

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Геологический факультет
Кафедра геологии

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой, д.г.-м.н., профессор

_____/ В.В. Масленников /

« ____ » _____ 2017 г.

Минералого-геохимические особенности руд и вмещающих пород Ново-Шемурского
медно-цинково-колчеданного месторождения, Северный Урал

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ЮУрГУ – 05.03.01. 2017. 13-236-1394. ВКР**

Руководитель, доцент, к.г.-м.н.

_____/ Н.Р. Аюпова /

« ____ » _____ 2017 г.

Автор

Студент группы МиГео – 404

_____/ В.Д. Ерхов /

« ____ » _____ 2017 г.

Нормоконтролер, диспетчер

_____/ И.А. Спирина /

« ____ » _____ 2017 г.

Миасс 2017

АННОТАЦИЯ

Ерхов В.Д. Минералого-геохимические особенности руд и вмещающих пород Ново-Шемурского медно-цинково-колчеданного месторождения, Северный Урал.– Миасс: ЮУрГУ, МиГео-404, 39 с., 18 ил., 3 табл., библиогр. список – 11 наим.

Выпускная квалификационная работа выполнена с целью выявления минералого-геохимических особенностей руд и вмещающих пород Ново-Шемурского медно-цинково-колчеданного месторождения на Северном Урале.

В выпускной квалификационной работе дана геологическая характеристика Ново-Шемурского месторождения.

Составлена схема выхода хлоритовых пород в карьере месторождения и приведены литологические колонки кластