузивных пород комплекса Хай Ван ($\gamma T_{1-2}hv$) с

метаморфическими породами Хам Дык (PR-Є kđ), а также в гранитах и пегматитах этого комплекса. В минерализованных известково-катаклазитовых зонах они имеют рассеянную форму или в форме гнезд и линз шириной от 0,5 до 4,5 м; простираются в основном с северо-северовостока на юго-югозапад.

Выводы

1. Медная минерализация встречена в катаклазитовой зоне в метаморфизованных скарнах и метавультрамафитах комплекса Хам Дык (PR-Є kđ).
2. Золото-сульфидно-медная минерализация также приурочена к катаклазитам.
3. Урановая минерализация встречена в гранитах, пегматитах и в зоне тектонизированного контакта комплекса Хай Ван ($\gamma T_{1-2}hv$) с метаморфическими породами комплекса Хам Дык (PR-Є kđ).
4. Следует продолжить оценку рудного потенциала района Кон Ра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чан Зуан, Отчет об оценке минеральных ресурсов меди в районе Кон Ра, Фонды Вьетнамского Министерства природных ресурсов и экологии. Ханой. 2019
2. Чан Тинь, 1994, Отчет о результатах геологического картирования и разведки полезных ископаемых в группе Кон Тум-Буон Мэ Туат в масштабе 1: 200 000. Фонды Вьетнамского Министерства природных ресурсов и экологии. Ханой. 1994.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СУХОПИТСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ АНГАРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)

По итогам проведенных геолого-поисковых работ на Морянихинской площади, расположенной в Ангарском рудном районе Енисейского кряжа, получены новые данные о геологическом строении и литолого-фациальных особенностях Сухопитского рудопроявления свинца и цинка. Рудопроявление расположено в 2,5 км на запад от р. Сухой Пит, в Мотыгинском районе Красноярского края.

Рудный район сложен терригенными и карбонатными породами, преимущественно рифейского возраста, претерпевшие метаморфизм зелено-сланцевой, амфиболитовой фации и несколько этапов складчатости, среди которых выделены два рудовмещающих структурно-формационных комплекса (СФК) - сухопитский и тунгусикский.

Сухопитский формационный комплекс, включающий кварцито-глиноземистую, карбонатно-терригенную, а также вулканогенно-сланцевую, алевро-песчаную (аспидную) и пестроцветную карбонатную формации, соответствует раннегеосинклинальной стадии, окончание которой знаменуется становлением гранито-гнейсовой формации Тейского комплекса.

Тунгусикский формационный комплекс, включающий вулканогенно-карбонатно-терригенную и рифогенную карбонатную формацию, а также вулканогенные риобазальтовую и последовательную риолит-дацит-андези-базальтовую, углеродистую карбонатно-терригенную (углеродистую терригенно-флишоидную черносланцевую), вулканогенно-терригенно-карбонатную формации, характеризует переходную стадию развития рифейского рифтогенеза.

Собственно Ангарский рудный район характеризуется латерально-вертикальной зональностью в размещении свинцово-цинкового, колчеданно-полиметаллического и колчедансодержащего цинково-свинцового оруденения. С юга на север существенно свинцовое (колчедансодержащее цинково-свинцовое) оруденение Горевского подтипа сменяется на колчеданно-полиметаллическое в черносланцевых толщах и стратиформное свинцово-цинковое в карбонатных толщах. В вертикальном ряду свинцово-цинковое стратиформное оруденение в карбонатных толщах сменяется на колчеданно-полиметаллическое в черносланцевых формациях.

Сухопитское рудопроявление локализовано в терригенно-карбонатной рудной формации (биогенной) Тунгусикского СФК.

Для формации характерна высокая фациальная изменчивость пород, особенно в ее нижней части. Тем не менее уверенно прослеживается ее двухчленное строение, позволяющее выделить две субформации — нижнюю и верхнюю. В составе нижней субформации преобладают карбонатные отложения, а в верхней — глинисто-терригенные. В породах нередко фиксируется примесь полностью измененного (серицитизированного, хлоритизированного, карбонатизированного) взрывчатого материала. Примечательно присутствие турбидитовых отложений, которые носят инъективный характер.

В районе Сухопитского рудопроявления формация представлена углеродистыми алевролитами, алевролитами, алевропесчаниками, углеродистыми пелитами, кремнистыми и углеродисто-кремнистыми доломитами — в нижней части разреза, органогенными

известняками в верхней части разреза. Собственно орудинение локализовано в кремнистых брекчевидных доломитах, часто мраморизованных.

При изучении шлифов выявлено, что терригенные разности пород содержат остатки частей строматолитовых построек при почти полном отсутствии карбонатного материала, и часто изменены до мусковит-серицит-кварцевых сланцев. Так же присутствуют брекчии со следами механических повреждений и разрушений строматолитовых построек волнами и приливно-отливными течениями. Терригенные разности в основном представляют собой тонкое переслаивание пелитов алевролитов с редкими прослоями алевропесчаников, часто с текстурами взмучивания и признаками подводно-оползневых процессов. В разрезе отмечается присутствие маломощных прослоев терригенных пород с градационной слоистостью, подобных турбидитовым отложениям. Отмечается изменчивость в латеральном ряду от карбонатных к терригенным разностям пород.

Состав отложений, изменчивость в латеральном ряду, наличие реликтов строматолитовых построек и признаков подводно-оползневых процессов указывают на то, что осадконакопление происходило в условиях шельфа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Опубликованная:

1. Кузнецов В.В. Геолого-генетические основы прогноза и поисков полиметаллических месторождений Сибири. Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных, цветных металлов и алмазов – состояние и перспективы. –М., 2016. С- 34-36.
2. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы. –М.: Недра, 1981, с. 751
3. Пономарев В.Г., Забиров Ю.А. Поисковые признаки и оценочные критерии свинцово-цинкового орудинения Енисейского кряжа. Новосибирск: Ин-т геол. И геофиз., 1988, 141 с.
4. Ручкин Г.В. Стратиформные полиметаллические месторождения докембрия. –М.: Недра, 1984.

Фондовая:

1. Целыковский А.Ф. Геологическое доизучение М 1:50 000 Токминского, Пихтово-Дауглинского и Сухопитского рудных узлов. П. Мотыгино, 1997 г.
2. Кузнецов В.В., Конкин В.Д., Охапкин Н.А. и др. Отчет: Составление прогнозной карты масштаба 1:50000 для южной части Енисейского Кряжа с количественной оценкой прогнозных ресурсов и рекомендациями по направлению поисковых работ. Красноярск, 1991 г.

Карамышев А.В. (СПБГУ, ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Федорова К.С. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»),
Тарасов А.В. (СПБГУ, ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Зубов Е.И. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»),
Пачерский Н.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

ПРОГНОЗ СКРЫТОГО ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ЦЕНТРАЛЬНО-КОЛЫМСКОГО РАЙОНА ПО КОМПЛЕКСУ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ МЕТОДОМ РАСПОЗНАВАНИЯ

На протяжении более 80 лет Центральнo-Колымский регион является крупнейшим центром золотодобычи на Дальнем Востоке России. В его границах известно множество коренных и россыпных месторождений золота, в том числе такие крупные, как Наталкинское. При этом, несмотря на относительно хорошую изученность, Центральнo-Колымский район остается перспективным на обнаружение новых крупных золоторудных месторождений. Одним из современных методов локализации подобных объектов является формализованное прогнозирование с использованием компьютерных методов распознавания образов. В качестве прогнозных признаков при использовании таких алгоритмов чаще всего используются геофизические данные, объективно отражающие характер естественных полей и характеризующиеся, преимущественно, равномерным покрытием изучаемой территории, что имеет первостепенное значение при применении статистических методов прогноза. Но в то же время зачастую не имеющие однозначной геологической интерпретации. В то же время прямые геологические данные, являющиеся суммой результатов точечных наблюдений, чаще всего неравномерно распределенных в пределах рассматриваемой площади и представляющие субъективное отражение геологической обстановки конкретным наблюдателем, практически лишены основного недостатка, присущего косвенным данным, а именно – неоднозначности интерпретации. В связи с этим нам представляется рациональным использование в качестве рабочего набора прогнозных признаков сбалансированной комбинации косвенных параметров с прямыми геологическими данными, преобразованными в статистически интерпретируемые количественные переменные.

В нашей работе наряду с естественными геофизическими и геохимическими полями в комплексе прогнозных признаков используются такие параметры, как плотность даек на единицу площади территории и удаленность от крупных разрывных нарушений и гранитных массивов. Прогнозная информативность этих признаков для территории ЦКР обуславливается значимостью глубинных рудоконтролирующих разломов и интрузивных комплексов как важного фактора локализации золоторудных объектов в пределах Верхояно-Колымской складчато-надвиговой системы [1,3,4].

В данной работе предлагаются результаты, полученные в ходе применения технологии формализованного компьютерного прогноза «ИПС», основанной на алгоритмах распознавания образов и программно реализованной Д.С. Зеленецким [2]. Метод ИПС (информационный параметр сходства) предполагает разделение множества изучаемых объектов на два класса: «рудные» эталоны (или «объекты исследований», расположенные в пределах рудных зон), и вмещающая среда, включающая в себя площадь за пределами известных рудных объектов. Сравнение распределений для групп объектов различных классов производится по критерию Пирсона, оценка полезности признака для решения задачи выделения областей, сходных с заданными эталонами, – по его информативности, а выделение областей, сходных с объектами исследований, – по сумме частных информативностей интервалов значений, называемой «информационным параметром сходства».

На начальном этапе работы произведен сбор и обобщение геолого-геофизических материалов масштаба 1:50000-1:200000. По комплексу геохимических данных был выполнен предварительный факторный анализ и выделены геохимические факторы, значения которых демонстрируют наилучшую корреляцию с расположением известных рудных объектов в ранге рудных полей. Последующая работа заключалась в формировании набора прогнозно-поисковых признаков, отвечающих модели крупнообъемного золоторудного месторождения орогенного типа, и отборе наиболее информативных из них. По результатам формализованного прогнозирования с заданным набором признаков строились карты ИПС. Окончательная схема распределения потенциально перспективных участков составлялась на основании экспертной разбраковки выделенных аномалий.

При расчете параметра ИПС для различных структурно-формационных зон в пределах ЦКР использовались следующие наборы признаков (в порядке убывания относительной информативности) (Табл. 1)

Табл.1

Информативные прогнозно-поисковые признаки

Аян-Юряхская СФЗ	Инъяли-Дебинская СФЗ
Геохимический фактор $F1 = 0.954 \times \lg(\text{Au}) + 0.954 \times \lg(\text{As})$ (золото-сульфидно-кварцевое оруденение в черносланцевых толщах)	Энтропия магнитного поля
Составляющая поля силы тяжести от слоя $4 \div 5$ км	Плотность распределения даек на единицу площади
Энтропия магнитного поля	Геохимический фактор $F2 = 0.68 \times \lg(\text{Au}) + 0.16 \times \lg(\text{Ag}) + 0.15 \times \lg(\text{As}) - 0.56 \times \lg(\text{W}) - 0.22 \times \lg(\text{Cu}) - 0.19 \times \lg(\text{Mo})$
Плотность распределения даек на единицу площади	Удаленность от крупных разрывных нарушений
Удаленность от крупных разрывных нарушений	Вертикальный градиент гравитационного поля
Удаленность от гранитных массивов	Удаленность от гранитных массивов
Вертикальный градиент гравитационного поля	Составляющая поля силы тяжести от слоя $4 \div 5$ км
Энтропия гравитационного поля	Энтропия гравитационного поля
Параметр tilt магнитного поля	Параметр tilt магнитного поля

Полученные с использованием данного набора признаков карты ИПС для эталонов известных месторождений, таких как Наталкинское и др., характеризуются хорошей корреляцией аномалий параметра перспективности с реальным распределением известных золоторудных узлов в пределах ЦКР, что позволяет предполагать возможность их использования для локализации скрытых рудных объектов. Сводная карта ИПС (Рис. 1) получена путем объединения матриц ИПС Аян-Юряхской и Инъяли-Дебинской СФЗ, рассчитанных на основании групповых эталонов, включающих большинство известных крупных золоторудных месторождений в пределах каждой из зон.

По результатам экспертной интерпретации полученных данных на основании априорной геологической информации проведена разбраковка аномалий ИПС за пределами известных рудных узлов и составлена схема участков, потенциально перспективных для локализации новых золоторудных объектов (Рис. 1).

Мы надеемся, что полученные результаты будут полезны при планировании направления поисковых и ревизионно-оценочных работ в ЦКР.

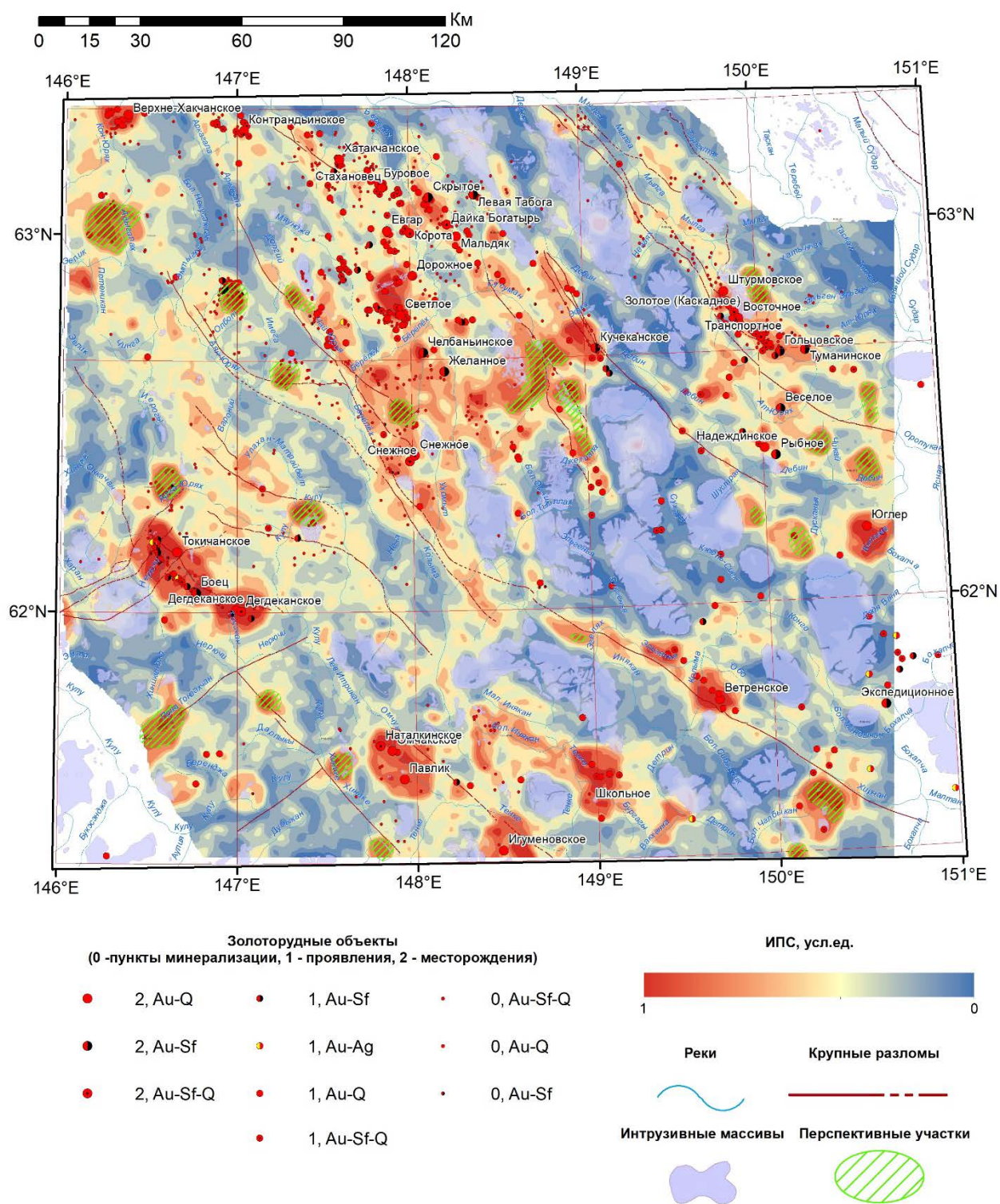


Рис. 1 Сводная карта параметра ИПС для территории ЦКР с выделенными перспективными участками

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров В.А. Наталкинское золоторудное месторождение. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002. 250 с.
2. Зеленецкий Д.С. Опережающее геофизическое обеспечение прогнозно-металлогенических исследований масштаба 1:500 000 в Яно-Колымской золоторудной провинции/ Д.С. Зеленецкий, Ю.В. Асламов, В.В. Аристов// Прогноз, поиски, оценка рудных и нерудных месторождений - достижения и перспективы. - Москва, 2008. - С.82-8.
3. Золоторудные месторождения России / Ред. М.М. Константинов. —М.: Акварель. 2010
4. Шахтыров В. Г. Сдвиговые структурные ансамбли и золотое оруденение Яно-Колымской складчатой системы. Автореф. дис. на соискание уч. степени доктора геол.-мин. наук. Иркутск: Иркутский ГТУ, 2010. 50 с.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РУД СУХОПИТСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛОВ

Сухопитское проявление полиметаллов расположено в Ангарском свинцово-цинковом рудном районе на левобережье р.Сухой Пит. В результате поисковых работ, проведенных в 2017-2019г, силами АО «Сибирское ПГО» выявлены три зоны промышленного оруденения свинца и цинка [6]: Северо-западная, Центральная и Юго-восточная (Рис1.).

В Центральной зоне полиметаллическое оруденение представлено 11 рудными телами, протяженностью 210-880м и истинной мощностью 0,8-26м. Здесь сосредоточена большая часть ресурсов со средними содержаниями свинца 0,01-4,17% и цинка 2,69-15,8%.

В пределах Юго-Восточной зоны выявлено 2 субпараллельных рудных тела, разделенные телом окварцованных метариолит-порфиров. Протяженность рудных тел составляет 400м при истинной мощности от 14 до 43м. Средние содержания свинца 0,96-1,4% и цинка 3,97-9,41%.

Северо-Западная зона находится в 1,5 км к северо-западу от Центрального участка. Здесь выявлено 6 субпараллельных рудных тел, длиной от 400 до 800 м при истинной мощности от 1 до 14 м. Средние содержания свинца 0,11-3,8% и цинка 0,94-4,43%.

Рудные тела представляют собой сульфидные залежи пластообразной и линзовидной формы, и залегают субсогласно с вмещающими породами. Минералы свинца и цинка по простиранию рудных тел распределены крайне неравномерно. В северо-западной зоне проявления отмечается вертикальная минералогическая зональность: содержания свинца в рудах увеличивается с глубиной, а содержания цинка незначительно уменьшаются.

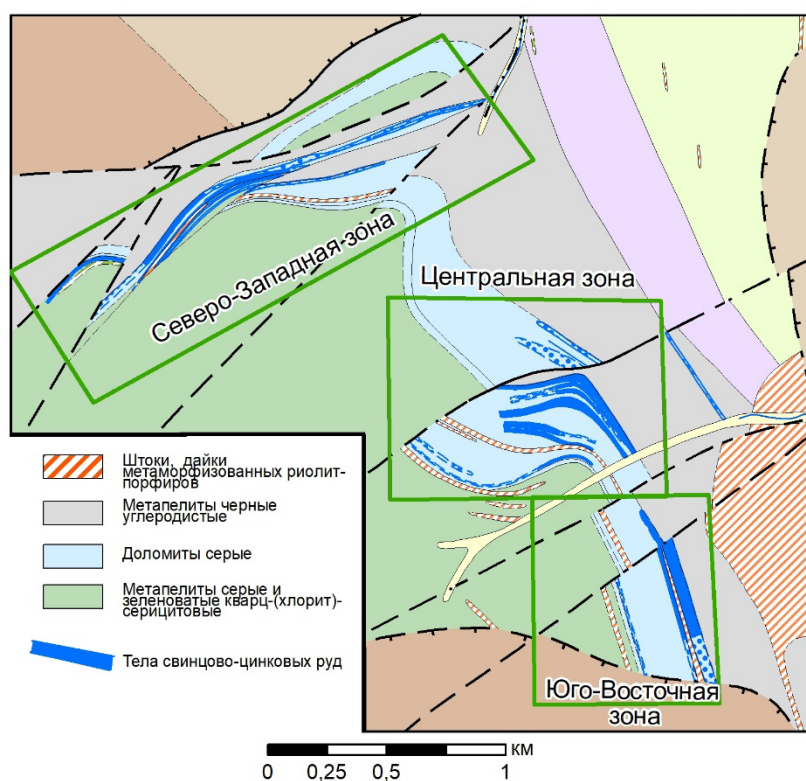


Рис. 1 Геологическая карта Сухопитского проявления

Оруденение выходит на поверхность, перекрыто склоновыми и аллювиальными современными образованиями. По рудным телам развиты площадные и линейные коры

выветривания с образованием окисных руд. Площадные коры имеют мощность от 5 до 50 м. В зонах разломов, по рудным телам развиты линейные коры, достигающие глубин от 50 до 200 м.

Основная масса руд Сухопитского проявления локализована в пачке доломитов и доломитовых брекчий. Порода разбита сетью кварц-анкеритовых жил и прожилков, в разной степени проявлены и анкеритизация и окварцевание, с образованием анкеритовых, кварц-анкеритовых метасоматитов. Эти участки сложены плотным агрегатом из мелких изометричных зерен кварца размером 0,01-0,1 мм и зерен анкерита неправильной, изометричной, реже ромбической формы, размером от 0,02-0,05 до 0,1 мм. Установлено, что кроме кварца и анкерита доломиты неравномерно полосовидными участками замещены сидеритом с образованием анкерит-сидеритовых метасоматитов. Сидерит образует мелкий агрегат зёрен, размером 0,03-0,1 мм.

Единичные рудные тела также выявлены в окварцованных и пиритизированных метапелитах серицит-кварцевого состава, подстилающих пачку доломитов, и в метапелитах углеродистого состава, перекрывающих пачку доломитов. Прожилково-вкрапленная руда в углеродистых метапелитах прослеживается на контактах с оруденелыми доломитами. Мощность таких рудных тел мала, и меняется от 1 до 3 м.

Основными породообразующими минералами руд Сухопитского проявления являются карбонатные минералы и кварц. Содержание кварца варьирует от 10 до 50%, а содержание карбонатов от 30 до 70%. Наибольшим распространением пользуется доломит, анкерит, реже встречается сидерит.

Минералогический состав руды характеризуется следующим средним содержанием основных сульфидов: пирит 5-15%, сфалерит 3,5-10%, галенит 0,5-1,5%. Редкие минералы: халькопирит, арсенопирит, блеклая руда.

Соотношения между вышеперечисленными рудными минералами меняются в широких пределах. Содержание сульфидов в различных частях рудных тел составляет от 1,0 – 3,5% до 10 - 15% от общей массы руды, достигая иногда 70%. Как правило преобладают либо пирит, либо сфалерит. Выделяются следующие типы руд: пирит-сфалеритовые, сфалеритовые, пиритовые, галенит-сфалерит-пиритовые. Наибольшим распространением пользуются первые 2 типа руд. Как правило в рудах Сухопитского проявления наблюдается существенное преобладание сфалерита над галенитом в соотношении 5:1.

Выделяется несколько генераций рудного минерала, где пирит-I образует тонкую «сыпь» очень мелких вкраплений зерен по массе доломитов. Пирит-II образует массивные трещиноватые зерна неправильной и идиоморфной формы с включениями нерудных минералов, а также галенита и сфалерита.

Сфалерит встречается в сростании с пиритом, галенитом, с нерудными минералами, выполняя трещины и межзерновые пространства среди зерен пирита, нарастает на более крупные зерна, захватывает мелкие. Сфалерит-I образует вкрапления и массивные сростания аллотриоморфных зерен размером от 0,05 мм до 2-3 мм. Формы отдельных зерен неправильные, часто неправильно-округлые. Сростания также неправильной формы, интерстициальные, «расползаясь» по породе захватывают минералы вмещающей породы. *Сфалерит II* обычно выполняет прожилки вместе с галенитом с кварцем, карбонатом и образует неправильной формы вкрапления в межзерновых пространствах вмещающей породы.

Галенит образует ксеноморфные вкрапления, выделения в кварц-карбонатных, анкеритовых прожилках и вмещающей породе, часто встречается в сростании со сфалеритом, пиритом, прерывисто выполняет тонкие, извилистые трещины.

На Сухопитском проявлении развиты брекчиевидные, прожилковые, массивные, вкрапленные и полосчатые текстуры руд.

Брекчиевидные руды распространены в основном в Центральной зоне проявления. Для них характерны брекчии разнотекстурного анкеритизированного доломита с пирит-

галенит-сфалеритовой минерализацией. Тонкозернистые обломки анкеритизированного доломита с убогой сыпью тонких зерен пирита-I сцементированы тонко-крупнозернистым анкеритовым агрегатом. Новообразованные сульфиды – пирит-II и сфалерит-II тяготеют к крупнозернистым участкам породы, образуя гнездовые скопления. Доломиты в разной степени иссечены подробленными кварц-сульфидными маломощными прожилками.

Прожилковые руды представлены вкраплениями, гнездами, прожилками пирита, галенита и сфалерита в гидротермально измененных породах: окварцованных доломитах и метапелитах. Руды образуют извилистые, ветвистые прожилки пиритового, сфалеритового состава. Зерна галенита тяготеют к зальбандам прожилков кварц-анкеритового состава, «расползаясь» по породе захватывают минералы вмещающей породы. Такие руды преобладают в Северо-западной зоне Сухопитского проявления полиметаллов.

Массивные руды слагают участки среди брекчиевых руд и являются наиболее богатыми. Мощность таких рудных тел составляет от нескольких сантиметров до первых метров.

Вкрапленные руды представлены неравномерно рассеянными зернами пирита, реже – галенита и сфалерита по массе породы. Руды такого типа характеризуются невысокими содержаниями свинца и цинка.

Полосчатые руды распространены мало. В Северо-западной зоне проявления отмечаются полосовидные скопления пирита и сфалерита в серицит-кварцевых метапелитах.

На основании изучения полированных образцов, а также взаимоотношений минералов, установлена следующая последовательность минералообразования, представленная в таблице 1:

Табл. 1

Парагенетическая схема минералообразования Сухопитского проявления полиметаллов

Этап	Гипогенная				Гипергенная
Стадия	Гидротермально-метасоматическая				
	Доломитовая	Доломит-пиритовая	Кварц-карбонат-сфалеритовая	Анкерит-сфалерит-галенитовая	
	I	II	III	IV	
кварц			— — — —		
доломит					
анкерит			— — —	— — — —	
сидерит				— — — —	
пирит			— — — —		
сфалерит			— — — —		
галенит					
гидроокислы Fe					

Можно предположить, что свинцово-цинковые руды Сухопитского проявления полиметаллов образовались в результате многостадийного процесса, который проходил в два этапа: гидротермально-осадочный и гидротермально-метасоматический. В течение гидротермально-осадочного этапа вместе с доломитами сформировались полосчатые пиритовые руды. Гидротермально-метасоматический этап характеризуется образованием пирит-сфалеритовых, сфалеритовых и галенит-сфалерит-пиритовых минеральных ассоциаций в результате поступления гидротермальных растворов, обогащенных рудным

веществом по подводящим каналам. Околорудные изменения вмещающих пород сопровождались окварцеванием, анкеритизацией и в меньшей степени сидеритизацией. Свинцово-цинковые руды и вмещающие породы претерпели региональный метаморфизм зеленосланцевой фации.

Сухопитское проявление полиметаллов относится к стратиформному типу оруденения в углеродисто-терригенно-карбонатной формации [2]. Эталлонным объектом для данного типа на Енисейском кряже является Рассохинское рудное поле (Рассохинский тип) [4][3]. Модель формирования руд Сухопитского проявления близка модели формирования Линейного месторождения, предложенная В.В.Кузнецовым [7] и Г.Н.Бровковым [1], с двухэтапным образованием полиметаллических руд (гидротермально-осадочный и гидротермально-метасоматический).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Опубликованная

1. Бровков Г.Н. Геология и металлогения Енисейского рудного пояса. Красноярск, 1985, 292 с.
2. Зайцева М.Н., Кузнецова С.В. Роль углерода в рудогенезе стратиформных месторождений Енисейского кряжа. В сборнике: Проблемы геологии и освоения недр. Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К.В. Радугина: в 2х томах. 2019. С. 153-155.
3. Зайцева М.Н., Инякин А.В. Типы месторождений свинца и цинка Енисейского кряжа и основы их прогноза и поисков. Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции. 2019. С. 167-168.
4. Кузнецов В.В., Серавина Т.В., Корчагина Д.А. Минерально-сырьевая база и обстановки локализации полиметаллических месторождений Сибири. Руды и металлы. №1 2017. М: ЦНИГРИ, С. 19-32.
5. Русаков В.Ю. Механизмы формирования морских гидротермально-осадочных отложений. Автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук / Ин-т геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН. Москва, 2014.

Фондовая

6. Дмитриев Г.А., Васильев Н.Ф., Стороженко А.А. Отчет о результатах работ «Поисковые работы на свинцово-цинковое оруденение в пределах Морянихинской площади в Ангарском рудном районе (Красноярский край)». – Красноярск, 2019.
7. Кузнецов В.В. Охалкин Н.А., Конкин В.Д. и др. Отчет по теме: Составление комплекта прогнозной карты масштаба 1:50 000 южной части Енисейского кряжа с количественной оценкой прогнозных ресурсов и рекомендациями по направлению поисковых работ. ЦНИГРИ, 1991 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА БЛОКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ ЖИЛЬНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Моделирование месторождений путем визуализации геологических данных является одной из важных задач современного общества в связи с нарастающими темпами цифровизации промышленности.

Представленная в работе геологическая модель создана на базе горно-геологической информационной системы Micromine, позволяющей изменять входные параметры блочной модели для проведения сравнительного анализа.

К рассмотрению были приняты данные опробования жильного золоторудного месторождения. Полученная на основе этой информации геологическая модель чувствительна к размеру блоков, что сказывается на точности подсчета запасов. К примеру, слишком большой размер блока, может привести к «выпадению» блока из модели в силу особенностей жильных месторождений. В свою очередь, меньший размер блока сильно усложняет и утяжеляет модель, делая ее сложной для подсчета методом обратных расстояний и кригингом.

Основная сложность в создании модели жильного месторождения заключается в том, что будущая модель состоит из большого количества разрозненных жил, которые могут быть мощностью от 0,1м. Также, если учесть, что при разведке месторождения осуществлялась проходка скважин с отбором керна, то можно прийти к выводу, что оконтуривание жил является серьезной проблемой при создании модели.

Заключительным этапом исследовательской работы в данном направлении является диаграмма, показывающая отношение размера блока геологической модели к точности полученных результатов. Данные исследования позволяют усовершенствовать текущие технологии в геологическом моделировании и повысить точность расчетов при оценке запасов полезных ископаемых.

УКРУПНЕННАЯ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГАЛУТИНСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ (ВОСТОЧНЫЙ ДОНБАСС РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Актуальность темы. Актуальность темы вызвана необходимостью обоснования привлечения инвестиций и освоение минерально-сырьевой базы Ростовской области. Это позволит решить ключевые региональные задачи – привлечение дополнительных средств в регион, решение социальных вопросов, увеличение отчислений от налоговых сборов и т. д., а также для - собственника недр – получение высокой прибыли. Галутинское проявление рудного золота расположено в западной части Дноро-Донецкого авлакогена на территории Ростовской области. При апробации прогнозных ресурсов в 2011 году были разработаны укрупненные геолого-экономические показатели, которые напрямую влияют на инвестиционную привлекательность добычи рудного золота в восточном Донбассе.

Цель. На основе геолого-экономической оценки по укрупненным показателям выявленных прогнозных ресурсов золота Галутинского рудопоявления по категории P_1 рассчитать на текущий момент внутреннюю норму доходности как один из основных критериев инвестиционной привлекательности объекта

Специфическая особенность

Выявленное золото-кварц-сульфидное оруденение на Галутинской площади локализуется в минерализованной зоне тектонически переработанных пород, несущих признаки гидротермально-метасоматической проработки. В контуре минерализованной зоны выявлена продуктивная жильно-прожилково-вкрапленная золото-кварц-сульфидная минерализация с содержаниями золота от десятых г/т до десяти и более г/т, оконтурены рудные зоны (рудные тела), ресурсам золота в которых дана прогнозная оценка по категории P_1 .

С учетом оценочных параметров прогнозные ресурсы золота по категории P_1 по Галутинскому рудопоявлению составляют: руды – 13673800 т, золота - 22423,4 кг, или 22,4 т, среднее содержание золота 1,6 г/т.

Технологическая оценка обогатимости руд показала, что для переработки окисленной руды рекомендуется наиболее экономичный метод кучного выщелачивания, позволяющий извлекать за 33 дня 84,61 % золота при расходе цианида 1,79 кг/т руды (или 0,82 кг/т золота). Альтернативной для окисленных руд может быть сорбционно-цианистая схема, позволяющая извлекать 96,14 % золота.

Для сульфидной руды рекомендуется флотационная технология обогащения. По данной схеме обогащения в объединенный флотоконцентрат извлекается 94,6 % золота и 92,9 % серебра. Содержание золота и серебра в отвальных хвостах флотации составляет 0,10 г/т и 0,36 г/т, соответственно.

Укрупненная геолого-экономическая оценка

Укрупненная геолого-экономическая оценка крупнообъемных минерализованных зон, локализованных на Галутинском участке, произведена с учетом прогнозных ресурсов руды и золота, оцененных по категории P_1 , морфологии и условий залегания рудных тел, вещественного состава руд, среднего содержания золота. Эти факторы определяют производственную мощность предприятия, способ разработки и схему вскрытия потенциального месторождения.

При отсутствии корректного аналога для укрупненной геолого-экономической оценки изучаемого объекта при расчетах основных показателей использованы рекомендации ЦНИГРИ (Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, раздел «Укрупненные геолого-экономические оценки объектов с прогнозными ресурсами» Москва, 2010 г).

Необходимый показатель годовых эксплуатационных затрат на добычу и переработку руды с использованием коэффициента-дефлятора был взят из расчетов укрупненной геолого-экономической оценки концептуальной модели золоторудного объекта в условиях Ростовской области (ЦНИГРИ, В. И. Лобач, Е. В. Блинова, 1999 г.), выполненный для Керчикского проявления золота. При расчете последних использовались проектные и фактические данные по месторождениям «Майское», «Светлинское», «уч. Кузнецовский»).

Показатель годовых эксплуатационных затрат для Галутинского рудопоявления на 2011 год – 612,24 млн. руб., а себестоимость 1 т добычи и обогащения руды – 1179,79 руб. При пересчете на коэффициент-дефлятор 2,84 (данные Минэкономразвития РФ)

Горно-геологические условия потенциальных золоторудных объектов, выделенных на Галутинском участке, позволяют разрабатывать их открытым способом. Окисленные руды рудных зон залегают на незначительных глубинах.

Годовая производительность по добыче руды, золота в руде и конечной товарной продукции – золота рассчитывалась следующим образом.

При количестве прогнозных ресурсов руды в 13673800 т, эксплуатационные «ресурсы» с учетом потерь – 5% (согласно «Актуализированным методическим рекомендациям», стр. 20) и разубоживания – 9% (табл. 6, стр. 64 «Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов...» Москва, ЦНИГРИ, 2010 г.) составят 14274846,15 т.

Следовательно, годовая производительность по добыче руды при сроках существования предприятия 12,5 лет составит 1141,99 тыс. т, по металлу в руде 1704,18 кг, по карьеру – 3381 тыс. т.

При извлечении золота из окисленных руд 84,6% золота, а из сульфидных – 94,6%, годовое производство товарного золота составит 1622,09 кг.

Затратные показатели по данным на 1998 – 1999 года и пересчитывались на состояние 2011 года с помощью индексов-дефляторов Минэкономики РФ

Укрупненный финансово-экономический анализ на состояние 2011 года был произведен без расчетов внутренней нормы доходности, а учитывая резкое изменение экономических показателей за последние 10 лет встал вопрос о пересмотре укрупненной геолого-экономической оценки Галутинского объекта с перспективой на определенную инвестиционную привлекательность.

Была произведена экономическая оценка инвестиций, методом дисконтирования денежных потоков, было установлено, что проект имеет высокие показатели эффективности инвестиций. Чистый дисконтированный доход при ставке дисконтирования 10% имеет положительное значение 613,32 млн. руб. Внутренняя норма доходности 15%, индекс доходности 0,64. Эти показатели свидетельствуют о хорошей отдаче инвестиций. По результатам выполненных расчетов вложение инвестиций в этот проект эффективно. Проведя дополнительный прогнозный анализ можно предположить, что реализация проекта гораздо выгоднее, когда цена на золото будет составлять 2600 и более руб. за грамм. Но проект будет в состоянии обслуживать свои долги даже в том случае, если цена на золото на мировом рынке снизится до 2400 руб. за грамм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Опубликованная

1. Ампилов Ю. П. Герт А. А. Экономическая геология Учебное пособие для вузов. Москва «Геоинформмарк» 2006г
2. Методические указания по оценке, апробации и учету прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых РФ. МПР РФ, 1997.

3. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев) М., 2007
4. Моссаковский Я. В. Экономическая оценка инвестиций в горной промышленности. Учебное пособие для вузов. Москва МГГУ 2004г.
5. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых

Фондовая

6. Радаева Т. П., Лихачев В. А., Зайцев А. В. и др. отчет «Поисковые работы на золото на Галутинской и Грушевско-Кадамовской площадях в Ростовской области (2005-2007 г.г.)» в 3-х книгах Ростов-на-Дону 2007 г.

Интернет ресурсы

7. www.cbr.ru Учетные цены на драгоценные металлы

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ РУДНЫХ ТЕЛ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РУДОВМЕЩАЮЩИХ СТРУКТУР НОВО-ШЕМУРСКОГО МЕДНО-КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.

Ново-Шемурское медно-цинково-колчеданное месторождение расположено в Ивдельском районе на Северном Урале. В геологическом строении месторождения принимают участие вулканиды риолит-базальтовой формации, представленные тремя толщами Шемурской свиты:

- базальтовой лавовой толщей с прослоями яшм;
- риолито-дацитовый толщей;
- базальтовой толщей, с прослоями тефроидов и яшм.

Риолит-дацитовая толща является рудовмещающей, она сложена лавокластитами и лавовыми потоками [1]. Породы рудовмещающей толщи и руды были подвержены региональному метаморфизму зеленосланцевой фации. Рудные тела локализованы на контакте дацитов и базальтов и представляют собой серию линзо- и пластообразных крутопадающих тел.

Сложность строения рудного тела обусловлена наличием большого количества пострудных даек диабазов и габбро-диабазов, разрывающих единое сульфидное тело на множество мелких пластовых и линзовидных тел. Наиболее богатыми рудами, являются обломочные медно-цинковые руды, преимущественно сульфидные брекчии [3]. Главными рудными минералами являются пирит, халькопирит, сфалерит и магнетит [2]. Второстепенные минералы представлены: галенитом, арсенопиритом и блеклой рудой.

Целью данной работы является рассмотрение и характеристика рудовмещающих структур месторождения с помощью методов 3D моделирования. Для построения объемных каркасов рудного тела использовалось программное обеспечение ГИС Micromine. Работа велась с помощью встроенных в программу инструментов моделирования и обработки информации в несколько этапов. Для создания каркасов использовались данные бурения прошлых лет, а также данные геологических разрезов, загруженные в качестве растровых изображений. На основании растровых изображений были построены векторные разрезы и околнурены рудные тела, а затем по замкнутым контурам отстроены каркасы рудного тела (Рис.1).

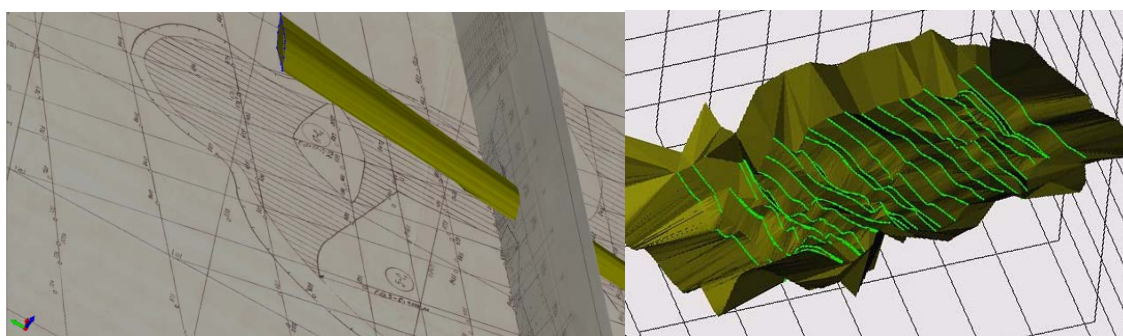


Рис. 1 Процесс построения каркасов рудного тела Ново-Шемурского месторождения

Построение 3D каркасов рудного тела, позволило более детально рассмотреть рудовмещающие структуры, проследить зональность рудных тел и выявить закономерности локализации наиболее богатых участков рудных тел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кадышева Е.В., Филатов В.В., Юдин Ю.Ф. Ново-Шемурское месторождение и его тектонофизическая характеристика по гравиметрическим данным // Вопросы образования

- и науки: теоретический и методический аспекты сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции в 7 частях, 2012 г., с 97-100
2. Сафина Н.П., Аюпова Н.Р., Целуйко А.С., Филлипова К.А. Минеральный состав рудокластитов Ново-Шемурского колчеданного месторождения, Северный Урал // Минералогия т. 4 №4, 2018 г., с. 68-81
3. Сафина Н.П., Аюпова Н.Р., Масленников В.В., Целуйко А.С. Текстурно-структурные и минеральные особенности рудных фаций Ново-Шемурского колчеданного месторождения, Северный Урал // Металогения Древних и современных океанов №24, 2018 г., с. 97-100

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СУББЛОКИРОВАНИЯ И ФАКТОРА БЛОКА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ГГИС

Как показывает проведенный анализ, на сегодняшний день горные предприятия используют менее двух процентов данных, полученных при мониторинге процессов эксплуатации месторождения и отдельных единиц техники. Цифровизация становится определяющим фактором, который позволит горнодобывающим компаниям в будущем оставаться конкурентоспособными. Уже сейчас очевидно, что современные технологии открывают новые возможности для значительного увеличения производительности. Ведущие мировые горнодобывающие компании инвестируют значительные средства в развитие и применение современных технологий в области автоматизации с целью повышения уровня добычи, а также экологической и промышленной безопасности, сокращения объемов применения ручного труда, издержек и энергозатрат. Одной из задач цифровизации является создание цифровой модели месторождения с наиболее точным отображением геологических данных.

С целью повышения точности блочной модели часто возникает необходимость проведения процессов субблокирования. Универсальные правила для определения размера блоков на сегодняшний день не определены. Основными способами разбиения являются: по фактору блока и метод субблока – они играют одну из решающих ролей в оценке запасов и точности блочной модели. Каждый метод имеет свои достоинства и недостатки.

В рамках данного проекта была выполнена задача разработки блочной модели медно-порфирового месторождения и выбора оптимальных параметров субблокирования. На основании паспортов скважин в excel, была создана база данных скважин месторождения и исправлены ошибки; по бортовому содержанию выделены рудные и нерудные интервалы по методу ГКЗ; построены несколько каркасов по руде и литологии; создана пустая блочная модель, которая была ограничена каркасами и разбита на блоки, методом субблокирования и фактора блока с разными параметрами и размерами блоков. Созданы и сравнены отчёты по блочным моделям, посчитаны различия в объёмах, среднем содержании, а также других параметрах блочной модели.

Моделирование медно-порфирового рудного штокверка производилось в горно-геологической информационной системе Micromine 2020.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОЕКТОВ ОСВОЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Схема (Рис. 1) дает общее представление о взаимосвязи географических, геологических, горных, технологических и экономических факторов и параметров с промежуточными и результирующими экономическими показателями освоения золоторудных объектов. Стрелками показаны связи между блоками экономической оценки и входящими в эти блоки исходными расчетными параметрами, влияющими на эффективность освоения золоторудных месторождений. Обращает на себя внимание сложная взаимосвязь между отдельными крупными блоками экономической оценки и внутренними элементами каждого блока. Так, например, из технологического блока большое влияние на результирующие экономические показатели имеют извлечение полезных компонентов, удельные расходы материалов и реагентов, численность трудящихся обогатительной фабрики. В экономическом блоке на экономику объектов влияют цены на товарную продукцию, величина среднемесячной заработной платы трудящихся проектируемого на месторождении горнодобывающего предприятия, величина транспортно-заготовительных расходов и ряд других величин.

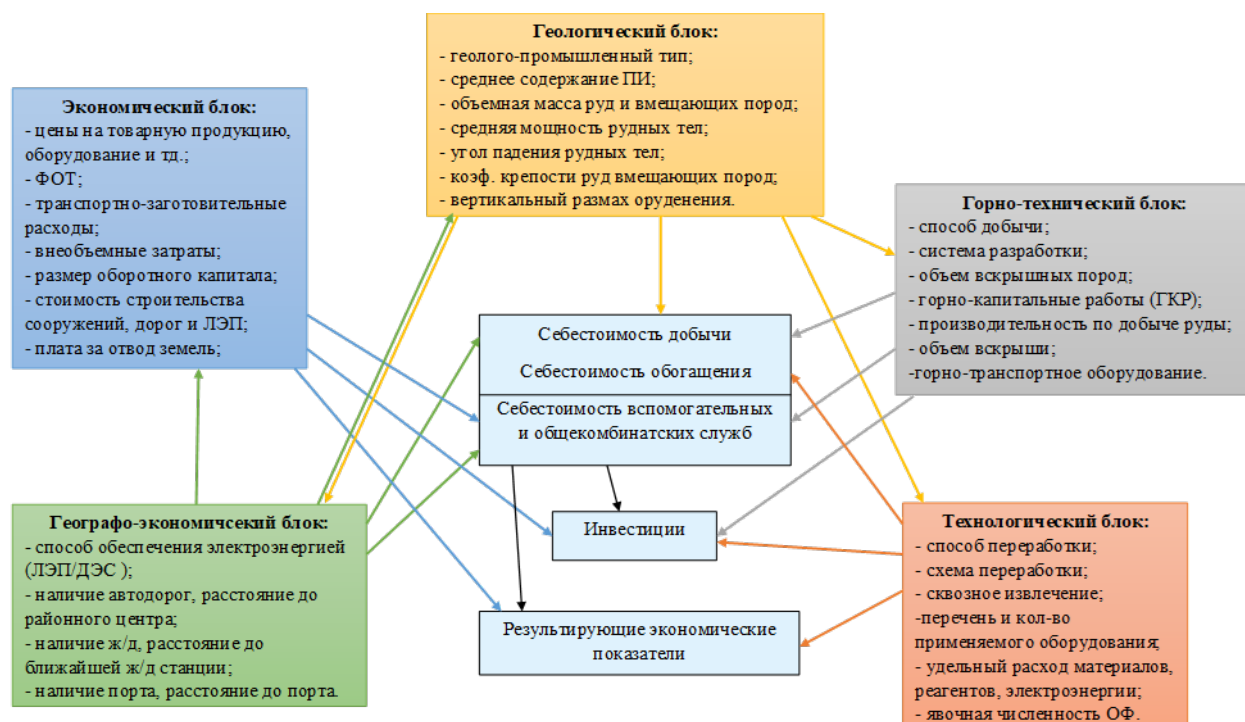


Рис. 1 Основные исходные параметры, оказывающие влияние на результирующие экономические показатели освоения золоторудных месторождений

В географо-экономических факторах выделяются: способ обеспечения электроэнергией (ЛЭП/ДЭС); наличие автодорог, расстояние до районного центра; наличие ж/д, расстояние до ближайшей ж/д станции; наличие порта, расстояние до порта; освоенность района. Из геологических факторов на итоговые технико-экономические показатели оказывают влияние: геолого-промышленный тип; среднее содержание полезных ископаемых; средняя мощность рудных тел; угол падения рудных тел; коэффициент крепости руд вмещающих пород; вертикальный размах оруденения. В горно-техническом блоке выделяются: способ добычи; система разработки; объем вскрышных пород; горно-капитальные работы (ГКР); производительность добычи и вскрыши. В

технологическом блоке, в свою очередь, можно выделить: способ переработки; схему переработки; сквозное извлечение; удельный расход материалов, реагентов, электроэнергии. Основные экономические исходные параметры это: цены на товарную продукцию, оборудование, материалы, электроэнергию и пр.; ФОТ; транспортно-заготовительные расходы; внеобъемные затраты; размер оборотного капитала; стоимость строительства сооружений, дорог и ЛЭП; плата за отвод земель; налог на добычу полезного ископаемого.

Авторами был выполнен анализ влияния изменения трех исходных технологических параметров и трех экономических параметров на устойчивость проектов освоения четырех золоторудных объектов. Влияние изменения исходных параметров определялось путем расчета устойчивости чистого дисконтированного дохода (NPV) при $E=10\%$, индекса доходности и внутренней нормы доходности.

Анализ был выполнен по следующим золоторудным объектам:

- Месторождение 1 - золото-адуляр-кварцевое с самородным золотом, жилые зоны представлены кварцевыми, карбонат-кварцевыми малосульфидными жилами, находится в неосвоенном районе, годовая производственная мощность горнодобывающего предприятия по руде - 280 тыс. т;
- Месторождение 2 - руды приповерхностной зоны коры химического выветривания, освоенный район, годовая производственная мощность горнодобывающего предприятия по руде - 175 тыс. т;
- Месторождение 3 – руды малосульфидные золото-кварцевые прожилково-вкрапленного типа, слабо освоенный район, годовая производственная мощность горнодобывающего предприятия по руде - 500 тыс. т;
- Месторождение 4 – руды золото-кварц-сульфидные, включающие жилы кварц-карбонатного состава, несущими свинцово-цинковое оруденение и золотую минерализацию, освоенный район, годовая производственная мощность горнодобывающего предприятия по руде - 2 000 тыс. т.

Из технологических параметров рассмотрено влияние изменения: извлечения полезных компонентов (золото, серебро), удельных расходов материалов и реагентов; явочной численности работников обогатительной фабрики.

Из приведенных данных следует, что пороговый показатель уменьшения извлечения полезных компонентов по рассмотренным объектам – 6%-25%. При этом NPV сохраняет положительное значение на уровне 10%.

Пороговый показатель увеличения удельных расходов материалов и реагентов, используемых при обогащении, явочной численности трудящихся обогатительной фабрики существенно выше. ВНД равная 10% достигается при их изменении на 100%-120%.

Из экономических параметров рассмотрено влияние изменения цены на товарную продукцию, среднегодовой заработной платы трудящихся проектируемого ГОКа, транспортно-заготовительных расходов на материалы с учетом прочих и непредвиденных затрат. Из приведенных данных следует, что пороговый показатель уменьшения цены на золото и серебро по рассмотренным объектам – 10%-30%. При этом NPV сохраняет положительное значение на уровне 10%.

Пороговый показатель увеличения среднегодовой заработной платы трудящихся проектируемого ГОКа, транспортно-заготовительных расходов на материалы с учетом прочих и непредвиденных затрат существенно выше. ВНД равная 10% достигается при их изменении на 200%-300%.

Выполненный анализ позволяет сделать выводы о том, что наибольшее влияние на экономику золоторудных объектов оказывает уменьшение извлечения и цены товарной продукции, при этом, экономические показатели сохраняют положительное значение при незначительном изменении отмеченных параметров - в сторону уменьшения на 6-30%.

Увеличение удельных расходов материалов и реагентов, численности трудящихся, среднегодового фонда заработной платы, величины транспортно-заготовительных

расходов оказывают слабое влияние на доходность проекта, их изменение возможно на 100-300%.

Выполненный анализ чувствительности не только по традиционным направлениям (таким как инвестиционные и эксплуатационные затраты), но и по другим исходным геолого-экономическим параметрам месторождения позволяет понять риски проекта от их изменения и при дальнейшем изучении месторождения обращать внимание на большую или меньшую их обоснованность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ампилов Ю.П. Стоимостная оценка недр. М.: Геоинформцентр, 2003.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Утв. Минэкономики РФ, Минфин РФ, Госстрой РФ 21.06.1999 г. № ВК 477.
3. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). М., ФГУ ГКЗ. Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г №37-р.
4. Минеральное сырье: от недр до рынка: в 3-х т. Коллектив авторов, отв. ред. А. П. Ставский. М., Научный мир, 2011. 400 с.
5. Налоговый кодекс Российской Федерации. Части первая и вторая. М.: Издательство «Эксмо», 2018
6. Цена Дайджест. 2017-2019 гг. М., «Цена-информ».
7. Ценовая информация. 2017-2019 гг. М., «Цена-информ».
8. Цены мирового и российского товарных рынков. 2017-2019 гг. М., «Цена-информ».
9. Четыркин Е.М. Финансовый анализ производственных инвестиций. М., Дело, 2003.

СЛЕДЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЙКАХ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛАВОВЫХ ПАЛЕОПОТОКОВ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО КРЫМА

Исследованиям минералого-геохимических особенностей современных сульфидных построек «чёрных курильщиков» гидротермальных полей Мирового океана и палеозойских трубчатых тел сульфидных месторождений посвящено огромное количество работ [1, 3]. По последним данным, сульфидные трубы в разных тектонических структурах океанов и месторождений различаются минеральным составом, зональностью строения и геохимией [1]. Общими признаками для них являются: внешняя морфология, сульфидный состав материала построек с незначительной примесью кварца, барита и ангидрита, а также нахождение вблизи гидротермальных полей [1, 3, 4]. В настоящей работе приводятся данные исследования минералогии крымских трубчатых строений, найденных на поверхности лавового палеопотока андезитов в породах верхнего триаса Горного Крыма. Находки имеют большое морфологическое сходство с современными сульфидными трубами «чёрных курильщиков», но отличаются от них минеральным составом и размерами [2].

Целью данной работы является изучение влияния гидротермальных процессов на образование построек на поверхности лавовых палеопотоков.

Из-за довольно неровной поверхности лавового потока и интенсивных процессов современного выветривания сложно проследить выходы и условия залегания отдельных сульфидно-карбонатных построек. Часто это довольно крупные строения, расположенные друг от друга на расстоянии от полу до нескольких метров. На дневной поверхности вмещающих пород наблюдаются выходы трех-четырёх трубок, которые, как выясняется в ходе изучения, с глубиной срастаются между собой в одну постройку сложной морфологии. Диаметр трубчатых построек при своем росте может увеличиваться или уменьшаться. Такие утолщения обычно имеют уплощенную линзовидную форму с наличием на верхних плоскостях конусовидных микрократеров, которые являются следами выходов гидротермальных флюидов.

По всей длине на срезам сульфидно-карбонатных построек просматривается зональность. Она подчеркивается цветовой гаммой карбонатов и сульфидов. Зоны характеризуются прерывистым строением и непостоянной мощностью, чем отличаются от строения концентрических конкреций и стяжений [2]. Элементы концентрической вертикальной зональности нарушаются в местах перегиба и раздувов трубчатых тел. С некоторой условностью в поперечном и продольном разрезах сульфидно-карбонатной палеопостройки можно выделить следующие зоны: центральную; промежуточную; боковую и зону бактериального обрастания [2].

В центральной части построек находится полоска осветления с прерывистой сульфидной минерализацией. По нашему предположению, это – «флюидный канал» (Рис. 1). В продольном разрезе он имеет волнистое неровное строение и диаметр от 5 до 200 мм [2]. «Флюидальный канал» сложен крупно- и средне кристаллическим чёрно-коричневым или зеленоватым карбонатом, а реже пиритовой минерализацией. В нём встречаются высыпки мелких кристаллов галенита, сфалерита, халькопирита и псевдоморфозы марказита по пирротину (Рис. 2).



Рис. 1 Сульфидно-карбонатная гидротермально-бактериальная постройка с пустотелым флюидным каналом в центральной части.

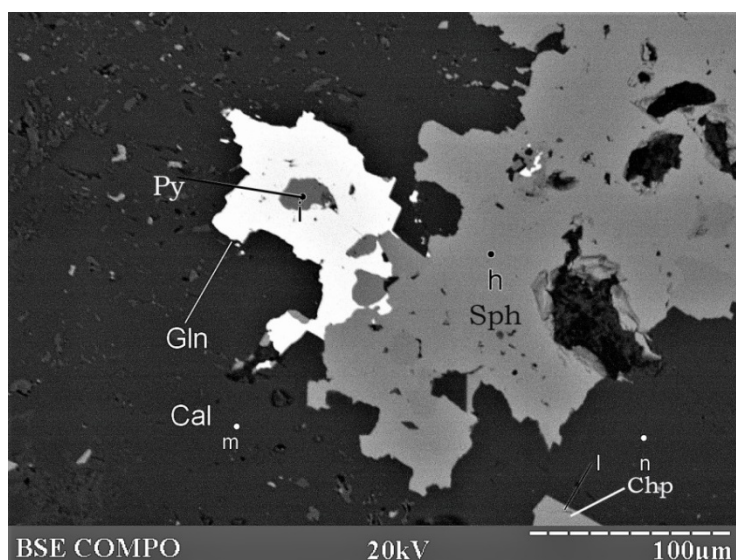


Рис. 2 Сульфидная минерализация галенита (Gln), халькопирита (Chp), сфалерита (Shp) и пирита (Py) в центральной зоне сульфидно-карбонатной постройки.

Часто сульфидные раздувы в центральной части имеют размеры до 2.0 см и представлены сростками крупнокристаллического пирита. В пространстве между его кристаллами встречаются вкрапленники галенита, халькопирита, сфалерита, пирротина, марказита и углеродистого вещества. Реже встречаются пятна и прожилки белого цвета хорошо раскристаллизованного накрита (Рис. 3), образование которого обычно связано с гидротермальными процессами.



Рис. 3 Пятна раскристаллизованного накрита белого цвета в центральной части гидротермально-бактериальной постройки.

Границы центральной зоны с промежуточной довольно неровные и расплывчатые. Промежуточная зона имеет более светлую окраску и сложена главным образом сферолитами карбонатов, а также редкими включениями сфалерита, халькопирита, ангидрита, барита, кварца и пирита. Сферолиты карбонатов предположительно образованы сообществом метанотрофных прокариот и архей [2]. Кроме этого, в этой зоне встречаются обломки туфов андезитов, пепловый материал вулканического стекла и многочисленные трубочки червей, выполненные карбонатом и сульфидами. Данные находки подтверждают, что образование постройки происходило в период активной вулканической деятельности при открытом верхнем канале.

Боковая зона сложена крупнокристаллическим черно-коричневым, реже серовато-зеленым полупрозрачным карбонатом. Её мощность в разных местах постройки меняется от 2,0 до 20,0 мм. В некоторых частях наблюдаются полосы осветления параллельные боковой поверхности. Сульфидная минерализация в этой зоне представлена редкой вкрапленностью пирита и псевдоморфозами марказита по пирротину. Её граница с внешним слоем бактериального обрастания довольно резкая и волнистая. Зона бактериального обрастания часто состоит из нескольких слоев, разделенных примазками глинистого материала, и имеют общую мощность от 2.0 до 25.0 мм. Серые и черно-коричневые сферолиты карбоната составляют 40-60% общего объёма зоны обрастания [2]. Они являются цементом пеплового и алевролитового материала, который принимает участие в строении этой зоны.

Изучение карбонатов и сульфидов было продолжено с помощью растрового электронного микроскопа РЗММА-202М, снабжённого рентгеновским энергодисперсионным спектрометром, а исследование элементов примесей в сульфидах определялись методом лазерной абляции на масс-спектрометре Agilent 7700x с индуктивно связанной плазмой (LA-ICP-MS). Данные работы выполнялись в Институте минералогии УрО РАН, г. Миасс.

Выше отмечалось, что карбонаты хорошо различаются по цвету и морфологии кристаллов. Цветовая окраска связана с наличием в них битумов и хлоритов, что подтверждается растворением карбонатов в кислоте. В центральной зоне основная часть карбонатов представлена кальцитом с примесью Mn, Fe и Sr. Их приведенные формулы по данным анализов можно изобразить в виде $(\text{Ca}_{0,95}\text{Mn}_{0,04}\text{Fe}_{0,01})\text{CO}_3$ и $(\text{Ca}_{0,87}\text{Mn}_{0,10}\text{Fe}_{0,02}\text{Sr}_{0,01})\text{CO}_3$. Повышенные содержания марганца (2,2-5,2 %) и железа (0,51-0,97) указывают, что формирование карбонатных построек происходило с участием глубинных флюидов. Высокие концентрации стронция (0,11%) в сферолитовом карбонатном материале связаны с процессами бактериального хемосинтеза. По результатам анализов в флюидном канале выявлены отдельные кристаллы анкерита $[\text{Ca}_{0,95}(\text{Fe}_{0,67}\text{Mg}_{0,24}\text{Mn}_{0,09})\text{CO}_3]$ и $\text{Ca}_{0,95}$

($\text{Fe}_{0,67}\text{Mg}_{0,24}\text{Mn}_{0,09}\text{CO}_3$). На связь образования анкерита с гидротермальными процессами указывают высокие содержания Mn и Fe. Находку церуссита вблизи галенита можно было бы объяснить выветриванием материала постройки, но при этом необходимо отметить что, отсутствуют следы окисления других сульфидов в образце и довольно высокие содержания меди (2,9 %) в этом минерале.

В крымских сульфидно-карбонатных постройках не встречаются выделения колломорфного и фромбоидального пирита, что характерно для труб «чёрных курильщиков» [1, 3]. Он представлен в виде отдельных кристаллов или их сростков, имеющих кубический и пентагондодекаэдрический габитус. Довольно часто верхняя часть концовки флюидных каналов запечатана крупными кристаллами пирита кубической формы. При травлении кислотой, просматривается зональность пирита. Отдельные кристаллы пирита характеризуются повышенными содержаниями никеля (0,76-1,17%). Это является доказательством высоких температур гидротермальных процессов.

Сфалерит образует крупные выделения в центральной и боковых зонах, а также его мелкие пятна встречаются в крупных кристаллах пирита. Его выделения покрыты тонкой эмульсионной плёнкой халькопирита (халькопиритовая болезнь). Поэтому анализы сфалерита характеризуются повышенными содержаниями Fe (10,34-12,21%) и Cu (11,09-13,56%), а его приведённая формула $\text{Zn}_{0,69}\text{Fe}_{0,17}\text{Cu}_{0,15}\text{S}_{0,98}$.

Галенит и халькопирит встречаются в виде мелкой вкрапленности совместно с сфалеритом, а реже с пиритом. Значительная их часть находится в центральной зоне вблизи флюидного канала. По результатам анализов, выполненных на растровом электронном микроскопе РЗММА -202М, состав халькопирита: Cu (34,31-34,39%), Fe (30,48-31,06), S (34,71-34,9), а галенита – Pb (86,22-87,79%), S (12,03-13,21%). Данные результаты почти не отличаются от теоретических содержаний этих элементов в минералах.

Отдельные кристаллы псевдоморфоз марказита по пирротину и их сростки довольно часто встречаются в центральных и боковых зонах сульфидно-карбонатных построек. Обычно они имеют удлиненную призматическую форму размером до 10 мм. Довольно часто эти псевдоморфозы встречаются совместно с пепловым материалом вулканического стекла. В псевдоморфозах марказита по пирротину отмечаются повышенные содержания среднетемпературной (Pb, Ag, Au, Sb, As) и высокотемпературной (Se, Sn, Bi, Te, Ni, Co) геохимических ассоциаций, что возможно связано с процессами формирования лавового потока. По данным анализов имеется некоторая взаимосвязь между содержанием золота с серебром, селеном, сурьмой и ртутью. Генезис пирротина связан с глубинными гидротермальными процессами.

Большой разброс в содержаниях и значительные концентрации химических элементов в сульфидах возможно связано с их зональным строением, присутствием микровключений акцессорных минералов и импульсным характером поступления глубинных флюидов.

Результаты изучения минералогии карбонатов сульфидов сульфидно-карбонатных построек района Тессели свидетельствуют о том, что их образование происходило во время остывания лавового потока одновременно с формированием вмещающей толщи пород таврической серии [2]. Присутствие накрита, анкерита и содержания в сульфидах Cu, Zn, Pb, Ni и Sb указывают, что в образовании сульфидно-карбонатных построек принимали участие гидротермальные процессы сопровождающие вулканизм. По размерам и внешней морфологии крымские строения сравнимы с диффузерами, которые являются наростами на трубах «чёрных курильщиков» и имеют некоторое сходство с описаниями построек на поверхности эффузивной толщи подводного вулкана Пийпа [4]. Возможно, в будущем, будут сделаны находки строений более крупных размеров и с другим минералогическим составом вблизи центров палеоизвержения. Из-за особенностей состава флюидов внешняя зона крымских построек сложена карбонатом бактериального хемосинтеза, а у диффузеров «чёрных курильщиков» - сульфидами колломорфной текстуры. Результаты исследований карбонатов и сульфидов подтверждают глубинный генезис флюидов вулканических

извержений, которые использовали прокариоты и археи для создания сульфидно-карбонатных построек на поверхности лавовых палеопотоков андезитов.

Авторы благодарят за консультации и оказанную помощь в проведении анализов профессора и члена корреспондента РАН В.В. Масленникова (Институт Минералогии УрО РАН, г. Миасс).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лисицын А.П., Богданов Ю.А., Гурвич Е.Г. Гидротермальные образования рифтовых зон океана. М.: Наука, 1990. 256 с.
2. Лысенко В.И. Находка следов триасового палеовулканизма в западной части южного берега Крыма / Металлогения древних и современных океанов-2017. Дифференциация и причины разнообразия рудных месторождений. Миасс.: ИМин УрО РАН, 2017. С.37-42.
3. Масленников В.В. Литогенез и колчеданообразование. Миасс.: ОАО «Челябинский дом печати», 2006. 383 с.
4. Селиверстов Н.И., Торохов П.В., Баранов Б.В. Подводный вулкан Пийпа: структурно тектонический контроль, геологическое строение и гидротермальная активность // Вулканология и сейсмология. 1995. № 2. С. 50–71.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ GEODIN 7 ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Как показывает анализ литературы, практика передовых стран такова, что геоинформационное обеспечение инженерных изысканий развивается в сторону автоматизированного ввода, хранения, обработки и публикации информации о природной среде и природно-техногенных процессах, влияющих на безопасность объектов строительства [3]. Надежность и достоверность результатов инженерных изысканий достигается путем предварительного анализа накопленной информации и создании минимально необходимого нового объема геологических данных, но самого высокого качества. Сегодня на российских стройплощадках действует множество геологических организаций, которые заявляют о готовности выполнить весь перечень изысканий для строительства [1]. Это означает, что организация готова собрать, обработать и представить проектировщику самые разнообразные данные об участке строительства - рельефе, внутреннем строении, составе, свойствах грунтов и подземных вод, о возможных природно-техногенных воздействиях на будущий объект строительства. В таких условиях важное значение имеет наличие у изыскательской организации универсального инструмента для оперирования разнообразными исходными данными.

С учетом целей и задач инженерных изысканий, современных тенденций в развитии средств обработки информации можно сформулировать следующие требования к программному обеспечению для инженерных изысканий:

- возможность обработки данных всех видов изысканий [1] в одной Базе Данных, позволяющей вводить, хранить, обрабатывать цифровую и текстовую информацию, векторные и растровые изображения (фотографии, видео);
- возможность ручного и автоматизированного ввода цифровой информации с автоматизированной проверкой качества вводимых данных;
- связь с лабораторными приборами и датчиками полевых замеров (системой мониторинга);
- наличие стандартных и расширенных средств статистического и графического анализа (графики, диаграммы);
- возможность вывода данных в виде колонок, разрезов и планов;
- наличие полноценной встроенной ГИС и прямой двухсторонней связи с популярными универсальными ГИС (типа ArcGIS);
- печать результатов обработки информации на листы бумаги до размера не менее A0;
- возможность производства любых выборок информации из Базы Данных (по критериям и площадям);
- возможность вывода данных на фоне онлайн-овых картографических систем Google, Yandex и др.;
- возможность организации доступа к Базе Данных через интернет и вывода данных на сайт компании в режиме онлайн (оперативная публикация данных мониторинга);
- возможность рассылки данных мониторинга в автоматическом режиме.

В настоящее время на российском рынке нет ни одной отечественной программы, которая в полной мере соответствует этим требованиям. Имеющиеся программы, предлагаемые изыскателям, являются узкоспециализированными и имеют ограниченные возможности для обработки и представления результатов изысканий. Из зарубежных программ для инженерных изысканий на сегодняшний день имеется только одна программа - GeODin 7, распространяемая компанией Fugro Consult GmbH [2], полностью удовлетворяющая названным выше требованиям и имеющая полностью руссифицированный интерфейс.

Программа GeODin 7 предназначена для ввода, накопления, обработки и демонстрации результатов всех видов инженерных изысканий. Программа развивается с 1992 года и получила широкое распространение в мире благодаря своей универсальности и богатству инструментов для обработки экологической и инженерно-геологической информации. Благодаря гибкости программы GeODin 7 ее можно использовать для реализации как стандартизированных, так и индивидуальных информационных систем. Внутренняя структура программы позволяет создавать и управлять большими и сложными структурированными наборами данных. Сегодня в мире тысячи организаций являются зарегистрированными пользователями программы GeODin 7. Среди них - государственные органы и учреждения, индустриальные предприятия, университеты, научно-исследовательские институты и лаборатории [2].

Программа GeODin 7 представляет собой систему модулей, управляемых головной программой. Базовая лицензия GeODin 7 содержит всю основную часть системы, которая позволяет обрабатывать все виды данных и выводить их в форме готовых полноценных отчетов. Дополнительные модули повышают функциональность базовой лицензии в части расширенной обработки и представления пространственно-временной информации.

Модуль GeODin Logs дает инструменты для обработки данных по испытаниям природной среды, где информация распределена вдоль вертикальной линии - скважины, зондирование, каротаж, опробование грунта и воды, замеры различных параметров. Результаты обработки можно выводить в виде стандартных колонок скважин и различных графиков, диаграмм вертикального распределения свойств среды. К любой точке вертикального объекта исследования может быть привязана цифровая, текстовая или графическая информация.

На колонках кроме привычной геологической информации можно задавать информацию о конструкции скважин, распределение фотографий керна или видеок кадров ствола скважин, точек мониторинга и др. Рядом можно разместить графики распределения исследованных параметров среды (зондирование, каротаж и др.).

Модуль GeODin Site расширяет GeODin 7 функциями построения разрезов и планов местности. Скважины или другие объекты с вертикально распределенного опробования среды выводятся на план в соответствии с плановыми координатами. Масштаб разреза в любой момент может регулироваться по горизонтали и вертикали. На разрезе будут автоматически отображены колонки скважин или других вертикальных опробований в соответствии с их высотными отметками, геологические границы, точки опробования. План расположения скважин может быть оформлен в виде карты фактического материала.

Модуль GeODin Maps представляет собой полноценную геоинформационную систему, которая предназначена для показа и анализа пространственно-распределенной информации. Можно отображать данные из GeODin в пространственном контексте, или, наоборот, выбирать объекты территориально для дальнейшего редактирования. Можно вводить новые объекты методом рисования точек исследования прямо на карте. Информация на карту модуля Maps выводится в виде векторных (Shape или DXF) и растровых (ECW, TIFF или JPG) слоев. Дизайн карты сохраняется в виде специального шаблона, который можно использовать для построения единообразных карт для различных объектов. В качестве картографической подложки могут использоваться карты и спутниковые снимки Google, которые автоматически подгружаются в Maps.

Модуль ArcGIS 9 Extension предназначен для обмена геопространственной информацией между GeODin 7 и ArcGIS 9 (или выше), что позволяет использовать возможности самой популярной и мощной ГИС для дополнительной обработки данных.

Модуль GeODin Labs позволяет вводить, хранить и обрабатывать результаты лабораторных и полевых измерений на объектах в едином GeODin интерфейсе. Результаты лабораторных испытаний пространственно "привязаны" к конкретным точкам объектов. Информация может вводиться в модуль непосредственно с приборов, набиваться вручную оператором, импортироваться из других систем - в виде файлов в форматах Excel, Access

или dBase. Модуль Labs имеет богатый арсенал комплексного анализа данных - статистического и графического анализа, сравнение с нормативными документами. Данные и результаты их анализа могут выводиться непосредственно из Базы Данных на печать в форме сводных ведомостей или экспортироваться в MS Word и Excel для последующего использования в отчетах.

Программа GeODin 7 имеет очень хорошо развитую систему представления в интернете информации из баз данных. Модуль GeODin Image Server позволяет выводить данные и результаты их анализа в виде png-файлов. Модуль имеет ряд возможностей для подготовки информации из GeODin для различных прикладных программ. Модуль GeODin WebService предназначен для создания HTML-страниц с графиками и выборочными данными по объектам. Модуль **GeODin Portal-Server** позволяет создавать интернет-страницы на основе GeODin-шаблонов для вывода на сайт в режиме онлайн всевозможных web-изображений на основе актуальной информации из Базы Данных.

Программа GeODin Shuttle, распространяемая бесплатно, представляет собой полноценное рабочее место для автономного ввода, хранения, обработки данных, которые можно передавать в единую Базу Данных GeODin 7. GeODin Shuttle можно устанавливать в неограниченном количестве на ноутбуки для работы в поле или оснащать рабочие места у себя в офисе. Программу вместе с результатами изысканий можно передавать заказчику для того, чтобы он мог самостоятельно использовать полученные в электронном виде результаты изысканий - просматривать, делать выборки, распечатывать или выводить в соответствии со своими индивидуальными потребностями.

Программа GeODin 7 имеет единый интерфейс на английском, немецком, французском, итальянском и русском. Благодаря этому результаты инженерных изысканий без дополнительных преобразований могут передаваться иностранным партнерам. Программа широко используется в практике инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий [2]. В настоящей статье далее приводится информация об опыте использования возможностей программы для решения одной из популярных среди гидрогеологических организаций задач - оценки запасов подземных вод на участке водозабора.

С использованием модуля GeODin Maps в Базу Данных подключаются разнообразные растровые и векторные карты, заранее привязанные к географической системе координат. С использованием файла привязки модуль GeODin Maps автоматически преобразует их в текущую проекцию. Обычно для иллюстрации отчетов по оценке запасов подземных вод в Базу Данных вводятся следующие общедоступные карты масштаба (от 1:200000 до 1:500000):

- геологическая карта дочетвертичных отложений;
- геологическая карта четвертичных отложений;
- гидрогеологическая карта дочетвертичных отложений;
- топографические карты.

Для изображения небольших площадей зон санитарной охраны в Базу Данных добавляются несекретные векторные планы и схемы масштаба 1:500 до 1:2000 (чертежи в формате Автокада).

Для оформления проектов организации ЗСО и планов подсчета запасов в Базу Данных вводятся векторные изображения точечных, линейных и площадных объектов, которые создаются во внешней ГИС с использованием полевых замеров, выполненных с помощью навигаторов (GPS или ГЛОНАСС) или оцифровкой карт или спутниковых снимков.

Гидрогеологическая информация анализируется непосредственно в GeODin 7 или выводится в файлы для анализа во внешних программах. Описание геолого-гидрогеологических условий в GeODin 7 делается по колонкам скважин, разрезам и картам с вынесенными на них скважинами. Сформированные изображения визуально анализируются на экране монитора, выводятся в виде растров для анализа во внешних

программах или для вставки в отчет. При необходимости, колонки, разрезы и карты, особенно большого размера, оформляются для окончательного вывода на бумагу и распечатываются непосредственно из GeODin 7.

При необходимости построения карт гидроизогипс или рельефа поверхностей подошв слоев для иллюстрирования отчетов или гидрогеологического моделирования, информация выводится в табличной форме в виде текстовых или Excel файлов, импортируемых во внешние ГИС (ArcGIS или Surfer) или программы для моделирования (например, VisualModFLOW). Обратно в GeODin 7 изолинии распределения уровней подземных вод и отметок геологических поверхностей вводятся в виде векторных изображений в формате shp или dxf.

Данные мониторинга (уровни, дебит) представляются в виде графиков изменения во времени. По имеющимся рядам многолетних наблюдений в GeODin 7 производится статистический анализ (заполнение пропусков, оценка стационарности, нормальности распределения, прогнозирование).

Данные о качестве подземных вод представляются в виде сводных таблиц с выделением значений концентраций компонентов, превышающих предельно допустимые. Для характеристики качества воды соотношение отдельных компонентов представляется в виде специальных гидрогеохимических диаграмм.

Состояние зон санитарной охраны анализируется по актам обследования и фотографиям из Базы Данных, объекты - потенциальные источники загрязнения, попадающие в пределы ЗСО, визуально картируются по космическим снимкам онлайн-картографических Google. По данным о геологическом строении и качестве подземных вод делается заключение о защищенности эксплуатируемого водоносного горизонта. На основании геологических данных делается расчет размеров 2 и 3 поясов ЗСО, и границы строятся непосредственно в GeODin Maps в виде полигональных объектов. Результаты оформляются на топографической основе в виде плана организации ЗСО.

Результаты ОФР компонуется в виде листов откачки, включающих колонку скважины, исходные таблицы замеров уровня и расхода воды, графики программы внешней обработки (Teis или Ansdimat).

На Паспорт водозабора выносятся схемы расположения скважин, геолого-технические разрезы, ретроспективная информация по фактическому водоотбору, данные по химическому составу воды.

Результаты оценки запасов представляются в виде план подсчета запасов, включая схему фрагмент топоплана, разрез с современным статическим, прогнозным и допустимым уровнями, таблица оцененных запасов по категориям.

Таким образом, программа GeODin 7 имеет уникальные возможности для накопления, обработки и представления геолого-гидрогеологической информации и может быть рекомендована для широкого использования в практике инженерных изысканий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ от 19 января 2006 г. № 20 "Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства".
2. Сайт компании Fugro Consult GmbH [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.geodin.com/ru/> (дата обращения 25.12.2019).
3. Козловский С.В., Теория и практика создания геоинформационной системы в инженерной геологии.// автореф. докт. дисс., Москва - 2010.

УРОВНИ РУДОЛОКАЛИЗАЦИИ ЮЖНО-ПОДОЛЬСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ
МЕДНО-ЦИНКОВО-КОЛЧЕДАННЫХ РУД И КРИТЕРИИ ИХ ВЫДЕЛЕНИЯ
(РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)

Актуальность. Повышение надежности и достоверности количественных и качественных характеристик объектов медно-цинково-колчеданного оруденения применительно к обоснованию инвестиционной привлекательности Южно-Подольского проявления.

Цель. Анализ литолого-структурных и минерально-вещественных особенностей колчеданосных разрезов – как основа формирования критериев выделения уровней рудолокализации.

Специфическая особенность. Впервые для Южно-Подольского проявления выделено 2 уровня рудолокализации, отвечающих уральскому (медно-цинково-колчеданному) и баймакскому (золото-медно-цинково-колчеданному) промышленно-минеральным типам оруденения.

Южно-Подольское рудопроявление приуроченно к метасоматически измененным серицит-хлорит-кварцевым породам, развитым по вулканогенным образованиям пятой толщи баймак-бурибаевской свиты. Оруденение вскрыто 24 скважинами, руды прожилково-вкрапленные, вкрапленные цинковые, медно-цинковые и медные, реже сплошные серно-колчеданные [2, 3]. Мощности рудных интервалов колеблются от 0,1 м до 20,6 м. Содержания меди колеблются от 0,3 % до 3,54 %, цинка от 0,47 % до 47,55 %, серы от 3,01 % до 42,53 %. В отдельных интервалах наблюдается повышенное содержание золота (до 6,5 г/т) и серебра (до 160,0 г/т).

Положение рудопроявления в разрезе колчеданосных толщ Подольского блока, его приуроченность наряду с Подольским месторождением к единой субмеридиональной структуре, контролирующей зону рудных и околорудных метасоматитов, высокая степень сходства геолого-структурных обстановок обоих объектов и их пространственная сближенность, позволили адаптировать модель Подольским месторождения к конкретным геологическим условиям Южно-Подольского рудопроявления. [1, 2]

Анализ литолого-структурных и минерально-вещественных особенностей вскрытых буровыми скважинами колчеданосных разрезов позволил выделить 2 уровня рудолокализации: верхний – с локально проявленным баймакским золото-медно-цинково-колчеданным типом оруденения и нижний – уральский медно-цинково-колчеданный, соответствующим уровню основной залежи Подольского месторождения, с характерным высоким содержанием в рудах цинка. Верхний (260-390 м) развит преимущественно в толще «гибридных» кварц-пироксеновых андезитов и куполе кварцевых риолито-дацитов поздней генерации, нижний (450-660 м) локализуется в верхней части разреза купола ранней генерации, куда входит и дацитовая толща. По локально проявленному баймакскому типу при высоких концентрациях цинка (3-4%) установлены содержания золота до 10 г/т, в среднем составляя 4,0-4,5 г/т, не характерные для нижнего, подольского, уровня.

Адаптация литолого-структурных и минерально-вещественных критериев выделения обоих уровней рудолокализации, более детальное изучение минерально-вещественного состава верхнего уровня, при дальнейшем изучении рассматриваемой проблематики позволит уточнить их положение и оптимизировать работу по достоверности локализации и количественной оценки полезного ископаемого, что, несомненно, сформирует более объективную картину инвестиционной привлекательности Южно-Подольского рудопроявления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никешин Ю.В. и др. «Вещественный состав руд и околорудных метасоматитов Южно-Подольского рудопроявления и его положение в разрезе колчеданосных толщ Подольского блока (Республика Башкортостан)», Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ», 2019 г.
2. Стародубцев М.О. и др. «Поиски месторождений медно-цинково-колчеданных руд пределах Южно-Подольской площади (Республика Башкортостан)», Москва, 2019 г.
3. Татарко Н.И. Ревизионно-поисковые работы по выявлению площадей, перспективных на скрытые и перекрытые медно-цинковоколчеданные месторождения в пределах Западно-Магнитогорской структурно-формационной зоны (Республика Башкортостан). Отчет о поисковых работах за 2012-2014 гг. Федеральное Агентство по недропользованию (Роснедра), Департамент по недропользованию по Приволжскому федеральному округу «Приволжскнедра», Министерство природных ресурсов Российской федерации, ОАО «Башкиргеология», Уфа, 2014, фонды СФ ОАО «Башкиргеология», № 689.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СОСТАВ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ ОЛЬХОВСКО-ЧИБИЖЕКСКОГО РАЙОНА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

В последнее время все больший интерес вызывают месторождения полезных ископаемых, связанные с формацией кор выветривания. Это обусловлено близповерхностным залеганием, высокой степенью дифференциации вещества, что способствует формированию промышленных концентраций целого ряда элементов.

Особое внимание уделяется золотоносным корам выветривания, которые представляют собой значительный сырьевой потенциал для развития золотодобывающей промышленности.

Целью данных исследований является получение информации об особенностях рудной минерализации кор выветривания Ольховско-Чибихежского района, а также составе, морфологии, размерах рудного и гипергенного золота.

Актуальность исследований обусловлена необходимостью расширения и укрупнения минерально-сырьевого потенциала золотодобывающей промышленности.

Золото является одним из ведущих полезных ископаемых Восточного Саяна, а Ольховско-Чибихежский золоторудный район является одним из старейших центров золотодобычи в Сибири.

Ольховско-Чибихежский рудный район занимает северо-западную окраину Восточного Саяна и располагается в пределах Кизир-Казырской структурно-формационной зоны Восточного Саяна, которая на северо-востоке имеет тектонический контакт с байкалидами Дербинской структурно-формационной зоны, на западе ограничивается Минусинским межгорным прогибом девонского возраста, а на юго-западе, через Кандатский глубинный разлом граничит со структурами Западного Саяна. Для него характерен двухъярусный геологический разрез: нижний ярус представлен нижнекембрийскими карбонатными, а верхний – вулканогенными толщами, прорванными интрузивными образованиями Ольховского габбро-диорит-гранодиоритового и Беллыкского гранитоидного комплексов, которые образуют крупные и удлиненные в плане батолитовые массивы [1].

На изучаемой площади довольно широко развиты рыхлые отложения меловой, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем. При этом, образования палеоген-неогенового возраста в большинстве сохранились в пределах молодых впадин, а также на обрывах террас высоких уровней (выше 50 м). К образованиям верхнемелового возраста с некоторой условностью относятся дресвяно-щебеночно-глинистые осадки, сохранившие структуру материнских пород, являющиеся субстратом палеогеновых отложений. Мощность рыхлых образований не постоянна и меняется в зависимости от типа рельефа. На большей части площади района мощность рыхлого покрова не превышает 5...10 м, но на отдельных участках достигает 100 и более метров [5].

Остаточные коры выветривания мел-палеогенового возраста на изучаемой площади района пользуются широким распространением, развиты по кислым породам ольховского комплекса и карбонатным образованиям чибихежской свиты. Наиболее развиты коры выветривания каолинового и гидрослюдисто-каолинового состава [6]. По условиям залегания, в пределах района, выделяются линейная и линейно-площадная коры, с преобладанием кор выветривания линейного типа. Продукты выветривания сложены глинистым и песчано-глинистым материалом. Эти отложения в значительной степени лимонитизированы и карбонатизированы, местами в них присутствуют железистые и железо-марганцевые конкреции [7].

Остаточная кора выветривания, сформированная на гранитах и гранодиоритах, традиционно, характеризуется развитием полного профиля выветривания [8], в составе которого выделяются три основные зоны (снизу-вверх):

1. дресвяно-щебенистая зона;

2. монтмориллонит-гидрослюдастая с каолинитом;
3. каолиновая с охристыми включениями гидроокислов железа и марганца.

Отличительной особенностью коры выветривания является преобладание минералов тонкодисперсной, глинистой фракции [9].

В целях изучения особенностей золота коры выветривания, его морфологии, характера поверхностей и контактов с другими зернами было проведено изучение золота с использованием электронной микроскопии. На заключительной стадии были сделаны микрозондовые анализы для выявления количественных соотношений между золотом и элементами-примесями (среди элементов-примесей определялись медь, серебро и ртуть).

В результате проведенных исследований установлено, что пробность золота в коре выветривания колеблется в широких пределах, однако преобладает среднепробное и умеренновысокопробное (Рис. 1, А). Исключением является вторичное гипергенное золото, которое имеет весьма высокопробный и высокопробный состав, при средней пробности 975 ‰ (Рис. 1, Б). Основным элементом примесью являются серебро. Ртуть обнаружена в единичных пробах золота при максимальных значениях 0,5 мас. %, содержание меди в золоте ниже предела чувствительности прибора (<0,08 мас. %).

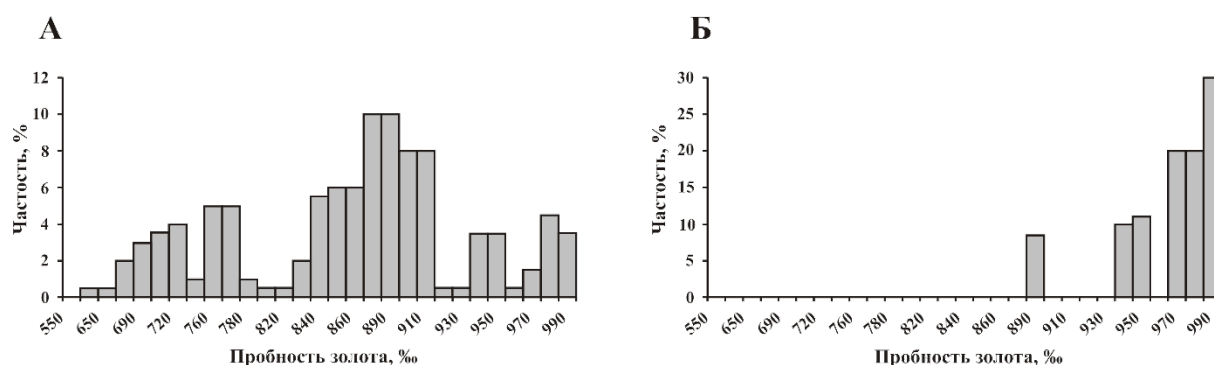


Рис. 1 Гистограмма пробности первичного (А) и вторичного (Б) золота коры выветривания

По результатам проведенных электронно-микроскопических исследований можно выделить три основных морфологических типа золота: идиоморфное, гемидиоморфное и неправильное [6]. Идиоморфное золото характеризуется кристаллоподобными, изометричными формами. Гемидиоморфное представлено проволоковидными индивидами и уплощенными кристалломорфными агрегатами, часто с пластинчатым строением и скульптурой роста, выражающейся в линейной ступенчатости. Неправильные формы золота – ксеноморфные, трещинные, прожилковые, интерстициальные выделения нитевидного облика. Эти формы характерны для вторичного гипергенного высокопробного золота, которое образует колломорфные нитевидные сращения с железистой массой, а также отмечается в виде пластинчатого нарастания на изометричных зернах кристаллоподобного золота.

Признаки гипергенного преобразования золота в коре выветривания фиксируются довольно часто. Выражаются они в структурах растворения, с выносом основных элементов-примесей, и в образовании вторичного высокопробного золота (Рис. 2).

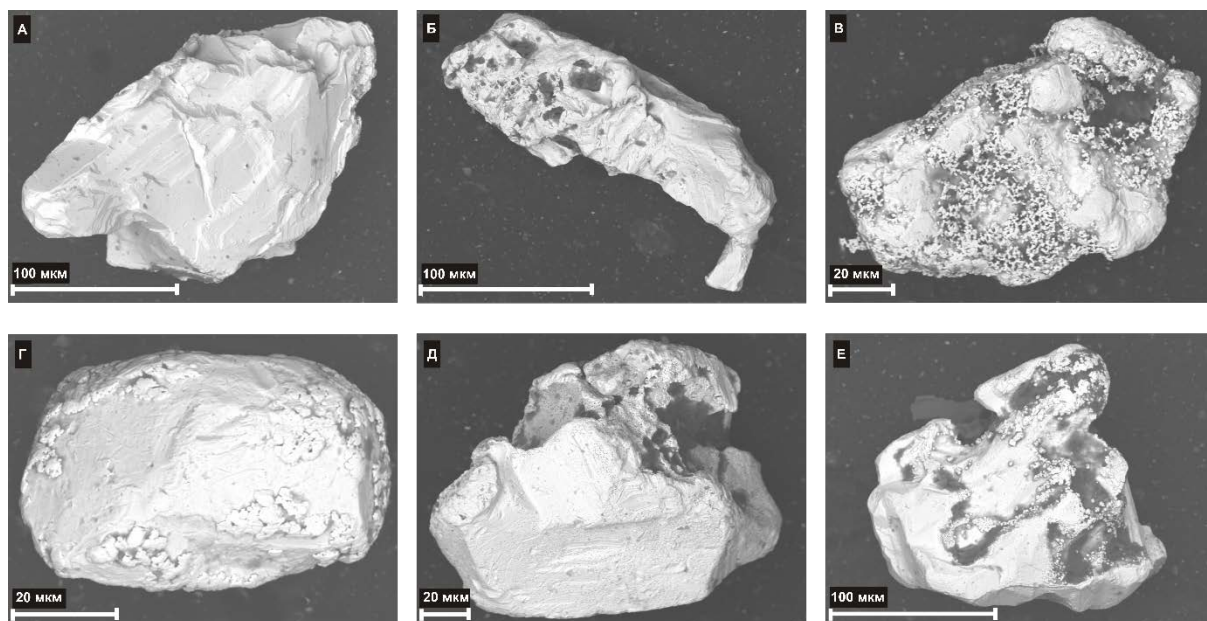


Рис. 2 Морфология золота коры выветривания. Снимки на сканирующем электронном микроскопе. Золото: А) гемидиоморфное с послойным пластинчатым строением; Б) проволоковидное с участками разноориентированного ступенчатого рельефа; В) кристалломорфное в обрамлении

Кроме того, в остаточной коре выветривания было установлено наличие тонкодисперсного золота. Минераграфические исследования показали, что золото образует коллоидные, эмульсионные и нитевидные сростания с окислами и гидроокислами железа, реже марганца (Рис. 3). Эти данные позволяют предположить, что в образовании повышенных концентраций золота важную роль играет щелочной геохимический барьер, представляющий собой смену кислых условий щелочными, где вместе с золотом концентрируется железо и марганец в окисной и гидроокисной форме, что не противоречит выводам Н.А. Рослякова [7, 8].

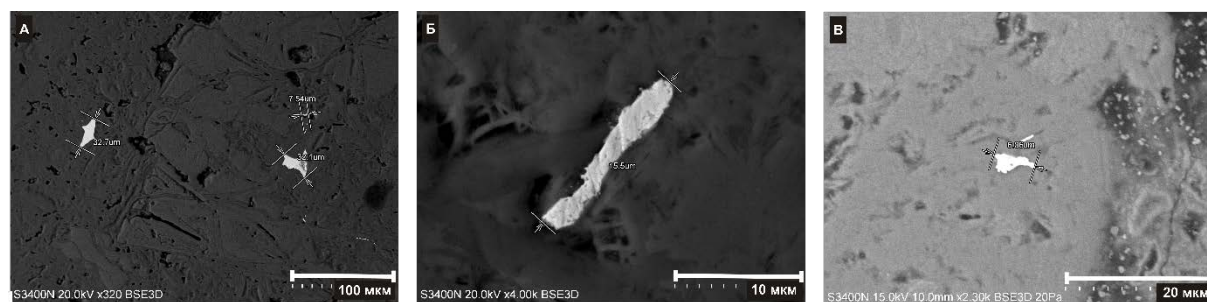


Рис. 3 Электронно-микроскопические снимки гематитовых агрегатов и зерен (серое) с включениями тонкодисперсного коллоидного и нитевидного золота (белое)

Помимо золота в зернах гематита и лимонитизированных обломках кварца, методом сканирующей электронной микроскопии с качественной характеристикой химического состава, было обнаружено самородное йодистое серебро – йодаргирит. Располагается серебро в виде тонких гибких пластинок в агрегатах гематита и лимонитизированных прожилках (Рис. 4).

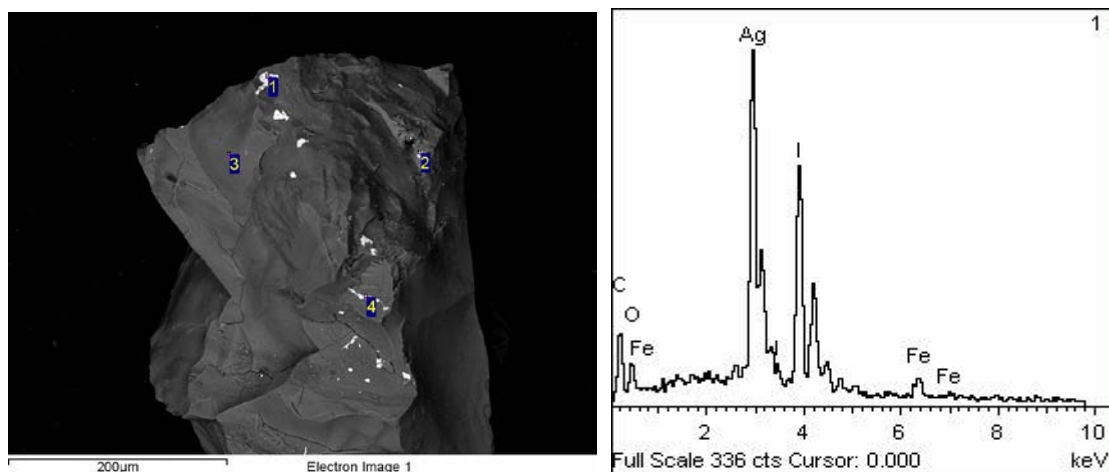


Рис. 4 Пластины йодаргирита в гематите. Снимки на сканирующем электронном микроскопе

Присутствие йодида в зоне гипергенеза вызывает вопрос об источнике йода. Традиционно образование галогенидов в корях выветривания связывается с заключительными стадиями их формирования в условиях аридного климата при участии поверхностных вод, обогащенных ионами галогенов, в том числе йода [9]. Однако, йодаргирит в корях выветривания Ольховско-Чибижекского района ранее установлен не был, и вопрос его наличия и образования остается дискуссионным и требует более детальной проработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

4. Коробейников А.Ф., Зотов И.А. Комплексные месторождения благородных и редких металлов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 327 с.
5. Цыкин Р.А., Попова Н.Н. Кайнозой северо-западной части Восточного Саяна. – Красноярск: СФУ, 2009. – 115 с.
6. Хазагаров А.М. Мезозойские и третичные золотоносные россыпи Восточного Саяна и Кузнецкого Алатау // Геология россыпей / под ред. В.И. Смирнова. – М.: Наука, 1965. – С. 188–198.
7. Мартыненко И.В., Золото в продуктах коры выветривания Ольховского рудного поля // Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения: Матер. XIV Междунар. совещ. – Новосибирск, 2010. – С. 426–430.
8. Золотоносные коры выветривания Сибири / под ред. С.С. Сердюка. – Красноярск: КНИИГиМС, 2002. – 116 с.
9. Петровская Н.В. Самородное золото. – М.: Наука, 1973. – 349 с.
10. Росляков Н.А. Геохимия золота в зоне гипергенеза. – Новосибирск: Наука, 1981. – 239 с.
11. Калинин Ю.А., Росляков Н.А., Прудников С.Г. Золотоносные коры выветривания юга Сибири. – Новосибирск: Гео, 2006. – 339 с.
12. Зырянова Л.А., Чекалин В.М., Литвинов Н.Д., О редкой находке маршита в окисленных рудах Рубцовского полиметаллического месторождения (Рудный Алтай) // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – № 326. – С. 214–216.

МИНЕРАЛОГИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ В СУЛЬФИДНЫХ ОБОСОБЛЕНИЯХ БАЗАЛЬТОВ ИВАКИНСКОЙ СВИТЫ ПОД ИНТРУЗИЕЙ НОРИЛЬСК-1

На северо-западе Сибирской платформы расположена уникальная Cu-Ni с платиноидами Норильско-Талнахская группа месторождений. В работе рассмотрены сульфидные обособления в базальтах ивакинской свиты (P3iv), находящихся в подошве интрузии Норильск-1. Геологическому строению интрузии Норильск-1 посвящено большое количество специальных работ. Интрузия представляет собой вытянутую в северо-восточном направлении пластообразную залежь. Она приурочена к границе тунгусской серии и пермо-триасовой туфолавовой толщи. Ивакинская свита (P3iv) залегает в подошве и кровле интрузии Норильск-1. В некоторых участках свиты, подстилающих интрузию, обильно развита сульфидная минерализация, пространственно оторванная от основного тела интрузии. Данный тип руд носит название «мендельштейновый». Он практически не изучен. Предшественники связывали их с проникновением сульфидного расплава в подстилающие базальты и отливку газовых пустот в нем [3]. Сульфидная вкрапленность в базальтах представлена изометричными обособлениями, размером 0.1-2 мм. Внутри сульфидных обособлений отмечаются обильные включения, вытянутой формы, располагающиеся ориентировано внутри глобуль и имеющих, как правило, удлинённый характер (Рис.1).



Рис. 1. Внешний вид сульфидных обособлений в ивакинской свите. Фото в отраженном свете. Темные вытянутые выделения – включения в сульфидных обособлениях.

Методика. Полированные образцы шлифов анализировались методом рамановской спектроскопии (ИГМ, Новосибирск). Затем, на электронном сканирующем микроскопе с энергодисперсионной приставкой были определены содержания элементов в этих же точках.

Данный растровой электронной микроскопии (РЭМ). Основная часть сульфидных обособлений сложена халькопиритом (CuFeS_2), моноклинным пирротинном (Fe_7S_8) и пентландитом $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$, встречаются единичные зерна кубанита (CuFe_2S_3) и пирита (FeS_2) (Табл. 1). Сульфиды, содержащиеся в основной силикатной матрице, представлены пирротинном, халькопиритом и пентландитом и не отличаются по содержанию главных компонентов от сульфидов в обособлениях. Включения не сульфидных минералов делятся на две группы: встречающиеся внутри обособлений и на границе с силикатной матрицей. К первой группе относятся: фаза, характеризующаяся низкой суммой определяемых

компонентов (80-90%) и крайне переменным составом (продукт разрушения пироксена?), пироксен, апатит, кальцит, минералы группы амфибола. Ко второй группе относятся: кварц, Fe-слюда(аннит) (Табл. 2).

Табл. 1.

Представительные анализы сульфидных минералов в обособлениях Ивакинской свиты(%)

	S	Fe	Cu	Ni	Total
Пирротин	39.6	57.9	1.8	1.2	100.4
Халькопирит	35.0	30.8	34.4		100.2
Пентландит	33.1	29.4		36.9	101.6
Пирит	35.2	57.3		1.3	97.1
Кубанит	35.8	35.1	27.7	0.6	99.3

Табл. 2.

Представительные анализы включений в сульфидных обособлениях ивакинской свиты (%).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	Cl	F
пироксен	51.4	0.4	14.8	0.3	9.8	23.8					100.4
апатит	0.8		0.8			54.3			41.4	0.4	3.5
хлорит	51.3	0.8	22.2		13.5	0.3					88.0
лабрадор	51.8	10.1	1.3			14.9	2.1	14.9			

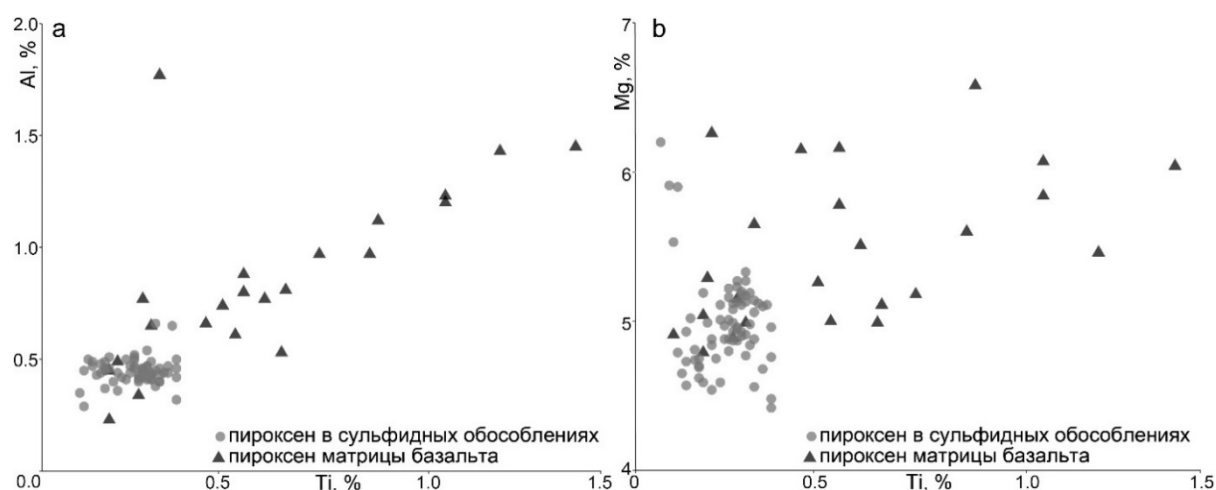


Рис. 2. Диаграммы Ti - Al (a) и Ti - Mg (b) для пироксена из сульфидных обособлений и пироксена базальта.

Пироксен базальта характеризуется большими вариациями Mg, Ti и Al (Рис.2). Между тем, пироксен, содержащийся в сульфидных обособлениях, образует компактное облако точек, характеризующееся пониженными содержаниями Ti и Al. При этом контактовые части пироксена во включениях с сульфидом, характеризуются безтитанистой каемкой.

Данные рамановской спектроскопии. Рамановские спектры получены с использованием Horiba Jobin Yvon LabRAM HR800, с длиной волны лазера 514 нм и микроскопа Olympus BX41. Все спектры записывались при комнатной температуре в отраженном свете. Мощность лазера составляла около 40 мВт, при спектральном разрешении 2 см⁻¹. Спектры калибровались по линии 520.6 см⁻¹ кремневого стандарта. В результате были получены спектры для ряда минералов (Рис.3). Идентификация производилась по самым интенсивным линиям. Для кварца, апатита, пироксена и кальцита совпадение с эталонным спектром составляет более 90%. Основные полосы α-кварца расположены примерно на 128, 205 и 464 см⁻¹. Апатит диагностируется по интенсивному пику на 580 см⁻¹ и 964 см⁻¹. Также в изученном апатите наблюдаются пики на 3305 см⁻¹ и

3493 cm^{-1} . В данной области в апатите регистрируется пик ОН-группы [2]. Кальцит диагностируется по интенсивным линиям на 1088 и 713 cm^{-1} . Пироксен диагностируется по интенсивным линиям на 1012, 663, 391 и 318 cm^{-1} . Смещение линий для пироксена может быть весьма значительными и составлять $\pm 50\text{-}90 \text{ cm}^{-1}$ [1]. По всей видимости смещение линий связано с непостоянством химического состава и ориентацией кристаллов в породе. Кроме того, ряд фаз, не давал рамановский спектр и интенсивно взаимодействовал с пучком лазера.

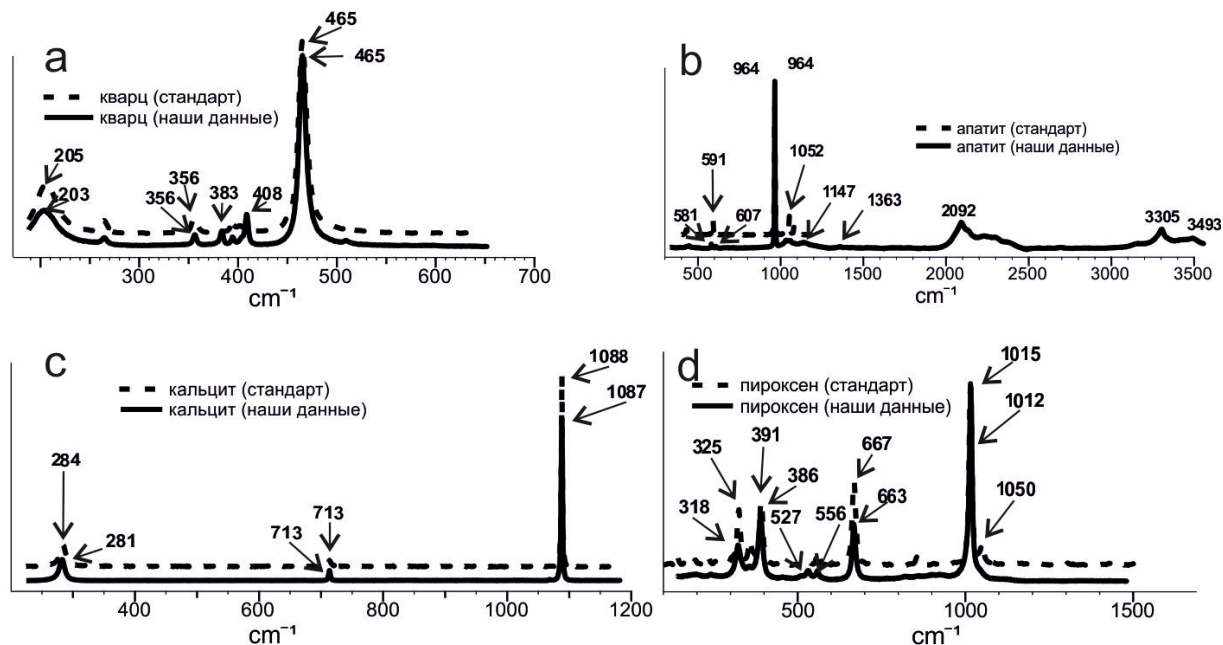


Рис. 3. Спектры минералов, полученных методом рамановской спектроскопии. Пунктир – эталоны спектров из KnowItAll Raman Spectral Library, сплошная – наши данные; а – α -кварц, б – апатит, в – кальцит, д – пироксен.

Выводы. Таким образом, применение в комплексе методов растровой электронной микроскопии и рамановской спектроскопии позволило охарактеризовать силикатные включения в сульфидных обособлениях ивакинской свиты. В качестве самостоятельных фаз были установлены минералы из группы амфиболов, хлоритов. Не имеющие рамановских спектров Fe-гидрооксиды переменного состава. Так же установлены фтор-apatит, пироксен (авгит), кварц, кальцит. Такой минеральный состав говорит о сильных изменениях, которым были подвержены породы ивакинской свиты, содержащие сульфидные включения. Однако наличие следов первичных магматических минералов (пироксена), позволяет говорить о непосредственной кристаллизации части сульфидных обособлений из силикатного расплава, во время кристаллизации базальтов ивакинской свиты, а не со вторичным замещением пустот сульфидным расплавом из вышележащей интрузии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90013.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Huang, E., Chen, C. H., Huang, T., Lin, E. H., & Xu, J. A. (2000). Raman spectroscopic characteristics of Mg-Fe-Ca pyroxenes. *American Mineralogist*, 85(3-4), p. 473-479.
2. Ulian, G., Valdrè, G., Corno, M., & Ugliengo, P. (2013). The vibrational features of hydroxylapatite and type A carbonated apatite: A first principle contribution. *American Mineralogist*, 98(4), p. 752-759.
3. Спиридонов Э. О взаимодействии Ni-Cu-Fe сульфидного расплава (с Pd, Pt, Ag, Au) с титанавгитовыми базальтами (месторождение Медвежий Ручей, Норильск) // Ежегодный семинар по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии. М., Изд-во РАН. - 2004. - С. 65-66.

ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ ЗОЛОТОРУДНО-РОССЫПНЫХ ОБЪЕКТОВ ЧОЧИМБАЛЬСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЗАПАДНОЕ ВЕРХОЯНЬЕ)

Чочимбальская перспективная площадь расположена в пределах одноименного рудного поля и входит в состав Ньюектаминского золоторудно-россыпного узла в структурах Западного Верхоянья на территории Республики Саха (Якутия).

Прогнозно-поисковая модель золоторудно-россыпных объектов включает в себя описание основных прогнозно-поисковых критериев и признаков россыпной золотоносности в текстовом, табличном и графическом видах. Основной целью создания модели является описание геолого-геоморфологической позиции золотороссыпного объекта, с выделением тех элементов его строения, которые имеют наибольшее прогнозно-поисковое значение.

Анализ основных прогнозно-поисковых критериев и признаков, относимых к основным параметрам коренных источников, показывает, в целом благоприятные предпосылки и условия для формирования россыпной золотоносности:

- наличие протяженных золотоносных жил и дробления;
- благоприятная морфоструктурная позиция, благодаря которой обеспечивалось вскрытие и длительная эрозия коренных источников;
- в жилах и делювиальных отложениях отмечается наличие свободного золота россыпеобразующих фракций (более 0,2 мм);
- ориентировка рудных тел преимущественно субмеридиональная или север-северо-западная, они параллельны или пересекают под острым углом основную долину и высокую террасу руч. Чочимбал, что обеспечивает поступление золотосодержащего материала в долину на всем ее протяжении в пределах рассматриваемой площади.

Анализ основных прогнозно-поисковых критериев и признаков, относимых к геоморфологическому и литолого-фациальному строению россыпных объектов, позволяет сделать следующие выводы:

- В пределах Чочимбальского рудно-россыпного поля выделяются 3 типа россыпных объектов, различающихся по своему геоморфологическому и литолого-фациальному строению: основная долина руч. Чочимбал IV порядка, долины притоков I-III порядка (руч. Шар, Вилка, Старый-Жилка), террасовальная россыпь основной долины IV порядка.
- Благоприятным фактором для всех типов россыпных объектов является слабая проявленность экзарационных процессов в пределах рассматриваемой площади и значительная доля крупного золота в коренных источниках, на что указывает высокий коэффициент намыва и обилие самородков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вдовина Л.Г. Объяснительная записка ГГК-200. Серия Верхоянская. Лист Q-52-XXI, XXII (р. Кумка) 2016 г.

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ТЕРРИТОРИИ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЬЮН (РЕСПУБЛИКА САХА-(ЯКУТИЯ))

Золото – благородный металл, относящийся к числу стратегических полезных ископаемых.

Российская Федерация располагает крупными запасами золота, превышающими 14 тыс. т, почти две трети из которых разведаны по категориям А+В+С1.

Большая часть запасов и ресурсов золота страны сконцентрирована к востоку от Енисея — прежде всего в золоторудных провинциях Иркутской области, Красноярского края, Магаданской области, Забайкальского края и Республики Саха (Якутия) [2].

Якутия – один из основных золотодобывающих субъектов РФ, в данном регионе у недропользователей находится около 290 лицензий на добычу золота. За весь период добычи благородного металла из недр Республики извлечено около 1500 т золота [1].

Одним из объектов, располагающимся в пределах Яно-Колымского золотоносного пояса на территории Республики Саха (Якутия), в Эльгенджинском рудно-россыпном узле Адыча-Тарынской золотоносной зоны, и представляющим интерес для оценки ресурсов золота является золоторудное месторождение Вьюн, открытое в 1974 г.

Данный объект находится на территории Верхоянского района Якутии в 300 км юго-восточнее административного центра – пос. Батагай и в 550 км к северо-востоку от республиканского центра – г. Якутска (Рис. 1).

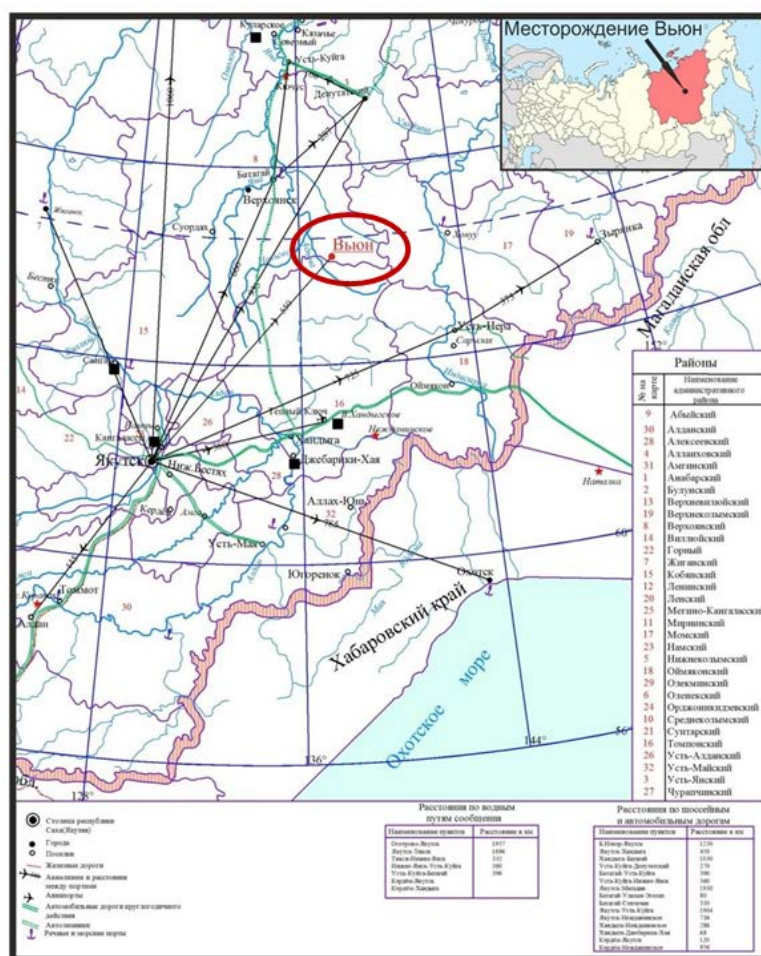


Рис. 1 Обзорная карта-схема района золоторудного месторождения Вьюн

В геологическом плане месторождение Вьюн относится к малосульфидному золотокварцевому типу. Оруденение связано с кварцевыми жилами, основными рудными минералами являются пирит, халькопирит, мышьяк. Площадь месторождения сложена различными терригенными отложениями, в основном аргиллитами и алевролитами.

В настоящее время решается вопрос о начале отработки данного месторождения. Организация золотодобычи неизбежно приведёт к изменениям состояния природной среды и формированию природно-техногенной системы (ПТС), в связи с этим с целью предупреждения геоэкологических проблем на территории месторождения были проведены эколого-геохимические работы, направленные на получение актуальных сведений о состоянии природной среды.

В ходе работ опробовались такие компоненты природной среды, как природные поверхностные воды, донные отложения, почвы, растительность. Всего было отобрано 13 проб воды, 13 проб донных отложений, 19 проб почв и 37 проб растений. Исследования были организованы согласно требованиям «Методических рекомендаций по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Золото рудное». Содержание химических элементов в пробах устанавливалось с помощью метода масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) в аккредитованных лабораториях.

В данной работе приводятся результаты исследования почвенного покрова, для которого проводился анализ на 55 химических элементов. Схема пунктов отбора проб почв приведена на рисунке 2.

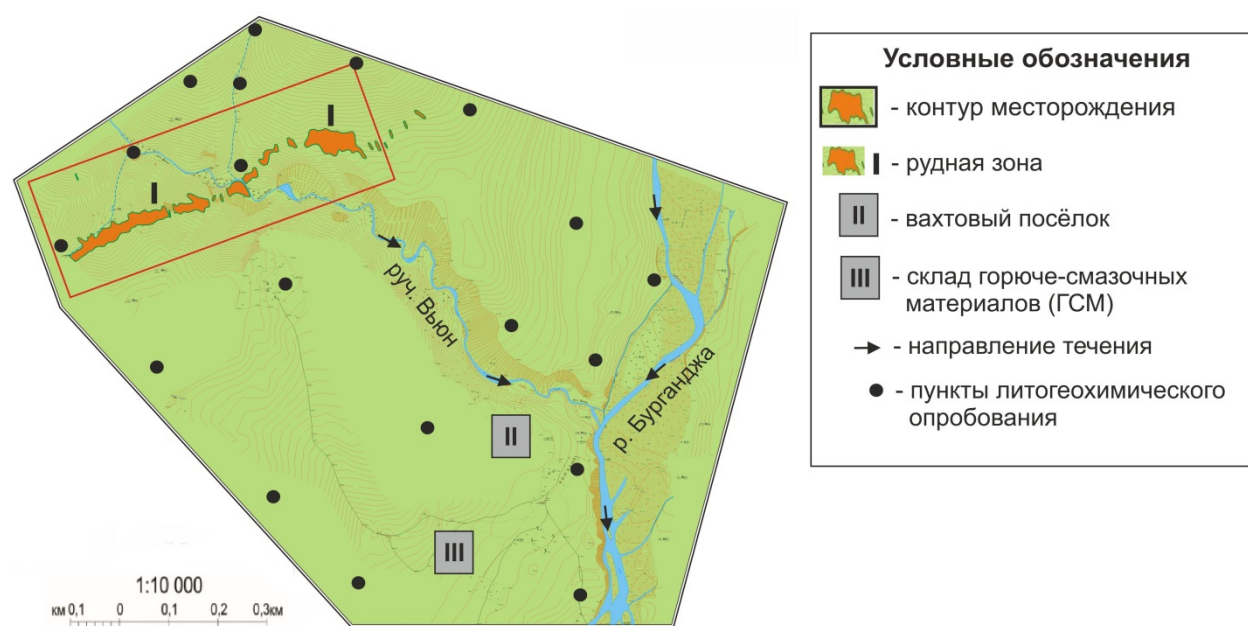


Рис. 2 Схема пунктов отбора проб почвенного покрова на территории золоторудного

Территория золоторудного месторождения Вьюн по почвенно-географическому районированию относится к Верхоянской провинции очень холодных мерзлотных почв подзоны глее-мерзлотно-таёжных почв северной тайги. Почвенный покров месторождения имеет низкое естественное плодородие и малопригоден для ведения сельского хозяйства. В то же время почвы играют большую роль в обеспечении нормального функционирования наземных экосистем и сохранении условий существования зональных видов животных и растений.

В ходе обработки аналитических данных были рассчитаны кларки концентрации химических элементов в почвах территории месторождения Вьюн. Расчёт производился по следующей формуле:

$$K = C_i / C_{i \text{ эталон.}} \quad (1)$$

Где:

C_i – концентрация i -го химического элемента в исследуемом компоненте природной среды, мг/кг;

$C_{i \text{ эталон}}$ – эталонная концентрация i -го химического элемента в исследуемом компоненте природной среды, мг/кг [6].

В качестве эталонной концентрации использовались данные о средних содержаниях химических элементов в верхней части континентальной земной коры по Григорьеву [3].

Результаты расчёта приведены в таблице 1.

Табл. 1

Кларки концентрации (КК) химических элементов (относительно среднего состава верхней части континентальной земной коры по Григорьеву [3]) в почвах территории золоторудного месторождения Вьюн

Диапазон КК	Химические элементы
Более 35	Te, Se
5 – 6	As, Ag
2 – 3	Au, Sb
1 – 2	Zn, Cr, Cs, Ge, Ti, Mo, Nb, Fe, Be, Pb, Cu, P, Ga
0,5 – 1,0	Co, Ce, W, La, Nd, Ba, Mn, Sm, Pr, Eu, Ni, Sn, Rb, Bi, Th, Gd, U, Yb, Zr, Tb, Tm, Er, Dy, Ta, Y, Tl, In, Lu, Cd, Hg, Hf
Менее 0,5	Ho, Sr, Mg

Как правило, геохимические аномалии имеют полиэлементный состав, в том числе аномалии в компонентах природной среды золоторудных месторождений [4], что наблюдается и в почвах изучаемой территории. В связи с этим для наиболее полной эколого-геохимической оценки территории необходимо проводить расчет аддитивных показателей, учитывающих совместное влияние всех химических элементов, формирующих геохимические аномалии. Одним из таких критериев является суммарный показатель загрязнения (СПЗ) или Z_c , рассчитываемый по формуле:

$$Z_c = \sum K - (n - 1) \quad (2)$$

Где:

K – кларк концентрации химического элемента, принимаемый в расчет;

n – количество химических элементов, принимаемых в расчет (у которых $K \geq 1$) [6].

Согласно Ю.Е. Саету [6], для величины СПЗ почвенного покрова применяется следующая градация: менее 16 ед. – низкая степень загрязнения; 16-32 ед. – средняя степень загрязнения; 32-128 ед. – высокая степень загрязнения; более 128 ед. – очень высокая степень загрязнения.

Пространственное распределение рассчитанных величин СПЗ графически показано на рисунке 3.

На карте-схеме распределения СПЗ ореолы наибольших величин, соответствующих очень высокой степени загрязнения почвенного покрова, локализованы на участке, примыкающем к рудной зоне месторождения.

Учитывая, что любое сульфидное месторождение в ходе эрозионных процессов подвергается воздействию различных природных факторов (ветра, осадков и пр.) и претерпевает некоторые изменения в минеральном комплексе с его переходом в иные соединения и их возможным переносом [7], приуроченность наибольших величин СПЗ к зоне локализации рудного тела свидетельствует о развитии вторичных ореолов рассеяния рудных тел.

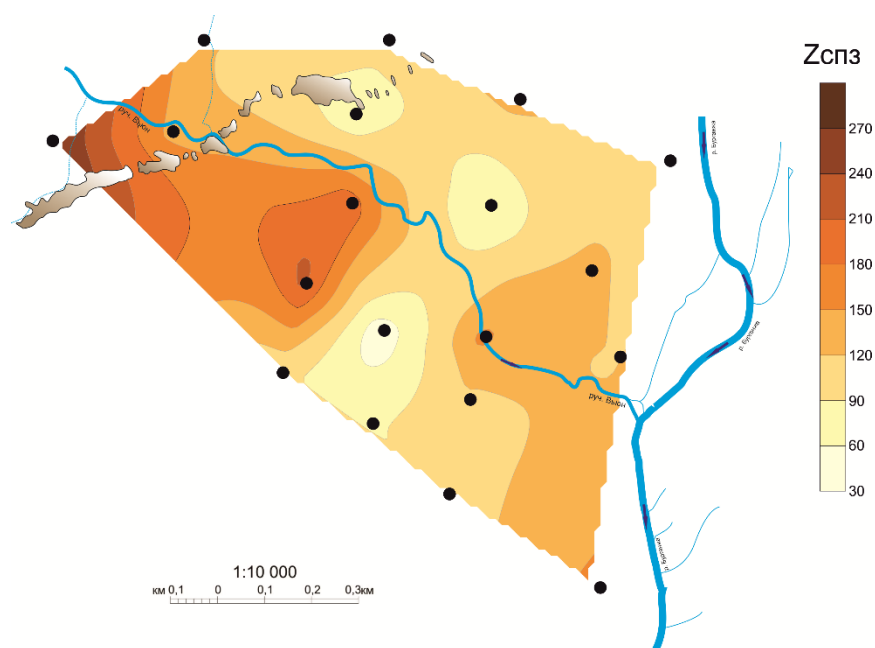


Рис. 3 Карта - схема пространственного распределения суммарного показателя загрязнения почвенного покрова на территории золоторудного месторождения Выюн, ед

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод, что загрязнение почвенного покрова на золоторудном месторождении Выюн имеет природный характер и обусловлено геологическим строением территории, рудной и попутной минерализацией, изменениями приповерхностной части рудных тел и последующим развитием вторичных процессов, главным из которых является окисление [7].

Почвы месторождения Выюн обогащены элементами-спутниками малосульфидной золоторудной минерализации, (Se, As, Au, Sb и др.), что согласуется с известными данными о высоких концентрациях данных элементов в литогенных образованиях Верхнеиндигирского золотоносного района [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов Г.И. Горнодобывающая промышленность. Дальневосточный федеральный округ // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2013. — № 5. — С. 164–175.
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2016 и 2017 годах» / Главный ред. Е.А. Киселёв. — М.: Минерал-Инфо, 2018. — 369 с.
3. Григорьев Н.А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // Геохимия. — 2003. — № 7. — С. 785–792.
4. Макаров В.Н. Геохимические ореолы золоторудных месторождений Якутии / В.Н. Макаров // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (6-8 апр. 2016 г.). — Якутск, 2016. — С. 110–113.
5. Макаров В.Н. Геохимия окружающей среды Верхнеиндигирского золотоносного района // Наука и образование. — 2008. — № 4. — С.45–48.
6. Саэт Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин. — М.: Недра, 1990. — 335 с.
7. Черепнин В.К. Вторичные процессы в сульфидных и золоторудных месторождениях / В.К. Черепнин, В.К. Бернатонис. — Томск, изд-во ТПИ им. С.М. Кирова, 1981. — 90 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ УЧАСТКА «ПИХТОВСКИЙ» КЕДРОВСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

В последние несколько лет у горнодобывающих компаний России все чаще возникает вопрос об эффективном использовании геоинформационных технологий, которые должны обеспечивать и охватывать весь производственный цикл: от геологоразведки до контроля над горным производством и управления потоками геоданных.

Моделирование тектонических нарушений является не единственной, но одной из важных задач, которые можно решать с помощью современных геоинформационных систем. Это во многом способствует своевременному принятию мер по обеспечению устойчивости массива, а также предотвращению негативных геодинамических явлений.

В рамках данной работы нашей группой была создана геологическая 3D модель угольных пластов «Кемеровский» и «Волковский». Данные пласты на сегодняшний день отрабатываются компанией «Кузбассразрезуголь» и имеют большое количество нарушений на всей протяженности. Моделирование производилось при помощи горно-геологической информационной системы «Micromine».

В данной модели наглядно продемонстрированы сдвиги и разрывы пластов, что дает возможность взглянуть на картину нарушений в целом, а не только видеть отдельные их зоны на 2D разрезах.

Выявление тектонической нарушенности по тем или иным признакам значительно облегчает построение прогнозной карты в еще ненарушенном массиве, а также позволяет оперативно перейти к ее анализу

ОПЫТ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯННОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЛИСТА Q-52

Исследования проводились на золото- и серебро- рудных объектах в охвате центральной части Куранахского (Западно-Верхоянского) рудного района. Данная площадь имеет ряд предпосылок, свидетельствующих о возможности обнаружения значительных гидротермально-метасоматических систем, таких как:

1. *Литологические* – наличие углеродистой, ритмичнослоистой терригенной рудоматеринской толщи, представленной алевролитами, аргиллитами, песчаниками с повсеместной пиритизацией и рассеянным органическим веществом (сапропель), отвечающей чочимбальской, имтанджинской и солончанской свитам средне-верхнего каменноугольного возраста, сформированным в условиях континентального склона пассивной континентальной окраины. Критерий выделяется при помощи применения методов обработки данных ДЗЗ относительно высокого пространственного разрешения – космических снимков КА Landsat 8 OLI;

2. *Магматические* – локализация площади западной части раннемелового Хобойоту-Эчийского гранитного массива (γK_1kr) Куранахского гранит-гранодиоритового комплекса, с породами которого связано большинство известных золоторудных проявлений. Критерий выделяется при помощи применения методов обработки данных ДЗЗ относительно высокого пространственного разрешения – космических снимков КА Landsat 8 OLI;

3. *Тектонические* – на Хобойоту-Эчийской площади фиксируются фрагменты линеаментов разрывной природы, выделяемые по зонам градиентами и нарушениям корреляции аномалий гравитационных, магнитных и электромагнитных полей, имеющих глубинное заложение. Критерий выделяется при помощи применения методов обработки данных ДЗЗ относительно высокого пространственного разрешения – космических снимков КА Landsat 8 OLI, использованием цифровых моделей рельефа среднего разрешения и обработки данных гравитационных и магнитных аномалий с использованием глубинных методов прогнозирования (корреляционное зондирование) ПК Coscad 3dt;

4. *Метаморфические* – ореол контактово-метаморфизованных пород в экзоконтакте с Хобойоту-Эчийским массивом, насыщенный дайками гранит-порфиров ($\gamma\tau K_1kr$), гранодиорит-порфиров ($\gamma\delta\tau K_1kr$), кварцевых диорит-порфиров ($q\delta\tau K_1kr$) Куранахского гранит-гранодиоритового комплекса. Критерий выделяется при помощи применения методов обработки данных ДЗЗ относительно высокого пространственного разрешения – космических снимков КА Landsat 8 OLI и анализа геохимических основ ВСЕГЕИ на территорию листа Q-52;

5. *Гидротермально-метасоматические* – развитие площадных метасоматитов хлорит-полевошпат-кварцевого и пирит-серицит-сидерит кварцевого состава, выделяющихся по сочетанию положительных магнитных аномалий с локальными гравитационными минимумами. В приконтактных частях Хобойоту-Эчийского массива развиты линейные зоны интенсивной березитизации, часто вдоль даек гранит-порфиров. Критерий выделяется при помощи применения методов обработки данных ДЗЗ относительно высокого пространственного разрешения – космических снимков КА Landsat 8 OLI и обработки данных гравитационных и магнитных аномалий с использованием глубинных методов прогнозирования (корреляционное зондирование) ПК Coscad 3dt;

6. *Шлихо-Минералогические* – многочисленные шлиховые ореолы золота. Критерий выделяется при помощи анализа геохимических основ ВСЕГЕИ на территорию листа Q-52;

7. *Геохимические* – площадные аномалии золота, меди, молибдена, свинца, серебра по вторичным ореолам рассеяния. Критерий выделяется при помощи анализа геохимических основ ВСЕГЕИ на территорию листа Q-52;

8. *Геофизические* - изометричные вытянутые положительные аномалии магнитного поля незначительной интенсивности, фиксирующие зоны интенсивной березитизации. Критерий выделяется при помощи обработки данных гравитационных и магнитных аномалий с использованием глубинных методов прогнозирования (корреляционное зондирование) ПК Coscad 3dt.

На территории листа Q-52 выделяются ореолы литохимического опробования в коренных породах, в рыхлых отложениях, а также ореолы шлихового опробования. Из них 8 ореолов опробования в коренных породах, 6 ореолов опробования в рыхлых отложениях и 42 шлиховых ореолов. Наибольший интерес представляют ореолы основных элементов - индикаторов серебряно-полиметаллических формаций Cu, Zn, Pb, Ag. Для свинца и цинка присутствуют 2 шлиховых ореола галенита, 1 шлиховой ореол галенита и сфалерита, а также 33 литохимических ореола (3 ореола свинца, 7 ореолов цинка и 23 комплексных). Шлиховые ореолы свинца и цинка довольно равномерно распространены по территории Верхоянского хребта, где большинство их находится вне рудоносных зон и узлов. В районе Янского плоскогорья они тяготеют к секущим оловорудным минерогеническим зонам либо располагаются вне установленных рудоносных зон и узлов, возможно, намечая положение не выявленных объектов с эндогенной минерализацией. Литохимические ореолы свинца и цинка тяготеют к флангам рудных полей и рудных узлов с отчетливо проявленной свинцово-цинковой и сереборудной минерализацией.

Единственный ореол меди относится к серебряно-полиметаллической формации и приурочена к ожелезненным, иногда брекчированным песчаникам. Возможно, что медь (0,3 – 1%) связана с блеклыми рудами, поскольку совместно с ней в пробах установлены сурьма (около 1%), мышьяк (0,1 – 0,3%), свинец (0,03 – 0,3%) [].

Известно также четыре комплексных литохимических ореола рассеяния с серебром в качестве основного (один ореол) или третьестепенного элемента. Основные разведанные к настоящему времени ресурсы серебра принадлежат рудным объектам Мангазейского рудного поля Эндыбальской полиметаллическо-сереборудной рудоносной зоны и относятся к рудным образованиям серебро-полиметаллической березитовой формации.

По имеющимся материалам были проанализированы данные магнитной и гравитационной съемки исследуемой территории масштаба 1:1 000 000 по листу Q-52.

Основой методики интерпретации геофизических материалов для получения данных о глубинном строении рудного района явилось следующее.

Были использованы результаты высокоточных гравиметровой и магнитной съемок масштаба 1:1 000 000 в виде карт аномалий силы тяжести в редукции Буге и магнитных аномалий (ΔT_a). Применялись специализированные преобразования статистических, спектральных, корреляционных и градиентных характеристик геофизических полей к виду наиболее информативному для изучения определенных элементов геологического строения.

Особенность магнитного поля характеризуется несложным и контрастным строением. На западе листа оно образует положительную аномалию северо-западного простирания, локализованную преимущественно в пределах зоны форланда ВСНП вдоль ее границы с Приверхоянским прогибом, а также на западном фланге зоны дуплекс-антиклинориев. В этих пределах интенсивность магнитного поля меняется от +1,5 до +4,5 $\times 10^2$ нТл [1]. Так же важно отметить совпадение этой положительной магнитной аномалии с гравитационной аномалией повышенных значений напряженности. Центральная и восточная части зоны дуплекс-антиклинориев и зона хинтерланда характеризуются слабоотрицательным магнитным полем, интенсивность которого варьирует от –0,5 до –1,5...–2 $\times 10^2$ нТл. Лишь в ядре Куранахского антиклинория и на юго-западе Сартангского синклинория фиксируются локальные слабоинтенсивные положительные аномалии (до 2,5–3 $\times 10^2$ нТл).

Гравитационное поле на большей части листа отрицательное и его напряженность ниже 50 мГал. Наименьшие значения установлены в пределах трех локальных минимумов: Эчийского в центральной части зоны дуплекс-антиклинорий ($\min > -80$ мГал); Тумаринского на юго-востоке ($\min > -110$ мГал) и Сынчинского ($\min > -110$ мГал) на северо-западе листа.

Первый экстремум (соответствует первому минимуму). Предполагают, что один из крупнейших на территории Эчийский гравитационный минимум с амплитудой в 30 мГал является отражением архейско-мезозойского гранито-гнейсового купола, располагающегося в ядре Куранахского антиклинория и образующего выступ пород пониженной плотности в кристаллическом фундаменте высотой около 3 км и выделяются более или менее четкой гравитационной ступенью и цепочкой сближенных малоамплитудных магнитных аномалий. Как правило, с ними связано линейное расположение мезозойских интрузий так называемых «поперечных» магматических рядов. Эчийский гравитационный минимум совпадает с присутствием протяженного нескрытого плутона гранитоидов. На глубинных разрезах он прослежен на глубину до 7 км [1].

Второй экстремум. Сынчинский гравитационный минимум, центральная часть которого расположена к западу от рамки листа, связывается с дуплексом верхнепротерозойско-раннепалеозойских толщ во фронте ВСНП и с меловыми толщами мощностью более 3 км, выполняющими Собопольскую впадину [1].

Третий экстремум. Северная часть Тумаринского минимума, центр которого к югу от рамки листа охватывает слабосцементированные породы верхнего палеогена Нижнеалданской впадины, может быть отражением восточной части Лунгхинско-Келинского прогиба, выполненного мощными разуплотненными меловыми отложениями. Гравитационные минимумы в Приверхоянском прогибе интенсивностью 24 мГал, а также <10 мГал в тектонической зоне форланда ВСНП (Люнкюбэйская, Буруолахская и Джаранская синклинали) связаны с меловыми отложениями мощностью до 1–2 км [1].

В качестве наиболее широко используемой технологии в ДЗЗ выступает категория обработки мультиспектральных космических снимков, полученных с ИСЗ. В качестве съемочной аппаратуры используется многоканальное оборудование, регистрировавшее электромагнитное излучение в различных диапазонах. Обработка таких данных позволяет комбинировать спектральные каналы для потенциального получения максимальной информации из изображения – *синтезированного мультиспектрального композита*.

Таким образом относительно незначительные площади исследуемых территорий и основные масштабы ГГК, обуславливают достаточность использования распространяемых в свободном доступе снимков с относительно высоким пространственным разрешением (30 м/пикс.) – космических снимков Landsat 8.

Landsat 8 несет на борту многоканальный сканирующий радиометр OLI, позволяющий получать изображения в 9 спектральных каналах, в том числе и в ИК-диапазоне.

Среди вариантов обобщенных комбинаций каналов с выделенными для них областями применения, при помощи инструментов ПК ENVI 5.3, была использована комбинация каналов сенсора OLI – B7-B5-B2 - коротковолновый ИК (SWIR/2,107-2,294 нм), ближний ИК (NIR/0,772-0,898 нм) и голубой видимого диапазона (Blue/0,441-0,514 нм) соответственно [2].

В качестве дополнительной технологии визуализации данных для региона интереса была проведена адаптация оперативного создания трехмерной *цифровой модели местности (ЦММ)*. При помощи инструментов ПК Global Mapper 20 были созданы ЦММ путем совмещения цифровой моделей рельефа и композита. Применение спутниковых мультиспектральных данных ДЗЗ в совокупности с их соответствующей цифровой обработкой позволяет относительно недорого и быстро получать достаточно достоверную геологическую информацию еще на подготовительной стадии работ. На примере использование мультиспектральных композитов дает возможность оконтуривать кислые

магматические массивы; перистыми элементами окраски выделяются потенциально рудоносные породы аспидной формации.

Оформление результатов работ проводилось в ПК ArcGIS 10.2, Adobe Illustrator CC.

Таким образом по опубликованным в свободном доступе данным локализуются следующие области для постановки прогнозно-минерагенических работ. Результаты применения данной методики могут быть использованы в качестве дистанционной основы при подготовке обоснования проведения прогнозно-минерагенических работ. Наиболее перспективным направлением применения подобной ЦММ является использование при подготовке обоснования прогнозно-минерагенических работ.

Выводы:

1. Методика впервые пространственно совмещает геохимический анализ, корреляционное зондирование геофизических данных;
2. Результаты применения данной методики могут быть использованы в качестве дистанционной основы при подготовке обоснования и проведения прогнозно-минерагенических работ;
3. Таким образом по опубликованным в свободном доступе данным локализуются области для постановки прогнозно-минерагенических работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно_Колымская. Лист Q_52 – Верхоян_ские цепи. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008. 335 с. + 6 вкл. (Минприроды России, Роснедра, ФГУП «ВСЕГЕИ», ГУП РС(Я) «ЯПСЭ»);
2. Жиленев М.Ю. Обзор применения мультиспектральных данных ДЗЗ и их комбинаций при цифровой обработке // Геоматика — 2009. — № 3. — С. 56–64.

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИЗА МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ,
ДЕТАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА И РЕЗУЛЬТАТОВ
ИХ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ОСНОВЫ
МАСШТАБА 1:100 000 НА ПРИМЕРЕ УЧУЙСКОГО РУДНОГО УЗЛА
(АДЫЧА-ТАРЫНСКАЯ ЗОНА, РЕСП. САХА (ЯКУТИЯ))

В строении исследуемой территории принимают участие терригенные отложения норийского возраста, представленные алевролитами, в меньшей степени аргиллитами, а также пластами песчаников. Породы терригенно-осадочной толщи преобразованы в условиях кремнисто-серицит-хлоритовой зоны позднего метабазиса, а на юго-восточном и северо-западном флангах они испытали метаморфические изменения хлорит-серицит-мусковитовой зоны термальных куполов [1].

Магматические образования представлены Джелокагским массивом гранитного состава, расположенным в восточной части площади. Комплекс малых интрузий встречается крайне редко и представлен единичными дайками, расположенными в зонах нарушений северо-восточного простирания. Дайки подвержены березитизации с образованием кварц-серицит-карбонатной породы с густой вкрапленностью пирита, арсенопирита.

В структурном плане Учуйское рудное поле локализовано в Учуйском надвигово-сдвиговом дуплексе сжатия Право-Джелокаг-Дарпирской подзоны Адыча-Тарынской зоны развития кулис дисгармоничных при- и межразломных конических складок, присдвиговых транспрессионных и трансенсионных дуплексов. Рудное поле также располагается и на юго-западном фланге Эльгенджинского блока преобладающих палеонапряжений сдвига и растяжения. Приуроченность к двум противоположным тектонотипам: продольным структурам сжатия и диагонально-поперечным структурам растяжения определяет своеобразие рудоконтролирующей и рудолокализирующей обстановок на Учуйского рудного поля.

Основной структурной единицей месторождения является Учуйская антиклинальная складка. Осевая линия складки прослеживается в центральной части участка в северо-западном направлении по азимуту 320-330°. Ядро антиклинали сложено алевролитами с прослоями аспидно-черных аргиллитов, северо-восточное крыло складки хорошо картируется по мощному пласту песчаников. Пласт песчаников падает здесь на северо-восток под углом 30-80°, простирание его меняется от 270 до 360°.

Юго-западное крыло антиклинали частично срезано продольным правосторонним сдвиго-взбросом. По этой причине пласт песчаников на юго-западном крыле выходит на поверхность лишь на юго-восточном фланге поля, большая его часть скрыта под аллювиальными отложениями ручья Попутный. Шарнир Учуйской антиклинальной складки погружается к северо-западу и на северо-западном фланге происходит замыкание крыльев, сложенных пластом песчаников. [1,2]

Характерной особенностью структуры участка является наличие резких поперечных антиклинальных перегибов складки. Наиболее отчетливо выражены перегибы на юго-восточном фланге. На этих участках антиклиналь принимает типичную седловидную форму. В местах перегиба простирание пород резко изменяется с северо-западного на северо-восточное, что отражается в направлении распространения косослоистого кливажа.

Разрывные нарушения представлены двумя группами дизъюнктивов, отличающихся как пространственной ориентировкой, так и кинематикой движений. Группу продольно-диагональных разрывов составляют нарушения северо-западных (продольные) и оперяющих их субмеридиональных (диагональные) правых взбросо-сдвигов, сдвиго-взбросов. Северо-западные нарушения падают на северо-восток, субмеридиональные – на запад. Кроме них, в эту же группу входят и продольные надвиги с падением сместителя на юго-запад. Поперечные диагональные разрывы представлены сбросами и сбросо-сдвигами

северо-восточного простирания. Амплитуда перемещения по ним была незначительной. Наиболее развиты разрывы в центральной части рудного поля, обусловившие блоковое строение этого участка. По поперечным разрывам происходит ступенчатое погружение блоков к северо-западу. Среди разрывных структур основное рудоконтролирующее значение имеет продольный тектонический шов, служивший главным рудопроводящим каналом. [1,2]

Обработка данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), представляемых в виде растровых изображений, включает в себя широкий ряд задач, одной из которых является классификация. Для классификации данных ДЗЗ чаще всего используются различные методы, использующие в качестве признаков спектральные характеристики пикселей в разных диапазонах электромагнитного спектра [3].

Для выполнения комплексного анализа данных ДЗЗ по Учуйскому рудному узлу были выбраны данные категории КС относительно высокого разрешения космической программы Copernicus (проект GMES) Европейского космического агентства (ESA). Оптико-электронная аппаратура MSI, установленная на борту серий спутников Sentinel-2 имеет 12 спектральных каналов в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне с пространственным разрешением 10 и 20 метров соответственно и временным диапазоном съемки 5 дней.

На указанный регион интереса был подобран космический снимок по состоянию местности на 2018 год из HTTP-репозитория ESA SciHub. Предварительная обработка КС произведена в программном продукте SNAP (Sentinel Application Platform) – с уровня L1C до уровня L2A при помощи модуля Sen2Cor: радиометрическая коррекция, атмосферная коррекция (алгоритм libRadtran), поправка за рельеф [4].

Для потенциального получения максимального количества геологической информации из растрового изображения в программном комплексе ENVI 5.3 была проведена последующая обработка космического снимка следующими методами: соотношение каналов (band ratios), метод главных компонент (Principal component analysis, PCA); декорреляционное растяжение (Decorrelation stretch); метод спектрального угла (Spectral angle mapper, SAM).

Соотношение каналов используется для усиления спектральных различий между полосами и уменьшения влияния топографии. Разделение одной спектральной полосы на другую создает изображение, которое обеспечивает относительную интенсивность канала. Итоговое изображение усиливает спектральные различия между каналами [5].

Метод главных компонент (Principal component analysis, PCA) – это один из способов понижения размерности, состоящий в переходе к новому ортогональному базису, оси которого ориентированы по направлениям максимальной дисперсии набора входных данных. Вдоль первой оси нового базиса дисперсия максимальна, вторая ось максимизирует дисперсию при условии ортогональности первой оси, и т.д., последняя ось имеет минимальную дисперсию из всех возможных. Такое преобразование позволяет понижать информацию путем отбрасывания координат, соответствующих направлениям с минимальной дисперсией. Применение метода главных компонент позволяет избежать дублирования информации, доставляемой взаимосвязанными признаками, малой вариабельности признаков и предоставляет возможность агрегирования признаков [6].

Декорреляционное растяжение (Decorrelation stretch) улучшает цветodelение изображения со значительной межполосной корреляцией. Преувеличенные цвета улучшают визуальную интерпретацию и облегчают распознавание признаков. Исходные значения цвета изображения сопоставляются с новым набором значений цвета с более широким диапазоном. Интенсивности цвета каждого пикселя преобразуются в собственное цветовое пространство ковариации или корреляционной матрицы, растягиваются для выравнивания дисперсий полос, а затем преобразуются обратно в исходные цветовые полосы [7].

Метод спектрального угла (Spectral Angle Mapper, SAM) - это спектральная классификация, которая использует угол n -D для сопоставления пикселей с эталонными спектрами. Алгоритм определяет спектральное сходство двух спектров, вычисляя угол между спектрами и рассматривая их как векторы в пространстве с размерностью, равной количеству полос. Этот метод, когда используется для калиброванных данных отражательной способности, является относительно нечувствительным к освещению и эффектам альбедо. SAM сравнивает угол между вектором спектра конечного элемента и каждым пиксельным вектором в n -D пространстве. Меньшие углы представляют более близкие совпадения с эталонным спектром. Пиксели, расположенные дальше указанного максимального углового порога в радианах, не классифицируются [8].

В качестве основного материала для проведения визуального дешифрирования были использованы доступные геологические карты, карты полезных ископаемых масштаба 1:200 000 и результаты полевых исследований, проведенные ФГБУ «ЦНИГРИ» в 2019 году.

Для проведения геоморфологического анализа поверхности региона интереса была использована сверхдетальная цифровая модель рельефа ESRI ArcticDEM, на основе данных Полярного геопространственного центра Университета Миннесоты на циркумполярные регионы и уточненная до 2-м разрешения [9]. Получение ЦМР на регион интереса было выполнено при помощи HTTP-репозитория, базирующийся на платформе ArcGIS Online, после чего к нему был применена функция «Экспозиция-Уклон» в ПК ArcGIS Pro 2.4.

Экспозиция идентифицирует направление уклона максимальной скорости изменения значений от каждой ячейки до соседних с ней ячеек. Экспозиция может рассматриваться как направление уклона. Значениями выходного раstra будут являться компасные направления экспозиции, представленные оттенком (цветом). Уклон отражает скорость изменения высоты для каждого пикселя цифровой модели рельефа (ЦМР), представляет крутизну поверхности и отображается тремя классами, которые показываются с использованием насыщенности цвета (яркости) [10].

Визуальное дешифрирование и анализ ЦМР были проведены в программном продукте CorelDRAW X8.

Оформление результатов работ проводилось в программном комплексе ArcGIS Pro 2.4 (Рис.1)

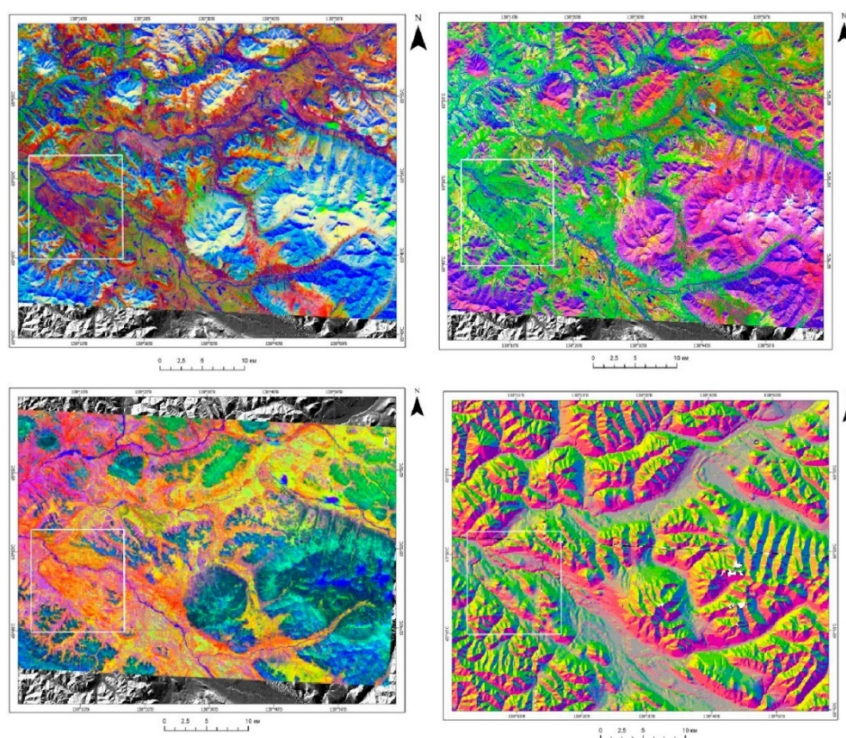


Рис. 1 Промежуточные результаты обработки данных ДЗЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сенотрусов Ю.И. Геологическое доизучение с общими поисками масштаба 1:50 000 в бассейне верхнего течения р. Джолакаг на площади листов: Q-54-73-А-в,г; Б-в,г; В-а,б; Г; 74-А-в,г; Б-в,г; В,Г; 75-В; 86-А,Б; 87-А-а,б в 1993-2001 гг. 2001 г. ОАО «Янгеология» ТГФ пос. Батагай.
2. Тямисов Н.Э., Петров Г.Н., Алексеев М.Ф. Отчет о результатах детальных поисковых работ на площади Джолакагского рудного поля в 1983-88 гг. Якутская АССР 1988 г., Якутскгеология, РГФ 454813.
3. Айвазян С. А. и др. Прикладная статистика. Классификации и снижение размерности. – Финансы и статистика, 1989.
4. Задорожный М. В., Зольников И. Д., Глушкова Н. В. Детальное геологическое картографирование Олон-Овоотского золоторудного узла (южная Монголия) на основе дешифрирования космоснимков среднего и высокого пространственного разрешения // Исследование Земли из космоса. — 2019. — № 5. — С. 59–71.
5. Band Ratios // Harris Geospatial Solutions [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.harrisgeospatial.com/docs/BandRatios.html> (дата обращения: 23.12.2019).
6. Померанцев А. Метод главных компонент (PCA) // Российское хеометрическое общество. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://rcs.chemometrics.ru/Tutorials/pca.htm> (дата обращения: 23.12.2019).
7. Decorrelation Stretch // Harris Geospatial Solutions [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.harrisgeospatial.com/docs/DecorrelationStretch.html> (дата обращения: 23.12.2019).
8. Spectral Angle Mapper // Harris Geospatial Solutions [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.harrisgeospatial.com/docs/SpectralAngleMapper.html> (дата обращения: 23.12.2019).
9. Сверхдетальные модели рельефа на полярные области Земли: выжимаем сок из уникальных данных // Esri CIS Блоги [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://blogs.esri-cis.ru/2019/02/26/сверхдетальные-модели-рельефа-на-пол/> (дата обращения: 23.12.2019).
10. Функция Экспозиция-Уклон // Esri ArcGIS Pro [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/help/data/imagery/aspect-slope-function.htm> (дата обращения: 23.12.2019).

ВЛИЯНИЕ НАЛОЖЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РУДНОГО ТЕЛА ГОРЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Одним из главных источников полиметаллов в России является расположенное в 40 км от устья р. Ангара Горевское месторождение. Рудные тела месторождения (Главное, Западное, Маленькое и Северо-Западное) представляют собой четыре сближенных крупных рудных зоны, которые локализованы в метаморфизованных вулканогенно-терригенно-карбонатных и карбонатных образованиях среднерифейского возраста метаморфизованных в условиях зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. В пределах рудных зон развиты метасоматиты кварц-карбонатного и карбонатного (сидерит, анкерит, доломит) состава [4,5].

Главными рудными компонентами являются свинец и цинк, попутно с ними извлекаются серебро и кадмий. Добыча руд проводится открытым способом и до недавнего времени затрагивала только Главное, Западное и Маленькое рудное тело. В 2019 г., в связи с постройкой дамбой второй очереди, начаты работы по подготовке в отработку Северо-Западного рудного тела, которое до 2017 г. было скрыто под водами р. Ангара. Северо-Западное рудное тело представляет собой крутопадающую (80-90°) пастообразную залежь мощностью 25,0-115,0 м и протяженностью около 850 м. Основная залежь сопровождается серией из семи мелких субпараллельных с ним линз мощностью 2,0-11,0 м и протяженностью от 50 до 200 м.

В период 2017-18 гг. была проведена доразведка Северо-Западного участка, которая позволила уточнить морфологию рудного тела и изучить его геохимические особенности. В качестве аналитических материалов для изучения геохимической зональности Северо-западного рудного тела использовались результаты анализа (ICP AES) 2774 керновых проб на 19 элементов (Ag, As, Bi, Ca, Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Tl, S, Sb, Zn). Аналитические работы проводились в лаборатории ООО «Стюарт Геокемикл энд Эссей» г. Москва. По результатам аналитических исследований показано, что рудоносные метасоматиты, вмещающие полиметаллическое оруденение, являются наиболее контрастными в геохимическом поле участка (Рис. 1).

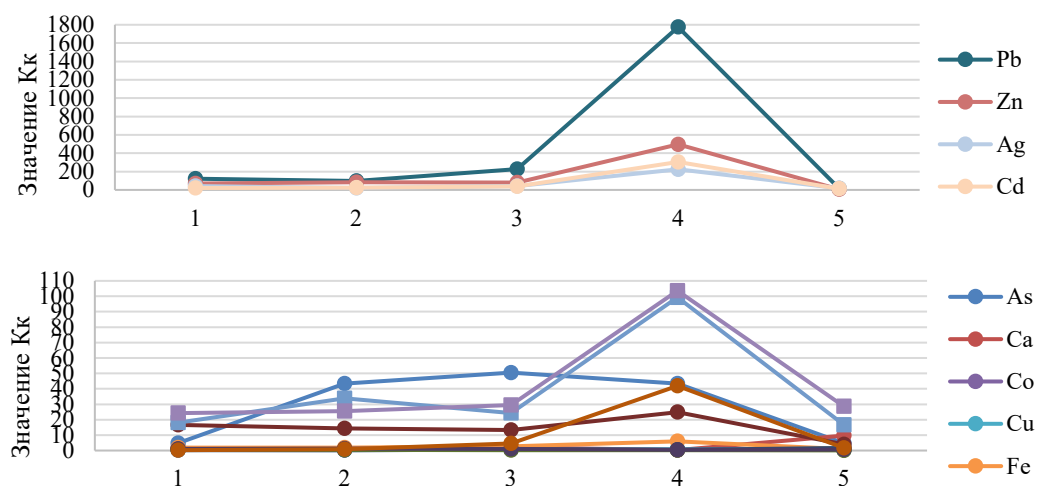


Рис. 1 Характер распределения кларков концентраций (Кк) химических элементов в основных разновидностях пород Северо-Западного участка Горевского месторождения. 1. Сланцы глинистые, известняки выветрелые слабоуглеродистые (висячий бок РТ); 2. Сланцы слюдистые, известняки выветрелые (висячий бок РТ); 3. Сланцы углеродисто-слюдистые, известняки слабоуглеродистые (висячий бок РТ); 4. Рудоносные метасоматиты; 5. Известняки слюдистые (лежащий бок РТ)

По сравнению с породами лежащего и висячего бока рудного тела, рудоносные метасоматиты обладают повышенными кларками концентраций свинца ($K_k=1774,7$), цинка

(Кк=496,5), кадмия (Кк=304,5), серебра (Кк=224,5), сурьмы (Кк=99,3), ртути (Кк=103,6), серы (Кк=41,9), марганца (Кк=24,86) и железа (Кк=5,9) и пониженными кларками концентрации кальция(Кк=0,02).

В связи с довольно продолжительным расположением Северо-Западного тела под водами р. Ангара, на участке широко развита зона окисления, местами доходящая до глубин 200 м. Вторичные преобразования пород участка проявлены в развитии пустот выщелачивания и гидроокислов железа. По степени выщелачивания рудоносных метасоматитов и руд, можно выделить три основных разновидности пород:

1. Выщелоченные до полной дезинтеграции породы (Сажистые);
2. Сильно и умеренно выщелоченные рудоносные метасоматиты (Кавернозные);
3. Слабо подвергнутые выщелачиванию рудоносные метасоматиты (Монолитные).

Первая разновидность в составе минерализованной зоны распространена достаточно широко (17% от общего числа рудных пересечений) и представляют собой тёмно-серую (чёрную) дезинтегрированную сажистую массу с рассеянной сульфидной минерализацией. В пределах этой разности отмечены высокие концентрации свинца и цинка.

Вторая разновидность имеет наибольшее распространение (51% всех рудных пересечений). Породы этой группы характеризуются развитием большого числа каверн и пустот.

Третья разновидность пород распространена достаточно ограниченно (18% от общего числа рудных пересечений).

В пределах рудной зоны, концентрация рудных и сопутствующих им элементов достаточно неравномерная. Для выделения геохимических ассоциаций элементов в описанных выше разновидностях пород, в программе STATISTICA выполнен факторный анализ. Талий висмут и молибден были исключены поскольку их концентрации во всех проанализированных пробах находятся на уровне ниже порога обнаружения.

Среди разностей пород сажистых разновидностях выделены ассоциации Zn-Cd-Hg-S, так же наблюдается связь между Co-Ni, As-Cu и Mn-Fe-Mg. В кавернозных породах отмечены ассоциации между Zn-Cd-Hg-S, Cu-Co-Ni, Pg-Ag, Mn-Fe-Mg. В монолитных породах ассоциации элементов (Ag-Cd-Hg-Pb-Sb-Zn и Co-Cu-Ni-S) отличаются от сажистых и кавернозных пород, что может говорить о перераспределении элементов в результате вторичных процессов,

Закономерности распределения выделенных геохимических ассоциаций по падению и простиранию рудного тела изучены с использованием трехмерной блочной модели. Создание модели осуществлялось в горно-геологической информационной системе Micromine по традиционной для трехмерного моделирования методике [1]. Интерполяция содержаний элементов осуществлялась методом обратных анизотропных расстояний. Следующим шагом по данным геологической документации по разностям пород были построены их каркасы, для дальнейшей кодировки блочной модели по сортам. Последующая обработка данных блочного моделирования и графические построения осуществлялись с использованием программы Microsoft Excel. Для отображения изменчивости концентрации, проанализированные элементы были сгруппированы в мультипликативные ореолы, соответствующие геохимическим ассоциациям, выделенным при факторном анализе. Мультипликативные показатели были получены методом суммирования произведений нормализованных концентраций химических элементов участвующих в составе выделенных геохимических ассоциаций на соответствующий им факторный коэффициент (Рис. 2).

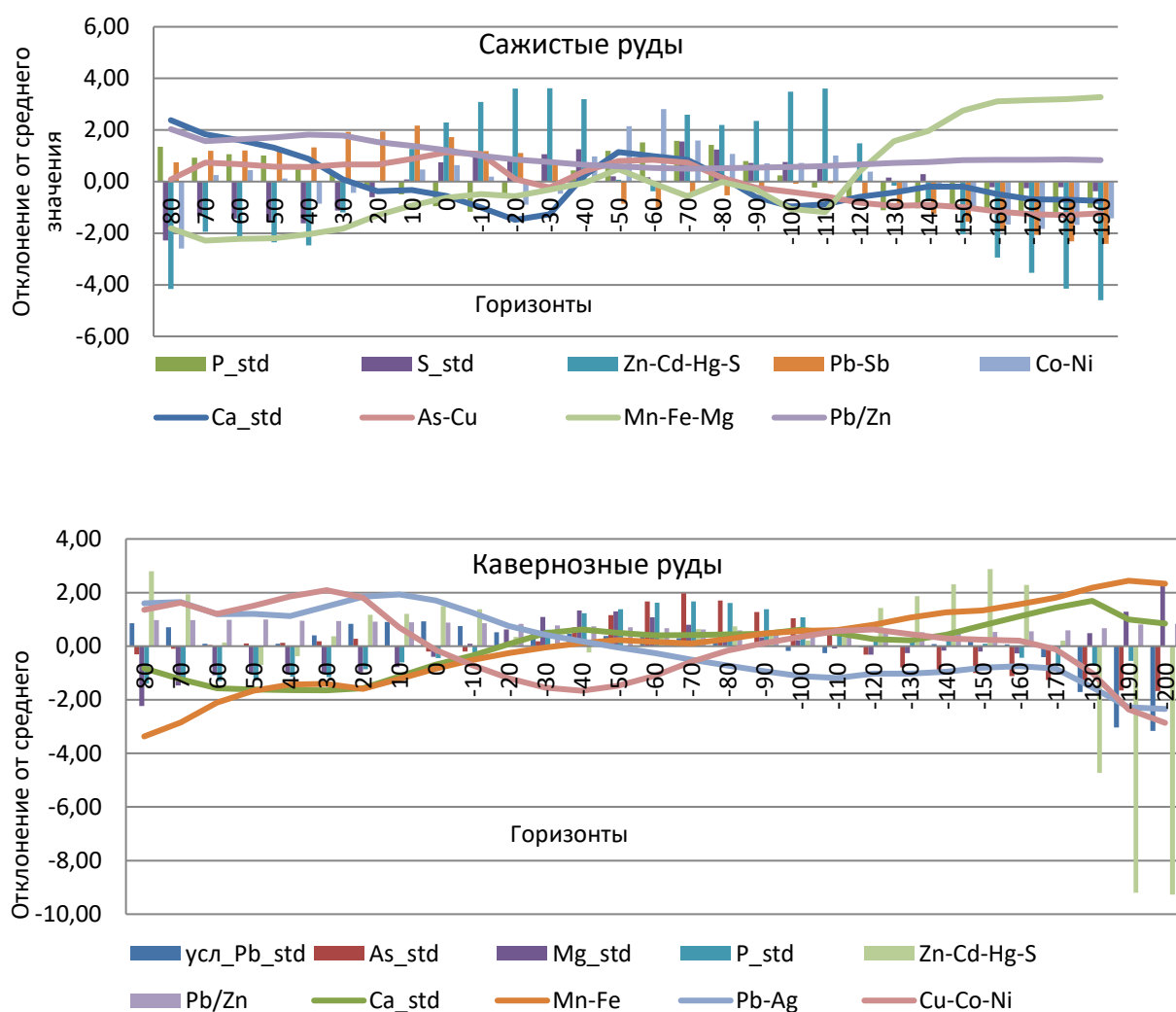


Рис. 2 Изменчивость химических элементов в комплексных геохимических ореолах по падению Северо-западного рудного тела

Как видно из графиков, отмечается изменчивость рудных элементов и их спутников в геохимическом поле Северо-Западного рудного тела, а также отчётливо видно некоторое различие в распределении элементов по разностям пород.

По результатам анализа распределения концентраций элементов по простиранию и падению рудного тела был произведён расчёт значений показателей зональности.

Методика расчетов в целом соответствует предложенной С.В. Григоряном [3], предполагающей ранжирование элементов по положению максимума их относительной продуктивности, но имела по отношению к ней некоторое отступление. Относительная продуктивность (показатель зональности) представляет собой отношение продуктивности ореола данного элемента к сумме продуктивностей ореолов всех элементов-индикаторов оруденения. В нашем случае, использовалась объемная продуктивность, т.е. концентрации химических элементов умножались на совокупный объем элементарных блоков блочной модели, ограниченных либо разведочными линиями (в случае расчета показателя продольной зональности), либо горизонтами (а случае расчета показателя осевой зональности). Положение элементов в ряду зональности определялось по положению максимальных значений показателя зональности. В случае ряда вертикальной зональности, в левой части ряда располагаются элементы максимальные показатели зональности, которые локализованы на верхних частях разреза, и наоборот. В случае ряда зональности по простиранию распределение элементов велось схожим образом, но в качестве точки

отчета использовался участок между РЛ-10А и 9А (т.к. по направлению к РЛ 5А происходит приближение к остальным телам Горевского месторождения). В случае приуроченности максимальных значений показателя зональности к одинаковым пространственным уровням, положения элементов в ряду зональности, согласно методике, изложенной в [3] уточнялось с учетом градиента показателя зональности.

По результатам выполненных расчётов ряд вертикальной зональности для сажистых руд имеет вид (сверху вниз): P-Ca-Cu-Ag-Pb-Sb-Cd-As-Co-Zn-Ni-Hg-Fe-Mn, для кавернозных Pb-Cu-Hg-S-Co-Sb-Ag-Cd-As-P-Ni-Zn-Ca-Mn-Mg-Fe, а у монолитных Ag-Pb-Hg-Cu-Co-S-P-As-Sb-Cd-Zn-Ca-Mg-Mn-Fe.

Ряд продольной зональности для сажистых руд (на ЮВ от РЛ 10А к РЛ 5А) Ca-Mg-Fe-P-S-Zn-Mn-Ni-Hg-Ag-Cu-Pb-Co-As-Sb-Cd, кавернозных Fe-As-Mg-Mn-Cu-Co-Pb-S-Hg-Ni-Cd-Zn-Sb и монолитных Cu-Fe-Mn-Ni-Co-Ag-Pb-Mg-Ca-Hg-Cd-S-As-Zn-P-Sb.

Сравнивая результаты, полученные в ходе этого исследования с более ранними результатами [2], где общий ряд геохимической зональности по оси (падению) рудного тела имеет вид Ag-Cu-Co-Hg-Pb-Sb-S-Cd-Ni-Zn-Ca-Mo-Mn-Fe-Mg, а по простиранию Fe-Mn-Ag-Cu-Mo-Mg-Co-Ni-Hg-S-Zn-Cd-Sb, можно сделать вывод, что вторичные процессы, наложенные на руды Северо-Западного участка, оказали влияние на распределение элементов как по падению, так и простиранию.

В сажистых рудах (наиболее подверженных выветриванию) в вертикальной зональности рудного тела прослеживается миграция Pb и Ag с верхних горизонтов на нижние, подобное поведение отмечается так же у Co. Противоположная ситуация наблюдается у P который наоборот, с более глубоких горизонтов мигрирует на приповерхностные. Довольно интересная ситуация наблюдается в кавернозных рудах, ряд зональности которых имеет в целом схожую последовательность с монолитными рудами, что скорее всего вызвано относительно меньшим влиянием процессов выветривания по сравнению с сажистыми рудами.

При анализе продольной зональности рудного тела в сажистых рудах, по сравнению с монолитными рудами, наблюдается миграция основных рудных элементов (Pb, Ag, Cd) к ЮВ части (РЛ 5А) рудного тела. Противоположная картина наблюдается у P и S, которые в ряде зональности сажистых руд наоборот мигрируют в СЗ (РЛ 10А) часть рудного тела.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

4. Бушуев Я.Ю. Компьютерные технологии подсчёта запасов // Методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 21.05.02. Санкт-Петербургский горный университет, 2018. с. 1-99.
5. Муромцев Е.А., Фисенко В.Г. Геохимическая зональность Северо-Западного рудного тела Горевского свинцово-цинкового месторождения // Сборник докладов одиннадцатого международного конгресса "Цветные металлы и минералы". 2019. С. 692-699.
6. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых/ А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др. – М.: Недра. 1990. 335 с.
7. Стримжа Т.П. Условия формирования Горевского полиметаллического месторождения (Енисейский кряж) // Процессы рудообразования и прикладная геохимия. К 100 – летию Л.Н.Овчинникова. М.: 2013. с.174-185.
8. Стримжа Т.П., Прохоров В.Г. О «стратиформности» Горевского месторождения // Закономерности размещения и прогнозно-поисковые критерии рудных полезных ископаемых Центральной Сибири. Новосибирск: СНИИГТиМС, 1990. С. 61-70

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД АКТОСТИНСКОГО ИНТРУЗИВА (ГОРЫ КУЛЬДЖУКТАУ)

Актостинский интрузив – это штокообразное тело, немного вытянутое в северо-западном направлении, расположен в 1-2 км западнее Таушанского интрузива (Рис. 1) [1]. Площадь выхода интрузива около 9 км². Интрузив залегает среди песчано-сланцевой толщи D₃-C₁, а на северо-востоке перекрывается меловыми отложениями. Контакты массива с вмещающими породами крутые. Массив сложен на 95% биотитовыми гранитами, аналогичными таковым Таушанского и Тозбулакского интрузивов. Незначительное развитие в виде мелких дайкообразных тел имеют лейкократовые мелкозернистые граниты [1]. В периферических частях массив содержит многочисленные ксенолиты габбро и габбро-диоритов Шайдаразского интрузива.

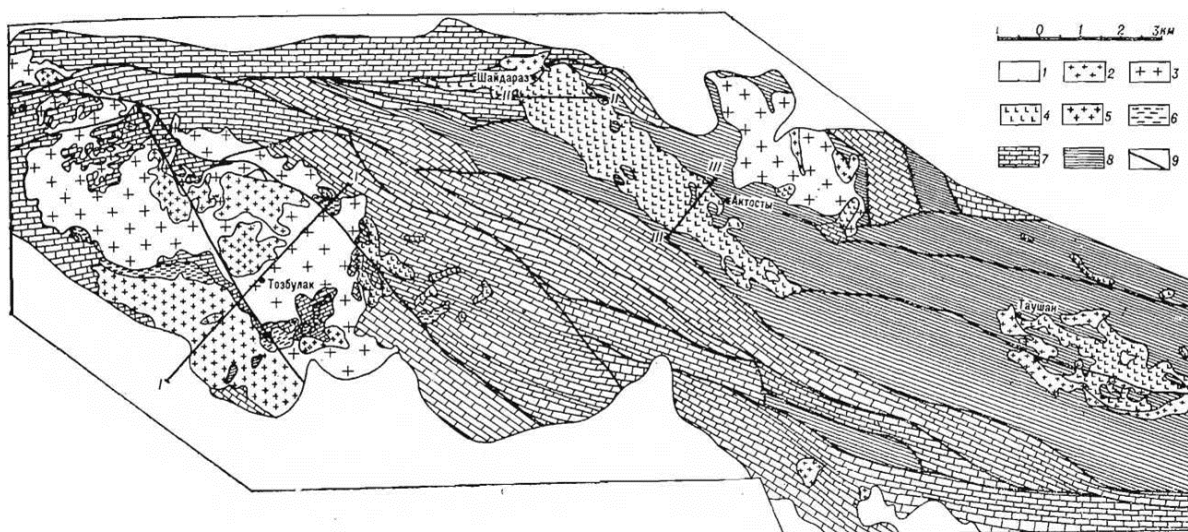


Рис. 1 Схематизированная, геологическая карта восточной части Кульджуктау (по Я.Б. Айсанову; расчленение и номенклатура интрузивных пород по Э.П. Изоху). 1 – мезокайнозойские отложения; 2-4 – Кульджуктауская серия: 2 – мелкозернистые двуслюдяные граниты, 3 – биотитовые граниты, 4 – габбро; 5-6 – Кошрабадская серия: 5 – субщелочные граниты, 6 – сиенитоиды; 7 – мраморы S и D; 8 – песчанико-сланцевые отложения O-S и C; 9 – разломы.

Обследованы коренные выходы по обоим бортам сая в направлении с северо-востока на юго-запад на протяжении около 2 км. Проведён комплекс полевых работ с отбором геохимических проб из всех разновидностей пород: граниты, габброиды, песчаники, сланцы и другие (Рис. 2). По масс-спектрометрическим анализам всех разновидностей пород мы получили следующие результаты (г/т): Au до 3,5; Ag до 8,2; Cu до 110; Co до 38; W до 18; Cr до 680; Cs до 8,9; Ni до 410; B до 30; Rb до 200; Se до 5; Mo до 10; As до 1000; Sn до 24; Sb до 5; P до 1900; Yb до 1; Hf до 2,9; Pb до 39; Bi до 19; U до 5,6. Актостинский интрузив сложен двуслюдяными гранитами. Высокие содержания РЗЭ в вышеприведенных анализах связаны со слюдяными гранитами. Кроме этого, видно, что в кварцевых прожилках, встречающихся в гранитах исследуемого района, содержание золота высокое.

По Я.Б. Айсанову, вмещающие породы терригенные (C1) на юге и северо-востоке, карбонатные (D1) – на севере и юго-востоке. Граниты занимают около 6 км², габбро и диориты – меньше 0,5 км².

По нашим наблюдениям, габброиды, как и в Таушанском интрузиве, призматически-зернистые и офитовые, всегда с кварцем в интерстициях, иногда с микроклином. Они секутся жилами пегматитов с турмалином и гранатом. Широко распространены жилы

гранитов и участки гранитизации. Габброиды большей частью сильно катаклазированы, с сильными вторичными изменениями (Табл. 1).

В Актостинском интрузиве развиты мелко-среднезернистые биотитовые мелаграниты, переходящие в двуслюдяные граниты, сходные с поздними гранитами Тозбулака, и средне-крупнозернистые двуслюдяные граниты, богатые мусковитом, сильно грейзенизированные, почти повсеместно давленные (Табл. 1). В 200–300м на восток от верхнего колодца, в саях Актосты, отмечены резкие контакты между обоими типами гранитов, причем в более поздних средне-крупнозернистых у контакта развиты пегматоидные обособления.

Табл. 1

Химический состав пород (по Хамрабаеву Х.М., Мусаеву А.М., 1970)

Габброиды															
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₃	H ₂ O	П.п.п.	Сумма
53,69	2,12	15,85	8,12	0,16	0,12	5,25	7,54	2,50	1,90	0,16	-	0,09	0,15	2,07	99,63
Граниты															
70,04	0,29	14,47	0,79	1,85	0,05	1,50	1,68	2,23	5,18	0,10	1,60	0,08	0,10	1,60	99,98
73,90	0,40	11,67	0,68	2,00	0,06	1,50	2,29	1,48	4,67	0,10	-		0,10	1,80	100,78
75,98	0,05	13,23	0,71	0,86	0,05	0,25	0,70	3,17	4,47	0,02	-	0,23	0,02	0,76	100,25
73,31	0,25	13,12	0,73	1,57	0,05	1,08	1,56	2,29	4,77	0,07	0,53	0,10	0,07	1,39	100,33

В Актостинском интрузиве граниты, скорее всего, принадлежат самой последней интрузивной фазе. Они содержат гранат, обогащены мусковитом, средне-крупнозернистые, розовые, сильно катаклазированные, у контактов разгнейсованные (Рис. 2, а, б).

Граниты, занимающие основную часть Таушанского интрузива, почти весь Шайдаразский и Актостинский интрузивы, а также значительную часть Западно-Кынгыртауского штока, представляют массивные, среднезернистые, местами крупнозернистые, розовые, иногда кирпично-красные, светло-серые, серые, слабо порфиоровидные породы. Гипидиоморфнозернистая структура представляет продукт более поздней стадии кристаллизации крупнозернистого мусковитизированного гранита. Текстура – массивная, переходящая на отдельных участках эндоконтакта в гнейсовидную. Состав породы: кварц – 40-50%, плагиоклаз – 30%, калиевый полевой шпат – до 10-15%, мусковит крупнолейстовый. Альбит мелкотаблитчатый, чистый с хорошо выраженными полисинтетическими двойниками с N близким N кварца на стыках с выделениями последнего. С калиевым полевым шпатом образует прямые и ровные контакты. Содержит очень небольшую примесь серицита в отдельных, более укрупненных зернах. Замещается калиевым полевым шпатом и кварцем, образуя извилистые контакты. Относительно свежий облик характеризует породу как равномернозернистую, закристаллизовавшуюся в субсолидусных температурных условиях.

Химический состав пород Актостинского интрузива по Юлдашеву С. (1967г.) приведен в таблице 2.



Рис. 2 Мусковитизированный крупнозернистый гранит (а), мусковитизированный мелкозернистый гранит (б), мелкозернистый аркозовый песчаник (в) и глинистый углеродсодержащий сланец (г).

Табл. 2
Химический состав пород Актостинского штока (по Юлдашеву С., 1967)

Название породы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₃	H ₂ O	П.п.п.	Сумма
Гранит	70,04	0,29	14,47	0,79	1,85	0,05	1,5	1,68	2,23	5,18	0,2	1,6	0,08	0,1	1,6	100,06
М/з биотитовый гранит	73,9	0,4	11,67	0,68	2	0,06	1,5	2,29	1,48	4,67	0,23	-		0,1	1,8	100,53
Гранодиорит	64,94	0,6	16,32	0,88	3,17	0,03	1,9	2,65	3,14	3,78	-	-	-	0,24	2,68	100,33

Систематизация аналитических данных показала, что основные концентраторы редкоземельных элементов на изученных площадях – каолиновые и каолинсодержащие глины в нижних подстилающих горизонтах нижнемеловых отложений. Реже высокие концентрации редкоземельных элементов фиксируются в графитовых корах выветривания и горизонтах ожелезнённых песчаников. В большинстве случаев в обогащённых участках преобладает цериевая специализация редкоземельных элементов [2].

По результатам масс-спектрометрического анализа в породах Актостинского интрузива значения содержаний серебра относительно кларков в земной коре высокое.

Значения содержания золота в породах хоть и условно вышекларковые, но не несут практической значимости (менее грамма на тонну).

Содержание редкоземельных элементов в пробах по разрезу в Актостинском интрузиве колеблется от 21,4 до 305,2 г/т. Наибольшие содержания их установлены в гранодиорит-порфирах – 132,5 г/т.

По нашим исследованиям результаты геохимических и минералогических работ указывают на перспективность для обнаружения концентрации рудной минерализации Актостинского интрузива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог интрузивных массивов Узбекистана // Хамрабаев И.Х., Айзенштат В.И., Далимов Т.Н., Урунбаев К.У., Шарипов Т.Т. Т.: Фан, 1975. Часть II – 429 с.

2. Крикунова Л.М., Хафизов У.А., Мирхамдамов М.М., Зияев Н.М. Новые данные о выявлении промышленных концентраций редкоземельных элементов в каолиновых глинах, графите и ожелезненных песчаниках нижнемеловых горизонтов на южных склонах хребта Кульджуктау // Тез. докл. Междунар. науч. техн. конф. Узбекистана «Uzgeoscience 2018. Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития геологической отрасли Республики Узбекистан». Ташкент. - 2018. – С. 243-245.

ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ И ПРИЗНАКИ СУЛЬФИДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ГЛУБОКОВОДНЫХ РАЙОНАХ МИРОВОГО ОКЕАНА

В связи с постепенным истощением континентальных месторождений в настоящее время разворачивается главная битва человечества за последний на планете стратегический ресурс – минеральные запасы Мирового океана.

Минерально-сырьевой потенциал Мирового океана представлен тремя группами практически значимых твердых полезных ископаемых (ТПИ): железомарганцевые конкреции (ЖМК), кобальт-марганцевые корки (КМК) и глубоководные полиметаллические сульфиды (ГПС). Главные полезные компоненты ТПИ Мирового океана – никель, медь, цинк, кобальт, марганец и попутные – золото и серебро, кроме того эти руды обогащены целым рядом редких элементов, широко востребованных высокотехнологичными отраслями экономики.

В ряду океанских ТПИ сульфидные руды занимают особое положение в силу особенностей своей геологической позиции, состава и генезиса. В ходе полевых исследований, проводимых Полярной морской геологоразведочной экспедицией (ПМГРЭ) с 1985 года, установлено, что ГПС относятся к перспективным видам минерального сырья, основными компонентами которого является медь, цинк, золото, серебро, кобальт, никель, молибден и другие значимые химические элементы. ГПС слагают холмообразные постройки высотой до первых десятков метров на участках гидротермальной деятельности в пределах рифтовых зон Срединно-океанических хребтов, задуговых бассейнах, островодужных систем на глубинах от 1000 до 5500 м.

В 2010 году МОМД были разработаны и утверждены «Правила поиска и разведки полиметаллических сульфидов в Районе» (ISBA/16/A/12/Rev/1). Согласно этим документам разведка и разработка минеральных ресурсов Района осуществляется на основании Заявки на Разведочный район и утвержденного МОМД плана работ (Контракта). В настоящее время имеется уже семь Заявок стран Мирового Сообщества (Рис. 1). В Атлантике – Россия, Франция, Польша; в Индийском океане – КНР, Ю. Корея, Германия, Индия. В Тихом океане работы на ГПС ведутся, в основном, в пределах зон национальной юрисдикции в Западно-Тихоокеанской транзитали: Японией и Международными горно-рудными акционерными компаниями при участии США, Великобритании, Канады, Австралии.

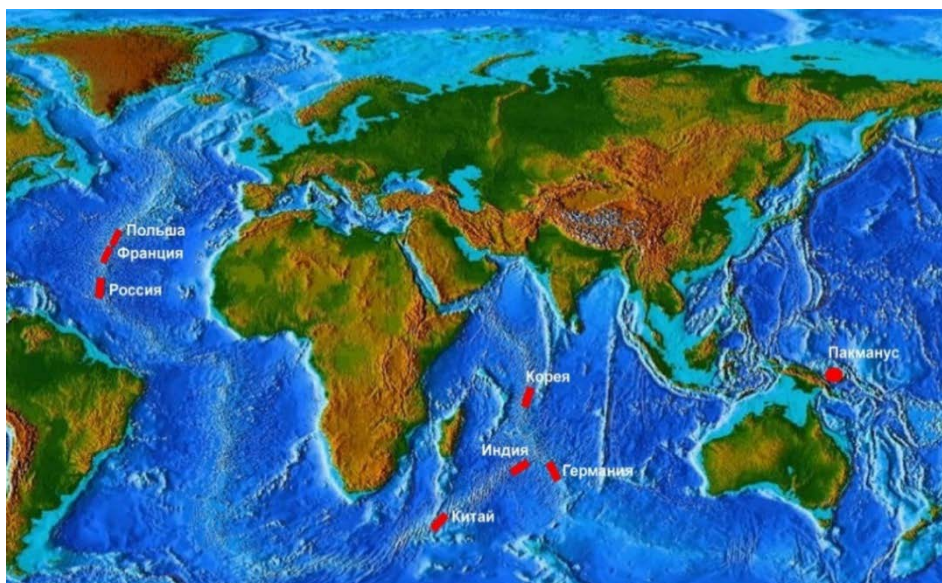


Рис. 1. Схема размещения Разведочных районов ГПС в Мировом океане

29 октября 2012 года в Москве был подписан Контракт на разведку полиметаллических сульфидов (ГПС) между Международным органом по морскому дну (МОМД) и Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Контракт предполагает 3 этапа исследования ГПС.

Задача 1 этапа – выявление первоочередных перспективных районов для проведения более детальных разведочных работ.

Задача 2 этапа – выявление конкретных рудных объектов и оценка потенциальных ресурсов слагающих их руд.

Задача 3 этапа – разведка промышленно значимых рудных объектов с подсчетом запасов слагающих их руд и окончательное обозначение добычного района

Российский разведочный район (РРР-ГПС) расположен в центральной части Атлантического океана, в осевой зоне Срединно-Атлантического хребта, в интервале широт $12^{\circ}48'24,65''$ - $20^{\circ}54'50,08''$ N. Обзорная схема расположения Российского разведочного района представлена на рисунке 2. РРР-ГПС включает 100 блоков размером приблизительно 10×10 км каждый. Исследовательские блоки скомпонованы в 7 групп, в состав которых входит от 9 до 36 блоков. Группы блоков не прилегают, но находятся поблизости друг от друга в пределах прямоугольного района площадью $216\,622\text{ км}^2$. Длинная сторона прямоугольного района составляет 897 км.

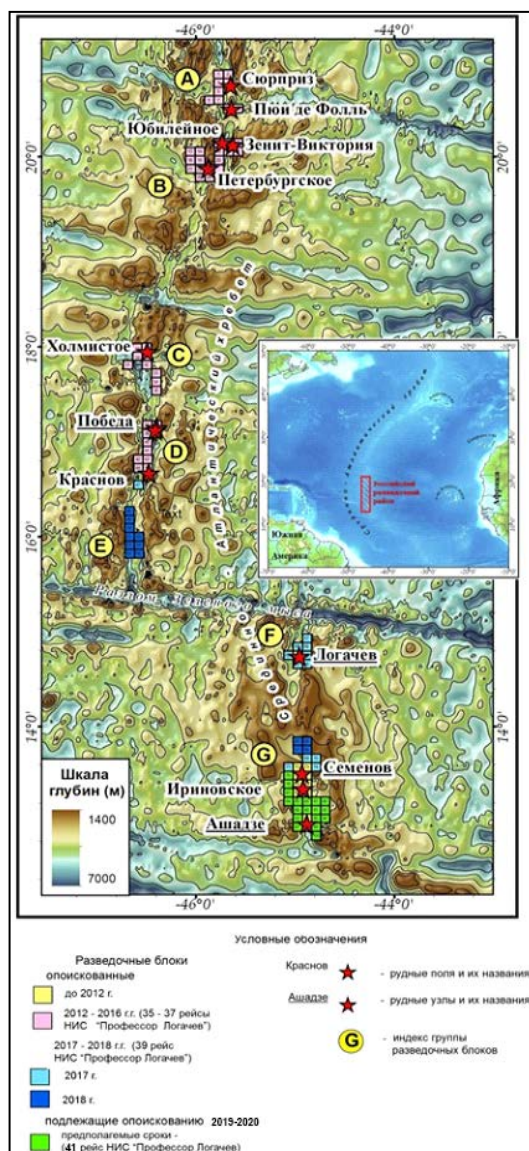


Рис. 2. Российский разведочный район (РРР-ГПС)

Опыт работ в Российском разведочном районе (РРР-ГПС) на Срединно-Атлантическом хребте (САХ) показал, что методика полевых исследований выявления рудных проявлений предполагает вполне определённую последовательность выполнения каждого вида работ, а интерпретация полученных данных, позволяет сформулировать поисковые критерии и признаки сульфидной минерализации по каждому методу [1].

Поисковые критерии и признаки выявления рудопоявлений ГПС по методам исследований:

1. Батиметрическая съёмка выполняется набортным многолучевым эхолотом, поисковый критерий – геоморфологический. Полученные данные – батиметрическая основа.
2. Геоакустическое профилирование выполняется придонным комплексом МАК-1М, поисковый критерий – геоморфологический. Полученные данные – сонограммы и профилограммы, характеристика рельефа дна.
3. В комплексе с геоакустическим профилированием выполняется измерение естественного электрического поля (ЕП), поисковый признак (косвенный) – геофизические аномалии. Полученные данные – выявленные аномалии ЕП.
4. Телевизионное профилирование, площадная фотосъёмка выполняется с использованием телевизионного подводного аппарата (ТПА), косвенный поисковый признак – визуальный (при высокой степени присыпанности рудных объектов), прямой – визуальный (выявление и оконтуривание рудных объектов). Полученные данные – фото и видеосъёмка, визуализация океанического дна: выявление рудопоявлений и их оконтуривание, характеристика рельефа, тип гп на поверхности дна.
5. Гидрофизическое зондирование выполняется гидрофизическим зондом SBE 911 plus, поисковый признак (косвенный) – повышенные значения гидрофизических характеристик водной массы. Полученные данные – гидрофизические характеристики водной толщи.
6. Пробоотбор с использованием:
 - телевизионного грейфера (ТГ), косвенный поисковый признак – наличие минералов индикаторов, прямой – в случае поднятия рудной массы, качественная характеристика руды, полученные данные – минеральный и химический состав.
 - коробчатого пробоотборника, косвенный поисковый признак – наличие минералов индикаторов, прямой – качественная характеристика руды, полученные данные – характеристика осадков, минеральный состав
 - драги, косвенный поисковый признак – наличие минералов индикаторов, прямой – качественная характеристика руды. Полученные данные – типы и характеристики гп.
7. Бурение отдельных скважин с использованием глубоководной буровой установки, поисковый признак (прямой) – мощность рудных тел. Полученные данные – мощность рудных тел, минеральный состав. (2 этап)
8. Придонная магнитометрия, поисковый признак – (геофизические аномалии). Полученные данные – выявление зон интенсивной гидротермальной проработки. (2 этап)

Таким образом, по завершению 1 этапа работ в соответствии с «Контрактом на разведку полиметаллических сульфидов между МОМД и Министерством природных ресурсов и экологии РФ», АО «ПМГРЭ» был получен богатый производственный и научный материал для дальнейшего изучения глубоководных полиметаллических сульфидов. Впервые сформулированы поисковые критерии и признаки рудопоявления ГПС. Определённая последовательность выполнения каждого метода исследований, позволила эффективно выполнять работы по выявлению сульфидной минерализации на дне Мирового океана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьева Ж.В., Добрецова И.Г., Кузнецов А.И. Комплексная интерпретация поисковых критериев и признаков сульфидного оруденения с применением ГИС-технологий// Материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. — 2019. — Том II. — С. 212–215.

АНОМАЛИЯ СО-NI НА ПЛОЩАДИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧЕРНОГОРСКОЕ
ЮВЕЛИРНОГО СКАПОЛИТА, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПАМИР (РЕСПУБЛИКА
ТАДЖИКИСТАН)

Территория месторождения расположена в Музкол-Рангульском антиклинории, состоящем из двух тектонических блоков: Сарымулинского (на западе) и Шатпутского (на востоке), перекрытых в центральной части PZ-MZ вулканогенно-осадочными породами. Месторождение находится на юго-западном фланге Шатпутского блока [2, 6]. Месторождение локализовано в сарыджилгинской свите музкольской серии (PR₁). Геология месторождения и скаполитовая минерализация рассмотрена в публикациях [5-7].

Цель исследования является выявление содержаний кобальта и никеля в составе минералов месторождения. Выявление этих металлов значительно расширяет имеющийся промышленный потенциал нерудного камнесамоцветного объекта.

Площадь месторождения составляет 360×110–180 м. Оно сложено породами двух типов, имеющих субширотное простирание с падением на север под углами 60–75°. Мы их разделяем по цвету, определяющему их минеральный состав, на тёмные и светлые [5].

Тёмные породы, в свою очередь, делятся на две группы. Первая выявлена в северо-восточной части месторождения [6]. Они имеют форму дайки мощностью около 10 м. Её плотность составляет 3,29 г/см³. Они среднезернистые, порфировидной структуры. Порфировидные кристаллы представлены неизменным, слегка вытянутым оливином размером от 0,1 до 5 мм. По его периферии наблюдаются мелкие зёрна ромбического пироксена с железистостью около 20 %, состоящего на 80 % из энстатита и 20 % ферросилита. В серпентиновой агрегате располагаются мелкие чешуйки флогопита. Акцессорные минералы представляют: алюмохромистый магнетит, железохромистая шпинель, железистый (до 9,1 % (мас.) магнезит, ильменорутит, апатит и пентландит.

Высокое содержание магнезиального оливина в описываемой породе (более 50 %) и энстатита (30 %) позволяет отнести её к гарцбургиту, который ранее не был известен в составе кукуртского комплекса.

Вторая группа темных пород, самая крупная по объему, представлена также меланократовой до мезократовой, слегка пористой породой, с варьирующей плотностью 3,13–3,18–3,20 г/см³. Щелочная роговая обманка является главным минералом этой группы. Вторым по значению минералом следует флогопит. Его доля достигает 20 %. Третьими являются плагиоклаз и скаполит, со значительным преобладанием первого. В его составе содержится от 5 до 20 % анортитовой молекулы, что соответствует олигоклазу. По петрохимическим особенностям мы относим эту группу пород к ортоамфиболитам.

Светлые породы занимают секущее положение по отношению к черным ортоамфиболитам и гарцбургитам. Они также подразделяются на две группы. Первая представлена альбититами, которые образуют три крупных тела сложной формы на флангах месторождения [5]. Плагиоклаз содержит 1–5 % анортитовой молекулы. Он формирует агрегаты со средне- крупнозернистой, гранобластовой структурой. Встречаются участки с массивной, полосчатой и вкрапленной текстурой. В интерстициях зёрен альбита отмечается скаполит, а в массе, включения рутила, титанита, флогопита, кальцита, доломита и роговой обманки до 3 см в поперечнике. Вторая группа представлена скаполит(мариалит)-альбитовыми линзами, занимающими очень небольшой объем в контуре месторождения. Она имеет главный промышленный интерес как источник получения ювелирного скаполита. В светлых породах авторами установлены реликты нефелина и содалита [5].

Со и Ni были установлены из 800 определений в 680 из них во всех минералах месторождения. Содержание Со составляет от 0,03 до 0,07 в нерудных минералах и от 0,06 до 1,8 мас.% в рудных. Ni варьирует от 0,06 до 1,8 в нерудных и от 0,07 до 41,1 мас.% в рудных минералах (табл.). Это позволяет считать данный факт типоморфным признаком

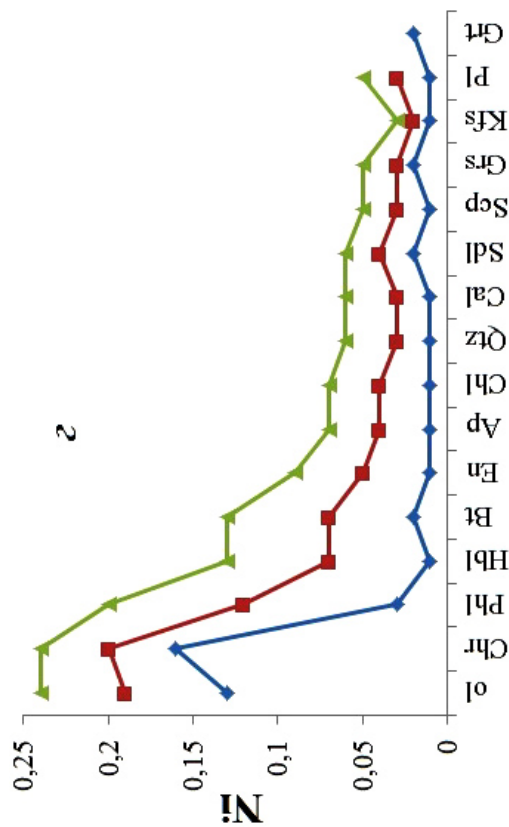
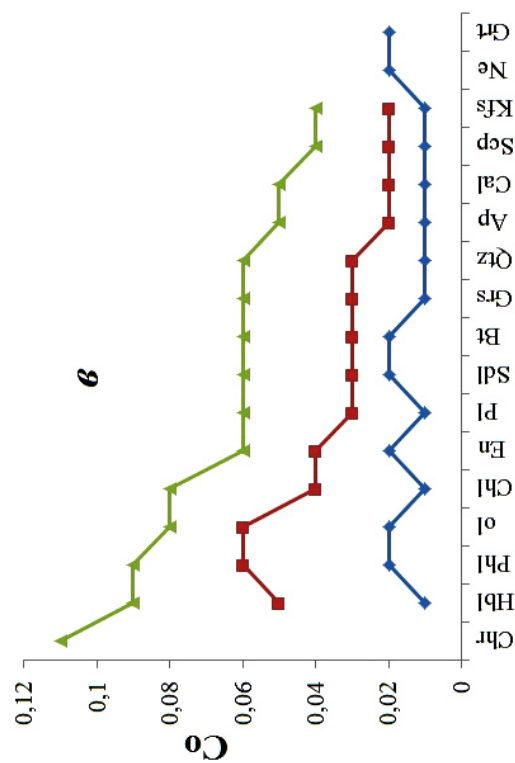
как породообразующих, так акцессорных и рудных минералов. Сравнение полученных значений с кларками Co и Ni в земной коре, где они составляют, соответственно, 0,0018 и 0,058 % [3], позволяют определить содержания Co более чем в 20 раз выше кларка, а Ni – в 10 раз. Современные подсчёты кларка рассматриваемых элементов определялись девятью группами исследователей [4]. По их данным кларк Co имеет меньшие значения: от 0,0007 до 0,0017, а Ni – от 0,019 до 0,047 %. Эти данные ещё больше повышают перспективы месторождения. Динамика содержаний этих элементов в рудных и нерудных минералах представлена на графиках (Рис. 1).

Табл. 1

Химический состав нерудных и рудных минералов месторождения, в мас. %

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Cl	F	Co	Ni
Нерудные минералы													
<i>Апатит</i>													
0,3	–	–	0,02	–	53,34	0,14	0,02	0,12	39,76	1,03	5,0	0,04	0,05
<i>Биотит</i>													
37	2,66	15,2	17,7	16,22	0,25	0,12	8,18	0,06	0,14	0,32	0,2	0,04	0,09
<i>Кальцит</i>													
–	0,01	0,02	0,7	1,24	55,44	0,04	–	–	0,06	0,01	–	0,03	0,04
<i>Калишпат</i>													
58	–	20,9	0,1	–	0,04	2,08	10,93	0,04	0,17	–	–	0,03	0,02
<i>Оливин</i>													
39	0,06	0,23	19,5	40,28	0,14	0,04	–	0,07	0,35	0,01	–	0,06	0,23
<i>Плагиоклаз</i>													
65	–	22,5	0,1	0,01	2,91	10,27	0,09	0,02	0,37	0,02	0,2	0,04	0,03
<i>Пироксен</i>													
54	0,02	1,63	11,2	27,55	0,83	0,03	0,01	0,02	0,28	0,01	–	0,05	0,06
<i>Роговая обманка</i>													
41	1,33	11,3	18,0	10,11	11,4	2,27	1,13	0,04	0,4	0,51	–	0,06	0,10
<i>Скаполит</i>													
54	0,03	25,3	0,1	0,03	9,14	9,1	0,43	0,04	0,16	2,1	–	0,03	0,03
<i>Содалит</i>													
37	–	33,6	0,2	–	0,09	26,46	0,04	0,03	0,14	6,52	0,1	0,04	0,06
<i>Флогопит</i>													
39	1,19	17,1	6,2	22,8	0,06	1,89	6,74	0,02	0,35	0,2	0,4	0,07	0,13
Рудные минералы													
<i>Гематит</i>													
–	0,01	0,01	60,5	0,01	–	0,03	–	0,02	0,26	0,02	0,1	0,09	0,07
<i>Ильменит</i>													
0,1	39,99	0,09	54,9	0,35	0,01	0,01	0,02	–	0,25	0,01	–	0,07	0,08
<i>Магнетит</i>													
0,1	0,17	0,14	77,7	0,1	0,04	0,02	0,01	–	0,23	–	0,3	0,11	0,46
<i>Пентландит</i>													
0,2	–	0,01	35,4	0,15	0,02	–	0,01	0,06	0,28	0,01	0,1	1,80	44,1
<i>Пирит</i>													
–	–	–	46,89	–	–	–	–	0,02	–	–	–	0,06	0,11
<i>Пирротин</i>													
3,7	0,05	0,05	65,1	0,36	0,47	0,04	–	0,02	0,39	–	0,2	0,69	0,41
<i>Титанит</i>													
29	35,63	1,1	1,2	0,02	28,12	–	0,02	–	0,26	–	0,2	0,06	0,07

Co и Ni в очень малых количествах (на уровне чувствительности анализе) встречаются на смежных территориях Юго-Западного Памира [1]. В месторождениях силикатного типа коры выветривания содержания Co составляет от 0,0n до 0,n %, а Ni – от 0,7 до n·1,0 % [8].



152

Содержание этих элементов в породообразующих минералах на рассматриваемом объекте сопоставимы с содержанием этих металлов в горной массе (табл.). Высокие содержания Co и Ni во всех минералах, включая рудные (табл.), позволяет рассматривать всю толщу горных пород месторождения Черногорское как геохимическую аномалию.

Ее площадь составляет около 55 тыс. м². С учетом крутопадающего залегания амфиболитов объективно можно экстраполировать глубину на 100 м. При средней плотности 3,16 т/м³ горная масса составит 17064 тыс.т. Среднее содержание металлов составляет: Co – 0,06 %, а Ni – 0,09 %. Прогнозный геохимический потенциал составит: кобальта – 102384 и никеля – 153576 т. Учитывая, что кобальт- и никеленосные породы месторождения прослежены на запад на 0,2 км, а на восток – на 1 км, потенциал этих металлов можно увеличить в четыре раза, т.е. он составит: Co – 409 тыс. т, Ni – 614 тыс.т.

Похожая геологическая ситуация наблюдается в Угловско-Туруханском блоке Иртышской зоны смятия. Здесь в гарцбургитах и амфиболитах содержание Co достигает соответственно 0,01 и 0,007, а Ni – 0,19 и 0,01 мас.% [9]. Эти содержания имеют значительно меньшие значения по сравнению с рассматриваемым объектом.

Нужно отметить, что территория аномалии Co-Ni благоприятна для отработки открытым способом: структура месторождения представляет крутопадающую на север моноклиналь.

В заключение можно сказать что на территории месторождении впервые обнаружена аномалия Co-Ni. Что даёт нам перевести месторождение из ранга мономинерального в разряд полиминерального и полиметального объекта. Это значительно повысит его рентабельность и позволит решить комплексную проблему освоения данного объекта для развития экономики данного региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдушукуров Д.А., Кобулиев З.В., Мамадалиев Б., Минаев В.Е. Тяжелые металлы в бассейне реки Гунт на западном Памире // Вестник КРСУ. 2017. том 17. № 1, – С. 101–106.
2. Бархатов Б.П. Тектоника Памира. – Л.: ЛГУ, – 1963. – 243 с.
3. Виноградов А. П. Среднее содержание химических элементов в горных породах // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571.
4. . Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Сер. 5: География. – 2015. – № 2. – С. 7–17.
5. Литвиненко А.К., Одинаев Ш.А., Малахов Ф.А. Первая находка содалита и нефелина на месторождении ювелирного скаполита Черногорское (Центральный Памир) // Разведка и охрана недр. – 2019. – № 7. – С. 17-22.
6. . Литвиненко А.К., Моисеева С.Б., Одинаев Ш.А., Утенков В.А. Геология Черногорского месторождения ювелирного скаполита на Центральном Памире (Таджикистан) // Геология рудных месторождений. М.: Наука – 2019. – том 61. – № 5. – С. 96-108.
7. Литвиненко А.К., Одинаев Ш.А. Минералы титана на месторождении ювелирного скаполита Черногорское, Центральный Памир // Материалы XIV международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле»Т.II; «Развитие новых идей и тенденций в науках о Земле -минерагении, минералогии и геммологии, петрологии и геохимии». МГРИ им. Серго Орджоникидзе, – М.: – 2019. – С. 305-306.
8. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Никелевые и кобальтовые руды. – М.: ФГУ ГКЗ, – 2007. – 36 с.
9. Туркин Ю.А., Гринев Р.О. Гипербазиты и амфиболиты угловско-туруханского блока иртышской зоны // Вестник Томского государственного университета. – 2015. – № 394. – С. 261–269.

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ПО ТИПОМОРФИЗМУ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА КАЯНЧИНСКОЙ ПЛОЩАДИ

Каянчинская площадь расположена в пределах Каянчино-Устюбинского рудного узла на территории Алтайского края. Площадь расположена в области развития параллельных надвигов Каимского аллохтона, которые сопровождаются зонами рассланцевания, окварцования, лимонитизации, брекчирования, а также тектонизированными серпентинитами. В геологическом строении площади принимают участие нижнекембрийские основные и ультраосновные серпентизированные интрузии, венд – нижнекембрийские метаморфизованные известково-терригенно-вулканогенные отложения, прорванные интрузиями айского (?) комплекса раннетриасового возраста и серией даек пестрого состава айского комплекса и усть-беловского комплекса позднего девона.

В 2017-2019 гг. на площади выполнялся комплекс геолого-разведочных работ, по результатам которых в пределах площади установлено два типа золотоносной минерализации – золото-мышьяковисто-сульфидный (участок Верхнекаянчинский) и золото-сульфидно-кварцевый (участки Айский и Сухой Лог). В настоящей работе приводятся первые данные по типоморфизму самородного золота Каянчинской площади. Исследования проводились по методике, разработанной и применяемой в ЦНИГРИ [1,2,3].

Основные перспективы, вероятно, следует связывать с оруденением **золото-мышьяковисто-сульфидного** типа, которое локализовано на участке Верхнекаянчинский. Этот тип представлен зонами развития вкрапленной золото-сульфидной минерализации (пирит, арсенопирит, халькопирит, блеклая руда) в метасоматитах серицит-карбонат-альбитового состава по основным метавулканитам. Для этого типа характерны достаточно мощные рудные зоны (до 10 м и более) с содержаниями золота на уровне 1–3 г/т, а в отдельных пробах – до 6–10 г/т.

В *окисленных рудах* из канав распределение золота по классам крупности неоднородное – в одном случае золото представлено только тонким классом («–0,1 мм»), в другом случае – тонким и мелким («–0,1 мм»; «–0,25+0,1 мм») классами. Какой-либо зависимости количества частиц золота от уровня его содержаний в рудах (по данным пробирного анализа) не наблюдается. Более того, в канаве, где было обнаружено только тонкое золото, по данным пробирного анализа были определены наиболее высокие содержания золота до 10 г/т. Количество знаков здесь не превышает 10, при этом в пробе с максимальными содержаниями золота не было установлено ни одного знака. В другой канаве с менее значимыми содержаниями золота (до 3,8 г/т по данным пробирного анализа) помимо тонкого встречено также и мелкое золото, а количество знаков составляет более 50. Причины выявленного отличия в данный момент недостаточно ясны. Морфологически золото в обоих случаях сходно – заметно преобладают неправильные формы (комковидные, комковидно-удлиненные, редко комковидно-ячеистые, в меньшей степени фиксируются трещинно-прожилковые и интерстициальные формы), крайне редко встречаются гемиидиоморфные формы (искаженные кристаллы) и правильные формы (провоолоковидный кристалл).

Пробность золота в *окисленных рудах* варьирует в диапазоне **863–908‰**, средняя пробность **881‰**. Распределение золота одномодальное, с постепенным относительно плавным, без резких переходов, ростом значений на гистограмме. По диапазону значений золото среднепробное до высокопробного, по среднему значению – среднепробное. Среди элементов-примесей, помимо серебра, отмечены медь, теллур, ртуть, палладий, свинец, висмут при менее значительной доле сурьмы. Средние содержания этих элементов составляют 0,1–0,2 %. Сумма примесей варьирует в широких пределах – от **0 до 2,0 %**, составляя в среднем **0,7 %**. Обычной картины снижения концентраций элементов-примесей при увеличении пробности не наблюдается: суммарная концентрация элементов-примесей

уменьшается в целом незначительно. Для отдельных элементов изменение концентраций различается. Так, концентрации теллура, палладия и в меньшей степени сурьмы незначительно возрастают при увеличении пробности золота. Концентрации висмута и ртути заметно снижаются, в незначительной степени снижаются концентрации свинца и меди.

В *первичных рудах* из керна скважины золото микроскопическое, относится к пылевидному (0,025 мм) и тонкодисперсному (0,001–0,005 мм) классам. Наиболее часто фиксируется тонкодисперсное золото размером 0,001–0,005 мм. Частицы золота размером 0,001–0,003 мм в полированном шлифе имеют округлое и удлиненное сечение, фиксируются в составе выделений халькопирита, образующего включения в пирите, и непосредственно в виде включений в пирите. Более крупные частицы размером около 0,005 мм имеют удлиненное сечение, зафиксированы в составе прожилков халькопирит-сфалеритового состава в арсенопирите. Наиболее крупная частица самородного золота удлиненной (прожилковидной) формы была установлена в составе золото-блеклорудного прожилка в арсенопирите (Рис. 1).

Пробность золота *первичных рудах* из керна скважины варьирует в диапазоне **945–969%**, средняя пробность **957%**. Золото высокопробное, по среднему значению – весьма высокопробное. Распределение золота одномодальное, с постепенным относительно плавным ростом значений. Примечательно, что при такой высокой пробности доля элементов-примесей также весьма значительная – в среднем **1,0 %**, при вариациях от 0,2 до 1,7 %. В целом, это выше, чем доля примесей в золоте из канав (в среднем **0,7 %**). В составе примесей наблюдаются те же элементы – медь, теллур, ртуть, сурьма, свинец, висмут, однако отсутствует палладий. Концентрации ртути и меди выше, чем в золоте из канав. Важно отметить, что несмотря на различные ассоциации золота (золото в пирите, золото с халькопиритом в пирите, золото в халькопирит-сфалеритов прожилке, золото в блеклорудном прожилке) его пробность и набор элементов-примесей весьма близки.

Золото-сульфидно-кварцевый тип (участки Айский, Сухой Лог) представлен разбобщенными маломощными зонами золото-сульфидно-кварцевой жильно-прожилковой минерализации. Сульфиды представлены пиритом и пирротинном. Рудные зоны здесь достаточно маломощные и составляют обычно первые метры при содержаниях золота на уровне первых г/т по данным пробирного анализа, крайне редко в отдельных пробах по маломощным зонам прожилкового окварцевания устанавливаются содержания до 27 г/т.

В отличие от участка Верхнекаянчинский, золото участка Айский более крупное, относится в основном к мелкому и весьма мелкому классу («–0,5 мм +0,25 мм», «–0,25 мм + 0,1 мм») при наличии и золота тонкого класса («–0,1 мм»). Кроме того, наблюдается отчетливая закономерность увеличения крупности золота и количества знаков при увеличении содержаний золота (до более 150 знаков), что в целом характерно для золото-сульфидно-кварцевого типа оруденения. Среди знаков всех классов крупности резко преобладают неправильные формы – комковидные, комковидно-ячеистые, реже комковидно-интерстициальные, интерстициальные, трещинно-прожилковые. Гемиидиоморфные формы встречаются относительно редко и представлены искаженными кристаллами. Правильные формы также относительно редки, представлены кристаллами, часть из которых имеет форму, близкую к тетраэдру.

Пробность золота варьирует в диапазоне **855–929%**, средняя пробность составляет **877%**. Распределение золота одномодальное, с постепенным относительно плавным, ростом значений на гистограмме. Золото по диапазону максимальных и минимальных значений – среднепробное до высокопробного, по среднему значению – среднепробное. Среди элементов-примесей, помимо серебра, отмечены медь, теллур, ртуть, палладий, свинец, висмут при менее значительной доле сурьмы. Средние содержаний этих элементов (кроме сурьмы) составляют 0,1 %, максимально высокое среднее (0,2 %) отмечено для свинца. Сумма примесей варьирует в пределах от **0 до 1,6 %**, составляя в среднем **0,6 %**. В отличие от участка Верхнекаянчинский, наблюдается более отчетливое снижения

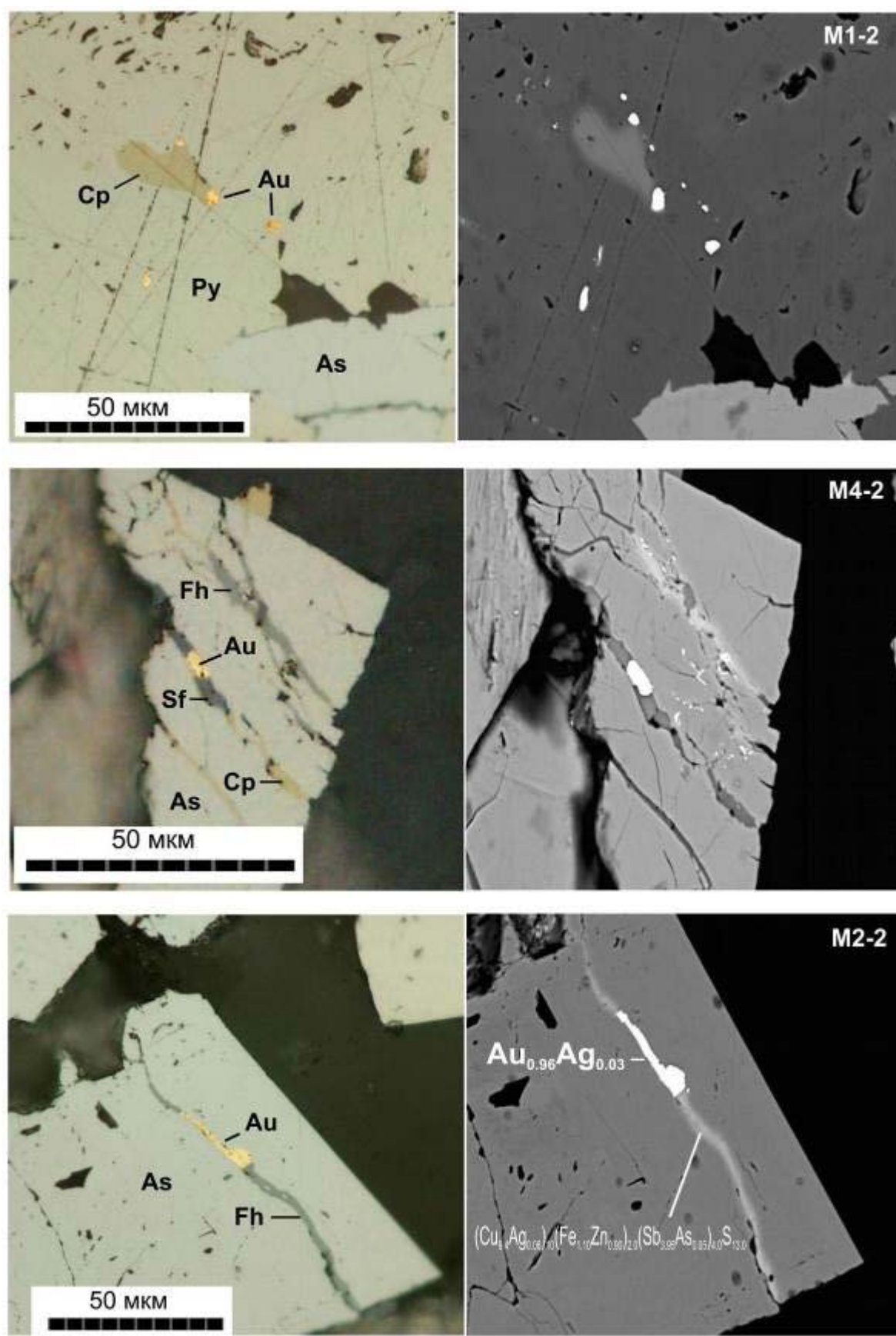


Рис. 1. Взаимоотношения пылевидного и тонкодисперсного золота с сульфидами. Уч. Верхнекаянчинский. Минералы: As – арсенопирит, Py – пирит, Sf – сфалерит, Cp – халькопирит, Fh – блеклая руда. Справа изображение в отраженных электронах.

концентраций элементов-примесей при увеличении пробности золота. Для отдельных элементов изменение концентраций также различается. Так, концентрации теллура, палладия и сурьмы заметно уменьшаются при увеличении пробности золота. Противоположные закономерности отмечались на участке Верхнекаянчинский. Концентрации висмута заметно снижаются, в незначительной степени снижаются концентрации свинца, меди и ртути (что в целом согласуется с выше описанными на участке Верхнекаянчинский).

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы. На участке **Верхнекаянчинский**, где проявлен золото-мышьяковисто-сульфидный тип, установлено два типа золота.

Первый тип установлен в канавах, представлен весьма мелким и тонким золотом, в морфологическом плане заметно преобладают неправильные формы, крайне редко встречаются гемиидиоморфные и правильные частицы. Золото среднепробное, характеризуется заметными концентрациями элементов-примесей составляя в среднем 0,7 % (кроме серебра).

Этому типу по своим характеристикам близко золото из канав участка **Айский**. Золото сходно морфологически, близки диапазоны максимальных и минимальных значений суммы примесей, средние значения суммы примесей (0,6%); в целом близки диапазоны концентраций отдельных элементов. Фиксируются только некоторые различия в характере распределения ряда элементов (сумма примесей, теллур, ртуть, палладий, сурьма). В частности, отмечаются противоположные картины распределения теллура, палладия, ртути, сурьмы. Однако на участке Айский золото более крупное.

Ко **второму типу** относится золото, установленное в скважине участка Верхнекаянчинский. Это золото относится к пылевидному и тонкодисперсному классам, и устанавливается в виде включений в более ранних сульфидах (пирит, арсенопирит), в том числе в составе тонких прожилков золото-сульфидного состава (блеклая руда, халькопирит, сфалерит). Это золото относится к весьма высокопробному, несмотря на высокую пробность, концентрация элементов-примесей даже несколько выше – в среднем 1,0 %. В составе примесей наблюдаются в целом те же элементы. Золото этого типа не установлено в канавах участка Верхнекаянчинский, поскольку руды здесь полностью окислены. По этой причине сульфиды, содержащиеся в рудах, не сохраняются. Вместе с тем, на участке Верхнекаянчинский в ряде проб с высокими содержаниями из канав устанавливаются лишь единичные тонкие знаки. Это говорит о том, что в данном случае основная весовая доля приходится именно на золото второго типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаева Л.А., Гаврилов А.М., Некрасова А.Н., Яблокова С.В., Шатилова Л.В. Самородное золото рудных и россыпных месторождений России. М.: Акварель, 2015. С. 13–47.
2. Николаева Л.А., Яблокова С.В. Типоморфные особенности самородного золота и их использование при геологоразведочных работах. // Руды и металлы. №6, 2007. С. 41–57.
3. Николаева Л.А., Гаврилов А.М., Некрасова А.Н., Яблокова С.В., Шатилова Л.В. Типоморфизм самородного золота. Методические рекомендации для геологоразведочных работ. М.: ЦНИГРИ, 2003. С. 6–15.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

На территории Российской Федерации выявлены месторождения практически всех известных на Земле видов полезных ископаемых. В соответствии с потребностями национальной экономики существенно изменились и продолжают меняться направления использования различных видов полезных ископаемых, появляются новые их источники.

Согласно распоряжению Правительства РФ от 22 декабря 2018 г. № 2914-р о стратегии развития минерально-сырьевой базы РФ до 2035 года, к полезным ископаемым, достигнутый уровень добычи которых недостаточно обеспечен запасами разрабатываемых месторождений на период до 2035 года относятся нефть, цинк, свинец, сурьма, золото, серебро, алмазы и особо чистое кварцевое сырье. Вовлечение в отработку неразрабатываемых месторождений цветных, легирующих и благородных металлов теоретически должно позволить удерживать достигнутый уровень добычи в период после 2035 года.

Наличие минеральных ресурсов в недрах остаётся одним из важнейших конкурентных преимуществ российской экономики, определяющим место и роль страны на международной арене. Использование минерального сырья сохранит важнейшее значение в формировании валового внутреннего продукта, федерального и консолидированного бюджетов субъектов Российской Федерации и государственных резервных фондов.

Рассматривая один из субъектов Российской Федерации, а именно Забайкальский край нельзя не отметить, что край является одним из старейших горнорудных регионов России, добыча полезных ископаемых в промышленных масштабах ведётся здесь с начала 18 века. При этом и на данный момент край обладает значительными минерально-сырьевыми ресурсами. Минерально-сырьевая база Забайкальского края включает разведанные запасы различных полезных ископаемых. Край занимает лидирующее положение в стране по запасам медных, урановых, молибденовых, ванадиевых, титановых, тантал-ниобиевых, плавишкошпатовых руд.

Территория юго-востока Забайкальского края, к которой приурочена Приаргунская металлогеническая зона, обладает существенными запасами золота, вольфрама, молибдена, железа, серебра, цинка, свинца. Месторождениями, приуроченными к этой зоне и содержащими основные запасы колчеданно-полиметаллических руд являются разрабатываемые в данный момент Нойон-Тологойское и Ново-Широкинское. Промышленные запасы меди и серебра сосредоточены в Удоканском месторождении меди, одном из крупнейших в мире, Ункурском месторождении меди, а также в разрабатываемом Быстринском месторождении золота, меди и железа). [1]

Основными горнодобывающими предприятиями, действующими на территории Забайкальского края являются:

АО «Ново-Широкинский рудник», разрабатывающее Ново-Широкинское месторождение полиметаллических руд, расположенное на территории Газимуро-Заводского района, в 10 км на северо-восток от районного центра – села Газимурский Завод. Основные полезные компоненты руд - свинец, цинк, серебро, золото, попутные - медь, кадмий, висмут, сурьма.

ООО «Байкалруд» разрабатывающее Нойон-Тологойское полиметаллическое месторождение, расположенное на территории Александрово-Заводского района, в 50 км на юго-запад от районного центра - села Александровский Завод.

ООО «ГРК Быстринское» разрабатывающее Быстринское месторождение золота, меди и железа, расположенное на территории Газимуро-Заводского района, в 3 км на восток от районного центра – села Газимурский Завод.

Эти предприятия играют важную роль в формировании валового внутреннего продукта, федерального и консолидированного бюджетов Забайкальского края как субъекта Российской Федерации и государственных резервных фондов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корчагина Д.А. Минерально-сырьевая база свинца и цинка Забайкальского края// Руды и Металлы. – 2018. - №3. – с. 4-15.

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА ВАНГАШСКОГО, ЕНАШИМИНСКОГО И НИЖНЕАМЫЛЬСКОГО УЗЛОВ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

Исследование типоморфных особенностей самородного золота (гранулометрический состав, морфология, пробность, состав и содержание элементов-примесей, состав сростков и внутреннее строение) из россыпей Красноярского края проходило в рамках темы по изучению типоморфных признаков самородного золота типовых объектов золотодобывающих регионов РФ. Изучение проводилось с использованием комплекса инструментальных методов (оптической микроскопии, электронной микроскопии с микрозондовым анализом (МРСА)). Сведения о более раннем изучении золота весьма ограничены (А. Р. Бурачек, Т. В. Молчанова, Е. Я. Синюгина, Н. В. Петровская, Л. А. Николаева, С. В. Яблокова). Данные по составу элементов-примесей в золоте единичны.

В данной работе приводятся результаты исследования по типоморфизму золота россыпей Северо-Енисейского района (Енисейская золотоносная провинция): Енашиминского (бассейн р. Енашимо) и Вангашского (р. Еруда, р. Вангаш) узлов, и россыпей Амыло-Систигхемского района (Алтае-Саянская золотоносная провинция) Нижнеамыльского узла (р. Зибизян и р. Большой Тюхтет) [1].

В Енашиминском и Вангашском узлах золото средних размеров (+1 и +0,5 мм – около 20% и 45%). Крупное золото менее распространено. Однако в россыпи р. Еруда отмечены самородки массой до 50 г, а в бассейне р. Енашимо – до 2,8 кг [2].

Формы золотин преимущественно трещинно-прожилковидные (60-80%); заметно меньше лепешковидных частиц. Небольшим развитием пользуются гемиидиоморфные разности. Общее количество правильных форм (изометричные и удлинённые кристаллы, дендритоиды) составляют около 4%. Отдельные частицы находятся в сростании с мелкозернистым кварцем и окисленными рудными минералами. Встречаются аутигенные образования размером 0,05-0,6 мм плёночной, губчатой форм, часто с включениями гидроксидов железа.

Поверхность золота преимущественно шагреневая, часто уплотнённая, реже ямчато-бугорчатая и микробугорчатая, интенсивно корродированная (> 85%). Отмечаются локальные плёнки гидроксидов железа. Золото в основном хорошо и идеально окатанное (> 80%).

Пробность золота варьирует от 720-750‰ до 990‰ при преобладании 820-875‰ и подчинённой 935-942‰. Неокатанное и полуокатанное золото со слабой и умеренной коррозией (р. Калами) имеет пробность 750-835‰. Тонкие окатанные пластинки чаще весьма высокопробные – 960-995‰. Аутигенные золотины пробности 990-999‰ образуют как самостоятельные выделения, так и сростки с остаточным золотом более низкой пробности.

В золоте постоянно присутствуют примеси Cu, спорадически – Hg, Te, Bi, редко – Pt (по данным МРСА).

Изучение внутреннего строения золота показало, что оно поступало из коренных источников разных формационных типов и различается по пробности и интенсивности гипергенных преобразований. Изменения, указывающие на пребывание золота в условиях коры выветривания, проявлены у 25% частиц.

В рассматриваемых россыпях Северо-Енисейского района относительно высокопробное золото обычно зернистой и монозернистой структуры, значительно корродированное, с развитием межзерновых высокопробных прожилков. Встречаются нацело преобразованные золотины с признаками повторной коррозии, указывающие на многократное вовлечение золота в миграцию.

Золото средней пробы пятнисто-неоднородного строения, частично рекристаллизованное, с линиями трансляций, интенсивно корродированное, с

рекристаллизованной высокопробной оболочкой. По межзерновым границам часто отлагается относительно низкопробное зональное золото. Золото средней пробы также испытало преобразования в коре выветривания. Структура его свидетельствует о перемещении после поступления в россыпь.

Следует отметить, что мелкое золото в россыпях бассейна р. Енашимо имеет относительно низкую пробу и зональное и неяснозональное строение, оно слабее других типов золота преобразовано в условиях россыпи и не несет признаков повторного перемещения.

Присутствующее в россыпях Северо-Енисейского района аутигенное золото, судя по внутреннему строению выделений с реликтами эндогенного золота, окруженными ажурными каёмками вторичного золота, иногда уплотнённого и перекристаллизованного во внешнем слое, могло образоваться за счёт разложения аурустита [3]. Коломорфные агрегаты аутигенного золота с гидроксидами железа возникали, очевидно, при окислении сульфидов с тонкодисперсным золотом.

В золоте средней и относительно низкой пробности из россыпей Вангашского узла в отличие от Енашиминского межзерновые прожилки развиты незначительно. Коррозия золота очень слабая или отсутствует. Трансляции и слабые проявления рекристаллизации наблюдаются редко. Поэтому можно предположить, что золото поступало в россыпь непосредственно из коренных источников; часть его испытала незначительное перемещение. Высокопробное золото сильнее изменено в коре выветривания (более выраженные межзерновые прожилки).

Анализ признаков самородного золота россыпей Северо-Енисейского района позволяет сделать следующие выводы.

Широкий диапазон колебаний пробности, срастания золота средней и низкой пробности указывают на общность путей поступления рудоносных растворов и стадийность их осаждения.

Комплекс типоморфных признаков золота: преобладание трещинных форм, относительная крупность, наличие самородков, преобладание частиц средней и высокой пробности, набор элементов-примесей, позволяют отнести коренные источники питания россыпей к золото-кварцевому малосульфидному рудно-формационному типу, проявленному в специфической вмещающей среде. Дополнительными источниками питания преимущественно мелким и тонким золотом (весьма высокой пробности) служит золото-мышьяковисто-сульфидное оруденение, не обладающее значительным россыпеобразующим потенциалом.

Характер гипергенных преобразований (уплотнённая коррозионная оболочка, микробугорчатый рельеф поверхности) основной части золота россыпей Северо-Енисейского района, их интенсивность, свидетельствует о последовательной денудации стадийных источников поступления золота, о значительной удалённости этих источников, а также о многократном переотложении золота с более высоких гипсометрических уровней или из древних россыпей. Ближний привнос весьма невелик, что отмечается в свойствах золота россыпей Вангашского узла.

В Нижнеамыльском узле золото отличается уплощённостью и удлинённостью форм, средним и крупным размерами (классы $+5 \text{ мм} > 35\%$, $-3,0+0,5 \text{ мм} \sim 48\%$).

Золото делится на две группы. Первая представлена частично окатанными сложными сростками кристаллов – пластинчатых, удлинённо-искажённых, скелетных, а также удлинёнными массивными гемиидиоморфными выделениями. Частицы значительно уплощены, слабо-среднеокатаны, с выровненной ямчато-бугорчатой поверхностью и с единичными отпечатками минералов и вмещающих пород.

Во вторую группу входят золотины «рудного» облика: комковидно-гемиидиоморфные, цементационные и трещинно-прожилковидные (лентовидно-пластинчатые и пластинчатые со сквозными пустотами от выкрашивания минералов), часто с включениями кристаллов прозрачного кварца или циркона. Поверхность их ямчатая,

местами переходящая в ячеистую, также бугорчато-губчатая, губчато-занозистая, на ней видны следы спайности минералов или ступенчатый рост. Количество этих частиц увеличивается с уменьшением размерности. Встречаются весьма мелкие (-0,25 мм) хорошо огранённые кристаллы и их сростки и серебристо-жёлтые интерстициальные (р. Зибизян) золотины, с ожелезнённой ямчато-губчатой поверхностью.

Золото слабо корродировано. Умеренно корродированная поверхность наблюдается на единичных окатанных золотилах в локальных участках среди плотных «корок» гидроксидов железа и марганца.

Средняя пробность золота россыпи р. Зибизян составляет 859‰, с вариациями 549-999‰ и преобладанием 880-960‰. По россыпи р. Большой Тюхтет средняя пробность выше – 912‰, с вариациями 865-983‰ и преобладанием 890-931‰.

В золоте постоянно присутствуют примеси Cu, Hg, Te спорадически – Bi, Pt, редко – W (по данным МРСА). В россыпи р. Большой Тюхтет отмечено «медистое» золото пробности 870‰ с содержанием Cu до 11,40 мас. %.

Изучение внутреннего строения золотин показало, что золото россыпей Амыльского района как и золото россыпей Северо-Енисейского района поступало из коренных источников разных формационных типов и различается по пробности и интенсивности преобразований в зоне гипергенеза.

Высокопробное золото монокристаллическое и двойниковое, неоднородное, с тонкими диффузионными зонами и глобулярными структурами распада. Первичная зернистость его нарушена деформациями (линии трансляций), частично рекристаллизована, границы двойников часто размыты.

Гипергенные преобразования незначительные, проявлены преимущественно в виде округлых высокопробных обособлений и зародышевой точечной коррозии. В более преобразованных золотилах наблюдается разрастание коррозионного слоя, часто с признаками его перекристаллизации и тонкие высокопробные прожилки по границам зёрен. Глубоко преобразованное (50-80% площади среза) золото с рекристаллизованной и деформированной коррозионной оболочкой и следами её глубокого растворения встречается редко.

Для золота средней пробности характерно пятнисто-неоднородное строение, с диффузионными зонами, обеднёнными серебром, различной мощности.

Золото относительно низкопробное (< 800‰) и низкопробное (< 700‰) отличается неоднородным зональным и пятнисто-зональным строением, и иногда признаками дезинтеграции, и незначительными преобразованиями в гипергенных условиях. Низкопробное золото образует как самостоятельные выделения, так и каймы на относительно низкопробном, а также выполняет в нём трещины дезинтеграции.

Структура «медистого» золота характеризуется зернистым неоднородным строением со следами деформации, признаками глубокой коррозии и интенсивного выщелачивания.

Комплекс типоморфных признаков золота изученных россыпей Нижнеамыльского узла: значительное разнообразие и распространение как правильных, так и смешанных форм, их удлиненность, уплощённость, наличие крупных кристаллических сростков, характерных для участков свободного роста, преобладание плохо огранённых форм из сульфидов поздней генерации, распространение трещинно-прожилковидных частиц в мелких классах, крупность частиц, вариации пробности, широкий спектр элементов-примесей, включающих Cu, Hg, Te, Bi, позволяет считать коренными источниками питания россыпей проявления золото-полисульфидно-кварцевой формации с дополнительным влиянием золотосодержащей медно-порфировой и золото-сульфидной минерализаций.

Присутствие в россыпях окатанного значительно преобразованного золота даёт основание предполагать возможность переотложения части золота с более высоких террасовых уровней или более древних россыпей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьева А. И., Кальниченко С.С., и др. Золотоносные россыпи Систигхемского района Тувинской АССР и их перспективная оценка. М., 1969 г. (ф.);
2. Кальниченко С.С., Эндогенное золотое оруденение и россыпеобразующие рудные формации Восточной Тувы. М., 1972 г. (дис., ф.)
3. Николаева Л. А., Гаврилов А. М. и др. Самородное золото рудных и россыпных месторождений России. Атлас. 2-е изд. Отв. Ред. Б. К. Михайлов. – М: Акварель, 2015, 200 с.

**ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ
ФОРМИРОВАНИИ ЗОЛОТОНОСНОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ
ФОРМАЦИИ БЕРЕЗИТОВ. (НА ПРИМЕРЕ КЕДРОВСКОГО, ВИТИМКОНСКОГО
(РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ) И БЕРЕЗИТОВОГО (АМУРСКАЯ ОБЛАСТЬ) РУДНЫХ
ПОЛЕЙ.)**

Для выделения участков проведения поисковых работ широко используются геофизические методы, позволяющие уверенно картировать зоны гидротермально изменённых пород, сопровождающих рудные объекты [1, 2].

При проведении поисково-оценочных работ на рудное золото в пределах Кедровского, Витимконского и Березитового рудных полей было выявлено, что вблизи золотоносных кварцевых жил, некоторые типы вмещающих пород гидротермально-метасоматической формации березитов обладают повышенной естественной намагниченностью. Вследствие этого, на карте изолиний аномального магнитного поля участки развития метасоматически изменённых пород, вблизи золоторудных кварцевых жил, отражаются узкими линейными положительными аномалиями.

Для выявления причин изменения магнитных свойств околорудных метасоматитов были проведены минералого-петрографические наблюдения, в результате которых установлено обширное развитие новообразованных агрегатов магнетита за счёт разложения темноцветных минералов вмещающих пород: пироксена, амфибола и биотита.

Установленная закономерность помогла в поиске не выходящих на поверхность зон метасоматически изменённых пород, содержащих золоторудные кварцево-жильные образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитский В.Е., Бородовой В.В. Комплексирование геофизических методов при решении геологических задач. М.: Недра, 1987. – С. 471.
2. Кривцов А.И. Металогения и прогноз рудоносности. М.: МГРИ, 1985. – С. 103.

ПРОБЛЕМЫ ВОСПОЛНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ МЕДНО- ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД РУДНОГО АЛТАЯ

Горно-металлургическая отрасль является наиболее динамично развивающимся и экономически стабильным сектором промышленности Казахстана. Рудный Алтай входит в число крупнейших колчеданных рудных провинций мира, месторождения которого в течение долгого времени являлись мировыми лидерами по добыче и запасам цветных металлов. Для месторождений характерно широкое развитие сульфидов меди, железа, свинца с высоким содержанием благородных металлов (Ag, Au, Pt), а также редких и редкоземельных элементов [1, 2].

Однако состояние минерально-сырьевой базы на базовые металлы становится все более удручающим. Например, в Зыряновском горнорудном районе в течение длительного времени отмечается дефицит рудного сырья. Обусловлено это отработкой запасов и перевод оставшихся руд в забалансовые на глубоких горизонтах Греховского и Зыряновского месторождений. С 2016 года проводится ликвидация Греховского рудника. Самым крупным месторождением в регионе является Малеевское, однако запасы руд по категории А+В+С составляют всего около 13,5 млн. тонн. Немного лучше ситуация в Прииртышском и Лениногорском рудных районах, однако при сложившейся ситуации в геологоразведочной отрасли, запасов этих месторождений хватит лишь на десяток лет.

Таким образом, для восполнения минерально-сырьевой базы цветных металлов необходимо не только открытие новых, прежде всего крупных, но и доизучение уже известных и эксплуатируемых месторождений.

Рудноалтайский полиметаллический пояс является одним из крупнейших в мире по концентрации полиметаллических месторождений и запасам свинцово-цинковых и медно-цинковых руд. Несмотря на многолетнюю историю изучения Алтая, до сих пор остаются нерешенные и спорные вопросы в области геологического строения, общей металлогении, закономерностей размещения рудных объектов, структуры и генезиса многих месторождений (Рис. 1).

В пространственном распределении колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая наблюдается определенная закономерность. По своему генезису месторождения связаны с вулканогенной базальт-риолитовой формацией, характеризуются многими общими чертами сходства и относятся к единой вулканогенной колчеданно-полиметаллической рудной формации. Отмечаются наиболее характерные признаки локализации оруденения: приуроченность месторождений к прибортовым частям палеовулканических депрессий вблизи поперечных тектонических структур с образованием рудных полей; идентичная форма рудных залежей (пласто-, линзо-, штоко-, столбообразная и гнездовидная); разнообразие окколорудных изменений пород (окварцевание, серицитизация, баритизация, хлоритизация, пиритизация) [1].

Выделяются два промышленных типа руд: собственно, колчеданно-полиметаллический и барит-полиметаллический. Для колчеданно-полиметаллического типа (месторождения Юбилейное, Малеевское, Артемьевское и др.) характерны значительные масштабы развития оруденения во всех рудных районах, а также сравнительно простой минеральный состав руд при резко повышенных содержаниях в рудах элементов-примесей. Руды по химическому и минеральному составу типичные с отношением свинца, цинка и меди соответственно 1:6:2.

Отличительной чертой барит-полиметаллического типа руд (месторождения Орловское, Змеиногорское и др.) является: локальное их развитие; сложный минеральный состав, отвечающий различным окислительно-восстановительным условиям образования; высокие, до промышленных, концентрации в рудах благородных металлов (золота, серебра, платиноидов [3, 4]).

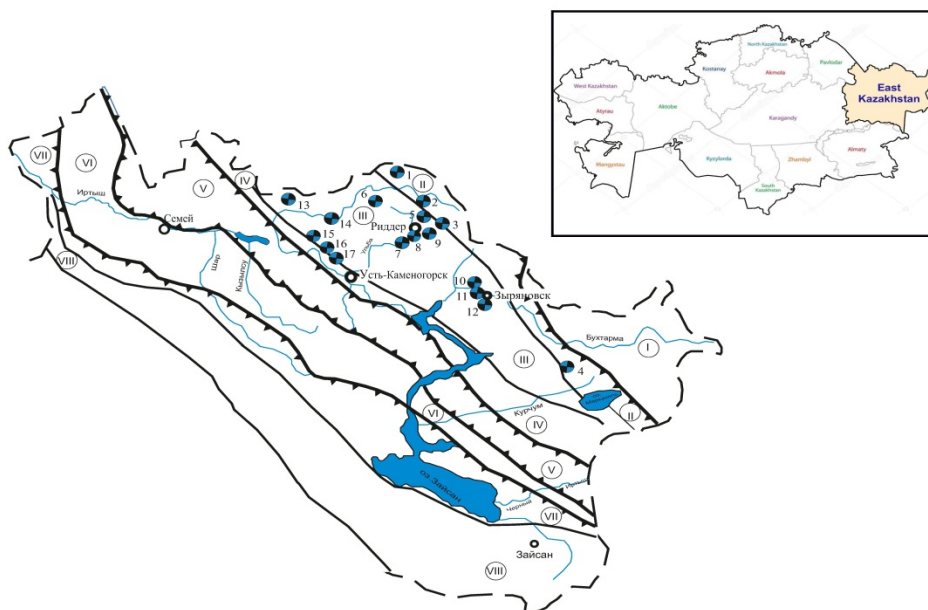


Рис. 1 Схема размещения колчеданно-полиметаллических месторождений в казахстанской части Рудного Алтая 1- граница рудных поясов и 2 - металлогенических зон; 3 - полиметаллическая рудная формация; Рудоносные структуры: I - Горноалтайская металлогеническая провинция; II-IV - Рудноалтайский пояс (II - Белоубинско-Сарымсактинская, III - Рудноалтайская и IV - Иртышская зоны); V - Калба-Нарымский пояс; VI - Западно-Калбинский пояс; VII-IX - Жарма-Саурский пояс (VII - Чарско-Зимунайская, VIII - Жарма-Саурская, и IX - Сиректас-Сарсазанская зоны); X-XI - Чингиз-Тарбагатайский пояс (X- Восточно-Чингизская и XI - Западно-Чингизская зоны); XII - Балхашская металлогеническая провинция. Месторождения: 1 - Осеннее, 2 - Чекмарь, 3 - Старковское, 4 - Никитинское, 5 - Стрежанское, 6 - Анисимов Ключ, 7 - Тишинское, 8 - Риддер-Сокольное, 9 - Ново-Ленинское, 10 - Малеевское, 11 - Зыряновское, 12 - Греховское, 13 - Шемонаихинское, 14 - Верхубинское, 15 - Ново-Березовское, 16 - Иртышское, 17 - Белоусовское, 18 - Байгора, 19 - Майбулак.

В пределах всего Рудного Алтая четко прослеживается зональность оруденения. На северо-востоке преобладают свинцово-цинковые руды (Риддер-Сокольное, Тишинское, Зыряновское), на юго-западе - медно-цинковые (месторождения Малеевское, Артемьевское). Многие исследователи объясняют подобную зональность различным вещественным составом рудогенерирующей базальт-андезит-риолитовой формацией с более кислыми дацит-риолитовым составом на восточной части Рудного Алтая и более основным базальт-андезитовым в его западной части.

Рудный Алтай детально изучен в течении более чем вековой истории его освоения. Это и геолого-съёмочные, геологоразведочные, геофизические и геохимические исследования, и бурение скважин, проходка горных выработок и пр. Строение рудных полей и месторождений Рудного Алтая рассматривались в многочисленных работах (Г.Ф. Яковлев, Г.Н. Щерба, А.А. Малыгин, Г.П. Нахтигаль, Х.А. Беспаяев, Н.В. Полянский, Г.Д. Ганженко, В.М. Чекалин и многие др.) [5-7].

Общая модель рудообразования отражает генетическую связь колчеданных месторождений с девонским вулканизмом, демонстрирует многостадийность рудного процесса и этажность, с вертикальным размахом руд до 1000-1500 м, распределения золото-медно-полиметаллического оруденения на различных геохронологических уровнях девонского вулканогенно-осадочного разреза. В результате выполненных палеометаллогенических реконструкций выделяется своеобразная рудноалтайская рифтогенная медно-полиметаллическая РМС девонского возраста, продуктивная на колчеданно-полиметаллическое оруденение (Cu, Pb, Zn, Au и др.). Процессы рудообразования связаны с субмаринными условиями и восходящими потоками ювенильного вещества как источника металлов (Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Au, Ag и др.) и газов

(CO₂, N₂, H₂S, S, Cl и др.). По происхождению выделяются два типа руд: 1) стратиформный гидротермально-осадочный и 2) гидротермально-метасоматический, представленный большинством колчеданно-полиметаллических месторождений с богатыми комплексными рудами (Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Pt и др.) [8,9].

Линейно-поясовое размещение колчеданно-полиметаллических объектов в пределах крупного Рудноалтайского медно-полиметаллического пояса (длиной порядка 1000 км) отражает его высокий энергетический потенциал и раскрывает новые возможности для прогнозирования и поиска скрытых рудных объектов. Месторождения характеризуются схожими формами рудных залежей, сопутствующим метаморфизмом и минеральными ассоциациями. Рудные залежи имеют пласто-, линзо-, штоко-, столбообразную, амebo- и гнездовидную формы. Длина рудных тел по простиранию и падению сотни метров и более (до 800-1200 м), мощности десятки-сотни метров. Гидротермальные изменения пород - окварцевание, серицитизация, баритизация, карбонатизация, хлоритизация, пиритизация. Золотоносные ассоциации: колчеданные пирит-халькопирит-сфалеритовая, галенит-сфалеритовая, барит-полиметаллическая, жильные кварц-сульфидная. Все это доказывает, что Рудный Алтай еще не исчерпал свои возможности и что для реализации прогнозов, изложенных в [10] и других работах, рекомендуется новый этап глубинного геологического изучения территории Рудного Алтая и перспективных рудоносных структур с внедрением современных методов глубинного геологического и минерагенического картирования (ГГК и ГМК) ведущих рудных районов, сопровождаемых инновационными технологиями проведения геофизических и геохимических работ, значительными объемами структурного и поискового бурения, высокоточными аналитическими исследованиями.

Существующие в настоящее время современные технологии извлечения ценных компонентов из комплексных руд, использование сверхточного оборудования смогут существенно повысить интерес к глубокому пониманию генетических процессов рудообразования, закономерностей формирования месторождений и вещественного состава руд, определяющих их извлечение и переработку и, следовательно, их значение для развития промышленности страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспяев Х.А., Николаев Л.Г., Ганженко Г.Д., Тойбазаров М.А. Колчеданно-полиметаллические месторождения Прииртышского района. Алма-Ата, Наука, 1988г.
2. Mizernaya, M.A., Miroshnikova, A.P., Pyatkova, A.P., Akilbaeva, A.T. The main geological-industrial types of gold deposits in East Kazakhstan Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu 2019(5), с. 5-10
3. Rafailovich MS, Mizernaya MA, Dyachkov BA. Large Gold Deposits Hosted in Black Shales: Formation Conditions and Features of Similarity. Almaty 2011, 272 p.
4. Горжевский Д.И., Чекваидзе В.Б., Исакович И.З. Типы полиметаллических месторождений Рудного Алтая, их происхождение и методы поисков. М.: Наука, 1977. – 197 с.
5. Дьячков Б.А., Ганженко Г.Д., Сапаргалиев Е.М. Геодинамические обстановки формирования рудоносных структур Большого Алтая. – Алматы, «КазГео», 2016. – С. 9-21.
6. Малыгин А.А., Нахтигаль Г.П. Реставрирование рудно-магматических систем как метод прогнозирования промышленных колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая // Геология Казахстана. 1999. № 2. С. 29-42.
7. Париков Ю.С. Генезис основных типов месторождений цветных металлов Казахстана (по результатам изучения флюидных включений). – Алматы, 2012. – 266 с.
8. Chekalin V.M., Dyachkov B.A. Rudny Altai base-metal belt: localization of massive sulfide mineralization // Geology of Ore Deposits. – 2013, Vol. 55. №6. – P.513-532.
9. Mizernaya, M.; Dyachkov, B.; Miroshnikova, A. Large sulfide-quartz stockwork gold deposits of Kazakhstan - formation conditions and predicting criteria VISNYK OF TARAS SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV-GEOLOGY Выпуск: 3 Стр.: 82-88
10. Бекжанов. Г.Р., Кошкин В.Я., Никитченко И.И. и др. Геологическое строение Казахстана – Алматы: Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан, 2000. – 396 с.

ВКЛЮЧЕНИЯ РЕНИЯ И МОЛИБДЕНИТА В ПОРОДАХ МИХЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Главным промышленным источником рения в настоящее время являются месторождения медно-порфирового типа, а основным минералом концентратором этого элемента — молибденит. Исследование причин и факторов концентрирования и распределения рения на молибден- и медно-порфировых месторождениях представляет широкий научный интерес, так как в России рений в настоящее время является дефицитным стратегическим металлом, и это определяет актуальность изучения особенностей его распределения на порфировых месторождениях.

Михеевское месторождение расположено в Челябинской области. К востоку от Маукско-Кацбахского глубинного разлома, в пределах Восточно-Уральского поднятия, Восточно-Уральского прогиба и Зауральского поднятия, выявлена система долгоживущих глубинных разломов и щелевидных грабенов субмеридионального направления. Принято считать, что глубинные разломы предопределили размещение вулканоплутонических ассоциаций пород с силура до позднего палеозоя. С этими комплексами генетически и пространственно связаны месторождения и проявления медно-порфировых, золото-порфировых руд, благородных металлов, полиметаллов, марганцевых руд и др.

В стратиграфическом отношении Михеевский рудный район и его ближайшее окружение сложены вулканогенно-осадочными породами палеозоя, мезозойской корой выветривания палеозойских пород и осадочными отложениями кайнозоя.

Михеевское месторождение медно-порфировых руд в морфологическом плане представляет собой линейный штокверк [2]. Для месторождений подобного типа типичным является пространственная и генетическая связь с малыми интрузиями и телами субвулканических пород умеренно кислого состава. Рудные залежи локализуются здесь в эндо- и экзоконтактах малых интрузий.

На месторождении выделены 3 типа руд: первичные сульфидные руды, рыхлые сульфидные руды и окисленные руды. При этом отнесение руд к тому или иному технологическому типу основывалось на макроскопическом определении минерального состава руд.

Первичное сульфидное оруденение Михеевского месторождения, представлено штокверком прожилковых, прожилково-вкрапленных и вкрапленных руд. Наиболее распространенными рудными минералами являются пирит и халькопирит, второстепенными - сфалерит, галенит, пирротин, молибденит, магнетит, борнит, редкими – блеклая руда, золото, ильменит, арсенопирит и др. Халькопирит – главный медьсодержащий минерал рудного штокверка находится в виде вкрапленности, зернистых агрегатов, прожилков, гнезд и неправильной формы зернистых скоплений. Рыхлые сульфидные руды занимают промежуточное положение между первичными сульфидными рудами и окисленными рудами. Окисленные руды имеют площадную линзообразную форму, осложненную отдельными карманами. В зоне окисления медь накапливается в виде карбонатов и силикатов (малахит, азурит, хризоколл), реже сульфатов (брошантит) меди [1].

Общее содержание рудных минералов в первичных сульфидных рудах по результатам минералогического анализа материала технологических проб изменяется от 4,7 до 7,8%. Молибденит в пределах рудного штокверка имеет ограниченное распространение и отмечается в ассоциации с кварцем, пиритом и халькопиритом, образуя кварц- молибденитовые, кварц-халькопирит-молибденитовые прожилки с пиритом. Мощность таких прожилков 0,5-5 мм.

Из образца М-1, представляющего собой базальт болотно-зеленого цвета с тонкими прожилками кальцита, с вкрапленниками пирита и молибденита, были определены

содержания рения, селена и вольфрама по соответствующим профилям при помощи рентгеноспектрального микроанализа и построены графики их распределения (Рис. 1, 2).

Изучено распределение рения, селена и вольфрама в рудах Михеевского молибден-медно-порфирового месторождения. Установлено, что количество рения в рудах обычно не превышает 0,5 ppm. Рений в пределах чешуек молибденита всегда распределен неравномерно. Встречаются точечные участки с повышенными содержаниями рения на фоне невысоких содержаний, равномерно распределенных в пределах зерна. Неравномерное распределение рения в молибдените является достаточно распространенным явлением. На Урале неравномерное распределение рения в молибдените было установлено на нескольких месторождениях: Восточно-Артемовском, Вознесенском молибден-медно-порфировом, Верхнеуральском молибден-медно-порфировом, Калиновском медно-порфировом. Тем не менее, природа такого распределения пока изучена слабо. В некоторых работах показано, что заметные примеси рения характерны для 3R поли типа молибденита, тогда как структура наиболее широко распространенного 2H поли типа молибденита неблагоприятна для вхождения в нее рения [3].

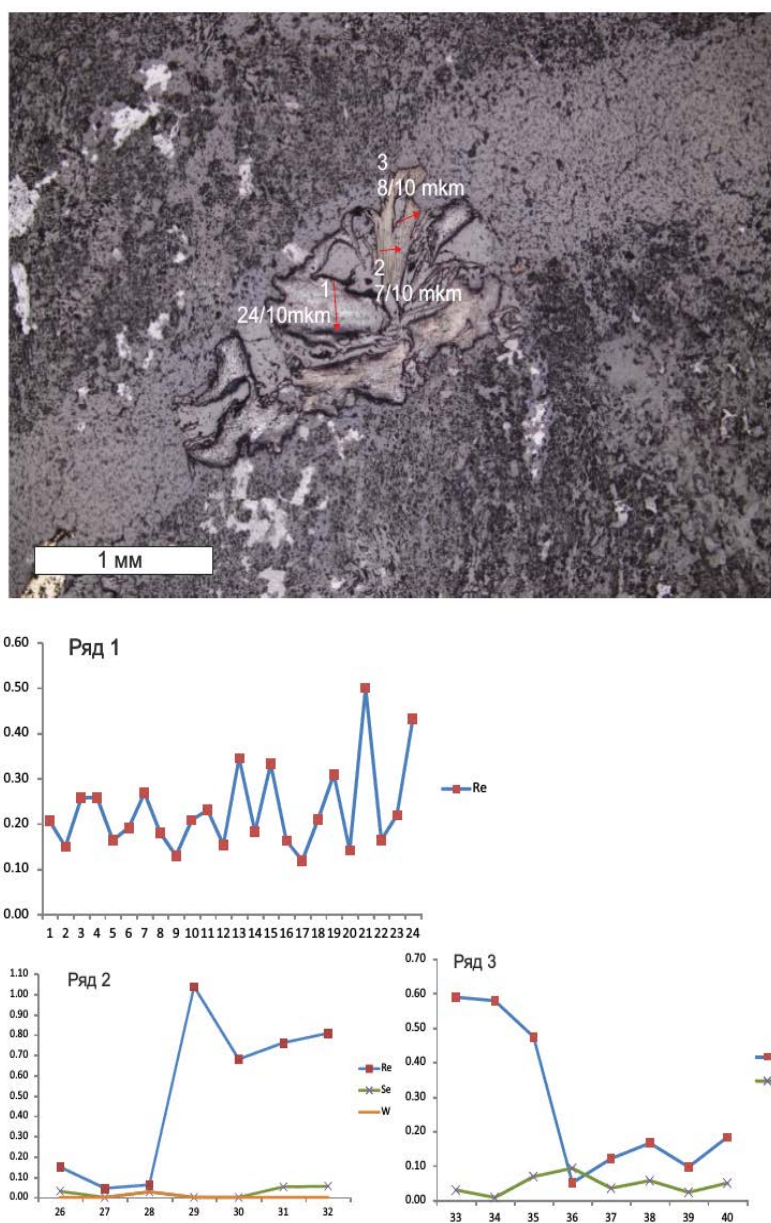


Рис. 1. Распределение включений рения, селена и вольфрама в молибдените (ряд 1, 2, 3).

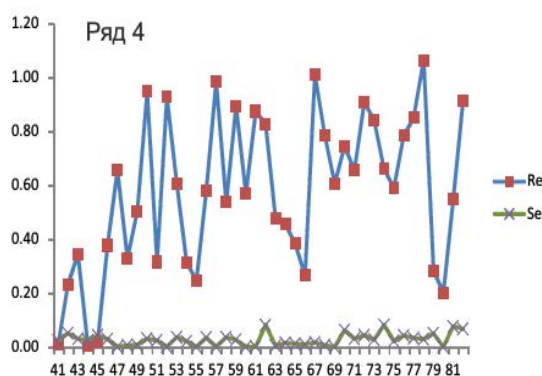
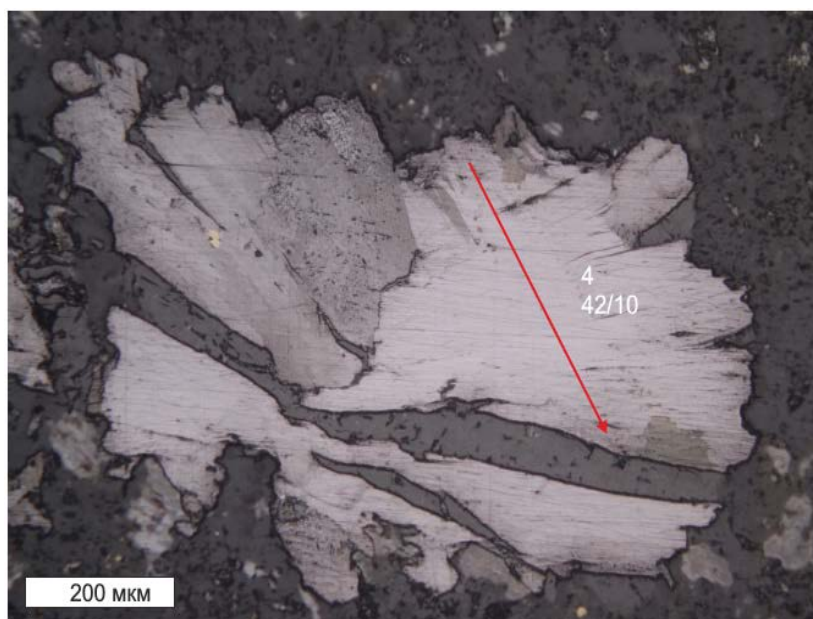


Рис. 2. Распределение включений рения и селена в молибдените (ряд 4).

Запасы месторождения составляют около 1.8 млн. тонн меди и 14 тыс. тонн молибдена. Однако оно было признано неперспективным на рений, т.к. среднее содержание рения в молибдените Михеевского месторождения менее 500 г/т при средних содержаниях молибденита в рудах около 0,004%. Но недавно в отдельных участках выделений молибденита были зафиксированы высокие содержания рения – до 0,6 мас. % [4]. Выше приведенные исследования показывают, что на Михеевском молибден-медно-порфировом месторождении в перспективе может добываться рений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривцов А. И., Мигачев И. Ф., Попов В. С. Медно-порфировые месторождения мира. - М.: Недра, 1986. – С. 236.
2. Плотинская О. Ю., Грабежев А. И., Зелтманн Р. Рений в рудах Михеевского Мо-Си порфирового месторождения, Южный Урал // Геология рудных месторождений, 2015, том 57, № 2. С. 132.
3. Филимонова Л.Е., Жуков Н.М., Малявская А.Т. Генетические аспекты полиитии и рениеносности молибденитов на медно порфировых месторождениях // Геохимия. 1984 № 7. - С. 1040–1046.
4. Грабежев А.И., Шагалов Е.С. Распределение рения в молибдените по результатам микрозондового сканирования (медно порфировые месторождения, Урал) // Докл. АН. 2010 Т. 431 № 2. - С.233–237.

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА
НА РОССЫПНОЕ ЗОЛОТО (НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ ГДП-200,
ВЕТРЕНСКАЯ ПЛОЩАДЬ)

На площади листа Р-55-XXIV (Магаданская область) широко развиты промышленные россыпные месторождения золота. Наибольшее их количество расположено в бассейне р. Колымы. В результате комплексного анализа материалов по россыпной золотоносности выделена региональная Колымская россыпная зона, в общих чертах, соответствующая осевой части долины р. Колымы. Данная зона имеет северо-восточное направление. В пределах зоны расположены максимумы продуктивности Дусканьинского, Ветренского и Сибик-Тыэллахского россыпных узлов. Наиболее крупные месторождения (руч. Ветренный, Сибик-Тыэллах и др.) расположены в пределах бассейна р. Колымы в районе Ветренского коренного месторождения золота.

В долине р. Колымы в пределах Колымской россыпной зоны в качестве перспективных на промышленную россыпную золотоносность нами выделены высокие террасы. В современном эрозионном врезе они представлены 130 метровым уровнем V надпойменной террасы, фрагментарно сохранившейся на обоих бортах долины р. Колымы ниже по течению от устья р. Детрин. В рельефе террасы представлены горизонтальными и полого наклонёнными площадками разного размера площадью от 0,1 км² до 15 км². Наиболее крупными являются: участок террасы между руч. Вилун и руч. Скрытый; участок террасы между руч. Мой и руч. Оттоги-Отуг; участок террасы между руч. Роскошный и руч. Руль; участок террасы между руч. Ошибка и руч. Кюнебеллях; участок террасы между руч. Кюнебеллях и руч. Сибик-Тыэллах; приустьевая часть руч. База и руч. Незаметный. Поверхность террас относительно ровная, залесенная, местами заболоченная, с небольшим уклоном в сторону р. Колыма. Если объединить в единую поверхность фрагменты террасы на правом и левом берегу р. Колыма, то общая ширина палеодолины на этом уровне составит около 6 км.

На террасах сохранились аллювиальные отложения среднего плейстоцена (Q_2^{1-2}), разрез которых представлен двумя горизонтами: верхний щебнисто-галечный с редкими валунами и песком, нижний – галечный с валунами и плотной глиной. Мощность аллювиальных отложений на террасах V уровня достигает 30 м.

По материалам разведочного бурения и шурфования, обобщенных на картах золотоносности (В.С. Булгаков 1973 г.), в аллювиальных отложениях высоких террас установлены проявления россыпного золота. В целом, проявления характеризуются слабым уровнем изученности. Большинство из террас пересечены единичными поисковыми линиями УКБ.

В разрезе рыхлых отложений золотоносный пласт приурочен к нижней части аллювиальных отложений и к трещиноватым породам плотика. Пески представлены слоем хорошо окатанной гальки с гравием, песком и глиной, элювиальным щебнем и верхней частью трещиноватых коренных пород. Мощность песков непостоянная и обычно составляет 0,2-2,4 м, содержание золота в них варьируется от единичных знаков до 8 г/м³. Пробность золота колеблется в диапазоне 700—950. Золото мелкое и очень мелкое. Имеет красновато- и розовато-желтый цвет и хорошую окатанность. Слабоокатанное золото встречается в основном на участках, образованных вследствие размыва Ветренской золотоносной зоны.

По данным поискового бурения золотоносные пласты имеют узкую лентообразную форму и приурочены к западинам плотика (древние тальвеги). Ширина таких струй составляет от 1-3 м до 5-10 м. В других случаях пласт имеет более широкое распространение в виде прерывистого, крайне изменчивого по мощности и содержанию тела.

В районе известна одна промышленная россыпь, приуроченная к V надпойменной террасе р. Колымы между руч. Мой и руч. Оттоги-Отуг. Данное месторождение отработано. Оно представлено несколькими сближенными параллельными струями. Средняя мощность торфов на месторождении составляла 4,0 м, мощность песков 0,66 м и среднее содержание 7,8 г/м³. Золотоносный пласт лежит полностью в разрушенных коренных породах, в самой верхней его части на плотике находятся единичные крупные самородки (до 2075 мг). Накопленная добыча россыпного золота по месторождению составляет 1,5 т [2].

Источником россыпного золота на рассматриваемом отрезке долины р. Колымы являются золотоносные кварцево-жильные зоны северо-западного простирания Ветренского типа.

В долине р. Колымы и её притоков отработаны многочисленные россыпи, расположенные в нижней части долин и на низких террасах. Эти части долины характеризуются высокой степенью разведанности, практически все месторождения выявлены и отработаны, перспектив прироста ресурсов нет.

Уровень высоких террас характеризуется недостаточной изученностью. Ранее в связи с невысокими содержаниями металла и большой мощностью торфов, они не рассматривались в качестве промышленного типа. В текущий момент в связи со значительным понижением кондиций, мы считаем, что данный тип требует переоценки. Существуют перспективы выявления мелких и средних объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булгаков В.С., Портянко А.Л. и др. Карта золотоносности масштаба 1:25.000 Санга-Талонская группа листов. Объяснительная записка. п. Усть-Омчуг, 1973 г.
2. Голенко А.Н. Отчет о проведенных работах в долине р. Колымы на участке от ручья Кварцевого до Больших Порогов масштаба 1:25 000, Магаданская область, 1967 г.

ГЕОХИМИЯ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И РУД ОЛИМПИАДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА

Золоторудное месторождение Олимпиада расположено в пределах Восточного золотоносного пояса Енисейского кряжа (Красноярский край) и является одним из крупнейших по запасам золота в России и Море. На начало 2018 г. запасы с учетом добычи составили более 1560 т.

Месторождение приурочено к силикатно-карбонатной пачке терригенной толщи кординской свиты нижнего рифея (RF1kd). В окружении месторождения распространены гранитоиды, удаленные от него на 1,5 и более км. Структура рудного поля представляет собой набор сопряженных складок (Иннокентьевская и Чиримбинская синклинали и Медвежинская антиклиналь) W-образной формы, которые можно интерпретировать как компенсационные синформные депрессии (синклинали) в приконтактовых областях интрузий, объединенные антиформным блоком пород (антиклиналь). Рудные тела концентрируются в замках складок и перегибах пород на их крыльях. Слюдяно-кварц-карбонатная матрица сульфидно-вкрапленных руд разлинзована, милонитизирована и собрана в мелкие складки вплоть до плейчатости. Рудные минералы (главными из которых являются арсенопирит, пирит, пирротин, стибнит и золото самородное) образуют вкрапленность и прожилки во вмещающих породах [4].

Руды делятся на золото-мышьяковые (803-758 млн лет) и золото-мышьяк-сурьмяные (795-660 млн лет), которые пространственно разобщены и оторваны во времени [1, 2]. Ранняя продуктивная золото-мышьяковая ассоциация образована при температурах 260-470°C и давлениях 1,1-2,5 кбар, флюидом соленостью 9,5-20,0 мас.% NaCl-экв., содержащим в основном хлориды Mg и Na. Температуры образования поздней золото-сурьмяной ассоциации значительно ниже – 240-300°C, при давлении 1,8-2,1 кбар, и солености 5,5-8,0 мас.% NaCl-экв., в составе водной фазы отмечены хлориды натрия и магния [2].

Вмещающие породы месторождения представлены метаморфизованными стратифицированными отложениями кординской свиты (сверху вниз): углеродисто-силикатные и карбонатные сланцы, кварцсодержащие мрамора и двуслюдяные кварц-кальцитовые сланцы. Все породы в разной степени гидротермально и метасоматически изменены и содержат сульфидную минерализацию.

Основные различия химического состава пород обусловлены распределением SiO₂, Al₂O₃, K₂O, TiO₂, CaO и потерь при прокаливании и отражают дифференциацию в минеральном составе пород, в основном распределение кварца, карбонатов и слюд. Так, углеродистые породы характеризуются повышенными содержаниями кремния, алюминия, калия, титана и, напротив, пониженными кальция и ППП. Для мраморов характерны высокие концентрации кальция и ППП. Породы силикатно-карбонатной пачки и развитые по ним «обеленные» выщелоченные разности характеризуются промежуточными содержаниями рассмотренных оксидов. Состав неизмененных метапелитов кординской свиты [3] согласуется с углеродистыми сланцами месторождения. Рассматриваемые оруденелые породы месторождения характеризуются практически непрерывным изменением своего состава от собственно глиноземистых (А) до карбонатных (С), в узком интервале ферро-магнезиальности (FM) (Рис. 1).

По распределению редкоземельных элементов метапелиты кординской свиты [3] приближаются к составу PAAS (Рис. 2). Основными отличиями можно отметить слегка повышенные содержания всех лантанидов в породах кординской свиты, слабо отрицательную аномалию церия (Ce/Ce*=0,89) и слабый максимум тулия, относительно состава PAAS.

Углеродистые сланцы месторождения характеризуются повышенными содержаниями REE (137,89-217,26 г/т), соответствующими уровням накопления их в PAAS

и метapelитах корды (Рис. 2, а). Форма хондрит-нормированных спектров приближается к составам PAAS и корды, и характеризуется умеренным дифференцированием легких и тяжелых лантаноидов ($\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}=7,77\text{-}12,85$; $\text{Lan}/\text{Ybn}=9,04\text{-}17,83$), а также равномерным распределением HREE ($\text{Gdn}/\text{Ybn}=1,42\text{-}2,57$). При общем подобии спектров, наблюдаются различия, обусловленные, в основном, распределением Dy, Ho и Er, которые в ряде образцов показывают тенденцию к деpletированию относительно соседних лантанидов и составов PAAS и метapelитов корды. Все спектры углеродистых сланцев отличаются повышенной глубиной европиевого минимума ($\text{Eu}/\text{Eu}^*=0,39\text{-}0,67$) и индифферентным поведением церия ($\text{Ce}/\text{Ce}^*=0,91\text{-}1,07$).

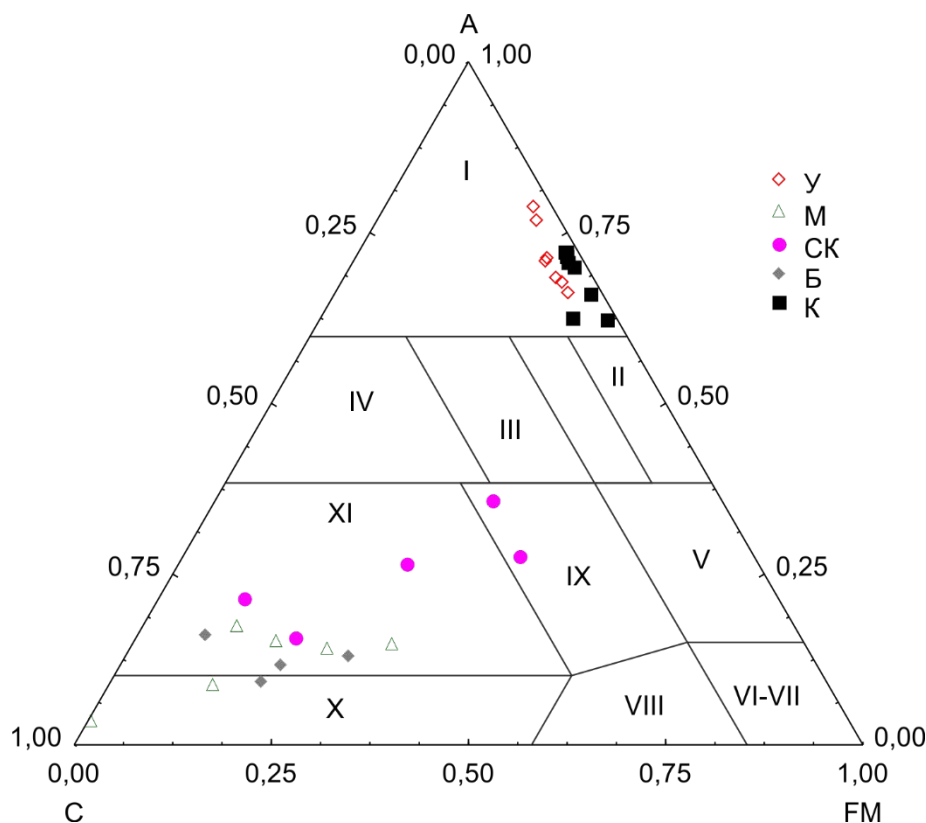


Рис. 2 Состав метаморфических пород Олимпиадинского месторождения. А – коэффициент глиноземистости = $(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 100) / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{CaO} + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{FeO})$; М – коэффициент магнезиальности, С – коэффициент известковистости, F – коэффициент железистости. Поля пород: I – собственно алюмосиликатных; II – железисто-магнезиально-алюмосиликатных; III – щелочноземельно-алюмосиликатных; IV – известково-алюмосиликатных; V – глиноземисто-магнезиально-железистых; VI – железисто-кремнистых; VII – магнезиальных; VIII – щелочноземельно-малоглиноземистых; IX – щелочноземельно-глиноземистых; X – известково-карбонатных; XI – глиноземисто-известковых. У – Сланцы углеродисто-силикатные и карбонатные, М – мраморы кварцсодержащие полосчато-сланцеватые пепельно-серые и голубовато-серые, СК – двуслюдяные кварц-кальцитовые сланцы, Б – «обеленные» выщелоченные двуслюдяные кварц-кальцитовые сланцы, К – метapelиты кординской свиты, не затронутые гидротермальным процессом [3].

Мраморизованные породы в отличие от углеродистых сланцев характеризуются пониженными значениями суммы редких земель (16,07-104,93 г/т) (Рис. 2, б). При общем подобии формы спектров углеродистым сланцам месторождения устанавливается более низкий уровень дифференциации LREE и HREE ($\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}=4,72\text{-}8,95$; $\text{Lan}/\text{Ybn}=4,57\text{-}9,43$), а распределение тяжелых лантанидов находится на том же уровне ($\text{Gdn}/\text{Ybn}=1,27\text{-}1,73$). Все образцы также характеризуются наличием глубокого европиевого минимума ($\text{Eu}/\text{Eu}^*=0,59\text{-}0,82$), однако поведение церия меняется с появлением для большинства образцов положительной его аномалии ($\text{Ce}/\text{Ce}^*=1,18\text{-}1,51$).

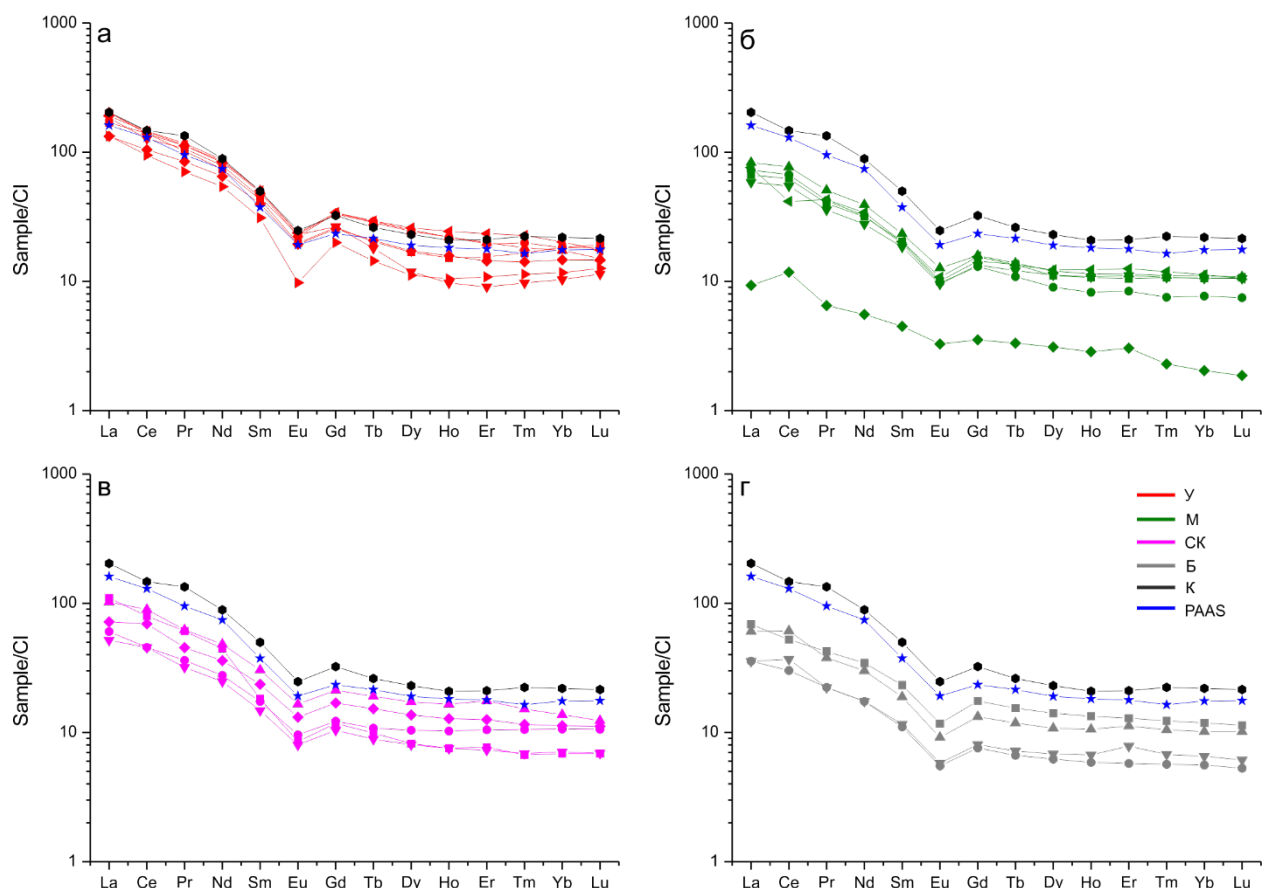


Рис. 2 Распределения REE в изученных образцах. Значения нормированы на хондрит [5]. У – Сланцы углеродисто-силикатные и карбонатные, М – мраморы кварцсодержащие полосчато-сланцеватые пепельно-серые и голубовато-серые, СК – двуслюдяные кварц-кальцитовые сланцы, Б – «обеленные» выщелоченные двуслюдяные кварц-кальцитовые сланцы, К – метapelиты кординской свиты, не затронутые гидротермальным процессом [3], PAAS – состав постархейских австралийских осадков [6]. Рис. 2. Распределения REE в изученных образцах. Значения нормированы на хондрит [5]. У – Сланцы углеродисто-силикатные и карбонатные, М – мраморы кварцсодержащие полосчато-сланцеватые пепельно-серые и голубовато-серые, СК – двуслюдяные кварц-кальцитовые сланцы, Б – «обеленные» выщелоченные двуслюдяные кварц-кальцитовые сланцы, К – метapelиты кординской свиты, не затронутые гидротермальным процессом [3], PAAS – состав постархейских австралийских осадков [6].

Спектры силикатно-карбонатных пород находят общее с распределением REE в углеродистых сланцах и мраморизованных породах (Рис. 2, в). При этом суммарный уровень накопления редкоземельных элементов занимает промежуточное положение между ними ($64,51-128,05$ г/т), также, как и степень фракционирования легких и тяжелых лантанидов ($\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}=5,91-12,93$; $\text{La}/\text{Ybn}=5,68-15,99$). Характер распределения HREE аналогичен и не показывает значимой дифференциации ($\text{Gdn}/\text{Ybn}=1,15-1,71$). Форма европиевой аномалии сохраняется, как и абсолютные ее величины ($\text{Eu}/\text{Eu}^*=0,58-0,66$). Аномалия церия в среднем менее выражена ($\text{Ce}/\text{Ce}^*=1,12-1,21$), при этом для части образцов она не проявлена вовсе ($\text{Ce}/\text{Ce}^*=0,97$).

«Обеленные» (выщелоченные) силикатно-карбонатные породы отличаются минимальными содержаниями лантаноидов ($44,53-84,87$ г/т) и наименьшей степенью фракционирования в ряду La-Lu ($\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}=5,32-6,74$; $\text{La}/\text{Ybn}=5,44-6,36$). В целом же спектры этих пород аналогичны ранее рассмотренным (Рис. 2, в) и близки к породам силикатно-карбонатной пачки, что проявляется в наличии образцов как с положительной аномалией церия, так и с индифферентным его поведением ($\text{Ce}/\text{Ce}^*=0,97-1,31$), при общем европиевом минимуме ($\text{Eu}/\text{Eu}^*=0,58-0,60$).

Таким образом, изученные типы пород характеризуются различными уровнями накопления лантанидов, при общем подобии спектров их распределения. При этом существенно карбонатные породы отличаются наименьшими содержаниями REE. Обращает на себя внимание разный уровень дифференциации легких и тяжелых лантанидов, с трендом уменьшения степени фракционирования в сторону карбонатных пород. Наличие подобной закономерности может предполагать вынос части LREE при метасоматическом изменении пород. На наличие метасоматической дифференциации может указывать и положительная аномалия церия, характерная для карбонатных пород.

Ранее нами получены данные о распределении REE в сульфидных минералах и золоте самородном Олимпиадинского месторождения, которые свидетельствуют о близости составов ранних ассоциаций вмещающим породам. Поздние сурьмяные парагенезисы характеризуются иными паттернами распределения REE. Для золота месторождения устанавливается два тренда накопления лантанидов – с подобием их распределения вмещающим породам и отличный от них [7].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90017\19.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гибшер Н.А., Сазонов А.М., Травин А.В., Томиленко А.А., Пономарчук А.В., Сильянов С.А., Некрасова Н.А., Шапаренко Е.О., Рябуха М.А., Хоменко М.О. Возраст и продолжительность формирования Олимпиадинского золоторудного месторождения (Енисейский край, Россия) // Геохимия. — 2019. — 64(5). — С. 548–553.
2. Гибшер Н.А., Томиленко А.А., Сазонов А.М., Бульбак Т.А., Рябуха М.А., Сильянов С.А., Некрасова Н.А., Хоменко М.О., Шапаренко Е.О. Олимпиадинское золоторудное месторождение (Енисейский край): температура, давление, состав рудообразующих флюидов, $\delta^{34}\text{S}$ сульфидов, $^3\text{He}/^4\text{He}$ флюидов, Ar-Ar возраст и продолжительность формирования // Геология и геофизика. — 2019. — №9. — С. 1310–1330.
3. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Вершинин А.Е. Геохимические свидетельства природы протолита железисто-глиноземистых метапелитов кузнецкого Алатау и Енисейского края // Геология и геофизика. — 2006. — № 1. — С. 119–131.
4. Сазонов А.М., Звягина Е.А., Сильянов С.А., Лобанов К.В., Леонтьев С.И., Калинин Ю.А., Савичев А.А., Тишин П.А. Рудогенез месторождения золота Олимпиада (Енисейский край, Россия) // Геосферные исследования. — 2019. — № 1. — С. 17–43.
5. McDonough W. F., Sun S.-Y. The composition of the Earth // Chemical Geology. — 1995. — № 120. — P. 223–253.
6. McLennan S.M. Rare Earth Elements in Sedimentary Rocks: Influence of Provenance and Sedimentary Process // Review of Mineralogy. — 1989. — №21. — P. 169–200.
7. Silyanov S.A., Sazonov A.M., Tishin P.A. REE geochemistry of the sulfides and native gold of the Olympiada deposit (Russia, Siberia) // Proceedings of the 15th SGA Biennial Meeting. — 2019. — P. 264–266.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ШЛИХО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОИСКОВ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ТОЛЩ ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Шлихо-минералогический метод поисков является важнейшей составляющей современной технологии прогнозирования, поисков и оценки месторождений алмазов. Этот метод используется для разбраковки обширных территорий по степени перспективности, выявления прямых признаков наличия первоисточников алмазов, выделения площадей ранга прогнозируемого кимберлитового поля, локализации местоположения отдельных коренных источников. Состав и морфологические особенности индикаторных минералов позволяют судить о генетическом типе первоисточника и степени их удаленности от искомого объекта. С помощью шлихо-минералогического метода были открыты крупнейшие месторождения алмазов на Сибирской платформе, в Австралии и Южной Африке.

Наибольшую эффективность метод показывает на площадях, где кимберлитовмещающий цоколь перекрыт молодыми осадками небольшой мощности. На площадях, где коренные источники перекрыты толщами ледниковых отложений мощностью более 20 м (значительная часть СЗФО РФ), использование метода затруднено.

Этим обстоятельством обусловлена необходимость разработки и адаптации методики обнаружения участков вывода индикационных минералов из зоны ледниковой экзарации на поверхность и определения местоположения первоисточников.

В обстановках ледникового осадконакопления ореолы рассеяния подразделяются на собственно ледниковые, связанные с различными типами морен и водно-ледниковые, связанные с различными типами водно-ледниковых образований.

В свою очередь основные типы ледниковых осадков делятся на группы фаций основных морен (моноклитные и чешуйчатые) и конечных морен (активного края ледника, пассивного края ледника) [1,4]. В данной работе рассматривается методика шлихо-минералогического опробования территорий, характеризующихся распространением основных морен.

Основные морены формируются в результате захвата обломочного материала основанием движущегося ледника с его ложа, постепенного насыщения мореносодержащего льда обломочным материалом с последующим отслаиванием морены при прогрессирующей потере пластичности льда. Подобный процесс образования морен предполагает, что процесс транспортировки и отложения осадка неразрывны во времени.

В основу предлагаемой методики положены разработки советских ученых 70-80-х годов прошлого века (Лаврушин, 1976; Голубев, 1987; Аболтиньш, 1989), в соответствии с которыми формирование толщ ледниковых отложений сопровождается процессами движения льда по плоскостям внутренних сколов (плоскостями гляциотектонических надвигов). Это происходит в тех случаях, когда лед встречает на своем пути препятствия в виде неровностей рельефа, либо блоков мертвого льда. Рельеф ледникового ложа в значительной степени определяет и особенности рельефа, сформированного ледником [3]. Данные представления нашли свое подтверждение в работах ЦНИГРИ при изучении ледниковых отложений, перекрывающих алмазоносные трубки месторождения им. Ломоносова в Архангельской области [1].

Обобщая изложенные в работах ЦНИГРИ [2,4] данные, методика проведения шлихо-минералогических работ должна основываться на следующих положениях:

1. процессы формирования основных морен приводят к выводу обломочного материала с подошвы ледниковой толщи на поверхность;
2. расстояние вывода обломочного материала на поверхность определяется углами падения плоскостей гляциотектонических надвигов, которые, в свою очередь, напрямую связаны с особенностями рельефа ледникового ложа;

3. рельеф ледникового ложа в значительной степени определяет особенности рельефа, сформированного ледником;

4. обнаружение участков вывода продуктов разрушения искомого объекта на дневную поверхность позволяет определить местоположение источника.

Именно эти выводы легли в основу проведения опытно-методических работ по разработке методики проведения шлихо-минералогического опробования при поисках алмазных месторождений в условиях перекрытия кристаллических пород щита сложнопостроенными толщами ледниковых отложений, которые проводились сотрудниками ЦНИГРИ в 2019 году на севере Республики Карелия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубев Ю.К. Ореолы рассеяния минералов-индикаторов кимберлитов в ледниковых и водно-ледниковых отложениях // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века // ВГУ – 2003. – С. 48-51.
2. Голубев Ю.К. Особенности формирования ореолов рассеяния современного аллювия областей четвертичных покровных оледенений // тр. ЦНИГРИ. – Вып. 250. – 1991. – С. 72-82.
3. Лаврушин Ю.А. Строение и формирование основных морен материковых оледенений // Наука – 1976. – С. 111-132.
4. Подчасов В.М., Голубев Ю.К. и др. Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки месторождений алмазов. Кн 1. Коренные месторождения // ЯФ ГУ «Издательство СО РАН» – 2004. – С. 140-211.

МИНЕРАЛЬНАЯ ФОРМА РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МОРСКИХ ООИДОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКАХ

Ооидовые железняки – это существенно безкремнистые хемогенно-осадочные породы с более чем 5% железистых ооидов (оолитов) и более чем 15% железа, которые формировались в определенные геохронологические периоды в течении фанерозоя [9]. Они состоят главным образом из ооидов, пелоидов, пизоидов и пр., состав которых представлен смесью различных минералов, главными из которых являются гидроокислы (гидрогетит, гетит, лепидокрокит) и филлосиликаты (шамозит, бертьерин) железа [9]. Помимо железа в составе ооидов преобладают Si и Al, а также имеются относительно высокие содержания Mg, P, K, Ti, V и редкоземельных элементов (РЗЭ) [6]. На настоящее время известно, что фосфор может входить в ооиды в виде изоморфной примеси [4] или в виде отдельных минералов - франколита, вивианита, митридатита, босфорита, апатита, гидроксоapatита, хлорапатита, стренгита, и в недавнее время был обнаружен фосфат РЗЭ (аутигенный монацит) [8]. При этом в осадочных отложениях описываются различные раннедиагенетические минералы РЗЭ, такие как флоренсит и горсейксит.

Учитывая возрастающую потребность в РЗЭ для мировой индустрии, становится востребованной оценка новых промышленно генетических типов их месторождений.

Цель данной работы заключается в исследовании минеральных форм РЗЭ ооидовых железняков для понимания возможных технологий их селективного обогащения.

Мезо-кайнозойские ооидовые железняки были изучены из двух разновозрастных месторождений: мел-палеогеновое Бакcharское месторождение в Западной Сибири (Россия) и среднеолигоценовое Лисаковское месторождение в Торгайском прогибе (Северный Казахстан).

Бакcharское месторождение является основным месторождением Западно-Сибирского железорудного бассейна и представляет собой прибрежно-морскую осадочную последовательность мощностью до 80 метров, вмещающую железорудные пласты и линзы [1,8]. Месторождение залегает на глубинах от 165 до 255 метров. Накопление железных руд происходило в условиях теплого климата в прибрежной зоне моря течении около 45 млн лет от коньяка до эоцена [1]. В ооидовых железняках Бакcharского месторождения были установлены следы флюидного литогенеза по специфической минералогии и геохимии редких металлов [8].

Лисаковское месторождение это известный пример аллювиальных железняков расположенное в Северном Казахстане, рудоносная залежь которого имеет мощность до 40 м. В геологическом отношении месторождение расположено в пределах центральной части западной борты Торгайского прогиба и приурочено к континентальным среднеолигоценовым осадкам кутанбулакской свиты.

Рудные залежи сложены в основном рудами (гидро-)гетитового типа, представленными оолитовыми песками и песчаниками с немногочисленными маломощными прослоями гравийно-галечниковых и алевролитоглинистых отложений. Руды связывают с русловыми фациями аллювия на основе морфологии рудных тел, их эрозионных контактов с подстилающими породами, косой слойчатости потокового типа, наличия крупных растительных остатков в виде обломков стволов и лигнитизированного детрита, быстрой вертикальной и латеральной изменчивости состава отложений и аутигенных минералов с окисной формой железа [2].

Минеральные формы РЗЭ в образцах ооидовых железняков (около 120 образцов) изучались при помощи следующего комплекса методов: сканирующая электронная микроскопия (СЭМ, TESCAN VEGA 3 SBU), оснащенная приставкой для рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного анализа (OXFORD X-Max 50), КР- (Раман-) спектроскопия (ThermoFisherScientific DXR2), просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ, JEOL JEM-2100F).

Редкоземельные минералы в ооидовых железняках встречаются терригенной и аутигенной природы. Среди терригенных отмечается монацит, который от аутигенного монацита и других *insitu* минералов отличается большими размерами и детритовыми (обломочными) формами. Как правило они преобладают в терригенных толщах или прослоях месторождений железняков. В данном исследовании основной акцент сделан на аутигенные минералы. Они чаще всего входят в структуру железистых сфероидов в виде округлых включений, ксеноморфных агрегатов или отдельных концентрических зон, либо образуют редкие собственные зёрна с извилистым очертаниями. Аутигенные РЗЭ-минералы как правило ряда легких РЗЭ (ЛРЗЭ), реже тяжелых (ТРЗЭ) и представлены фосфатной или оксидной минеральной фазой.

Аутигенный ЛРЗЭ-фосфат (аутигенный монацит) встречается во всех месторождениях в структуре железистых ооидов (Рис. 1а, d,e-g), пелоидов (Рис. 1b), онкоидов (Рис. 1с) или глауконитовых зёрен. Агрегаты монацита образуют отдельные концентрические слои в ооидах (Рис. 1а, е) или ксеноморфные скопления в пелоидах (Рис. 1b) и глауконитовых зёрнах. Размеры зёрен этого монацита изменяются от 1.8 до 24 мкм.

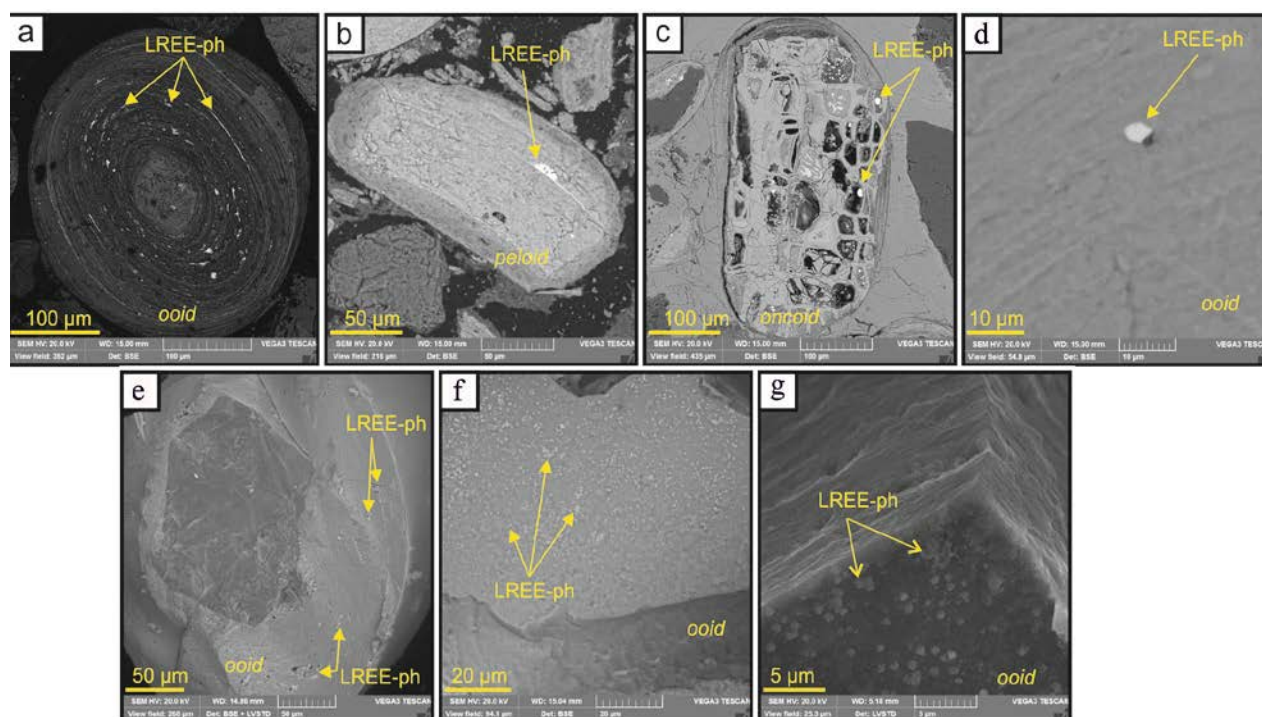


Рис. 1 Агрегаты ЛРЗЭ-фосфатов в железосодержащих ооидах, пелоидах и онкоидах Бакчарского (а-с, е-г), и Лисаковского (d) месторождений ооидовых железняков.

Для химического состава ЛРЗЭ-фосфатов характерны следующие средние содержания: Ce_2O_3 –28.3%, La_2O_3 –12.2%, Nd_2O_3 –10.3%, P_2O_5 –34.2%, CaO –6%, Pr_2O_3 - 3.4%, Sm_2O_3 –2.2%, Gd_2O_3 –1.4%, Y_2O_3 –2.5%. В составе аутигенного монацита отсутствует Th, что отличает его от детритового монацита.

Ксенотим был обнаружен в железняках Бакчарского месторождения среди филлосиликатного или карбонатного цемента в виде отдельных зёрен ксеноморфной или чешуйчатой формы. Размер зёрен изменяется от 1.8 до 8.5 мкм. Средний состав ксенотима: Y_2O_3 –45.0%, P_2O_5 –35.5%, Dy_2O_3 –5.2%, Er_2O_3 –3.9%, Yb_2O_3 –3.3%, Gd_2O_3 –2.7%, Ho_2O_3 –1.8%.

Оксидная форма РЗЭ это церит-(La), который был обнаружен в железняках Бакчарского месторождения. Церит-(La) представлен сферическими зёрнами размерами в диаметре 1.5 мкм среди иллитового цемента с фрамбоидами пирита. Церит-(La)

характеризуется следующим составом: La_2O_3 - 44.8%, Ce_2O_3 - 36.4%, FeO - 6.63%, SiO_2 - 3.4%, Al_2O_3 - 1.3%.

Аутигенные минералы редкоземельных элементов (особенно ЛРЗЭ) достаточно часто встречаются в ооидовых железняках изученных разновозрастных месторождений. Самым распространенным является аутигенный монацит. Подобные аутигенные фосфаты были описаны в других осадочных толщах [7], а также в древних аналогах фанерозойских железняков – железистых кварцитах. Исходя из микроскопических размеров таких монацитов (до 24 мкм), они не были ранее выявлены во многих ооидовых железняках. Однако с применением прецизионных микроскопических методов они все чаще фиксируются в современных и древних осадках. Сегодня можно утверждать, что эти минералы являются основными минералами РЗЭ в железистых ооидах, пелоидах и онкоидах.

Аутигенный монацит характеризуется разнообразной формой зёрен. Вероятно, призматическая форма является финальной стадией его кристаллизации. Микросферическая форма поддерживает бактериальную роль (например, фосфат-редуцирующих бактерий) в их первичном накоплении [5]. Тесная ассоциация с железистыми сфероидами свидетельствует о едином процессе накопления минералов, таких как гетит, шамозит (бертьерин) и ЛРЗЭ-фосфат. Сорбция из морской воды РЗЭ и Р на железогидроокисильных частицах (коллоидах) и их последующая коагуляция [7] вероятно являются основными процессами формирования тесной минеральной ассоциации в виде ооидов, пелоидов и онкоидов. Эта минеральная ассоциация объясняет неоднократно отмеченную положительную корреляцию между РЗЭ и Рв железняках [6]. Исходя из этого подобные минералы РЗЭ должны быть практически на всех месторождениях ооидовых железняков.

Состав ЛРЗЭ-фосфата характеризуется выдержанным трендом $\text{Ce} > \text{La} \geq \text{Nd}$. Форма кристаллов, флуктуация химического состава (отсутствие Th), а также низкотемпературные условия формирования не позволяют идентифицировать этот минерал как «классический» монацит или какой-либо другой из известных фосфатов ЛРЗЭ. Однако по составу и структуре он ближе всего подходит к «нодулярному» монациту и на настоящий момент его можно рассматривать в качестве аутигенной разновидности монацита [3].

Микронные размеры и разнородная форма редкоземельных фосфатов в структуре железистых сфероидов ограничивают механический способ их сепарации. К перспективным методам обогащения редкоземельных металлов из ооидовых железняков следует отнести химическое или бактериальное выщелачивания. При этом важно понимать, что извлечение редких земель будет сопровождаться удалением фосфора, что положительно отразится на технологическом процессе переработки железной руды. Учитывая выдержанную минеральную ассоциацию минералов железа и фосфатов РЗЭ, ооидовые железняки стоит рассматривать как комплексные руды. Так среднее содержание РЗЭ в железных рудах Бакчарского месторождения составляет 286.4 г/т, а в отдельном типе руд (с сидеритом) среднее содержание РЗЭ находятся на уровне 500.7 г/т [8]. При таких концентрациях ооидовые железняки следует рассматривать как новый нетрадиционный природный тип руд РЗЭ.

Выводы. (1) В ооидовых железняках встречаются минералы РЗЭ аутигенного и детритового происхождения. Основной аутигенной формой является монацит, который входит в состав железистых сфероидов, образуя выдержанную минеральную ассоциацию с (гидро-)окислами (гетит, гидрогетит) и алюмосиликатами (шамозит, бертьерин) железа. (2) Постоянство минеральной ассоциации в различных месторождениях доказывает единый механизм формирования этих минералов. Следовательно, ЛРЗЭ-фосфаты могут присутствовать практически во всех месторождениях ооидовых железняков. (3) По минералого-химическим характеристикам ЛРЗЭ-фосфат ближе всего соответствует так называемой аутигенной разновидности монацита (нодулярный монацит). Микронные размеры минерала (до 24 мкм) механическую технологию их обогащения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и администрации Томской области (19-45-703002) и Программы повышения конкурентоспособности ТПУ (ВИУ-ОГ-61/2019).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоус Н.К.; Николаева И.В.; Казанский Ю.П.; Бердников А.П.; Кляровский В.М.; Кузнецов В.П.; Бабин А.А. Западно-Сибирский железорудный бассейн; Сибирское отделение Академии Наук СССР: Новосибирск, 1964;
2. Слипченко Б.В. О двух генетических типах оолитовых железных руд Лисаковского месторождения (Северный Казахстан) // Геологический журнал. 1981. Т.41. №6. С.7 53-61.
3. Лазарева Е.В. и др. Нодулярный монацит из россыпей Куларского кряжа (Арктическая Сибирь, Россия) - состав, оценки возраста // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 10. С. 1658–1679.
4. Холодов В.Н., Недумов Р.И., Голубовская Е.В. Фациальные типы осадочных железорудных месторождений и их геохимические особенности. Сообщение 2. Проблемы геохимии фанерозойских железорудных месторождений // Литология и полез. ископаемые. 2013, 48, 14-17.
5. Barale, L.; D'atri, A.; Martire, L. The Role of Microbial Activity In the Generation of Lower Cretaceous Mixed Fe-Oxide-phosphate Ooids from the Provencal Domain, French Maritime Alps. *Journal of Sedimentary Research* 2013, 83, 196–206.
6. Garnit, H.; Bouhlef, S. Petrography, mineralogy and geochemistry of the Late Eocene oolitic ironstones of the Jebel Ank, Southern Tunisian Atlas. *Ore Geology Reviews* 2017, 84, 134–153.
7. Rasmussen, B. Early-diagenetic REE-phosphate minerals (florencite, gorceixite, crandallite, and xenotime) in marine sandstones: A major sink for oceanic phosphorus. *American Journal of Science* 1996, 296, 601–632.
8. Rudmin, M.; Mazurov, A.; Banerjee, S. Origin of ooidal ironstones in relation to warming events: Cretaceous-Eocene Bakchar deposit, south-east Western Siberia. *Marine and Petroleum Geology* 2019, 100, 309–325.
9. Young, T.P. Phanerozoic ironstones: An introduction and review. *Geological Society Special Publication* 1989, 46, ix–xxv.

ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЕ МОЛИБДЕН-МЕДНО-ПОРФИРОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ КЫЗЫК-ЧАДР В ТУВЕ: ОСОБЕННОСТИ РУДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ И МОРФОЛОГИИ РУДНЫХ ТЕЛ

Кызыкчадрский молибден-меднорудный узел (Республика Тыва) с потенциальным золотосодержащим молибден-медно-порфировым месторождением (рудопроявлением) Кызык-Чадр расположен в пределах Верхне-Енисейской субпровинции Алтае-Саянской минерагенической провинции, на сочленении трех разновозрастных структур Алтае-Саянской складчатой области – салаирской Западно-Саянской, салаиро-каледонской Восточно-Тувинской и наложенного герцинского Центрально-Тувинского прогиба.

Месторождение Кызык-Чадр расположено в южной части средне-позднекембрийского полиформационного Ожинского плутона, в составе которого выделяются образования таннуольского (E_2) и кызыкчадрского (E_{2-3}) интрузивных комплексов. Месторождение располагается в краевой части плутона, в пределах полифазного Кызыкчадрского интрузивного массива одноименного комплекса, продуктивного на молибден-медно-порфировое оруденение. Кызыкчадрский интрузивный массив размером 12,5×3 км (38 км²) прорывает метаморфиты туматтайгинской толщи позднего докембрия и приурочен к зоне магматической активизации Туранского глубинного разлома, который ограничивает с юга Ожинский выступ.

Кызыкчадрский массив в плане имеет линзовидную, выпуклую к северу форму и вытянут в субширотном направлении. Характерным для массива является широкий диапазон разновидностей магматических образований, варьирующих как по составу (от габбро и габбро-диоритов до гранитов), так и по текстурно-структурным особенностям (от полнокристаллических средне-крупнозернистых до порфировых пород гипабиссального облика).

Месторождение выявлено и предварительно оценено работами Красноярского Геологического Управления в 1949-1956 гг. Геологоразведочные работы на месторождении и его флангах продолжались с перерывами до 1977 г., однако, в связи с низким качеством руд и удаленностью от металлургических центров, дальнейшее изучение объекта было приостановлено. В связи с началом строительства железной дороги Курагино-Кызыл, трасса которой пройдет в 50 км от данной площади, в 2017-2019 гг. за счет средств Федерального бюджета АО «Росгеология» (субподрядчик АО «Сибирское ПГО») были выполнены поисковые работы в пределах южной части Кызыкчадрского рудного узла, в том числе на рудопроявлении Кызык-Чадр. Авторами, в рамках договорных работ ФГБУ «ЦНИГРИ» с АО «Сибирское ПГО», проводились комплексные геолого-минералого-геохимические исследования, направленные на установление вещественного состава руд и метасоматитов, а также на выявление закономерностей строения рудно-метасоматических ореолов, их зональности и позиции в них рудоносных зон и промышленных меднорудных тел.

Золотосодержащая молибден-медно-порфировая минерализованная зона месторождения Кызык-Чадр локализована в экзо-эндоконтакте крутопадающего дайкообразного тела, сложенного несколькими разновидностями (фазами внедрения) пород порфировой структуры, в т.ч. гранодиорит-порфирами, кварцевыми диоритовыми порфиритами, диоритовыми порфиритами и кварцевыми порфирами гранит-порфирового состава, отнесенными к кызыкчадрскому интрузивному комплексу («порфировый интрузив»). Порфировый интрузив прорывает катаклазированные среднезернистые породы гранит-гранодиоритового состава того же комплекса и вытянут в субширотном направлении более чем на 2300 м. при горизонтальной мощности до нескольких сотен метров и протяженности по падению более 500 м. Штокверковое медно-молибденовое оруденение и сопровождающие его кварц-полевошпатовые и кварц-серицит-хлоритовые

метасоматиты прослежены бурением на глубину до 500 м., в ряде случаев без признаков выклинивания.

Метасоматиты интенсивно пиритизированы. Кварцевые, реже кварц-карбонатные ветвящиеся прожилки часто образуют зоны прокварцевания мощностью 2,5-20 м. Прожилково-вкрапленная сульфидная минерализация представлена халькопиритом, молибденитом, пиритом, с подчиненными блеклыми рудами, борнитом, галенитом, сфалеритом, редко с самородным золотом. По мере удаления от контакта порфирового тела интенсивность рудной минерализации резко снижается.

Особенностью минерализованной зоны месторождения является интенсивная тектоническая проработка оруденелых пород (катаклаз, милонитизация). Лишь в отдельных блоках сохраняются структурно-текстурные признаки, позволяющие идентифицировать породы главных и порфировых фаз кызыкчадрского комплекса. Характерными являются комплексный медно-молибденовый с золотом состав руд и сравнительно невысокие средние содержания меди (десятые доли процента) и молибдена (тысячные-сотые доли процента).

Молибден-медное оруденение и сопровождающий его метасоматический ореол проявляется в геофизических и геохимических полях: пиритизированные кварц-серицитовые метасоматиты медно-порфирового месторождения проявляются повышенными значениями кажущейся поляризуемости, рудные тела маркируются крупными комплексными вторичными ореолами рассеяния меди, молибдена и других элементов-спутников.

Зональность метасоматических изменений в пределах участка месторождения заключается в смене от центра к периферии следующих генерализованных метасоматических зон (Рис. 1): калиевой, филлизитовой и пропилитовой (внутренней и внешней подзонами).

Калиевая зона (К), ограниченно распространенная в центральной части комплексного метасоматического ореола месторождения, представлена изменениями кварц-калишпатового состава, сопровождающимися хлоритизацией темноцветных минералов. В отличие от типичных медно-порфировых месторождений, вторичный биотит (либо его достоверно определяемые реликты) на месторождении Кызык-Чадр не установлен. В небольших количествах присутствуют альбит, серицит и другие минералы. Ограниченность распространения калиевой зоны может быть результатом особенностей условий рудообразования.

Филлизитовая зона (F), являющаяся наиболее распространенным типом метасоматических изменений в пределах месторождения Кызык-Чадр, развита на его флангах. Изменения выражены интенсивно проявленными серицитизацией, окварцеванием и хлоритизацией; иногда присутствуют карбонатизация, альбитизация и эпидотизация. Широкое развитие филлизитовой зоны на месторождении Кызык-Чадр, как и редуцированное развитие калиевой зоны, является характерной особенностью данного объекта.

Пропилитовая зона подразделяется на две подзоны: внутреннюю пропилитовую и внешнюю пропилитовую.

Изменения внутренней пропилитовой подзоны (P1) представлены окварцеванием, хлоритизацией и альбитизацией; калишпатизация практически отсутствует. Так же, как и в калиевой зоне данного месторождения, вторичный биотит отсутствует, а хлорит не несет признаков псевдоморфного развития по вторичному биотиту. В подчиненных количествах могут присутствовать эпидот, серицит, карбонат. Данная зона достаточно определенно выделяется как визуально, так и по результатам петрографических исследований. Однако, отсутствие вторичного биотита или его реликтов служит заметным отличием рассматриваемой зоны от ее аналогов, выделяемых на типовых медно-порфировых месторождениях.

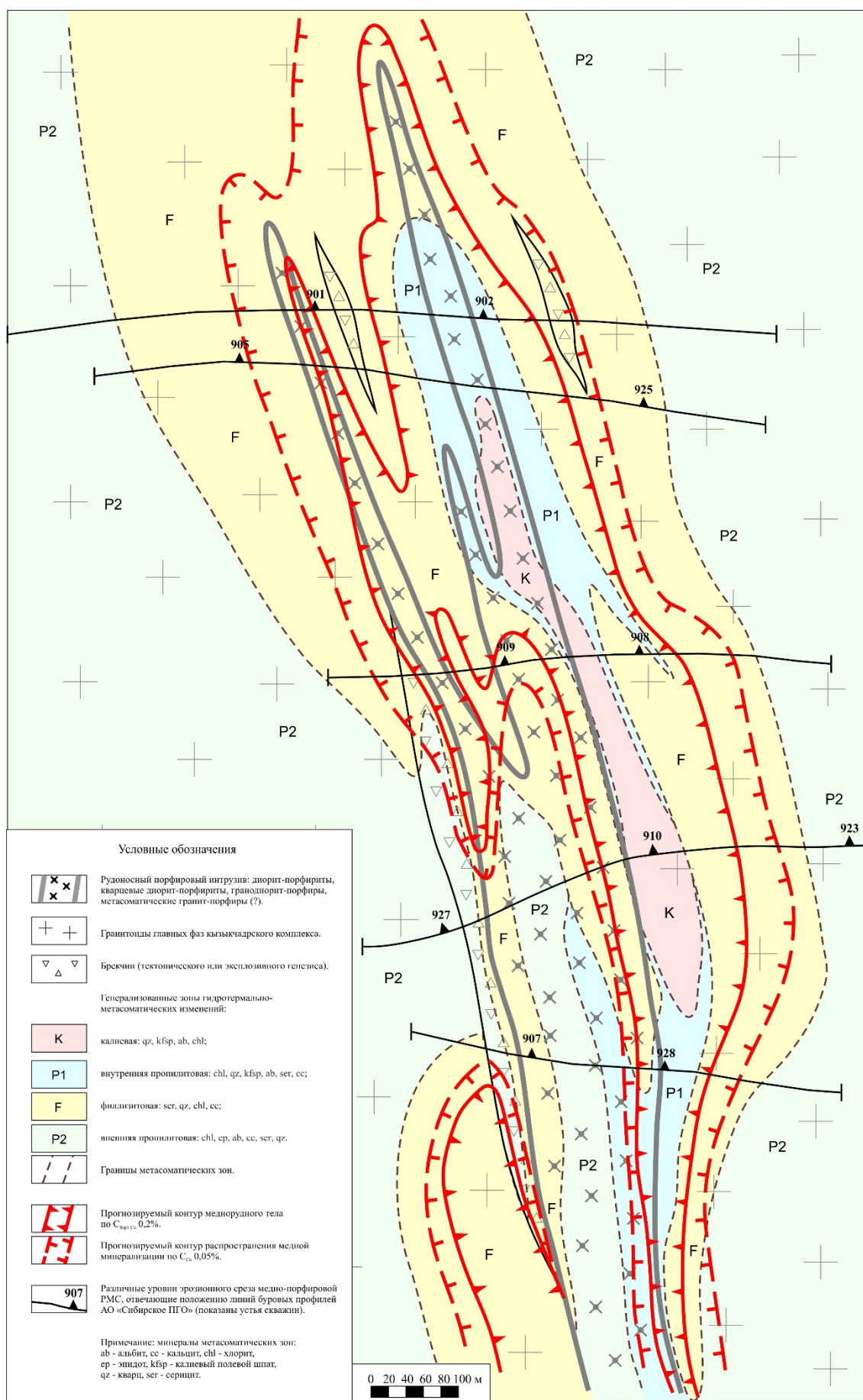


Рис. 1 Модель метасоматической зональности месторождения Кызык-Чадр (в вертикальном поперечном сечении)

Изменения внешней пропилитовой подзоны (P2) развиты на периферии рудно-метасоматического ореола месторождения, представлены следующими типоморфными минералами: хлорит, минералы эпидот-цоизитового ряда, альбит, иногда кальцит, редко серицит. С удалением от рудоносной зоны пропилиты переходят в зону слабых гидротермальных изменений, трудно отличимых от продуктов регионального метаморфизма.

Потенциально-промышленные тела прожилково-вкрапленных молибденит-пирит-халькопиритовых (с блеклыми рудами, борнитом) руд приурочены к областям сопряжения калиевой, филлизитовой и внутренней пропилитовой метасоматических зон. Полиметаллическая минерализация, включающая полисульфидную (галенит-сфалеритовую) и блеклорудную минеральные ассоциации, распространена фрагментарно и приурочена к дискордантным (диагональным) зонам малоамплитудных тектонических разрывных нарушений. В пределах внешних частей филлизитовой зоны и внешней пропилитовой подзоны развита прожилково-вкрапленная минерализация существенно пиритового состава («пиритовый ореол»).

Таким образом, по итогам выполненных исследований установлено соответствие геологического строения и рудно-метасоматической зональности месторождения Кызык-Чандр типовой модели медно-порфировых месторождений. Однако, отмечается ряд особенностей морфологии рудных тел и вещественного состава этого месторождения: лентовидная в плане и поперечном сечении форма минерализованной зоны, редуцированное распространение калиевой зоны с практически полным отсутствием реликтов вторичного биотита и резкое преобладание филлизитовых изменений. Эти особенности могут быть обусловлены формированием оруденения в пределах долгоживущей разломной зоны, экранирующим эффектом вмещающей интрузив метаморфизованной толщи и преимущественно кислым составом вмещающих оруденение интрузивных пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гирфанов М.М., Андреев А.В., Авилова О.В., Старостин И.А. Геолого-поисковая модель золотосодержащих медно-порфировых объектов Кызыкчадрского рудного поля (Республика Тыва) // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов: Сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции. 2019. - С. 166–167.
2. Меднопорфировые месторождения. Серия: Модели месторождений благородных и цветных металлов. М.: ЦНИГРИ, 2001. 232 с. (коллектив авторов под ред. А.И. Кривцова).
3. Семенов М.И., Юркевич Л.Г. Геология, геохимия и рудоносность Ожинского интрузивного плутона. // Геологическое строение и полезные ископаемые Центральной Сибири: Сборник статей. Красноярск, АО «Сибирское ПГО», 2019. - С. 110–119.
4. Старостин И.А., Авилова О.В., Андреев А.В., Гирфанов М.М. Рудно-метасоматическая зональность медно-порфирового рудопроявления Кызык-Чандр (Республика Тыва) // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов: Сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции. 2019. - С. 200.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГГИС MICROMINE ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УЧАСТКА УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Трехмерное моделирование – один из способов наглядного представления геологических условий месторождения, который позволяет понять их строение, а также осуществить планирование отработки и прогноз поведения массива горных пород при различных вариантах отработки выбранного участка недр [1].

Одна из особенностей строения угольных месторождений – это наличие относительно четких контактов между угольными пластами и вмещающими породами, наличие контрастной границы в значительной степени упрощает их моделирование и процесс проектирования горных выработок. Так как в пределах одного пласта характеристики угля не имеют чрезвычайной изменчивости, для рассматриваемой модели мы оперировали их средними величинами. Толща вмещающих пород рассматривается как однородная литологическая единица в силу значительного сходства физико-механических свойств, которое определено в том числе благодаря осадочному происхождению.

К рассмотрению в статье принят участок Талдинского угольного месторождения, расположенного в центральной части Ерунаковского геолого-экономического района Кузбасса, как наиболее интересное по своему строению, так как его пласты залегают в виде брахисинклинальной складки.

Выбранное программное обеспечение для моделирования месторождения горно-геологическая информационная система (ГГИС) Micromine относится к системам общего назначения и включает в себя модули: геологическое моделирование, оценка запасов, проектирование и планирование горных работ, календарное планирование и маркшейдерия [2]. Также ГГИС Micromine позволяет визуализировать геологические данные для большей наглядности процесса построения (Рис. 1, Рис.2)

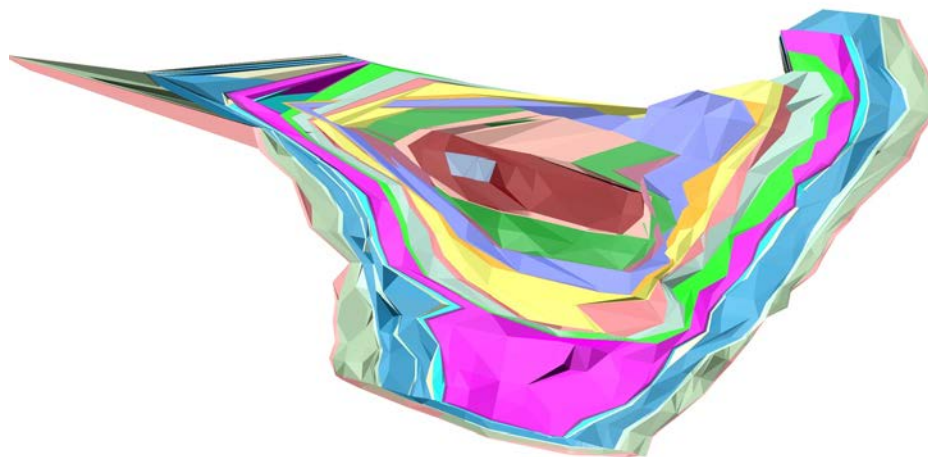


Рис. 1 Визуализация литологических разностей участка Талдинского месторождения (каждый пласт, пропластка и сочетания аргиллитов, алевролитов и песчаников окрашены в определенный цвет)



Рис. 2 Визуализация литологических разностей участка Талдинского месторождения (все пласты окрашены в серый цвет, а пропластья и сочетания аргиллитов, алевролитов и песчаников - в оранжевый)

Разработанная геологическая модель может быть использована для решения нескольких задач, основными являются подсчет запасов и геологическое обеспечение разработки месторождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В. А. Белкина, С. Р. Бембель, А. А. Забоева, Н. В. Санькова. Основы геологического моделирования (часть 1): учебное пособие. – Тюмень: – ТюмГНГУ, 2015. – 168 с. – с.8
2. Стадник Н.М. Диссертация «Разработка научно-методического обеспечения геоинформационной базы прогнозирования и оценки запасов угольных месторождений», НИТУ МИСиС, 2016 – с.16.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ПРИ КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ГОР ЮЖНЫЙ НУРАТАУ, УЗБЕКИСТАН)

Материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в виде аэрокосмофотоснимков достаточно долгое время широко применяются при региональных геолого-съёмочных, структурно-геологических исследованиях, поисках полезных ископаемых и многих других направлениях фундаментальной и прикладной геологии. Накоплен большой опыт космогеологических исследований по разным горнорудным регионам; экспериментально установлены время съёмки, диапазон спектра и масштабный ряд снимков, наиболее приемлемых для решения задач прикладной геологии [1].

Методика дешифрирования геологических объектов на снимках – это обнаружение, распознавание и истолкование (интерпретация) объекта или явления на основе определенных критериев. Методика геологического дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) определяет цели и задачи проводимых тематических работ, масштаб исследования и ландшафтную приуроченность территории. Одно из приоритетных направлений комплексных геологических работ на современном этапе это - космогеологические исследования по разным горнорудным регионам, включающие экспериментально установленное время съёмки, диапазон спектра и масштабный ряд снимков, наиболее приемлемых для решения задач прикладной геологии. Привлечение данных ДЗЗ при сопоставлении результатов проведенных геофизических работ с данными ранее пробуренных скважин и результатов аналитических исследований – важный критерий по определению глубины, структурной позиции и особенностей взаимоотношений прогнозируемого объекта. Благодаря современным программным средствам появилась возможность анализировать накопленную информацию и учитывать известные и новые факторы, влияющие на геологические объекты [2,3].

В настоящее время накоплен достаточный опыт по составлению карт нового поколения – дистанционных основ геолого-съёмочных и поисковых работ на основе цифровых многозональных космических материалов с применением современных программных продуктов.

Структурно-дешифрируемые комплексы (СДК) – качественные особенности объектов геологической природы, дешифрируемые на материалах ДЗЗ, способствующие выделению геологических структур по характеру фототона, рисунка и насыщенности спектральной яркости изображения [4].

СДК прошли успешную апробацию в 2013-2016 гг. и адаптировались в космогеологических исследованиях по созданию дистанционных основ.

Одним из новых научно-тематических решений проведенных исследований является автономное выделение интрузивных, осадочно-вулканогенных и осадочных СДК в сочетании со структурно-геодинамическими особенностями района. Это способствует выявлению элементов, которые не выделяются другими методами. По оптическим и геометрическим критериям дешифрирования выделены линейные и кольцевые структуры, которые организуют геологическое пространство, составляя каркас эндогенных систем, и являются следствием сочетания линейных и очаговых геодинамических процессов. Комплексирование результатов дешифрирования с геофизическими и геохимическими данными намного повышает достоверность выделения геодинамических структур [1].

Опыт исследований крупного и среднего масштаба по отдельным горнорудным регионам показал, что выявленные новые тектонические структуры (тектоническое экранирование, кольцевые, линейные и др.) – заставили нас по-новому анализировать геодинамическую обстановку формирования структур отдельных регионов (Рис. 1).

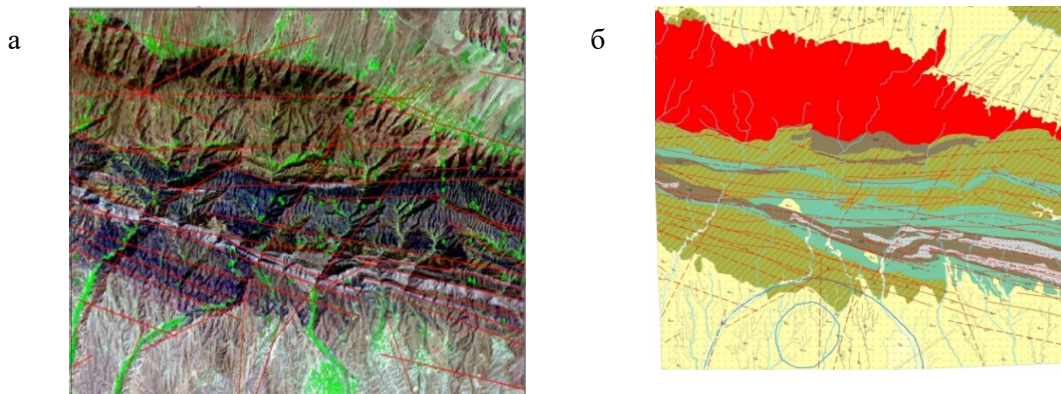


Рис. 1 Космический снимок (а) и результаты создания дистанционной основы (б) территории гор Южный Нуратау

На территории Южного Нуратау обнажается Заркайнарский интрузивный массив сложного строения. Геоморфологически массив имеет овальную форму. СДК интрузивных образований четко выделяется по спектральным, геометрическим и яркостным признакам дешифрирования космических снимков. Отметим, что в последнее время при геодинамических и металлогенических исследованиях большое внимание уделяется так называемым «микститовым» комплексам. Микститы – это хаотические комплексы горных пород тектонического (меланж), гравитационного (олистостромы) и смешанного происхождения. Во всех складчатых областях Земли развиты так называемые хаотические комплексы (микститы), связанные как с осадочными, так и с тектоническими процессами. Согласно классификации М.Г. Леонова (Олистостромы в структурах складчатых областей, 1981), класс микститов включает несколько разновидностей: гравитационные обвальное-оползневые микститы олистостромы; тектоно-гравитационные микститы - тектонизированные олистостромы; тектонические – меланж, тектонические брекчии [4].

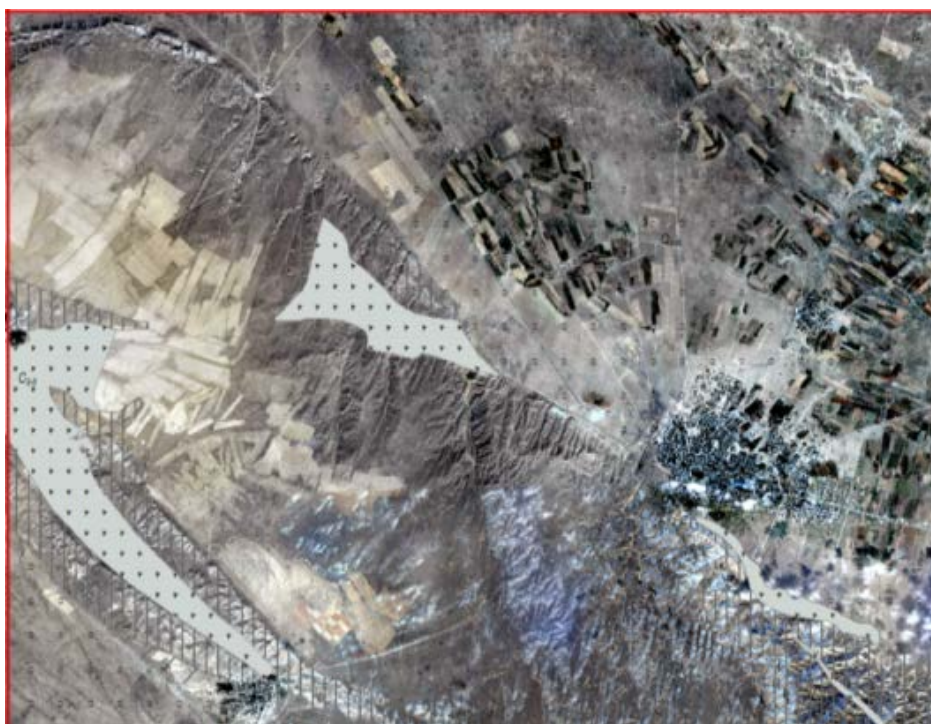


Рис. 2 Микститовые комплексы, выявленные на территории гор Южного Нуратау на космических снимках.

В результате полевых заверочных работ уточнены выходы и границы распространения покровных отложений, что позволил в первые выделить самостоятельные СДК микститов (Рис. 2).

Отметим, что при выявлении геологических структур на основе СДК, отдельные фотометрические характеристики снимков связываются с конкретными геологическими образованиями, генетическими типами пород, толщами и разрывными дислокациями. Числовые фотометрические характеристики фотогеничности СДК – ключ к распознаванию их по цвету (тональность, насыщенность, интенсивность), структуре (линейный, точечный, площадной) и рисунку. На основе этих качественных характеристик составлена систематика СДК, отраженная в легендах космогеологических карт нового поколения [4].

Значительное расширение круга решаемых задач дало возможность по-новому анализировать составленные космогеологические основы. Материалы дистанционных съемок стали основной информационной базой нового вида комплексной геологической съемки – при геологическом картографировании, гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических исследованиях.

Повышение качества региональных и детальных поисковых работ, специальные геотектонические и геодинамические исследования определяют необходимость изучения по материалам ДЗЗ именно геотектонических, структурно-геоморфологических и геодинамических особенностей исследуемых регионов в связи с выделением зон и поясов оруденения. Использование дистанционных материалов, позволяющее на совершенно другом качественном уровне выполнить геологическую съемку слабо изученных территорий, а также уточнение данных традиционных геологических съемок, свидетельствуют об актуальности разработки нового направления геологических съемок, которое по совокупности используемых новых методов предложено называть комплексной методикой космогеологической съемки.

Этот подход, требующий разработки новых видов картографических материалов, получаемых в ходе космогеологической съемки, предложено называть созданием дистанционной основы. Опыт исследований по дешифрированию материалов космической съемки территорий Узбекистан (горная и равнинная части) показывает, что наиболее эффективным является комплексирование данных визуального и автоматизированного дешифрирования [4].

Автоматизированные методы обработки космических снимков позволили решить большинство задач прикладного характера, таких как: картирование структурных единиц, зон региональной трещиноватости разного простирания, кольцевых структур, клиновидных блоков и других тектонических нарушений. Определены наиболее благоприятные сочетания каналов по RGB (Red-красный, Green-зеленый, Blue-голубой) системе для решения геологических задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов О.М., Глух А.К.. Кольцевые структуры и линеаменты Средней Азии.- Т.:1982. – 123с.
2. Глух А.К. Роль материалов дистанционных съемок в прогнозных построениях. Тезисы совещания. «Сквозные рудо-концентрирующие структуры» М.:Наука.1986.с.118-119.
3. Глух А.К., Мехмонходжаев А.Д., Ким К.Н. Компьютерные технологии-путь к новым методам интерпретации космических снимков. Геология и минеральные ресурсы. 2003. № 4. – С. 4–7.
4. Нурходжаев А.К., Тогаев И.С., Шамсиев Р.З. Методическое руководство по составлению космогеологической карты Республики Узбекистан на основе цифровых космоснимков. Т.: ГП «ИМР», 2017. С. – 200.

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ВОПРОСАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СУЛЬФИДОВ

Глубоководные полиметаллические сульфиды (ГПС) являются комплексным минеральным сырьём и важной составной частью минерально-сырьевого потенциала Мирового океана. Основные их компоненты – медь, цинк, иногда свинец, в отдельных объектах серебро и золото. Содержание меди в ГПС существенно (в 4-5 раз) выше, чем в колчеданных месторождениях суши, цинка – в 1,5-2 раза, золота – в 4-5 раз, серебра – в 2-3 раза. Содержания прочих попутных компонентов (S, Cd, Se, Tl, Te, As, Sb, Co, Ni, In, Ge) имеют широкие пределы колебаний, но, как правило, не опускаются ниже практически значимых при попутном извлечении в ходе переработки колчеданных руд континента.

В отличие от более изученных полезных ископаемых Мирового океана железомарганцевых конкреций и кобальт-марганцевых корок, на объектах ГПС до сих пор не завершены поисковые работы. Конкретной реализацией плана работы по разведке полиметаллических сульфидов в пределах РРР – ГПС является «Контракт на разведку полиметаллических сульфидов» между Международным органом по морскому дну ООН и Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, заключенный 29 октября 2012 г. Продолжительность контракта – 15 лет (2012-2027 гг.).

Целенаправленные геологоразведочные работы на ГПС в Мировом океане с 1985 г. осуществлялись коллективами геологов ФГУНПП «ПМГРЭ» (г. Ломоносов) и ФГУП «ВНИИОкеангеология им И.С. Грамберга» (г. Санкт-Петербург). За это время проведено более 20 рейсов сначала в район Восточно-Тихоокеанского Поднятия (ВТП), затем в район Срединно-Атлантического хребта (САХ), в интервале от 5°с.ш. до 40°с.ш. В ходе этих исследований установлено, что ГПС залегают в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов (СОХ) и представляют собой практически значимый вид минерального сырья [1, 2].

Оценка целесообразности промышленного освоения месторождения представляет собой главный итог геологоразведочного процесса. При геолого-экономической оценке учитывают наиболее совершенные технические и технологические решения в области добычи и переработки минерального сырья, обеспечивающие полноту извлечения и экономически эффективного промышленного использования полезных ископаемых и содержащихся в них основных и попутных компонентов на рациональной экономической основе.

Исследования вещественного состава, технологических особенностей глубоководных полиметаллических сульфидов и разработка на основе полученных данных технологических схем извлечения полезных компонентов из этого вида комплексного минерального сырья выполнялись в ФГБУ ЦНИГРИ как составная часть программы изучения ГПС Полярной Морской геологоразведочной экспедицией (ПМГРЭ). Было установлено, что большинство опробованных рудопроявлений (51,2%) представлено медно-цинковыми рудами, 12% – медными и 16,7% – цинковыми; колебания в содержании железа и серы подтверждают наличие как массивных, так и вкрапленных руд; содержание основных компонентов изменяется в широких пределах; по сравнению с рудами суши ГПС обогащены благородными металлами [1, 2].

Результаты технологических исследований ГПС позволили сделать вывод, что базовой технологией их переработки должна быть комбинированная схема, включающая флотацию минералов цветных металлов и пиро-гидрометаллургическую переработку пиритного продукта.

Однако, в материалах выполненных ранее работ отсутствовали данные о систематических исследованиях, касающихся содержаний попутных компонентов, их поведения в процессах технологической переработки. Подобные данные необходимы для проведения полноценной геолого-экономической оценки данного вида минерального

сырья.

Распределение попутных компонентов при технологической переработке оценивалось в ФГБУ «ВИМС» при исследовании двух технологических проб ГПС, отобранных со станций № 34Л95 и № 34Л176. Пробы отбирались в ходе 34-го штатного рейса научно-исследовательского судна «Профессор Логачев» из двух мест забора на площади Российского разведочного района в Атлантическом океане, рифтовой долине Срединно-Атлантического хребта (САХ), в пределах листов Е-23, F-23 на гидротермальном рудном поле «Петербургское» [1, 2].

Главными рудными компонентами являются железо и медь, содержание которых в пробах № 34Л95 и № 34Л176 – 16,3 и 8,8%, и 39,8 и 7,05%, соответственно. Главные минералы железа – пирит, марказит, халькопирит; меди – халькопирит. В количестве менее 1% медь содержится в форме других сульфидов, оксидов и хлорида, а железо – сульфатов и гидроксидов железа (гетита). В обеих пробах № 34Л95 и № 34Л176 установлены повышенные содержания цинка – 0,042 и 0,14%, кобальта – 0,07 и 0,035%; в пробе № 34Л176 – бария – 0,012%, свинца – 0,02%, мышьяка – 0,03%. Свинец, мышьяк, цинк входят в структуру пирита и халькопирита.

В пробе № 34Л95 – повышенные содержания церия – 0,0011%, в пробе № 34Л176 – серебра – 0,0033%; в обеих пробах установлены промышленные содержания селена – 0,012% и 0,0093%, соответственно. Незначительное содержание фосфора (P_2O_5 не более 0,034%), видимо, связано с присутствием органических остатков. Сера является главным рудообразующим компонентом сульфидов, а также может присутствовать в самородной форме и в составе барита.

Руда технологических проб имеет медную специализацию. По минеральному типу руда пробы № 34Л95 – пирит-халькопирит-кварцевая, руда пробы № 34Л176 – халькопирит-марказит-пиритовая с вторичной медной минерализацией.

Для обогащения технологических проб ГПС с целью возможной концентрации редких и рассеянных элементов в продуктах переработки была использована флотация. Тонина помола исходного материала составила -0,074+0мм 94-96%.

Для пробы № 34Л95 флотация медьсодержащих минералов в разработанном режиме обеспечивает получение медного концентрата, содержащего 27% Cu при извлечении – 67%. Отмечается обогащение его по сравнению с исходным содержанием: примерно 2х-кратное по селену (со 120 до 200 г/т), висмуту (с 2,7 до 4,6 г/т). Степень перехода германия в медный концентрат незначительна (1-2%). Основное количество германия переходит в пиритные продукты и хвосты.

Для пробы № 34Л176, характеризующейся повышенным содержанием пирита, при обогащении в режиме пиритной флотации медь концентрируется в камерном продукте, содержащем 20% Cu при извлечении 40,6%. Степень обогащения по селену этого концентрата существенно ниже (110 г/т) по сравнению с концентратом от пробы № 34Л95. Значительно в большей степени по содержанию селена обогащен и промпродукт пиритной флотации пробы № 34Л176 (127,8г/т).

Из анализа полученных результатов следует, что флотационная технология обогащения руд ГПС пирит-халькопирит-кварцевого (проба № 34Л95) и халькокопирит-марказит-пиритового типа (проба № 34Л176) обеспечивает как получение медных концентратов, отвечающих по содержанию меди и качеству требованиям промышленности, так и концентрирование до промышленных содержаний дефицитных редких и рассеянных элементов (Se, Ge, Bi), попутное получение которых может быть осуществлено в процессе основного медного производства.

Для переработки медьсодержащего сырья применяют как пиро-, так и гидрометаллургические методы. Пирометаллургическая технология предусматривает переработку исходного сырья (руды или концентрата) на черновую медь с последующим ее обязательным рафинированием. Получение черновой меди в промышленных условиях может быть осуществлено в три (обжиг, плавка, конвертирование), две (плавка,

конвертирование) или одну стадию (плавка на черновую медь). Выбор варианта определяется содержанием основного компонента и комплексностью состава сырья. Наиболее распространенная до настоящего времени технология получения меди предусматривает обязательное использование следующих металлургических процессов: плавки на штейн, конвертирование медного штейна, огневого и электролитического рафинирование меди.

В процессе металлургической переработки сульфидного сырья селен распределяется и накапливается в отходах и полупродуктах: в пылях агломерации, плавки и обжига руд и концентратов, шламах электролитического рафинирования, меди анодных шламах основного источника получения селена. И конечные технико-экономические показатели будут в значительной степени определяться степенью извлечения селена на всех этапах производства, включая обогащение.

Однако, выполненные исследования показали, что обогащение руд ГПС (пробы № 34Л95 и № 34Л176) сопряжено со значительными потерями ценных компонентов: извлечение меди не превышает 67% для пробы № 34Л95 и 40,6% для пробы № 34Л176, а извлечение селена составляет не более 36% для медных концентратов и лишь для промпродукта пиритной флотации достигает 65%. В то же время руды ГПС, представленные пробами № 34Л95 и № 34Л176, характеризуются повышенным содержанием меди (8,8 и 7,05%, соответственно) и могут рассматриваться, как природный черновой сульфидный концентрат, пригодный по составу для непосредственного без предварительного обогащения пирометаллургического передела.

В процессе исследований за основной принят II вариант переработки: плавка на штейн → конвертирование штейна на черновую медь → огневое электролитическое рафинирование меди.

Окислительный обжиг является первой необязательной стадией традиционной технологии переработки сульфидного медного сырья на черновую медь. Его обычно используют при переработке высокосернистых бедных по содержанию меди руд.

Основными продуктами плавки руды, концентрата, огарка являются штейн и отвальный шлак. Извлечение меди в штейн составляет 95-98%, содержание Cu в штейне от 20-30 до 60%, в шлаке – 0,4-0,5%.

Конвертирование медных штейнов и рафинирование получаемой черновой меди обеспечивает получение катодной меди с качеством, требуемым промышленностью.

Основными компонентами медных штейнов являются сульфиды меди и железа. Медные штейны являются хорошими коллекторами благородных металлов. Они содержат также селен, теллур, висмут, кадмий и др. примеси. Среди элементов-спутников, присутствующих в рудах ГПС, промышленный интерес представляют селен и германий. При отражательной плавке, как сырых концентратов, так и огарков при переработке медьсодержащего сырья германий более, чем на 50% переходит в шлак, на 15-20% в штейн и до 30% в пыли. При конвертировании медных штейнов германий, в основном, на 70-85% переходит в шлак и до 20% в пыли уноса.

При фьюминговании шлаков германий на 50-80% переходит в газовую фазу. В шлаках германий не обнаруживается. Из-за отсутствия, в настоящее время, достоверных данных по содержанию германия в изучаемых рудах, вопрос о возможности его извлечения требует специального рассмотрения.

При плавке на штейн независимо от степени обжига в штейн переходит 70-85% Se и 45-65% Te, в шлак - 5-15% Se и 10-20% Te, остальное возгоняется. При конвертировании штейнов большая часть селена и теллура (65-85%) попадает в черновую медь, а при рафинировании – в анодные шламы, являющиеся в настоящее время основным источником получения селена и теллура. Суммарный выход селена и теллура в медеэлектролитные шламы из концентрата – не более 30-40%, непосредственно из руды (проба № 34Л95) – 55-60%.

Для руды ГПС (проба № 34Л95) и медного концентрата от её обогащения непосредственная плавка на штейн при комплексной переработке руды с получением

наряду с медью селена обеспечивает более высокие показатели по извлечению селена в анодный шлам.

Аналогичные показатели по распределению селена по продуктам плавки руды на штейн получены и для пробы № 34Л176. Из-за высокого содержания в ней пирита перед плавкой руда подвергалась обжигу. Обжиг сопровождался значительным переходом селена ($\approx 25\%$ и более) в возгоны. Однако, так как уловленная пыль, как правило, возвращается на обжиг, то с газовой фазой уходит $\approx 15\%$ Se.

Анодные шламы, получаемые при плавке огарка (проба № 34Л176) на штейн, более бедны по содержанию селена – $1,59\%$ Se при плавке руды (проба № 34Л176) и $1,26\%$ Se при плавке на штейн 20% -го медного концентрата от обогащения этой руды.

Возможность получения черного селена при переработке анодных шламов была установлена при использовании наиболее распространенного на отечественных заводах способа, сочетающего окислительный обжиг шламов с содой, с последующим водным выщелачиванием.

Извлечение селена из шламов составило 93% (с учетом оборотных продуктов), из руд $\approx 55,8\%$. Переработка 1 т медьсодержащих руд ГПС (пробы № 34Л95 и № 34Л176) обеспечивает попутное получение наряду с медными концентратами дефицитного селена ($\approx 6,7$ и $5,2$ кг, соответственно), стоимость которого в большинстве случаев окупает все затраты на рафинирование меди.

Таким образом, установлена возможность при переработке руд ГПС и медных концентратов от их обогащения попутного получения селена по комбинированной пирогидрометаллургической технологии, включающей операции: плавка на штейн – его конвертирование, рафинирование-окислительное спекание анодных (медьэлектролитных) шламов с содой – водное выщелачивание селена из огарка, осаждение селена из раствора сернистым газом. Технология обеспечивает попутно с катодной медью получение селена, содержащего $99,6\%$ основного вещества, при извлечении от руды $\approx 50\%$, от медного концентрата $30-37\%$.

Технологические исследования проб ГПС показали, что основным методом обогащения является флотационный, аналогично балансовым рудам РФ (медные, цинковые, медно-цинковые), осуществляемый по двум вариантам схемы:

- коллективная флотация сульфидов с дальнейшей селекцией коллективного сульфидного концентрата и выделением товарных моноконцентратов меди, цинка и железа (пирита);

- прямая селективная флотация с выделением товарных моноконцентратов меди, цинка и железа (пирита).

При этом ценные попутные редкие и рассеянные элементы, в основном, сосредотачиваются в товарных моноконцентратах меди, цинка и железа (пирита) и реже – в хвостах флотационного процесса.

Дальнейшее совершенствование технологии переработки ГПС, включая исследование поведения в процессе всех компонентов их составляющих, должно быть, безусловно, продолжено на технологических пробах с других рудных полей российского разведочного района в САХ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Металлогения гидротермальных сульфидных руд Мирового океана // Тр. ВНИИОкеангеология. Т.224. – СПб.: ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга», 2014. -213 с.
2. Технологическая классификация глубоководных полиметаллических сульфидов (ГПС)/ Н.Г. Клименко, А.И. Романчук, М.М. Задорнов, В.П. Ивановская // Руды и металлы. – 1998. - № 1 – С. 62-68.

ФАКТОРЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВОЙ ТОЛЩЕ СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НОВЫХ ПЛОЩАДЕЙ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ ГРП НА РУДНОЕ ЗОЛОТО (РЕСПУБЛИКА СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ)

Актуальность. Необходимость создания геологического фонда по выявлению новых поисковых площадей, перспективных на рудное золото, отвечающих решению приоритетной государственной задачи по воспроизводству минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых в Республиках Северного Кавказа.

Цель: Использование установленных на Какадурского рудопроявлении факторов локализации золотого оруденения для прогноза и выявления новых площадей на территории развития черносланцевых толщ Северной Осетии, перспективных для постановки ГРП на рудное золото.

Специфическая особенность: проявление не типового для специализированной на полиметаллическое оруденение территории Северной Осетии золотого оруденения.

Вопрос о золотоносности черносланцевой толщи Северной Осетии, равно как и Северного Кавказа, довольно остро стоит уже ни первый десяток лет как альтернатива возможности выявления объектов золоторудной минерализации в породах магматических комплексов, фонд которых практически исчерпан [1, 2].

Вместе с тем, детальные исследования, направленные на выявление обстановок локализации золотого оруденения для целей прогноза и поисков, были проведены лишь в последние годы, в ходе поисковых работ на Какадурском рудопроявлении [3].

В результате этих ГРП была дана оценка параметрическим характеристикам, морфологии и условиям залегания рудоносных зон, их пространственному и геологическому положению относительно основных рудоконтролирующих структур, количественным и качественным характеристикам руд золота, особенностям их минералого-вещественного состава.

Какадурское золоторудное проявление представляет собой систему Какадурской рудной зоны, локализованной в углеродистых терригенно-флишеидных отложениях тоар-ааленского возраста Афсандур-Ламардонского рудного поля, входящего в состав специализированного на полиметаллическое оруденение Дагом-Терского рудного района.

В центральной части изученных фрагментов рудной зоны результатами последних поисковых работ [3] локализованы линейные штокверки, выраженные зонами окварцевания, графитизации, жилами кварц-карбонатного состава, жильно-прожилково-вкрапленной свинцово-цинковой и золото-сульфидно-кварцевой минерализацией. По результатам поисковой оценки в пределах рудной зоны локализованы и апробированы прогнозные ресурсы золота категорий $P_1 - 23$ т и $P_2 - 29$ т.

Согласно разработанной (при поддержке специалистов ФГБУ «ЦНИГРИ») геолого-поисковой модели Какадурского золоторудного объекта в ранге потенциального месторождения, выявлены следующие основные факторы (критерии и признаки) его локализации.

Геотектонический. Приуроченность к палеовпадине в борту глубоководной части киммерийского рифта, осложненного конседиментационной тектоно-магматической активизацией.

Формационный. Рудовмещающий рифтогенный комплекс ранне-среднеюрских терригенных флишеидных отложений, характеризующийся значительной мощностью (до 4500 м), а также существенной примесью вулканогенного материала и повышенной фоновой металлоносностью в составе пород.

Литолого-стратиграфический. Стратоуровень тоар-ааленских терригенных флишеидных отложений, в котором сосредоточено основное число золотосодержащих и золоторудных проявлений района, непосредственно подстилающийся комплексом

плинсбах-тоарских терригенных пород, которые отличаются наиболее высокой металлоносностью пород, в том числе, возможно, золотоносностью.

Структурно-тектонический. Область наиболее интенсивных тектонических преобразований рудовмещающих комплексов пород, локальные зоны интенсивного дробления, трещиноватости и расланцевания отложений), определяющие позицию золотоносных линейно-штокверковых рудных зон, а также морфологические особенности руд.

Метаморфический. Область наиболее интенсивных динамометаморфических преобразований пород, парагенетически связанных со степенью их тектонической дислоцированности.

Гидротермально-метасоматический. Зонально построенные околорудные метасоматиты в пределах золотоносных рудных зон, от внешних метасоматических зон (окварцевание, серицитизация, хлоритизация, сульфидизация) к внутренним (окварцевание, сульфидизация).

Минералого-вещественный. Проявления золото-сульфидно-кварцевой (полиметаллической и малосульфидной) минерализации. Типоморфные минеральные ассоциации: рудные (пирит, галенит, сфалерит, арсенопирит, халькопирит, пирротин); нерудные (кварц, кальцит, доломит, серицит).

Основными полезными компонентами руд являются золото. Попутными компонентами являются серебро, свинец, цинк и медь, из вредных компонентов – мышьяк, находящимся с золотом в прямой корреляции. Отмечается высокий уровень содержания полиметаллов в золотосодержащих пробах. Значимой корреляции золота со свинцом, цинком и медью не наблюдается. С малосульфидной минерализацией связаны выделения свободного золота гравитационных классов.

Геохимический. Литохимические аномалии золота, совпадающие с аномальными полями элементов-спутников – Ag, As, Cu, Pb, Zn.

Геофизический. Линейные аномалии вызванной поляризации, отражающие позицию зон линейно-штокверкового золото-сульфидно-кварцевого оруденения.

Все рассмотренные факторы (поисковые критерии и признаки) локализации золотого оруденения Какадурского рудопроявления, с нашей точки зрения, могут определять позицию золоторудных месторождений этого типа в схожих геологических обстановках Северной Осетии.

Выделение потенциально перспективных на рудное золото площадей в черносланцевом комплексе Северной Осетии на основе этих факторов локализации руд золота (поисковых критериев и признаков) возможно по результатам анализа и переинтерпретации геологических, геохимических и других фондовых и опубликованных материалов по итогам ранее выполненных в пределах этого региона региональных и специализированных геологических, геохимических и тематических работ.

В качестве примера можно привести результаты обобщения и анализа указанных материалов с выделением перспективной на обнаружение золото-кварц-сульфидного (полиметаллического и малосульфидного) оруденения Байкомской площади, в пределах которой ранее специализированные на золото работы не проводились.

В пределах этой площади, также расположенной в области киммерийского рифтогенеза, по аналогии с участком Какадурского рудопроявления были выделены протяженные (до первых километров) потенциально золотоносные линейные зоны кварцевой и кварц-сульфидной (полиметаллической) минерализации, приуроченные к зонам интенсивных тектонических преобразований (трещиноватость, брекчирование, расланцевание, разнопорядковая складчатость, до образования изометричных мелких складок) юрских углеродистых терригенных пород (глинистых сланцев, аргиллит-алевролитовых пород прослоями песчаников и туфопесчаников). В 2018-2019 гг. золотоносность выделенных зон Байкомской площади была подтверждена небольшим количеством аналитических данных.

Значительная степень сходства по геологическим и минералогическим признакам Какадурского рудопроявления (потенциального месторождения) и золотоносных зон Байкомской площади позволили в 2019 г. подготовить материалы по обоснованию постановки поисковых работ на рудное золото и успешно пройти процедуру их апробации в ФГБУ «ЦНИГРИ» с последующим включением объекта в программу работ Роснедра по воспроизводству МСБ золота.

Полученный положительный опыт использования факторов локализации (поисковых критериев и признаков) золотого оруденения применительно к геологическим условиям Байкомской площади послужил основанием для продолжения работы по выявлению новых площадей на рудное золото на территории Северной Осетии.

Руководствуясь аналогичным методологическим принципом проведена работа по выделению потенциально перспективной на рудное золото Восточно-Хилакской площади, сложенной юрскими рифтогенными вулканогенно-плутоногенными и терригенными отложениями. Располагаясь в восточной части Арсикомского рудного поля, Восточно-Хилакская площадь приурочена к восточному сегменту Фиагдонского вулканоплутонического пояса, ранее не охваченного специализированными геологическими работами на рудное золото.

В настоящее время прямых признаков развития золоторудной минерализации на этой площади не выявлено, но установлен ряд основных черт геологического строения, характерных как для Какадурской, так и Байкомской перспективных на рудное золото площадей.

Чрезвычайно важным выглядит вопрос о связи оруденения с вулканическим веществом, установленная по Какадурской и Байкомской площадям по присутствию в глинистых отложениях рудовмещающего разреза мелкораспылённого туфогенного материала. В этой связи, несомненна, приоритетность изучения данного вопроса именно на примере Восточно-Хилакской площади, где в отличие от Какадурской и Байкомской, вулканические образования выходят на дневную поверхность и, согласно данным предшествующих работ, наряду с глинистыми осадками, характеризуются повышенной металлоносностью (Cu, Pb, As, Zn, Ag, Sb).

С целью обоснования поставки ГРП на рудное золото в пределах Восточно-Хилакской площади и возможности включения нового объекта в программу работ Роснедра, видится актуальным продолжение работ в пределах этой площади по выявлению основных факторов локализации (признаков) золотого оруденения, аналогичных установленным на Какадурском рудопроявлении по архивным и опубликованным данным, а также проведением предварительных работ по выявлению прямых признаков золотого оруденения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ящинин С.Б., Курбанов Н.К. Отчет о результатах работ по объекту «Локализация и оценка ресурсов рудного золота на Северном Кавказе»г. Ессентуки, 2004 г. ФГУГП «Севкавгеология».
2. Давыдов и др. Отчёт о результатах работ по объекту: «Поисковые работы на золото-серебряный и золото-сульфидный типы оруденения в Горной Осетии (РСО-Алания)», Владикавказ, 2009 г.
3. Давыдов и др. Отчёт о результатах работ по объекту: «Поисковые работы на золото-серебряный и золото-сульфидный типы оруденения в Горной Осетии (РСО-Алания)», Владикавказ, 2009 г.
4. Туаев О.П. Отчёт о результатах работ по объекту: «Поиски месторождений золото-кварц-сульфидных руд в пределах Какадурской рудной зоны Афсандур-Ламардонского рудного поля (Республика Северная Осетия-Алания)», Москва, 2019 г.

К ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫХ ПОЗИЦИИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЯНЬ-ШАНЯ

Обоснование. Перед геологической службой стоит задача ускорения качественной и количественной оценки прогнозируемых минерально-сырьевых ресурсов. Обеспечение опережающего роста разведанных запасов минерального сырья по сравнению с темпами добычи не может быть достигнуто расширением объема поисково-разведочных работ.

Геологоразведочные и эксплуатационные работы наиболее эффективны на тех месторождениях, где детально изучена их структура. Структурные условия формирования и размещения оруденения устанавливаются при изучении комплекса минеральных образований, возникших в определенный момент развития тектонических деформаций, геолого-структурной обстановки в пределах всей площади месторождения или рудного поля.

Рудное поле – это продукт взаимодействия двух качественно различных геологических явлений – тектонической структуры вмещающих пород и процесса минерализации. Позиция рудного поля – это участок более крупной геологической структуры, в пределах которого проявлялось совместное влияние нескольких структурных элементов, обеспечивающее поступление эндогенных растворов и определившее тип рудного поля. Совместное влияние структурных элементов отражается в распределении тектонических напряжений и в появлении соответствующих видов деформаций вмещающих пород.

Ф.И. Вольфсон и Л.И. Лукин [2] систематизируют рудные поля по положению их в структурных этажах, а районирование территорий проводят с учетом особенностей геологического развития этих этажей. Выделяются различные геотектонические области: интрагеоантиклинали в геосинклиналях, внутренние массивы, места сочленения геосинклиналей со щитами и платформами, тектонически нарушенные зоны в пределах щитов и платформ. Хорошо видно, что масштаб такого деления не соответствует размерам рудных полей и не отражает факторы, определяющие их позицию и структурный тип. Позиции рудных полей Средней Азии устанавливаются с учетом ряда признаков:

1. Комплекс вмещающих пород.
2. Принадлежности к структурному ярусу.
3. Положению в складчатой структуре.
4. Отношению к элементам разрывной тектоники.
5. Отношению к крупным интрузивным телам.

Положение рудных полей в региональной структуре контролируется чаще всего совместным влиянием нескольких факторов. В принципе каждый из рассмотренных элементов структуры и любые их сочетания могут оказаться благоприятными для размещения рудных полей. Однако на появление оптимальных сочетаний решающее влияние оказывают комплексы вмещающих пород.

Результаты исследования. В последнее время в Средней Азии геолого-поисковые исследования развивались широко. В связи с этим появились работы, обобщающие выявленные закономерности размещения эндогенных месторождений. Они завершаются обычно металлогеническим районированием, выделением на металлогенических и прогнозных картах рудоносных площадей различного порядка. Рудные поля и месторождения Тянь-Шаня по тектонической позиции располагаются в подвижных поясах, представленных разнообразными, но в целом линейно вытянутыми геотектоническими зонами. Позиции рудных полей и месторождений Тянь-Шаня определяются с учетом следующих признаков: по формациям вмещающих пород – принадлежности к структурному ярусу и этажу; положению в складчатой структуре; отношению к элементам разрывной тектоники и крупным интрузивным телам, и вулканотектоническим структурам. В предлагаемой систематике структурно-геологические позиции рудных полей и

месторождений Тянь-Шаня определяются по положению в формации, а также относительно морфологических элементов крупных складчатых дизъюнктивных структур и интрузивных тел.

Обсуждение. Позиции складчатых рудных полей и месторождений характеризуются ведущей ролью складчатых структур в сочетании с дизъюнктивными. Благоприятной позицией в размещении рудных полей и месторождений являются осевые части и крылья антиклинальных структур, осложненные согласными и секущими дизъюнктивными нарушениями, нередко с образованием клинообразных тектонических блоков.

Т.Ш. Шаякубов, М.У.Умарходжаев, С.Т.Марипова, Н.Ю.Дулабова и др. определяют позиции золоторудных месторождений Центральных Кызылкумов, основное внимание уделили разломной тектонике. По их данным золоторудные месторождения региона формировались в шести структурных позициях. Но большинство месторождений формировалось под влиянием северо-восточных, субширотных разломов и узлов их сопряжений. Кроме того, зоны пересечения северо-восточных и субмеридиальных разломов, а также разветвление северо-восточных структур определяли структурные позиции эталонных месторождений золота.

Как известно процесс рудообразования протекает под влиянием различных геологических факторов. Степень влияния каждого фактора различна и результаты их воздействия на минералообразование проявляются в виде прямых или косвенных признаков [1]. Каждый фактор проявляет свой признак. По совокупности все признаки дают информацию о рудно-формационной принадлежности месторождения, о его масштабе, пространственном расположении, морфологии, как в целом, для месторождения, так и отдельных рудных участков. В интерпретации и анализе этих данных возникает необходимость систематизировать их, с тем, чтобы ясно представить себе все признаки и данные по группе месторождений, расположенных в определенной площади, так и по отдельности, по каждому объекту. Кроме того, обнаружение нового рудного скопления и сопоставление его признаков с данными по известным месторождениям, отраженных в систематике, позволяет корректировать и правильно направить геологоразведочные работы в новом объекте.

Заключения. Позиция конкретного геологического объекта является ведущим оценочным критерием, помогающим выяснить принципиальную возможность появления в ее пределах продуктов послемагматического минералообразования и определить наиболее вероятные масштабы рудных с накоплений.

Из вышеизложенного видно насколько важно определение позиции объекта в геологическом пространстве. Как отмечает В.А. Королев [3] задача систематики позиций – выделение элементов крупных структур, которые позволяют проводить районирование площади и выделение участков с однородным тектоническим режимом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акбаров Х.А. и др. «Методология прогнозирования месторождений полезных ископаемых» - Ташкент, ТашГТУ, 2011. 455с.
2. Вольфсон Ф.И., Лукин Л.И. «Структурно-геологическая позиция рудных полей эндогенных месторождений // Литологические и структурные факторы размещения оруденения в рудных районах» М: Недра, 1964, 156-211с.
3. Королева А.В., П.А.Шехтмана «Структурные условия размещения после магматических руд.» М.: Недра 1965-506с.

ОСОБЕННОСТИ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И УЧЕТА ЦИФРОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ОРГАНИЗАЦИИ И, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ЭТОГО ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ

Хранение фонда цифровых материалов осуществляется посредством размещения данных на сетевом хранилище, в соответствии с принятой и дополняемой структурой каталогов, основанной на разделении по типу материалов (отчеты, карты, документы, объекты...) и источнику их получения либо формирования (фонды организаций, ведомств и т. п.).

Определенные данные, связанные с конкретными бизнес-процессами, рекомендуется оформлять в виде отдельных каталогов, для упрощения доступа. В таких случаях следует использовать концепцию «точки входа» и «точки выхода», то есть сохранять данные, инициирующие рабочий процесс и непосредственно сам результат рабочего процесса (пример: комплект материалов на рассмотрение/апробацию – протокол рассмотрения/апробации). В дальнейшем между ними устанавливается связь. Также к результату такого процесса можно дополнительно сохранять специфические данные (расчеты, промежуточные материалы) в совокупности к выходным данным. Несмотря на то, что файловая структура дополнится, в некоторых случаях обосновано хранить материалы именно в таком виде, для удобства доступа к ним и обеспечения простого поиска «входящей» и «исходящей» информации. Данные сопровождаются характеризующей их атрибутивной информацией.

Внесение материалов и заполнение соответствующих реестров в базе выполняются лицами, обладающими достаточной компетенцией.

Передача данных из отделов осуществляется пополнением закрепленных за каждым структурным подразделением папок и заполнением соответствующих атрибутивных таблиц (Excel). По мере поступления данные проверяются, атрибутика исправляется и переносится в соответствующие разделы, с заполнением итоговой БД и указанием связей на источник в файловом хранилище и ссылок на интерфейс Nextcloud.

Для структурированного поиска по параметрам и пространственному расположению объектов фонда создан WEB-ресурс, который находится в тестовой эксплуатации. В рамках этого ресурса реализован полнотекстовый поиск и поиск по отдельным полям. В дальнейшем планируется реализовать пространственный поиск с помощью картографического сервиса. В WEB-интерфейсе отражаются результаты пользовательского запроса, а также имеется возможность перехода к объекту по ссылке на источник в Nextcloud. Реализован механизм, позволяющий перейти от реестровой записи к карточке объекта, с развернутой (полной) атрибутивной информацией и расширенным указанием сведений о хранении материалов.

Информация об имеющихся в фонде материалах (метаданные) хранятся в базе данных PostgreSQL (с расширением PostGIS для обеспечения возможности пространственного поиска).

Пополнение данных реестра базы производится путем разбора файла реестра Excel с использованием триггерных функций PostgreSQL. В дальнейшем планируется пополнять базу и реестр через WEB-интерфейс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сетевое хранение данных. Максим Бабенков. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://compress.ru/article.aspx?id=9809> (дата обращения: 28.01.2020).
2. РЕГЛАМЕНТ № 1 учета и передачи информации в цифровом виде электронного банка геологических данных ФГБУ «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов».

АНАЛИЗ ПЛОТНОСТИ РАЗВЕДОЧНОЙ СЕТИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ЗАПАСОВ

Плотность разведочной сети, принятой при разведке месторождений, является важной информацией для оценки качества проведенных работ. Эти сведения предоставляются Недропользователями в ГКЗ при рассмотрении материалов по разработке ТЭО разведочных кондиций и подсчету запасов месторождения, которые потом отражаются в Протоколах государственной экспертизы запасов ТПИ.

В методических рекомендациях по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых есть сведения о рекомендуемой плотности сетей разведочных выработок, применявшихся в России и странах СНГ при разведке золоторудных месторождений, разработанные в советские годы при участии специалистов ЦНИГРИ. Однако в настоящее время Недропользователи не всегда руководствуются этими рекомендациями, так как эти данные не являются нормативами, которые регламентировали бы геологоразведочные работы. В связи с этим эксперты на основе представленных материалов и члены государственной комиссии принимают заключение о полноте и качестве проведенных работ, полагаясь на собственный опыт, а не только на единые установленные стандарты.

Целью исследования является анализ плотности разведочной сети золоторудных месторождений по результатам государственной экспертизы запасов. В процессе работы были проанализированы фактически созданные разведочные сети более 30 золоторудных месторождений двух субъектов РФ (Амурской области и Забайкальского края) в зависимости от морфологии, масштаба и группы сложности геологического строения месторождения. Выборка данных не является полностью репрезентативной, однако же позволяет проследить некоторые закономерности.

Плотность сети определяется расстояниями между точками наблюдений или размером разведочной ячейки. Оптимальной считается такая плотность, которая обеспечивает получение необходимой для подсчета запасов разведочной информации с требуемой точностью и детальностью для данного этапа разведки.

Большинство месторождений разведаны по сети, параметры которой признаны достаточными для утверждения запасов категорий C_1 и C_2 . Исключением в выборке является месторождение Эльгинское, в пределах которого посчитаны запасы категории В. Также для почти половины объектов Недропользователи предоставляют единые данные сети для подсчета запасов категорий C_1 и C_2 . Такой выбор не всегда обоснован и не отражает различия степени изученности для участков разных категорий.

Параметры геологоразведочных работ показаны на примере расстояний между пересечениями рудных тел выработками по простиранию и падению. В выборке оказались месторождения 3 и 4 групп сложности геологического строения. Для удобства и наглядности месторождения 3 группы сложности были поделены на жильные, штокверковые и месторождения минерализованных зон, а затем была вычислена площадь, приходящаяся на одно разведочное пересечение для каждого месторождения и вычислены диапазоны таких площадей, основанные на рекомендуемых расстояниях, которые содержатся в методических рекомендациях ГКЗ.

Анализ показал, что большинство месторождений попадают в значения диапазонов. Допустимым признано отклонение в 25% для сетей, достаточных для подсчета запасов категории C_2 , так как рекомендуемые значения принимаются 2-4 раза разреженнее значений, принятых для сетей достаточных для подсчета запасов категории C_1 .

Для штокверковых месторождений в половине случаев Недропользователями была использована более плотная сеть, чем рекомендовано. Это позволяет более полно получить информацию об объекте и вполне может быть использован при финансировании работ частными компаниями. В одном случае плотность сети оказалась не достаточной для

обоснования категории запасов категории C_1 , однако эксперты ГКЗ посчитали, что запасы следует утвердить.

Плотность принятых сетей для месторождений минерализованных зон в трети случаев является более плотной, чем рекомендованная, а 16 % является не достаточной.

Плотность разведочных сетей для жильных месторождений полностью попадает в рекомендованные диапазоны.

Для месторождений 4 группы сложности геологического строения была использована другая методика, так как рекомендуемое значение есть только для расстояний между разведочными профилями, принятое 10 м, поэтому было проведено сравнение объектов по данному параметру. Выборка данных месторождений является непредставительной и показывает данные трех месторождений, однако в двух случаях есть отклонения более 25%, что говорит о недостаточной изученности.

Подводя итоги, можно сказать, что фактически созданные разведочные сети по плотности соответствуют рекомендованным, и в 90% случаев, степень изученности является достаточной для утверждения категорий запасов C_1 и C_2 . В будущем выборка разведанных золоторудных месторождений будет расширена и можно будет провести более тщательный анализ, который покажет целесообразность применения единых стандартов разведочных сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонин В.В., Ручкин Г.В., Шатагин Н.Н., Лыгина Т.И., Мельников М.Е. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов — М.: Фонд «Мир», 2007. — С. 540.
2. Волярович Г.П., Иванов В. Н. Методика разведки золоторудных месторождений. Министерство геологии СССР, Центр. науч.-исслед. геологоразведочный ин-т цветных и благородных металлов., М: Недра, 1986 г.
3. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Золото рудное. М: ФГУ ГКЗ, 2007 г.

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ РУД В РОССИИ

Алмазосодержащие руды по вещественному составу и своим технологическим свойствам значительно отличаются от руд цветных и благородных металлов. От остальных полезных ископаемых алмаз отличается низким содержанием полезного компонента и его свойствами, алмазы хрупкие, их нельзя нагревать в воздухе до высоких температур. Высокая стоимость алмазов обуславливает применение процессов с минимальной потерей полезного компонента и с высокой степенью извлечения.

В процессе работы были изучены вещественный состав и технологические свойства руд алмазов, расположенных в республике Саха (Якутия). Все рассматриваемые месторождения относятся к кимберлитовому типу. Технологические схемы обогащения алмазосодержащих руд включают в себя четыре этапа: дезинтеграцию, первичное обогащение, доводку первичных концентратов, очистку и классификацию алмазов по крупности, цвету и т.д. Разобраны основные процессы, применяемые при переработке данного вида сырья на действующих фабриках. Основными являются гравитация, жировой процесс, электрическая сепарация, рентгенолюминесцентная сепарация (РЛС), пенная и плёночная флотация, разделение в тяжёлых жидкостях, ручная сортировка и радиометрическая сепарация. Однако ни один из указанных методов не является универсальным. Поэтому переработку данного вида сырья ведут по схеме, включающей комбинацию данных процессов. На основе полученных данных представлена принципиальная схема обогащения руд алмазов.

Рассмотрены основные показатели работы горно-обогатительных фабрик [1] и показаны основные направления работ по повышению качества обогащения алмазосодержащего сырья [2, 3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. АЛРОСА / Корпоративный сайт/ <http://www.alrosa.ru/>
2. Никитин Г.М., Чаадаев А.С., Соболев И.В. Разработка инновационных технологий добычи и обогащения алмазов в АК «Алроса» //ЭКО. 2012. № 12 (462). С. 24-29.
3. Карнацкий В. А., Савицкий Л. В., Имангулов С. В., Бондаренко И. Ф., Тимошенко Н. В. Повышение качества товарной продукции АК «АЛРОСА» за счет улучшения технологии раскрытия алмазов // Обогащение руд. 2012. №6

ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДОВМЕЩАЮЩИХ
ТЕРРИГЕННО-КАРБОНАТНЫХ ПОРОД СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ АНГАРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)

На изучаемой территории находятся месторождения и рудопроявления трех геолого-промышленных типов (В.В. Кузнецов; В.Д. Конкин): свинцово-цинкового стратиформного (Морянихинское месторождение), колчедонсодержащего цинково-свинцового (Горевское месторождение) и колчеданно-полиметаллического (месторождение Линейное).

Горевское месторождение локализовано в отложениях позднерифейской углеродисто-терригенно-карбонатной формации.

Для отложений рудоносной пачки характерны карбонатные, терригенно-карбонатные, карбонатно-терригенные и терригенные породы. Карбонаты отложений присутствуют в подчинённом количестве и характеризуются преимущественно: известняками (CaO 39-48%; MgO 0,5-1%) и доломитистыми известняками (CaO 36%-37%; MgO 4,5%-8,5%), в том числе сидеритами. В составе терригенно-карбонатных пород, в основном, отмечаются различные мергели (глинистые, кремнистые, доломитистые, известковистые) (CaO 18,5-34,5%; MgO 3,5-14% SiO₂ 17,2-35,1%; Al₂O₃ 1,5-28%) и анкериты (CaO 10-26%; MgO 0,8-5,4%; FeO 5,1-14,9%). Карбонатно-терригенные и терригенные отложения самые распространённые в рудной пачке, которые представлены: аргиллитами, алевролитами, силицитами, карбонатными гравелитами и гравелито-брекчии (CaO 0,8-4%; MgO 0,1-3; SiO₂ 5,5-87%; Al₂O₃ 0,6-14,5%). Среди кремнисто-сидеритовых отложений в зависимости от соотношения кремнистой и сидеритовой составляющей выделяются три разновидности: (по Х.Вильямсу и др., 1985) 1. сидериты (SiO₂<40); 2. кремнистые сидериты (SiO₂ = FeCO₃); 3. силициты (SiO₂> 60 %). Сидериты - CaO 5%, MgO 6%, Fe₂O₃ 20-43%; кремнистые сидериты - CaO 4%, MgO 6%, Fe₂O₃ 21-35%; силициты- CaO 2%, MgO 2%, Fe₂O₃ 5-14%. Следует отметить, что выделенные разновидности характеризуются постепенными переходами между собой.

Месторождение Линейное локализовано в вулканогенно-карбонатно-терригенно-углеродистой формации.

Рудовмещающие отложения представлены тремя толщами, I и II толщи — это породы лежачего блока, III толща – висячего блока. Все толщи отличаются по мощности и по химическому составу пород, но схожи по высокому содержанию SiO₂ (в среднем 57%, для осадочных отложений) и Al₂O₃ (в среднем 11%). Терригенно-карбонатные породы представлены: кремнистыми доломитами, анкеритами и доломитистыми мергелями (CaO 10-18%; MgO 0,1- 9,8%; SiO₂ 32,4-43,5%; FeO 0-5,3%). В терригенных породах наблюдаются: углеродистые, кварц-серицитовые и серицитовые алевропелиты, углеродисто-кремнистые, кремнистые аргиллиты и силициты (CaO 0,1-2%; MgO 1-10%; SiO₂ 37-81%; Al₂O₃ 6,2-30%). Отдельно можно отметить вулканогенно-осадочные породы, которые можно отнести к непрерывной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации.

Морянихинское месторождение локализовано в вулканогенно-терригенной (биогенной) формации.

Рудовмещающая породы представлены: карбонатно-терригенными, частично терригенно-карбонатными и реже встречающейся карбонатными отложениям. К карбонатным породам относятся известняки (CaO 39,5-41%; MgO 0,1-0,5 %). В составе терригенно-карбонатных отложений отмечаются: хемогенные железистые доломиты, известняки, водорослевые железистые доломиты (CaO 17-28%; MgO 6-12%; SiO₂ 5-50%; FeO 0,1-11,2%). Для карбонатно-терригенных пород характерны: гравелиты, карбонатные брекчии и различные алевропелиты - глинистые, кремнистые, алеврито-глинистые и алевритовые (CaO 4-10%; MgO 1,5-7%; SiO₂ 28-65%; Al₂O₃ 5,6-18,8%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н.М. Страхов. Основы теории литогенеза. Том 1. Типы литогенеза и их размещение на поверхности Земли. Издательство Академии наук СССР. Москва, 1960 г.
2. Атлас «Параметрические геолого-поисковые модели колчеданно-полиметаллических месторождений». Редакционная группа: Г.В. Ручкин, В.Д. Конкин, В.В. Кузнецов, И.П. Пугачева. ЦНИГРИ, 1992 г.
3. В.Н. Шванов, Т. В. Фролов и др. Научное издание «Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов.» Издательство: Недра. Санкт-Петербург, 1998 г.
4. В.В. Кузнецов. Геологический отчет: Составление комплекта прогнозной карты масштаба 1:50 000 Южной части Енисейского кряжа с количественной оценкой прогнозных ресурсов и рекомендациями по направлению поисковых работ. Красноярск, 1991 г.

АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНОГО ПАРКА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ РУДНИКОВ И КАРЬЕРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУД БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Одним из важнейших вопросов при разработки золоторудных и полиметаллических месторождений Дальневосточного федерального округа является определение оптимального парка горных машин и стационарного оборудования эксплуатационного комплекса (далее комплекс) предприятия- это обуславливается такими факторами как: экономико-географические, горно-геологические, социально-экономические [1].

На сегодняшний день нет универсального решения проблемы состава штата машин для различных предприятий, занятых на добыче рудного золота и цветных металлов, что осложняет выбор комплекса. Это также обуславливается большим количеством на мировом рынке фирм по производству горной техники различного назначения, в основе разработки которого заложены разные инженерные решения. Так, например, внедорожный автосамосвал китайской компании Wuhan Sanjiang Import & Export Company Limited (WSIEC) модели М-НТ5220 (Рис.1), в составе ходовой части оснащен 8 полуосями с 16-ю колесами 12 из которых приводные, что позволяет равномерно распределить нагрузку на грунт, уменьшить по сравнению с классическими четырехколесными самосвалами радиус поворота, продолжать движение при повреждении нескольких шин [2]. Многоколесная схема позволяет применение М-НТ5220 на мягких грунтах вскрыши и способствует уменьшению количества вскрышных работ из-за повышения маневренности машины, но менее ремонтпригодна и чаще выходит из строя, особенно при работе в тяжелых условиях севера.

Отдельный ряд вопросов связан с подземной отработкой месторождений, чему способствует снижения качества запасов и ухудшения горно-геологических условий отработки существующих и разведанных месторождений, а также отсутствие или минимальное экономическое освоение района, в котором располагается МПИ. Так с развитием малогабаритного горно-шахтного оборудования погрузочно-доставочных машин (ПДМ), бурильных машин и буровых станков для маломощных крутопадающих жильных месторождений (Дарасун, Качкарь, Кимпиче, Бараньевское) экономически выгодно становится разработка системой с применением малогабаритного оборудования – восходящей слоевой селективной выемкой с породной закладкой (Рис. 2) [3].

В данной работе автором собраны и обработаны данные об горных машинах и оборудовании карьеров и шахт месторождений рудного золота и полиметаллов по 164 протоколам временных и постоянных кондиций ГКЗ и ТКЗ (Амурской и Магаданской областей, Забайкальского и Камчатского краев, республики Якутии (Сахи)), прошедших экспертизу.



Рис. 1 Внедорожный автосамосвал М-НТ522

Данные разделены по способу добычи (открытый или подземный) и далее видам производственных процессов и сведены в таблицы (представлены в докладе):

1. Буровые станки для открытых горных работ;
2. Карьерный выемочно-погрузочные машины;
3. Техника для отвалообразования;
4. Системы разработки подземных рудников;
5. Бурильные установки и буровые станки для подземных работ;
6. Шахтные погрузочно-доставочные машины;
7. Шахтный транспорт;

Хоть выборка по данным, взятым для 78 месторождениям не достаточна для выявления корреляционных зависимостей показателей, но позволяет определить наиболее оптимальные варианты эксплуатируемо парка машин для различных горно-геологических условий с учетом освоенности района расположения МПИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каждан А. Б., Кобахидзе Л. П. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. -М.: Недра, 1985. –С.205.
2. Пространственные данные [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.zolotodb.ru/article/121569.html> (дата обращения: 27.11.2019).
3. Рогизный В. Ф. Селективная выемка маломощных рудных тел с применением малогабаритного самоходного оборудования/ Рогизный В. Ф, Хромов В. М., Селективная выемка маломощных рудных тел с применением малогабаритного самоходного оборудования// Рациональное освоение недр. -2019.-№2-3.-С.88-98.

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЗОЛОТОНОСТНЫХ КОР ХИМИЧЕСКОГО ВЫВЕТРИВАНИЯ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЕРАВНИНСКОЙ ДЕПРЕССИИ

Еравнинская депрессия расположена на территории Республики Бурятия, в пределах Озернинского рудно-россыпного района. В северной части района выделяется одноименный рудный узел с известными золото-полиметаллическими, полиметаллическими месторождениями: Назарьевское, Озерное и связанными с ними россыпями золота.

В южной части Еравнинской депрессии расположены Укырский и Харасанский рудные узлы, в которых были известны лишь незначительные россыпи и россышепроявления. Для узлов характерно близкое геологическое строение и рудная золото-железо-полиметаллическая специализация.

Золотое оруденение Озернинского района тесно связано с протяженной системой разрывных нарушений зоны регионального разлома северо-восточного направления. Золоторудные месторождения и проявления пространственно тяготеют к витимканскому (габбро-монзонит-гранитовому) комплексу позднепермского возраста. Комплекс рудовмещающих пород представлен переслаиванием эффузивных пород с горизонтами песчаников, алевролитов, органогенных известняков олдындинской свиты венд-кембрийского возраста [1].

Благоприятным фактором развития и сохранности кор химического выветривания является широкое распространение в южном обрамлении Еравнинской депрессии поверхностей выравнивания мел-палеогенового возраста. В пределах площади широко развиты коры выветривания различных морфогенетических типов: площадные, линейно-трещинные, контактово-карстовые, карстовые, мощностью от первых метров, в отдельных линейных зонах более 50 м.

Наибольший интерес представляет участок Белюты, расположенный в юго-западной части перспективной площади, где среднее содержание золота в коре выветривания составляет 0,8 г/т (0,4 – 3,9 г/т) на 21 м вертикальной мощности [2].

На участке преобладает щебнисто-глинистая кора выветривания (структурная и бесструктурная). Количество пелитовой составляющей в наиболее зрелых горизонтах не превышает 50%. По данным рентгеноструктурного анализа алевро-пелитовой фракции, главными минералами в коре выветривания являются кварц (50%), серицит (45%), гётит (4%); второстепенные (1%) — гидрослюда, иллит, монтмориллонит, каолинит, анкерит; среди примесей отмечаются альбит и алунит.

По результатам изучения шлифов и аншлифов, отобранных из коренных пород и обломков из коры выветривания, удалось установить следующее:

В обломочной составляющей коры выветривания, доминирующим минералом является кварц, который часто наблюдается в срастании с гидроксидами железа, серицитом, гематитом. По текстурно-структурным особенностям, можно выделить несколько генераций кварца:

гипогенный:

— крупнозернистый, жильный, погружен в более мелкозернистый, равномернозернистый кварцевый материал;

гипергенный:

— пластинчатый, стебельчатый кварц, который образуется в результате собирательной перекристаллизации вещества и заполняет ослабленные участки в уже сформировавшемся зернистом агрегате;

— кварц в виде крустификаций, формируется совместно с гидроксидами железа, заполняя в них многочисленные каверны и поры, образовавшиеся в процессе выщелачивания вещества;

— кварц с криптозернистой, микрозернистой структурой (возможно халцедон) среди разноминерального гранобластового кварцевого агрегата.

Множественная, одновременная (дюринитовая, последуринитовая, соотложение с гидроксидами железа) кристаллизация кварца приводит к большому разнообразию структур и текстур пород, что указывает на многократное переотложение вещества в результате гипергенных процессов. Кварц, в данной ситуации, оказывается самым устойчивым и породообразующим минералом и составляет от 10 до 90% породы.

Гидроксиды железа присутствуют во всех шлифах от 12 до 90%. Они образуются при окислении всей рудной массы, замещают её массивные участки, встречаются в виде псевдоморфоз по кристаллам сульфидов, часто сохраняя его правильную огранку. Кроме того, «цементируют» брекчированные участки в разноминеральном кварце и заполняют трещинки. Инфильтрационные коллоидные гидроксиды железа различаются колебаниями примесей фосфора, мышьяка, меди, цинка.

Остальные нерудные минералы занимают небольшой объём. Серицит в обломках отмечается редко, в единичных случаях составляет 1-2%. Золото, монацит, рутил, циркон, гипс, карбонат (анкерит), барит встречаются нечасто и имеют микроскопические размеры.

Золото выявлено в сростании с гидроксидами железа (Рис. 1). Оно вторичное, о чём свидетельствует его весьма высокая проба — 100% — и отсутствие элементов-примесей. Золото субмикроскопическое и тонкодисперсное, что характерно для зон глубокого окисления и перехода его в коллоидные растворы, из которых оно и кристаллизуется: об этом свидетельствуют его эмульсионная, микроглобулярная, сферическая, нитевидная, каплевидная структуры. Оно сформировалось в зоне гипергенеза при выветривании, выщелачивании и проникающем окислении первичных золотоносных руд. Гётит, в котором обнаружено золото, как правило, содержит примесь мышьяка, что позволяет предположить наличие в первичном золоторудном субстрате таких минералов, как арсенопирит и пирит. Золото отлагается там, где гидроксиды железа формируются в спокойной обстановке и часто имеют концентрически-зональную, натёчную текстуру. Редко отмечается тонкое первичное золото в окисленных сульфидах, содержащее в своём составе серебро, которое в дальнейшем высвобождалось, соединяясь с серой, осаждалось в виде низкотемпературного акантита.

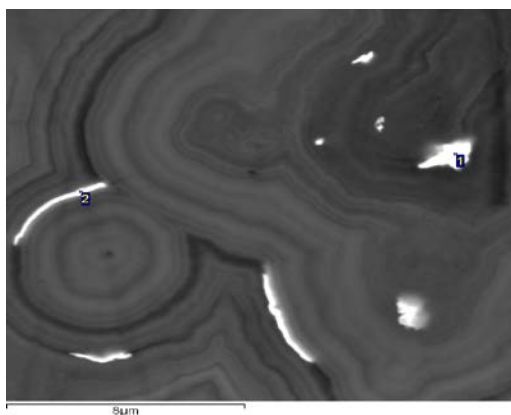


Рис. 1 Тонкодисперсное золото в коллоидных натёчных формах гётита. 1. Au 88,74% 2. Au 39,51%

Таким образом, в гипергенных условиях сформировалась контакто-карстовая кора выветривания гётит-серицит-кварцевой состава с тонким вторичным золотом в коллоидных гидроксидах железа.

Буровыми скважинами на глубине 37 метров вскрыты коренные породы, представленные серицит-кварцевыми метасоматитами (Рис. 2б) с вкрапленностью пирита, реже арсенопирита, расположенными в экзоконтакте интрузивного тела.

Интрузивные породы по составу схожи с гранитами (Рис.2а), содержащие обильные кварц-калишпатовые симплектиты. Порода сложена двумя магматическими парагенезисами кварц полевошпатового состава: ранняя ассоциация представлена плагиоклазом – андезином №30 и окаймляющим его кварцем. Андезин насыщен поздними включениями серицита. В результате метасоматических преобразований развивается поздний кварц-К-На полевошпатовый комплекс. В нём содержатся реликты плагиоклаза («псевдопертиты»). Вокруг идиоморфного К-На полевого шпата-пертита образуется кайма кварц-ортоклазовых симплектитов. Отмечаются поздние более низкотемпературные секущие прожилки, мощностью 0,1-0,5 мм, краевая часть которых сложена мелкозернистым кварц-альбитовым агрегатом, центральная часть сложена тонкозернистым каолинит-альбитовым агрегатом. Повышенное перераспределение калия, указывает на метасоматические изменения данной направленности.

Кварц-серицитовые метасоматиты развиты по вулканогенно-осадочной толще, представленной переслаиванием вулканогенных и карбонатных пород. Вулканогенные породы состоят из андезитов с порфировой структурой. Вкрапленники в основном сложены плагиоклазом 90% (андезин №35-36), погруженные в девитрифицированное вулканическое стекло. Карбонатные породы метасоматически изменены, и часто имеют тонкослоистую, неявнополосчатую, массивную текстуру. По минеральному составу преобладают карбонат, кварц, серицит, хлорит, примерно в равных количествах. Карбонат принадлежит к доломит-анкеритовому ряду. Перераспределение элементов калия, магния, железа в результате метасоматических изменений приводит к образованию в экзоконтактовой части хлорит-серицит-кварц-карбонатных пород (Рис. 2в).

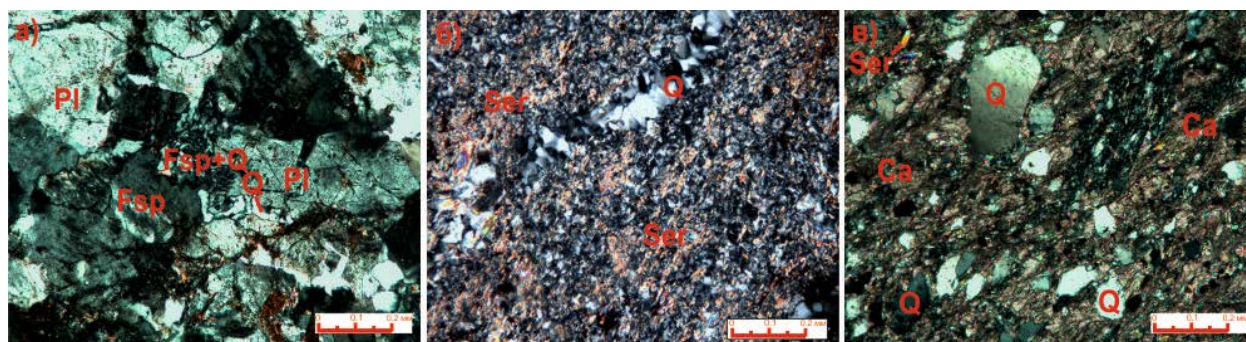


Рис. 2 а) гранит с кварц-полевошпатовыми симплектитами; б) кварц-серицитовые метасоматиты с более низкотемпературным прожилком кварца; в) серицит-кварц-карбонатная сланцеватая порода.

Таким образом, минеральные преобразования начинаются с псевдоморфного замещения первичных темноцветных минералов хлоритом, плагиоклаз сосюритизируется, в дальнейшем начинает развиваться агрегат мелкочешуйчатого серицита и кварца. В это же время происходит частичная серицитизация и окварцевание К-На полевого шпата. По мере усиления процесса хлорит замещается серицитом и карбонатом, растёт содержание светлой слюды и кварца. В зонах максимального изменения резко возрастает роль кварца. Серицитизация происходит в результате выщелачивания натрия, кальция, магния, калия из алюмосиликатных пород, при этом калий может привноситься или выделяться из первичного породообразующего полевого шпата. Этот тип изменения приводит к полному замещению породообразующих силикатов серицитом и кварцем, а также к разрушению первичной структуры породы.

По минеральному составу вскрытых коренных пород и обломочной составляющей из коры выветривания, можно предположить принадлежность данного процесса к низко-среднетемпературным метасоматитам — березитам. Березитизации благоприятствует повышение температуры и щёлочности растворов. Наиболее реальными значениями

параметров при образовании березитов является область температур 250-330° С при слабокислых значениях pH (3,5-5,5) [3].

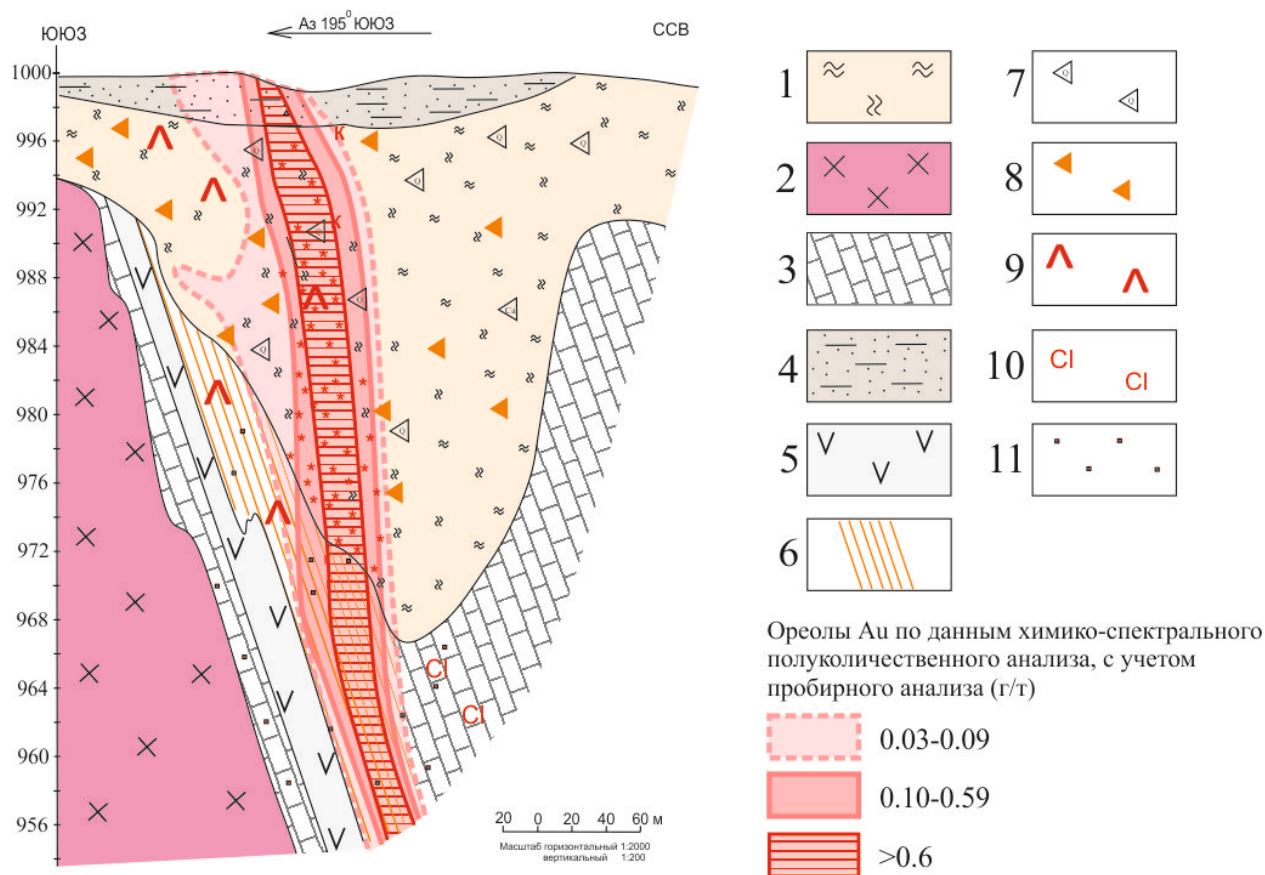


Рис. 3 Геологический разрез рудной зоны участка Белюты: 1-кора выветривая; 2-измененные граниты; гранодиориты; 3-известняки; 4-песчано-глинистые покровные отложения; 5-вулканогенные породы среднего состава (андезиты); 6-кварц-серицитовые метасоматические породы; 7-обломки кварца; 8-обломки метасоматических пород; 9-лимонитизация; 10-хлоритизация; 11-пиритизация.

В результате метасоматических процессов, на контакте вулканогенно-карбонатных пород и гранитоидов позднепермского возраста происходили процессы березитизации с золото-пирит-арсенопиритовой минерализацией (Рис. 3). В палеоген-неогенное время, в результате процессов гипергенеза, сформировалась кора химического выветривания по золотоносным метасоматитам.

Выявленный золото-пирит-арсенопиритовый тип минерализации на участке Белюты даёт перспективы для поисков новых рудных месторождений и проявлений на территории Еравнинской депрессии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цикина М.А. Золотоносность коры выветривания Еравнинской площади (Республика Бурятия) // IX Российская молодёжная научно-практическая Школа «Новое в познании процессов рудообразования». ИГЕМ — 2019 г.
2. Агибалов О.А., Зубова Т.П. и др. Перспективы золотоносности коры выветривания Еравнинской депрессии (Республика Бурятия) // Сборник тезисов докладов научно-практической конференции. ЦНИГРИ—2016. — С.114.
3. Омеляненко Б.И. Околорудные гидротермальные изменения пород. Москва «Недра» — 1978 г. С. — 179.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТРУКТУР, БЛАГОПРИЯТНЫХ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛАТИНОИДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ, НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСА МЕТОДОВ (В ТОМ ЧИСЛЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ)

Металлы платиновой группы являются важнейшим стратегическим сырьем и основой для наиболее перспективных направлений как в промышленности, так и в науке. В связи с этим важной задачей поисковой геологии становится совершенствование и разработка новых методов прогнозирования платиноидного оруденения [2]. Актуальность задачи крупномасштабного прогнозирования и поисков полезных ископаемых с применением дистанционных (космических и магнитогравиметрических) методов обусловлена необходимостью получения качественно новых данных по изучаемым объектам с сокращением затрат на проведение полевых работ.

В области прогнозирования месторождений твердых полезных ископаемых с привлечением данных дистанционного зондирования Земли, на сегодняшний день, существуют лишь единичные публикации [1]. Большой научный и практический интерес представляют, в частности, исследования по выявлению платиноидного оруденения на основе дистанционных методов, в том числе на изученных и опоискованных наземными методами площадях, где можно рассчитывать, например, на выявление скрытых рудных объектов. Применение инновационных технологий позволяет на начальном этапе исследований в короткие сроки и при минимальных финансовых затратах локализовать перспективные площади для постановки детальных поисковых и оценочных работ комплексом классических поисковых методов [3].

Цели работы – разработать новые подходы к комплексированию дистанционных методов и геологических данных при прогнозировании структур, благоприятных для размещения платиноидного оруденения; апробировать методы компьютерной обработки данных гравиметрической, магнитометрической и космической съемки (на примере эталонных объектов).

В результате проделанной работы: 1) разработаны методы для эффективного управления поисково-разведочными геологическими работами по выявлению платиноидного оруденения для рудных объектов месторождений-эталонов;

2) Создана методика компьютерной обработки карт (гравиметрических, магнитометрических и др.), космических снимков (фильтры, трансформации, синтез и т.п.) с целью выявления критериев локализации рудных полей и месторождений с учетом структурно-тектонических и геоморфологических и др. факторов.

3) Показана целесообразность использования мультиспектральной космической съемки и яркостных (спектральных) характеристик для прогнозирования платинометального оруденения в новых перспективных районах.

4) Изучены региональные структуры, выявлены рудоконтролирующие линейные и кольцевые разломов и зон повышенной проницаемости (на эталонных площадях).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ваганов В.И., Волчков А.Г., Константинов М.М., Кривцов А.И., Курбанов Н.К., Мигачев И.Ф. Методика крупномасштабного и локального прогноза месторождений цветных, благородных металлов и алмазов (Медно-никелевые месторождения). – М.: ЦНИГРИ, 1989, 274 с.
2. Додин Д. А. Платинометалльные месторождения России / Д. А. Додин, Н. М. Чернышов, Б. А. Яцкевич. — СПб: Наука. — 2000. — 755 с.
3. Шовенгерт Р.А. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображения // Техносфера, 2010, с. 26–37.

Шукуров А.Х., Ахмеджанов Б.А. (НУУЗ им. МирзоУлугбека), Кодиров С.Х.
(Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта)

О ЛАМПРОФИРОВЫХ ДАЙКАХ КОЙТАШСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (СЕВЕРНОЕ НУРАТАУ, УЗБЕКИСТАН)

В рудных полях позднепалеозойских золоторудных месторождений Западного Тянь-Шаня широко развиты дайковые комплексы, которые образуют протяженные дайковые пояса, рои и пучки. Общая систематика даек, их состав, последовательность образования, генезис, рудоносность и другие проблемы еще недостаточно изучены.

Одним из интересных объектов является Койташский гранитоидный pluton, который представляет собой репер интрузий Западного Узбекистана. Породы его прорывают кембро-ордовикские отложения – на севере, среднекарбоновые и силурийские – на юге. Интрузив, площадью 47 км², в плане имеет овальную форму и сложен биотит-амфиболовыми и биотитовыми гранодиоритами, адамеллитами, гранитами. Жильная серия представлена гранит-порфирами, лейкократовыми гранитами и аплитами. Массив рассечен многочисленными дайками лампрофиров, диорит-порфиритов, гранит-, и гранодиорит-порфиритов субмеридионального направления, количество которых по данным З.А.Юдаlevича [8] достигает до 32 разновидностей.

Дайки разнообразного состава имеют субмеридионального простирания мощностью 0,5—0,7—10 м, протяженностью от нескольких сот метров до 3-5 км прорывает Койташский гранитоидный интрузив (Р₁) и вмещающие его кембрий-ордовикские метаморфизованные песчано-сланцевые отложения, срезая и скупиваясь в западной части интрузива далеко уходят за его пределы. По данным И.Х.Хамрабаева и др. [9] абсолютный возраст даек диоритовых порфиритов, прорывающих Койташский интрузив и сульфидные тела полосы Койташ-Угат равен – 247±2 млн. лет (Т₁), которые прорваны кварц-полиметаллическими рудоносными жилами. Первичные отношения изотопов стронция $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7054$ указывают на возможный смешанный мантийно-коровый источник расплава даек. Необходимо отметить, что в Койташском рудном поле существуют три типа оруденения: первый - связанный с гранитоидами - скарновые месторождения вольфрама, молибдена и волластонита, второй - сульфидно-редькометальное оруденение, связанное с основными породами на глубине и кварц-полиметаллическое, возможно, связанное с лампрофирами.

Диоритовый порфирит. Структура породы порфировая, основной массы - призматическзернистая (с мелкими порфировидными выделениями роговой обманки и плагиоклаза). Текстура массивная. Порфировые выделения плагиоклаза составляют до 25% породы, основная масса мелко- и микрозернистая: плагиоклаз 70-75%, бурая роговая обманка 20-25, лейсты-таблицы альбита до 5%. Основная масса сложена мелкими и микроскопическими зёрнами зонального плагиоклаза, бурой роговой обманки и пластинками-чешуйками хлорита не длиннее 0,1 мм. На фоне этой массы рассеяны одиночные порфировидные зерна зеленато-бурой роговой обманки длиной до 0,25-0,3 мм и такой же величины лейсты-таблицы альбита.

Более меланократовые разности диоритовых порфиритов переходят в малхиты, которые образуют маломощные дайки с характерными лампрофировыми структурами. Во вкрапленниках плагиоклаз (андезин-лабрадор), буро-коричневый амфибол (керсутит), редко биотит и включения кварца.

Спессартит. Структура порфировая с микрозернистой основной массой, лампрофировая, текстура массивная. Вкрапленники представлены плагиоклазом, бурой роговой обманкой и биотитом, которые составляют 15-20%, основная масса 80-85% (роговая обманка бурая, полевошпат, биотит, магнетит, хлорит). Плагиоклаз образуют таблитчато-призматические кристаллы длиной до 1,5 мм при ширине до 0,5-0,8 мм. В некоторых из них проявлено полизональное строение, почти все они слабо катаклазированы. Вблизи с контактом ксенолита они раздроблены на мелкие блоки,

разделённые хлоритизированной основной массой. Порфиновые выделения бурой роговой обманки тонкопризматические, длиной до 1,5 мм частью с полисинтетическим внутренним двойникованием, а в основной массе порфирита и в ксенолите диорита иногда это простые двойники со швом двойникования по диагонали ромбовидных сечений. В основной массе выделения бурой роговой обманки не крупнее 0,15-0,2 мм по длинной оси. Суммарно роговая обманка составляет 25-30% объёма породы. Биотит (его не более 2-3% от объёма породы) присутствует как в виде единичных редких неправильно-таблитчатых порфиновых выделений с поперечниками до 0,5 мм, так и в виде мелких чешуйчатых зёрен длиной до 0,15 мм. Бурый, интенсивно плеохроирующий ($\text{SiO}_2=50.70$, $\text{TiO}_2=0.68$, $\text{Al}_2\text{O}_3=11.91$, $\text{Fe}_2\text{O}_3=23.12$, $\text{MgO}=6.30$, $\text{CaO}=3.04$, $\text{K}_2\text{O}=5.06$, Сумма=100,81). В порфиновых выделениях на 30-35% замещён хлоритом с микрозернистым эпидотом вдоль трещин спайности. Акцессорные – сфен, эпидот, ильменит и окислы железа по пириту. Порода, в целом, слабо хлоритизирована и эпидотизирована. Хлорита, в общем, не более 5-7%, а эпидота (по роговой обманке и биотиту) не более 0,5-1%.

Химический состав даек приведен в таблице. Анализы показывают, что дайки относятся к субщелочным основным породам калиево-натриевой серии. По глиноземистости они являются высокоглиноземистыми, что отражается в их лейкократовости.

Табл. 1

Химический состав даек и гранитоидов Койташского интрузива

(по [10, 11])

Окислы	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO_2	53,68	45,64	49,50	62,64	49,24	46,55	51,60	52,99	67,53
TiO_2	1,10	2,05	2,15	0,61	1,35	1,55	0,87	0,89	0,42
Al_2O_3	14,14	14,33	14,95	15,33	15,82	16,04	11,34	16,23	15,48
Fe_2O_3	3,39	2,80	4,50	1,95	2,50	4,10	1,05	1,14	1,55
FeO	6,19	7,45	5,20	3,33	6,70	5,32	6,62	5,83	2,54
MnO	0,20	0,18	сл.	0,05	0,20	0,13	0,06	0,09	0,14
MgO	1,60	7,60	5,14	1,80	4,70	5,50	10,50	5,60	1,18
CaO	8,12	9,13	8,50	5,46	8,45	8,82	12,05	6,60	3,12
Na_2O	4,42	3,34	3,35	3,89	3,35	3,47	2,21	3,47	3,97
K_2O	2,37	1,60	2,11	2,11	2,65	2,28	0,57	2,34	3,17
П.п.п	1,14	1,54	2,36	2,34	2,90	4,23	1,70	4,00	0,67
P_2O_5	0,68	0,85	0,80	0,35	0,46	0,68	0,18	0,34	0,13
Всего:	99,86	99,0	98,56	99,86	98,42	98,92	98,75	99,54	99,83

Примечание. 1-5 – малхиты; 6-8 – диоритовые порфириты;
9 – гранодиориты Койташского интрузива.

Все разновидности даек проанализированы по методу масс-спектрометрического анализа, результаты показывает, что содержания выше кларка: мышьяка в 15 раз, селена в 17 раз, молибдена в 10 раз, вольфрама в 80 раз, рения в 10 раз, золота в 25 раз и висмута в 20 раз, что позволяет предполагать о возможной их специализации на эти элементы, характерные для Койташского рудного поля. Геохимическую специализацию пород подтверждают определения состава породообразующих (амфибол, пироксен, плагиоклаз и др.), акцессорных минералов (гранат, ортит, магнетит, гематит, кальцит и сульфидные минералы) даек на микроанализаторе JXA-8800R ИГиГ Госкомгеологии РУз. Анализ распределения РЗЭ показывает, что породы дайкового комплекса являются производными единого магматического очага.

Следует отметить, что в дайках обнаружены многочисленные ксенолиты пироксенитов, габбро, габбро-норитов, горнблендитов, анортозитов, долеритов,

монцогаббро, основных гранулитов, гнейсов, чарнокитов, плагиоклазитов, сланцев, роговиков и фенокристаллы – роговой обманки, гранатов и плагиоклазов [12-15]. Наличие первых указывает на подкоровое происхождение расплава даек. Неравномерность распространения ксенолитов еще требует своего объяснения, но не исключено, что это связано с различными уровнями магмогенерации, составом и структурой земной коры.

Выводы: Исключительно высокая степень насыщения Нуратинского региона, в частности Койташского рудного поля лампрофирами разнообразного состава является следствием существования в его пределах магматических систем, развивавшихся над головными частями мантийного плюма на рубеже 271-206 млн. лет.

В Койташском рудном поле существуют три типа оруденения, первый связанный с гранитоидами - скарновые месторождения вольфрама, молибдена и волластонита, второй - сульфидно-редькометальное оруденение, связанное с основными породами на глубине и кварц-полиметаллическое жильное, возможно, связанное с лампрофирами.

Обнаружены ксенолиты пироксенитов в дайках – для рассматриваемого объекта это является новым. Что касается отсутствия настоящих мантийных включений типа лерцолитов, гарцбургитов и др., а также дискретных нодулей минералов ультраосновных магм (оливины, клино- и ортопироксены, хромшпинелиды) в генетическом отношении отделяет их от пород щелочно-базальтоидной формации, так и от пикритовых порфиритов этого региона, рассматриваемых в качестве продуктов вещества верхней мантии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахунджанов Р. Генетические типы лампрофиров // Геология и минеральные ресурсы. 2013. №5. С. 21-25.
2. Ахунджанов Р., Каримова Ф.Б., Зенкова С.О., Сайдиганиев С.С. О рудоносности лампрофиров Чаткало-Кураминского и Нуратинского регионов (Западный Тянь-Шань) // Геология и минеральные ресурсы. 2013. № 6. С. 9-22.
3. Головкин А.В., Диваев Ф.К. Некимберлитовые алмазоносные породы Узбекистана и степень их изученности //Мат. научн. конф. “Актуальные проблемы геологии и геофизики”. - Ташкент: Фан, 2007. - С.254–261.
4. Ишбаев Х.Д., Шукуров А.Х. Молодой магматизм и состав литосферы Тянь-Шаня //Материалы XII Всероссийской петрографической совещании "Петрография магматических и метаморфических горных пород". Институт геологии Республика Карелия, Россия. 2015. С.162-165
5. Далимов Р.Т., Курбанов А.А., Далимов Н.Р., Есенбаев А.Г. Щелочно-ультраосновные дайки бассейна р.Шавазсай / Геология и минеральные ресурсы. 2016. № 6. С. 17-21.
6. Карабаев М.С., Мирзаев А.У., Шукуров А.Х., Садиров Р.М. О взаимоотношении дайковых образований с оруденением (на примере золото-редькометальных и золото-серебряных объектов Центральных Кызылкумов) //Основные проблемы магматической геологии Западного Тянь-Шаня. Книга 1. Материалы научной конференции, посвящённой 80-летию академика Т.Н.Далимова. – Т.: ГП НИИМР. 2016. - 366 с.
7. Каримова Ф.Б. Лампрофировые дайки Юго-Западных отрогов Чаткальского хребта //Доклады АН РУз, 2015. №4. С.38-42.
8. Изох Э.П., Юдалевич З.А., Пономарева А.П. и др. Формационный анализ гранитоидов Западного Узбекистана. Новосибирск: Наука, 1975. – 518 с.
9. Хамрабаев И.Х., Сайдиганиев С.С., Аскарлов Ф.А., Азимов П.Т. Геохронология магматических и рудных образований в Койташском рудном поле (Северный Нуратау, Западный Узбекистан) /Узбекский геологический журнал, 1993, № 4. С. 13-18.
10. Мусаев А.М., Хамрабаев И.Х. Петрохимические особенности субщелочных андезито-базальтов даек Северного Нуратау и их происхождение //Узб.геол.журн. – 1984. – №4.- С.5-11.
11. Мусаев А.М. Мегакристы гранатов в субщелочных андезито-базальтах Северного Нуратау - глубинные нодулы //Узб. геол. журн.- 1985. -№4.- С. 6-10.

12. Хамрабаев И.Х., Искандаров Э. и др. Природа геофизических границ и слоев земной коры Средней Азии. Ст. 3. О природе нижней коры Нуратинских гор (Южный Тянь-Шань) //Узб. геол. журн.-1990.-№2.- С.26-43.
13. Мусаев А.М., Ганиев И.Н., Ишбаев Х.Д. Чарнокиты в земной коре Северного Нуратау (Западный Узбекистан) //Геол. и мин. ресурсы.- 2002.-№6.-С.3-10.
14. Природа слоев и границ литосферы Средней Азии //Под ред. И.Х.Хамрабаева. – Ташкент: ГФНТИ, 1998. 212 с.
15. Ишбаев Х.Д. Ксенолиты и родственные включения в магматических образованиях Северо-Нуратинских гор //Вестник НУУз. – 2005. -№1.С.18-21.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, МАГМАТИЗМ И МИНЕРАЛИЗАЦИЯ СРЕДНЕАМУРСКОГО ЗОЛОТО-МЕДНОПОРФИРОВОГО РУДНОГО РАЙОНА

Предполагаемый рудный район может быть выделен в южной части Нижнеамурской минерагенической зоны, контур которой в общем отвечает Западно-Сихотеалинской структурно-формационной зоне. В состав рудного района предлагается включить Болонский рудный узел, объединяющий Малмыжское (меднопорфировое с золотом) месторождение и рудопроявления золота Болонских высот на левом берегу Амура, Понимулинский и Анаджаканский рудные узлы с, в разной мере изученными, порфировыми рудопроявлениями, а также Маноминский прогнозируемый рудный узел.

Названные рудные узлы охватывают одноименные ареалы интрузий среднего-умереннокислого составов, и в каждом из них могут быть выделены фаз внедрения. Ареалы интрузий пространственно разобщены и образуют локальные поднятия в пределах Среднеамурской впадины или ее обрамления.

В Понийском ареале, в составе сравнительно крупных массивов, заметную роль играют основные нормальнощелочные и субщелочные разности (от кварцевых диоритов до монцодиоритов и габбро). Габбро и монцонитоиды условно отнесены к первой фазе внедрения, кварцевые диориты малых интрузий ко второй. С ними связаны литохимические аномалии золота, меди, молибдена [1ф]. Известные на данный момент минерализованные зоны характеризуются весьма низкими содержаниями и практически не несут характерных для большинства порфировых объектов кварцевых прожилков; отмечаются амфиболовые, биотитовые, калишпатовые прожилки с халькопиритом, а также его вкрапленность в массе породы. Отмечается развитие гнезд пироксен-флогопит(?)–магнетитового состава с вкрапленностью халькопирита.

Малые тела представлены порфировидными амфиболовыми кварцевыми диоритами, реже клинопироксен-амфиболовыми диоритами. Потенциально промышленное оруденение золото-меднопорфирового проявления Зона Медная локализовано в теле кварцевых диоритов, и в целом, контролируется зоной калишпатовых метасоматитов. Они пересекаются системами разновозрастных кварц-сульфидных (с халькопиритом и борнитом), хлорит-пиритовых, карбонатсодержащих прожилков и кварц-магнетитовых жил. Пропилитоподобные метасоматиты со значительным, до 10-15%, об. количеством пирита, и единичные примазки молибденита имеют значительно меньшее распространение. Отличительной особенностью данного проявления являются брекчевидные текстуры руд (до кварцевых брекчий с преобладанием кварца), и нарушенные пострудными тектоническими нарушениями.

Диориты и кварцевые диориты малых тел в пределах понийского ареала подвержены пропилитоподобным изменениям – хлоритизация, карбонатизация амфибола, в разной мере проявленная эпидотизация и альбитизация плагиоклаза. Данные метасоматиты несут редкую (до 1-2%) вкрапленность пирита, и вероятно, не имеют прямого отношения к рудному процессу. Отмечается наложение калишпатовых изменений, в первую очередь, развивающихся вдоль трещин непосредственно на подобным образом измененные кварцевые диориты.

Интрузии Малмыжского ареала, несущие промышленное золото-меднопорфировое оруденение представлены на двумя основными типами пород – ранними – амфиболовыми кварцевыми диоритами, (в подчиненном количестве диоритами), и более поздними – амфибол-биотитовыми гранодиоритами, а также магматическими брекчиями. При детальной документации керн скважин установлено не менее двух фаз внедрения кварцевых диоритов, пересекаемых телами пород типа гранитов-гранодиоритов. Основной объем оруденения связан с более ранней (кварцеводиоритовой) фазой внедрения, в силу большей распространенности тел кварцеводиоритового состава.

Кварцевые диориты и диориты наименее измененных тел затронуты пропилютоподобными изменениями близкими к описанным в телах Понийского ареала интрузий. Околорудные метасоматиты развиты широко и представлены значительным количеством разностей. Отмечается развитие ранних магнетитовых (сравнительно редких), кварц-пирит-халькопиритовых (нескольких генераций), кварц-карбонатных с сульфидами и более поздних хлорит-пирит-карбонатных и других прожилков. В составе кварц-карбонатных-хлоритовых, с пиритом, прожилков в измененных кварцевых диоритах отмечаются редкие скопления молибденита.

Согласно легенде ГГК1000/3 магматические образования Пони-Мулинского рудного узла отнесены к Нижнеамурскому комплексу, Болонского рудного узла – к мяочанскому (мяочанскому) [2], однако, согласно имеющимся данным, отмечается текстурно-структурное и вещественное сходство между кварцевыми диоритами Понийского ареала интрузий и Малмыжского месторождения. Сходство условий их формирования подчеркивается сходным спектром распределения редкоземельных элементов с общей тенденцией к обогащению легкими РЗЭ. Для малоизмененных разностей характерна положительная европиевая аномалия.

Полученные данные U-Pb датирования кварцевых диоритов участка Северный Малмыжского месторождения не противоречат имеющимся литературным данным [3], для кварцевых диоритов данного объекта. Впервые полученные результаты датирования кварцевых диоритов Понийского ареала показали весьма близкий возраст.

Таким образом, вероятно, в пределах Понийского и Малмыжского ареалов развиты интрузии первой, второй, и второй и третьей фаз внедрения Нижнеамурского комплекса, соответственно. Изучение петрохимических характеристик гранодиоритов Малмыжского месторождения будет продолжено в ходе дальнейших исследований.

Образования мяочанского комплекса отличаются более кислым составом (в пределах Анаджаканского ареала преобладают граниты и гранодиориты, Маноминского - гранодиориты); диориты и кварцевые диориты имеют резко подчиненное значение. Единичные тела на границе Анаджаканского и Болонского рудных узлов сложены сиенитами, и согласно ГГК 1000/3, отнесены к мяочанскому комплексу, и в ходе настоящей работы не изучались.

В металлогеническом отношении интрузии мяочанского комплекса имеют несколько отличную специализацию, в их пределах известны рудопроявления и пункты минерализации вольфрама, молибдена, олова, золота, меди. В центральной части Анаджаканского рудного узла известно молибденпорфировое проявление Гордеевское, связанное с телом гранодиорит-порфиров. Медно-золоторудное (предположительно, порфирового генетического типа) проявление Черная дыра, связано с дайками среднего состава и локализовано в терригенных породах [4ф].

Исследованные интрузивные образования участков Высокий и Студеный Анаджаканского ареала представлены неравномернозернистыми, редко порфировидными разностями, амфиболовых, биотит-амфиболовых и биотитовых гранитов и гранодиоритов. Отличительной особенностью пород является развитие идиоморфных выделений темноцветных минералов, в первую очередь, биотита. Для гранодиорит-порфиров участка Высокий характерно развитие среднего - до основного плагиоклаза в фенокристаллах и кварц-альбит-калишпатовой основной массы, что характерно для некоторых порфировых рудопроявлений.

По результатам петрохимических исследований изученные гранитоиды могут быть отнесены к I-типу, что подтверждается наличием отрицательной европиевой аномалии. Планируется проведение дальнейшее изучение магматических пород Маноминского ареала интрузий с целью сравнения с образованиями Анаджаканского ареала.

Предполагается значительная степень сходства между интрузивными образованиями Анаджаканского и Маноминского ареалов, с учетом, вероятно, меньшего эрозионного среза интрузивных тел в пределах последнего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернявский В.С. и др. Поисковые работы на рудное золото в пределах Пони-Мулинского рудно-россыпного узла (Хабаровский край). 732с. —Хабаровск — 2015 (Отчет по госконтракту...)
2. Васькин А.Ф., Дымович В.А. Государственная геологическая карта масштаба 1:1 000 000 (третье поколение) Дальневосточная серия. Лист М-53. С-Пб — Картографическая фабрика ВСЕГЕИ — 2009
3. Ханчук А.И., Гребенников В.И., Иванов В.В. Альб-сеноманские окраинно-континентальный орогенный пояс и магматическая провинция Тихоокеанской Азии // Тихоокеанская геология — 2019. — №3 . — С. 4–37.
4. Пляскин В.А., Котляров С.Н. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые Анаджаканского рудного узла. (Отчет о результатах поисковых геолого-геофизических исследований м-ба 1:25000 на южных флангах Комсомольского рудного района в 1982-1987 гг.). Пос. Солнечный — 1988

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОГО-ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД КАКАДУРСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ (РЕСПУБЛИКА СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ)

Актуальность. Необходимость более детального изучения минералого-вещественного состава руд Какадурского рудопроявления определяется возможностью выделения, наряду с получившими поисковую оценку упорными золото-кварц-сульфидными рудами, нетрадиционных для Северного Кавказа более технологичных золото-кварцевых руд со свободным золотом, которые позволят улучшить экономические показатели отработки руд и значительно повысят инвестиционную привлекательность объекта.

Цель: Определение характерных особенностей минералого-вещественного состава и типизация золоторудной минерализации Какадурского рудопроявления, обеспечивающих постановку вопроса о необходимости выделения природных типов руд, нетрадиционных как для специализированной на полиметаллы территории Северной Осетии, так и Северного Кавказа, требующих дальнейшего дифференцированного технологического изучения и геолого-экономической оценки.

Специфическая особенность: наличие в рудах Какадурского рудопроявления, наряду с тонкодисперсным, связанным с сульфидами золотом, выделений его минеральных форм в кварце, не изучавшихся ранее.

Какадурское золоторудное проявление представлено разветвленной системой Какадурской рудной зоны, локализованной в ходе ГРП в углеродистых терригенно-флишеидных отложениях тоар-ааленского возраста Афсандур-Ламардонского рудного поля, входящего в состав специализированного на полиметаллическое оруденение Дагом-Терского рудного района.

Золотое оруденение образует линейные штокверки золото-кварц-сульфидной минерализации, в осевых частях которых локализованы зоны окварцевания и четкообразные жилы средне-крупнозернистого шестовато-гребенчатого кварца, содержащего гнездово-вкрапленные выделения сульфидов размерами до 3–5 см.

Изучение минералого-вещественного состава золотосодержащих руд Какадурского рудопроявления проводилось в ходе поисковых работ, выполненных АО «Росгео» в период 2017-2019 гг. (О.П. Туаев, 2017-2019 гг.).

В результате поисковых работ, наряду с получившими поисковую оценку золото-кварц-сульфидными рудами, имеющих преимущественное развитие в западной части Какадурского рудопроявления, на участке Какадур (рудные зоны Какадур-Северный и Какадур-Южный), выявлены признаки золото-кварцевого со свободным золотом оруденения в восточной части рудопроявления, на участке Ламардон (пределах рудных зон Северная, Центральная и Цатадонских жил).

Характеристика минерально-вещественного состава руд западной части Какадурского рудопроявления

Изучение минерального состава руд западной части рудопроявления, локализованные в рудных зонах Какадур-Северный и Какадур-Южный, на поляризационном микроскопе с максимальным увеличением 1000х показало, что главными рудными минералами служат арсенопирит и пирит, в сумме составляющие около 80–90 % сульфидов. К второстепенным относятся сфалерит и галенит (10-20 %), распространенной примесью является халькопирит. Общее количество сульфидов в рудах составляет 10-15%.

Арсенопирит образует таблитчатые, ромбовидные кристаллы, их сростки, а также выделения неправильной формы. Как правило, минерал содержит многочисленные реликты вмещающих терригенных пород и разбит микротрещинами. Наличие реликтов углеродисто-терригенных пород в метакристаллах арсенопирита из кварцевых жил, очевидно, свидетельствует об образовании арсенопирита метасоматическим путем до

времени формирования жильного кварца. Повышенное количество арсенопирита установлено в наиболее золотоносных интервалах, за пределами рудных зон арсенопирит отсутствует.

Пирит в виде кристаллов неправильной формы и крупноблочных выделений встречается как отдельно, так и в тесных сростаниях с арсенопиритом. Слабая анизотропия пирита указывает на высокое содержание As в минерале.

Сфалерит и галенит образуют в арсенопирите и пирите мелкие включения, а также относительно крупные ксеноморфные выделения неправильной формы. Сфалерит часто содержит эмульсионную вкрапленность халькопирита. Степень окисления сульфидов слабая.

Во всех аншлифах и концентратах микроскопически видимое (> 0.001 мм) самородное золото отсутствует. Предполагается, что благородный металл находится в форме субмикроскопической примеси в арсенопирите и мышьяковистом пирите.

Серебро преимущественно находится в форме тонкодисперсной примеси в галените.

Взаимоотношения изученных минералов указывают на следующую последовательность их образования: арсенопирит $\rightarrow$ пирит $\rightarrow$ халькопирит $\rightarrow$ сфалерит $\rightarrow$ галенит. Предполагается, что минералообразование протекало на фоне внутрирудных тектонических подвижек, что послужило причиной пространственного разобщения областей накопления каждого минерала.

По взаимоотношению сульфидных минералов выделены две последовательные минеральные ассоциации: золото-мышьяковистая пирит-арсенопиритовая и серебро-полиметаллическая.

Закономерное присутствие реликтов углеродисто-терригенных пород в метакристаллах арсенопирита из кварцевых жил указывает на вероятное существование в рудном поле «дожилых» зон золото-сульфидного вкрапленного оруденения.

Полученные минералогические данные позволили сделать вывод о принадлежности изученного оруденения к золото-мышьяковисто-полиметаллическому рудноформационному типу с «упорным» золотом.

Данный факт был убедительно подтвержден результатами технологических исследований, проведенных в ОП Геотехнологический центр АО «Росгеология» (А.И. Романчук, 2019 г.) в рамках реализации Государственного контракта на выполнение поисковых работ по Какадурскому золоторудному объекту (О.П. Туаев, 2017-2019 гг.). По технологическим свойствам изученные золото-кварц-сульфидные руды с ярко выраженным полиметаллическим (свинцово-цинковым) составом рудной зоны Какадур-Северный отнесены к типу трудно обогатимых упорных мышьяковистых золото-кварц-сульфидных руд с тонкодисперсным золотом, 85% которого находится в хвостах флотации (пирит, арсенопирит) и извлекается в количестве 65% методом сорбционного цианирования.

Характеристика минерально-вещественного состава восточной части Какадурского рудопроявления

Изучение минерального состава руд восточной части рудопроявления, локализованных в рудных зонах Центральная, Северная и Цатадонские жилы, на поляризационном микроскопе с максимальным увеличением 1000х показало, что основными рудными минералами также являются арсенопирит и пирит, но общее количество сульфидов в рудах в сумме составляет 1-3%, что позволило отнести их в разряд малосульфидных.

Результатами минералогического анализа в 11 из 14 пробах протолочках, отобранных по наиболее оруденелым участкам рудных зон, с установленными по данным пробирного анализа содержаниями золота на уровне 2,8-3,0 г/т, выявлены выделения золота размером до 0,5-1,0 мм.

По данным изучения рудного вещества петрографическим и минераграфическим методами анализа установлено приуроченность выделений свободного золота, главным образом, к кварцевой массе.

Таким образом, полученные данные изучения вещественного состава руд восточной части Какадурского рудопроявления позволяют сделать вывод о возможной их принадлежности золото-кварцевому типу.

Наличие золото-кварцевого типа руд со свободным золотом при прочих равных условиях позволяет предполагать более лучшие технологические характеристики таких руд по сравнению с упорными золото-кварц-сульфидными рудами, получившими поисковую оценку на Какадурском рудопроявлении.

По данным геолого-экономической оценки прогнозных ресурсов золота Какадурского рудопроявления, даже в варианте обогащения технологической оценки упорных, трудно обогащаемых мышьяковистых золото-кварц-сульфидных руд с тонкодисперсным золотом, достигнут показатель рентабельности разработки к производственным затратам в значении 22% (О.П. Туаев, 2017-2019 гг.). Следовательно, подтверждение промышленно значимого количества выявленных золото-кварцевых руд со свободным золотом, имеющих более высокие характеристики обогащаемости и извлечения золота, несомненно улучшит экономические показатели освоения объекта, и, как следствие, повысит его инвестиционную привлекательность.

В силу вышесказанного несомненна необходимость дальнейшего изучения золото-кварцевых руд Какадурского рудопроявления, нетрадиционного для Северного Кавказа геолого-промышленного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двуреченская С.С., Туаев О.П. Минералогические особенности золото-кварц-сульфидного оруденения Какадур-Ламардонской зоны (Республика Северная Осетия-Алания). Москва, ЦНИГРИ, Тезисы научной конференции, 2019 г.
2. Кряжев С.Г., Двуреченская С.С. Информационная записка о результатах минераграфических исследований образцов золото-кварц-сульфидных руд Какадурской рудной зоны. Москва, ЦНИГРИ, 2018 г.
3. Туаев О.П. Отчёт о результатах работ по объекту: «Поиски месторождений золото-кварц-сульфидных руд в пределах Какадурской рудной зоны Афсандур-Ламардонского рудного поля (Республика Северная Осетия-Алания)», Москва, 2019 г.

МИНЕРАЛОГИЯ РУД СОХАТИНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (РЕСПУБЛИКА САХА)

Сохатиное месторождение находится на территории Верхнеколымского улуса Республики Саха (Якутия), в бассейне реки Шаманиха и ее притока реки Сохатиный.

Площадь месторождения находится в пределах Шаманихо-Столбовского рудно-россыпного золотоносного района. Рудовмещающие породы в основном представлены хлорит-кварцевыми, хлорит-эпидот-кварцевыми и мусковит-кварцевыми сланцами, по которым развиваются различные по составу и характеру проявления гидротермально-метасоматические образования. В тектоническом плане месторождение приурочено к надвиговой зоне, которая состоит из серии пологих сместителей с общим падением на север.

Гидротермально-метасоматические изменения вмещающих пород на Сохатином месторождении представлены: площадной пропилитизацией и околорудной березитизацией (кварц-карбонат-серицитовым метасоматозом) [1].

Для изучения вещественного состава руд Сохатиного месторождения использовались методы минераграфии, сканирующая электронная микроскопия и микрозондовый анализ. В результате были выделены следующие минеральные ассоциации: 1) кварц-кальцит-барит-пиритовая (наиболее ранняя); 2) золото-полиметаллическая; 3) золото-висмут-теллуридная (самая поздняя) [2].

Золото-пиритовая минеральная ассоциация имеет наибольшее распространение. Основными нерудными минералами данной ассоциации являются кварц и карбонаты, реже барит (Рис. 1). Из рудных минералов наибольшим распространением пользуется пирит. Во вмещающих породах выделяются хорошо ограненные кристаллы пирита кубического габитуса (Рис. 2).

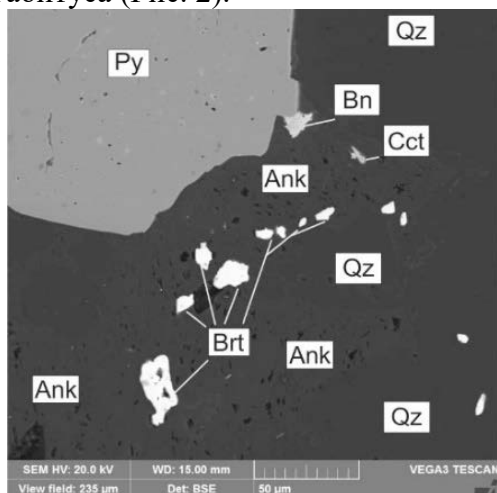


Рис. 1 Микровключения барита (Brt) среди анкерита (Ank)-кварцевого (Q) прожилка, вместе с пиритом (Py), борнитом (Bn) и халькозином (Cct). Изображение в обратно-рассеянных электронах

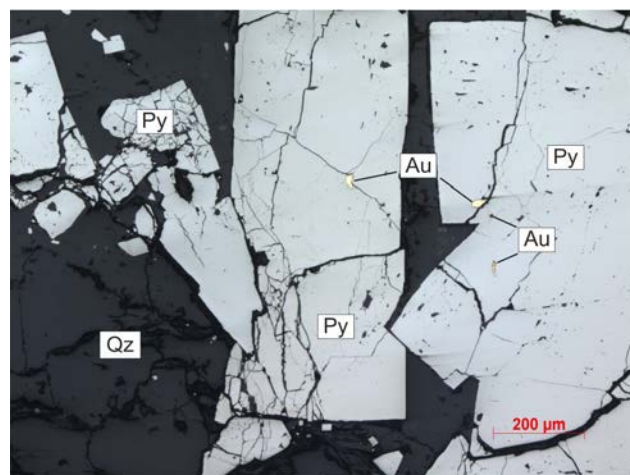


Рис. 2 Включения золота (Au) по трещинкам в пирите (Py). Отраженный свет

Золото-полиметаллическая ассоциация является самой продуктивной, ореолы ее распространения определяют контуры золотого оруденения. Она наблюдается в жильных и прожилковых образованиях в виде вкрапленности или гнездообразных скоплений, заполняющих интерстиции среди минералов ранней пиритовой ассоциации, а также цементирует последние при их катаклазе. В процессе отложения минералов в первую очередь образовалась арсенопиритовая минеральная ассоциация, затем кварц-пирротин-сфалерит-халькопирит-карбонатная, и – галенитовая.

Арсенопирит образует единичные вкрапленники в пирите и встречается очень редко. Типоморфным минералом данной ассоциации является халькопирит-1. Он образует ксеноморфные агрегаты на контакте с пиритом и развивается по трещинкам (Рис. 3). Галенит-1 также является типичным минералом полиметаллической минерализации. Формы его выделения различны: вкрапленность в пирите, в кварц и кварц-карбонатных прожилках; микропросечки, секущие минералы ранних ассоциаций (Рис. 4). Сфалерит встречается в рудах спорадически, образует редкую и очень тонкую вкрапленность в пирите, вместе с галенитом-1.

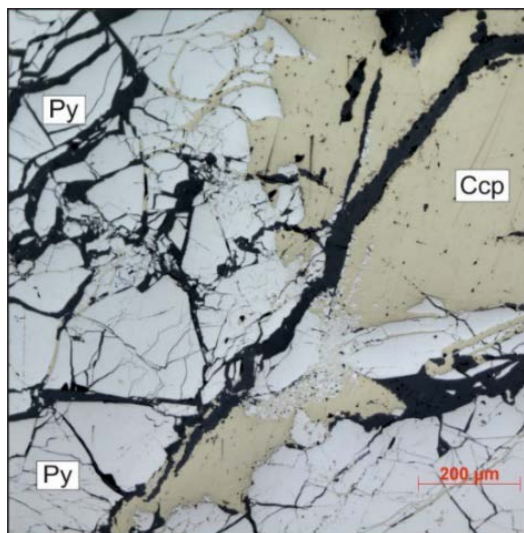


Рис. 3 Халькопирит-1 (Ccp) цементирует катаклазированный пирит (Py). Отраженный свет

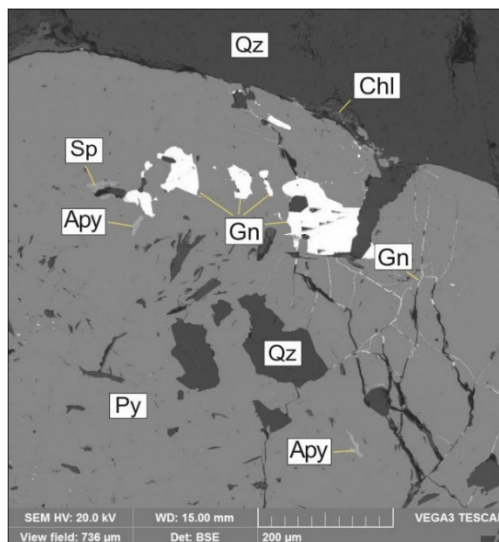


Рис. 4 Проявление полиметалльной минерализации в виде вкраплений раннего арсенопирита (Apy), сфалерита (Sp) и галенита-1 в пирите (Py). Изображение в обратно-рассеянных электронах

Самородное золото является главным минералом, определяющим промышленную ценность руд Сохатинского месторождения. Размер золотинок варьирует от 0,008 до 1,0 мм. Преимущественные размеры зерен составляют сотые доли миллиметра. Морфологически зерна золота можно разделить на три группы: 1) комковидно-изометричные 2) удлиненные и 3) сложной формы.

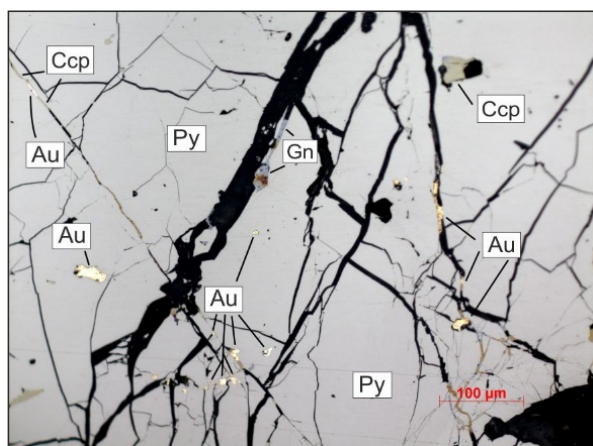


Рис. 5 Выделения прожилкового и изометричного золота (Au) в пирите (Py), вместе с халькопиритом (Ccp) и галенитом (Gn). Отраженный свет

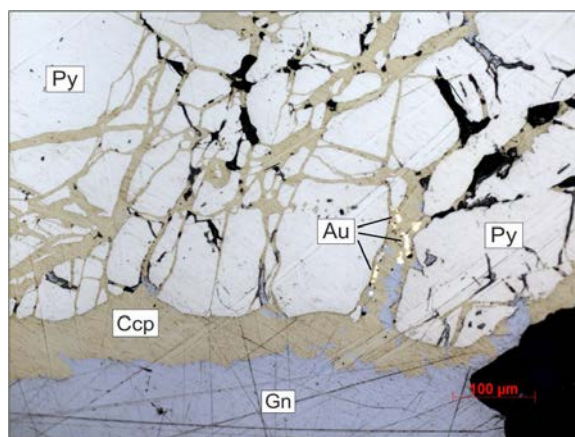


Рис. 6 Выделения прожилкового и изометричного золота (Au) в халькопирите (Ccp), который вместе с галенитом (Gn) цементирует катализированный пирит (Py). Отраженный свет

Основное количество выделений самородного золота связано с сульфидами. Из сульфидов самородное золото обычно встречается с пиритом и с халькопиритом, в виде тонких прожилков и изометричных включений в этих минералах (Рис. 5 и Рис. 6).

Минералы золото-висмут-теллуридной минеральной ассоциации выявлены только с помощью электронно-зондового микроанализа. Пространственно эти минералы тяготеют к участкам сопряжения пологих и крутопадающих структур, то есть к наиболее золотоносным частям рудных тел. В этой ассоциации выявлены: галенит-2, халькопирит-2, виттихенит (Cu_3BiS_3), айкинит (CuPbBiS_3), михараит ($\text{PbCu}_4\text{FeBiS}_6$) (Рис. 7 и Рис. 8). В ассоциации с галенитом-2 встречается золото, что указывает на золотоносность поздней золото-висмут-теллуридной ассоциации.

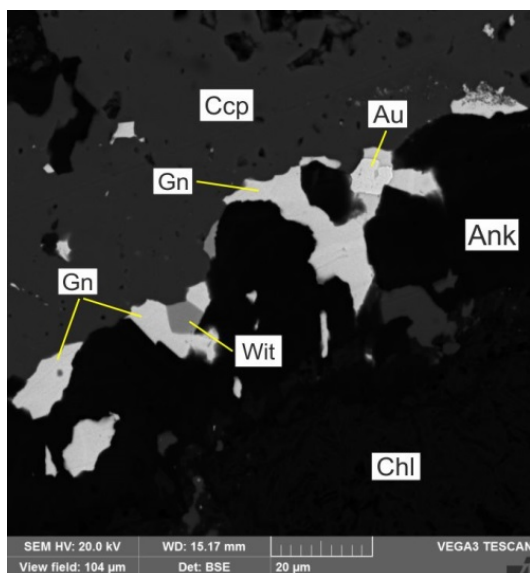


Рис. 7 Галенит-2 (Gn) в ассоциации с виттихенитом (Wit), обрастающий халькопирит. В галените зерно золота (Au). Изображение в обратно-рассеянных электронах

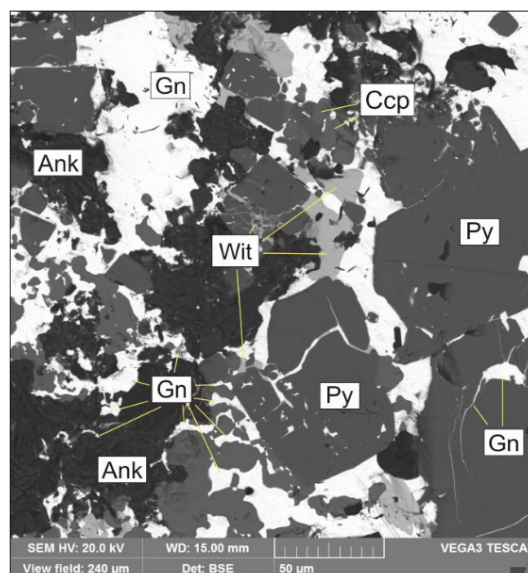


Рис. 8 Галенит-2 (Gn) в ассоциации с виттихенитом (Wit), цементирующий пирит и халькопирит. Изображение в обратно-рассеянных электронах

В настоящий момент выявлены последовательно сформированные продуктивные минеральные ассоциации: золото-пиритовая, золото-полиметаллическая и золото-висмут-теллуридная. Золото пространственно тяготеет ко всем ассоциациям, однако, по времени выделения связано с более поздними золото-полиметаллической и золото-висмут-теллуридной. Основное количество выделений самородного золота связано с сульфидами – халькопирит-1 и галенит-2. При этом максимальные концентрации золота отмечаются в зонах пересечения нескольких минеральных ассоциаций, которые в свою очередь приурочены к зонам сопряжения надвигов и секущих разломов. Таким образом, выделенные минеральные ассоциации можно использовать в качестве поискового критерия для обнаружения золотого оруденения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метасоматизм и метасоматические породы / Под ред. В.А. Жарикова, В.Л. Русинова. – М.: Научный мир, 1998. – 492 с.
2. Петровская Н.В. О систематике минеральных ассоциаций, возникающих при гидротермальном рудообразовании // Геология рудных месторождений. – 1965. – № 1. – С. 3-13.
3. Рамдор, П. Рудные минералы и их сростания / П. Рамдор ; ред. А.Г. Бетехтина ; пер. А.Д. Генкин, Т.Н. Шадлун. – Москва : Изд-во иностр. лит., 1962. – 1134 с.

ФОСФАТЫ ЗОЛОТОНОСНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ТОМСКОГО РАЙОНА

Район исследований находится в зоне сочленения Колывань-Томской складчатой зоны, Западно-Сибирской плиты, Кузнецкого прогиба и Кузнецкого Алатау.

Коры выветривания сформированы по терригенным черносланцевым отложениям саламатовской и ярской толщ, юргинской и басандайской свит, дайкам основного состава Томского комплекса в условиях гумидного климата. По генезису исследуемые коры выветривания делятся на остаточные и переотложенные, по морфологии на площадные и линейные. Полный профиль остаточной коры выветривания подразделяется на зоны дезинтеграции, гидратации и гидролиза [9, 10, 11].

Фактическим материалом для проведения исследования минералов группы фосфатов послужили концентраты керновых проб. На сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA 3 SBU и рентгено-флюоресцентном микроскопе HORIBA Scientific XGT-7200 изучены химический состав, внутренняя структура фосфатов и их взаимоотношение с другими минералами.

Изучены минералы группы фосфатов различных зон остаточной коры выветривания, а также переотложенной коры. Представлены они редкоземельными фосфатами, апатитом и алюмофосфатами группы крандаллита.

В большей степени развитие вторичных фосфатов исследователи отмечают в корях выветривания, связанных с массивами, содержащими карбонатиты [3, 8, 12]. В массивах Маймеч-Котуйской провинции ультраосновных-щелочных пород и карбонатитов наряду с гипергенными кальциевыми описывали высокоглиноземистые и железофосфаты. Зона интенсивного выветривания таких массивов характеризуется резким понижением содержания фтора по сравнению с нижележащими кальциевыми фосфатами, что может быть связано с более низкими содержаниями фтора в алюмокальциевых и железофосфатах, а также выносом элемента из структуры кальциевых фосфатов в процессе выветривания. Отмечается, что наибольшему растворению апатита благоприятствует кислый характер среды образования [3].

Что касается наиболее инертных редкоземельных элементов, они могут накапливаться в процессах выщелачивания и гидратации ультрабазитов, причем, по представлениям А.В.Дубинина, более 99% сохраняются во вторичных минералах. Многочисленные литературные данные свидетельствуют о том, что в окислительных условиях под действием метеорных вод редкоземельные элементы могут переходить в водные комплексы и далее формировать собственные гипергенные минералы, либо сорбироваться глинистыми, железистыми и марганцевыми минералами коры выветривания [4, 8].

Структура фосфатов редкоземельных элементов подчиняется формуле вида $A_2[ХО_4]_2$, где А – группа катионов редкоземельных элементов (REE), Ca^{2+} , Th^{4+} , группа $ХО_4$ представлена PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , SiO_4^{2-} . Среди редкоземельных фосфатов наиболее распространены монацит $(Ce, La)_2PO_4$ и ксенотим YPO_4 [1, 2].

Редкоземельные фосфаты в изучаемой коре выветривания представлены монацитом и ксенотимом. Монацит встречается во всех частях разреза в виде мелких агрегатов в сростании с кварцем (Рис. 1 А).

Кристаллохимические формулы монацита зоны гидратации:

1. $(Ce_{0.45}La_{0.21}Nd_{0.18}Pr_{0.06}Sm_{0.03}Th_{0.02}Gd_{0.01})_{0.96}[P_{1.00}O_4]$,
2. $(Ce_{0.43}La_{0.23}Nd_{0.16}Pr_{0.04}Ca_{0.03}Sm_{0.02}Th_{0.02}Gd_{0.01})_{0.94}[P_{1.01}O_4]$,
3. $(Ce_{0.38}La_{0.18}Nd_{0.15}Pr_{0.04}Sm_{0.03}Th_{0.03}Ca_{0.02}Gd_{0.01})_{0.84}[P_{0.97}O_4]$,
4. $(Ce_{0.44}La_{0.23}Nd_{0.16}Th_{0.02}Ca_{0.02})_{0.86}[P_{1.06}O_4]$.

Кристаллохимические формулы монацита зоны гидролиза:

1. $(Ce_{0.28}Nd_{0.21}Ca_{0.18}La_{0.13}Y_{0.13})_{0.90}[P_{1.04}O_4]$,
2. $(Ce_{0.44}La_{0.23}Nd_{0.17}Pr_{0.04}Sm_{0.02}Th_{0.02}Gd_{0.01})_{0.93}[P_{1.01}O_4]$,

3. $(\text{Ce}_{0.43}\text{La}_{0.22}\text{Nd}_{0.17}\text{Th}_{0.04})_{0.86}[\text{P}_{1.10}\text{O}_4]$,
4. $(\text{Ce}_{0.37}\text{La}_{0.19}\text{Nd}_{0.15}\text{Pr}_{0.04}\text{Sm}_{0.04}\text{Ca}_{0.03}\text{Th}_{0.01}\text{Gd}_{0.01})_{0.84}[\text{P}_{0.91}\text{O}_4]$,
5. $(\text{Ce}_{0.39}\text{La}_{0.20}\text{Nd}_{0.15}\text{Pr}_{0.03}\text{Sm}_{0.02})_{0.79}[\text{P}_{0.96}\text{O}_4]$,
6. $(\text{Ce}_{0.44}\text{La}_{0.20}\text{Nd}_{0.17}\text{Pr}_{0.05}\text{Sm}_{0.03})_{0.89}[\text{P}_{1.04}\text{O}_4]$,
7. $(\text{Ce}_{0.42}\text{La}_{0.18}\text{Nd}_{0.15}\text{Th}_{0.05}\text{Ca}_{0.04}\text{Y}_{0.03})_{0.90}[\text{P}_{1.05}\text{O}_4]$,
8. $(\text{Ce}_{0.44}\text{La}_{0.21}\text{Nd}_{0.18}\text{Th}_{0.02}\text{Ca}_{0.02})_{0.87}[\text{P}_{0.97}\text{O}_4]$,
9. $(\text{Ce}_{0.45}\text{La}_{0.22}\text{Nd}_{0.18}\text{Pr}_{0.05}\text{Sm}_{0.03}\text{Th}_{0.02}\text{Ca}_{0.01})_{0.86}[\text{P}_{0.99}\text{O}_4]$,
10. $(\text{Ce}_{0.45}\text{La}_{0.23}\text{Nd}_{0.18}\text{Th}_{0.02}\text{Ca}_{0.02})_{0.90}[\text{P}_{1.05}\text{O}_4]$.

Кристаллохимические формулы монацита переотложенной коры выветривания:

1. $(\text{Ce}_{0.41}\text{La}_{0.21}\text{Nd}_{0.17}\text{Pr}_{0.04}\text{Sm}_{0.02}\text{Ca}_{0.02}\text{Gd}_{0.01}\text{Th}_{0.01})_{0.85}[\text{P}_{0.96}\text{O}_4]$,
2. $(\text{Ce}_{0.43}\text{La}_{0.22}\text{Nd}_{0.16}\text{Pr}_{0.05}\text{Sm}_{0.03}\text{Th}_{0.03})_{0.92}[\text{P}_{0.99}\text{O}_4]$,
3. $(\text{Ce}_{0.46}\text{La}_{0.27}\text{Nd}_{0.13}\text{Pr}_{0.04}\text{Sm}_{0.02}\text{Th}_{0.02})_{0.95}[\text{P}_{0.95}\text{O}_4]$,
4. $(\text{Ce}_{0.45}\text{La}_{0.21}\text{Nd}_{0.19}\text{Pr}_{0.04}\text{Sm}_{0.04}\text{Gd}_{0.01}\text{Th}_{0.01})_{0.95}[\text{P}_{1.02}\text{O}_4]$,
5. $(\text{Ce}_{0.47}\text{La}_{0.20}\text{Nd}_{0.18}\text{Pr}_{0.05}\text{Sm}_{0.03}\text{Th}_{0.01})_{0.94}[\text{P}_{1.03}\text{O}_4]$,
6. $(\text{Ce}_{0.54}\text{La}_{0.25}\text{Nd}_{0.17}\text{Y}_{0.02}\text{Th}_{0.01})_{0.99}[\text{P}_{0.94}\text{O}_4]$.

В зоне гидролиза установлен также и ксенотим $(\text{Y}_{0.82}\text{Ho}_{0.00-0.13}\text{Dy}_{0.06-0.07}\text{Er}_{0.03}\text{Yb}_{0.00-0.02}\text{Gd}_{0.02})_{1.09}[\text{P}_{1.01-1.03}\text{O}_4]$, встречается он в виде агрегатных скоплений и удлиненных призматических кристаллов в ассоциации с кварцем.

К группе апатита относят минеральные соединения, имеющие общую формулу $\text{A}_5[\text{XO}_4]_3\text{Z}$, в которых роль катионов в позиции А играют Ca^{2+} , Pb^{2+} и в виде изоморфных примесей иногда редкоземельные элементы (REE), Mn^{2+} и Sr^{2+} , группа XO_4 представлена PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , SiO_4^{2-} , в качестве дополнительных анионов могут присутствовать F^{1-} , Cl^{1-} , $(\text{OH})^{1-}$ и O^{2-} [1, 2].

Апатит, также как монацит, присутствует во всех частях разреза коры выветривания в виде мелких размером менее 0.1 мм бесцветных хорошо образованных кристаллов гексагональной призмы. Имеет следующие особенности химического состава: в зоне гидратации от представлен фтор-апатитом $\text{Ca}_{8.90}[(\text{P}_{5.68}\text{Si}_{0.21}\text{S}_{0.10})_{5.99}\text{O}_{21.98}](\text{F})_{2.02}$, в зоне гидролиза – гидроксил-апатитом $\text{Ca}_{8.56-8.60}[(\text{P}_{5.44-5.56}\text{Si}_{0.37-0.82}\text{S}_{0.10})_{5.91-6.48}\text{O}_{24.00}](\text{OH})_{1.83-2.41}$, в переотложенной коре выветривания содержит незначительное количество хлора $(\text{Ca}_{8.96}\text{Mn}_{0.05}\text{Sr}_{0.01})_{9.77}[(\text{P}_{5.36}\text{Si}_{0.15}\text{S}_{0.20})_{5.71}\text{O}_{23.99}](\text{Cl})_{0.01}$. В зонах гидролиза и гидратации гексагональные призмы апатита встречаются в виде включений в ступенчатых агрегатах кубических кристаллов пирита, предполагается захват кристаллов апатита при быстром росте кристаллов гипергенного пирита. В переотложенной коре выветривания призматические кристаллы апатита слабо окатаны.

Минералы группы крадаллита принадлежат к супергруппе алунита и имеют общую формулу $\text{AB}_3[\text{XO}_4]_2(\text{OH})_6$. Позицию А в формуле занимают катионы Na^+ , K^+ , Ag^+ , NH_4^+ , H_3O^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Pb^{2+} и редкоземельные элементы (REE), позицию В – Al^{3+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} или Zn^{2+} , а группа XO_4 представлена анионами PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , AsO_4^{3-} , которые могут быть замещены CO_3^{2-} , SbO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , SiO_4^{2-} . В группу крадаллита входят собственно крадаллит $\text{CaAl}_3[\text{PO}_4]_2(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$, горсейксит $\text{BaAl}_3[\text{PO}_4][\text{PO}_3(\text{OH})](\text{OH})_6$, гоацит $\text{SrAl}_3[\text{PO}_4][\text{PO}_3(\text{OH})](\text{OH})_6$ и флоренсит $(\text{REE})\text{Al}_3[\text{PO}_4]_2(\text{OH})_6$. Между элементами позиции А наблюдаются непрерывные ряды смесимости [1, 2, 6, 7, 12].

Фосфаты группы крадаллита встречены в зонах гидратации и гидролиза остаточной коры выветривания, в зоне гидратации минералы имеют переменный химический состав и зональное строение – центральную часть зерна занимает гоацит $(\text{Sr}_{0.56}\text{Ba}_{0.30}\text{Ca}_{0.03})_{0.95}\text{Al}_{2.80}[\text{PO}_4][\text{PO}_3(\text{OH})](\text{OH})_{6.12}$, периферическую – горсейксит $(\text{Ba}_{0.72-0.77}\text{Sr}_{0.15-0.20}\text{Ca}_{0.00-0.01})_{0.92-0.95}\text{Al}_{2.90-2.94}[\text{PO}_4][\text{PO}_{2.32-2.53}(\text{OH})](\text{OH})_{6.12-6.67}\text{F}_{0.48-0.67}$, в виде мелких включений в горсейксите присутствует гоацит, содержащий редкоземельные элементы $(\text{Sr}_{0.58}\text{Ba}_{0.15}\text{Ce}_{0.15}\text{La}_{0.08}\text{Ca}_{0.08}\text{Nd}_{0.04})_{1.08}\text{Al}_{2.36}[\text{PO}_4][\text{PO}_3(\text{OH})](\text{OH})_{5.31}$ (Рис. 1 Б). Минералы находятся в совместной ассоциации и в сростаниях с кварцем, реже гидрослюдой. В зоне гидролиза минералы этой группы представлены горсейкситом $(\text{Ba}_{0.70}\text{Sr}_{0.14}\text{Ca}_{0.11})_{0.95}\text{Al}_{2.87}[\text{PO}_4][\text{PO}_3(\text{OH})](\text{OH})_{6.52}$ (Рис. 1 В) и флоренситом $(\text{Ce}_{0.44}\text{La}_{0.23}\text{Sr}_{0.21}$

$\text{Nd}_{0.12} \text{Pr}_{0.04} \text{Al}_{2.86} [\text{PO}_4]_2 (\text{OH})_{6.63}$. Встречаются минералы в виде обломков одиночных кристаллов, флоренсит в сростании с рутилом, в одном кристалле флоренсита установлено микроскопическое включение галенита.

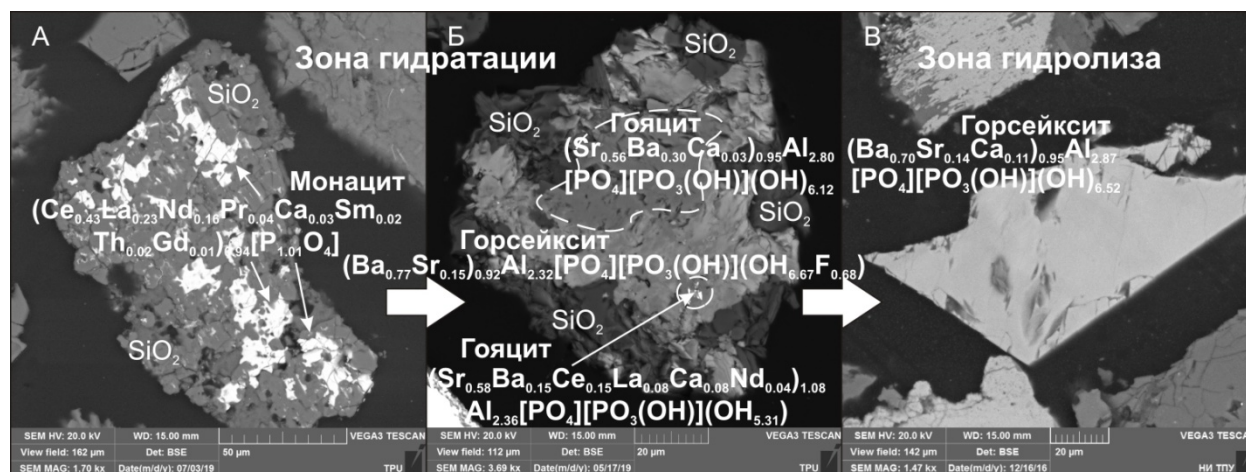


Рис. 1 Последовательность замещения монацита гипергенными фосфатами группы крадаллита: А – монацит в сростании с кварцем, Б – замещение монацита голяцитом, содержащим редкоземельные элементы, замещение голяцита горсейкситом, В – обломок кристалла горсейксита (стрелками показана последовательность смены минералов, на рисунке Б пунктиром отмечены контуры минерала голяцита)

Таким образом, в зоне дезинтеграции остаточной коры выветривания и переотложенной коре выветривания установлены монацит и апатит, в зоне гидратации – горсейксит, голяцит, монацит и апатит, в зоне гидролиза – горсейксит, флоренсит, монацит, ксенотим, апатит. Выявлено, что монацит является наиболее устойчивым минералом, в коре выветривания часть его сохраняется из исходных материнских пород – терригенных песчаников и алевролитов. Предполагается такое же происхождение ксенотима, но в силу его редкой встречаемости достоверно это не установлено. Фтор-apatит, обнаруженный в зонах дезинтеграции и гидратации, также является первичным фосфатом, гидроксил-apatит зоны гидролиза и апатит переотложенной коры выветривания, содержащий хлор, являются гипергенными новообразованиями. Установленные ассоциации гипергенных фосфатных минералов в различных зонах коры выветривания большей частью представляют собой звенья последовательного преобразования минералов в процессе выветривания от кальциевых и редкоземельных фосфатов к алюминиевым, указывающего на возрастание кислотности среды минералообразования [5]. За счет частичного разрушения первичных апатита и монацита происходит образование гипергенных фосфатов. В результате преобразования монацита в зоне гидратации происходит образование голяцита – существенно стронциевого алюмофосфата, содержащего редкоземельные элементы, по периферии голяцит замещается существенно бариевым алюмофосфатом – горсейкситом. В зоне гидролиза горсейксит полностью замещает голяцит, а флоренсит (алюмофосфат, содержащий редкоземельные элементы) – монацит. Горсейксит и флоренсит являются минералами-индикатором зоны гидролиза. Предполагается, что кальций в новообразованных минералах высвобождается при разложении апатита.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-45-700019).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борнеман-Старынкевич И. Д. Руководство по расчету формул минералов. – М.: Наука, 1964. – 205 с.
2. Булах А. Г. Руководство и таблицы для расчета формул минералов. – М.: Недра, 1967. – 143 с.

3. Данилин Е.Л., Занин Ю.Н., Вахрамеев А.М., Гишинская Л.Г., Кривошуккая Л.М., Столповская В.И., Замирайлова А.Г. Фосфатоносные коры выветривания и фосфориты Маймеча-Котуйской провинции ультраосновных-щелочных пород. – М.: Наука, 1982. – 76 с.
4. Дурягина А.М., Воронцова Н.И., Николаева Е.С. Геология и минералогическо-геохимические особенности коры выветривания Нижнетагильского и Светлоборского массивов Среднего Урала. – Санкт-Петербург: Записки Горного института, 2015. – Т.212. – С. 40-49.
5. Занин Ю.Н. Геохимические обстановки формирования парагенезов минералов фосфатсодержащих пород // Геология и геофизика, 1993. – № 7, С. 3-22.
6. Лазарева Е.В., Жмодик С.М., Добрецов Н.Л., Толстов А.В., Щербов Б.Л., Карманов Н.С., Герасимов Е.Ю., Брянская А.В. Главные рудообразующие минералы аномально богатых руд месторождения Томтор (Арктическая Сибирь) // Геология и геофизика, 2015. – Т. 56, № 6. – С. 1080 – 1115.
7. Лиферович Р.П., Яковенчук В.Н., Пахомовский Я.А., Богданова А.Н. Минералы группы крадаллита из ковдорского массива. – Вестник МГТУ, 2000. – Т. 3, №2. – С.263-272.
8. Михайлов В. А. Редкоземельные руды мира: Геология, ресурсы, экономика: монография / В. А. Михайлов. – К.: Издательско-полиграфический центр "Киевский университет", 2010. – 223 с.
9. Плотников Б. В. К вопросу о распространении и возрасте коры выветривания района г. Томска // Известия Томского политехнического института, 1961. – Т.120. – С. 161-165.
10. Янченко О.М. Минералогические особенности кор выветривания Томь-Яйского междуречья // Новое в познании процессов рудообразования: сборник материалов восьмой Российской молодёжной научно-практической Школы, Москва, 26-30 ноября 2018 г. – М.: ИГЕМ РАН, 2018. – С. 426-429.
11. Янченко О.М., Ворошилов В.Г., Тимкин Т.В., Зиаии М. Минерально-геохимическая зональность золотоносных кор выветривания Томь-Яйского междуречья // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2019. – Т. 330, № 2. – С. 83-94.
12. McKie D. Goyazite and florensite from two African carbonatites. Mineral. Mag., 1962. – V.33, №. 258-259. – P. 281.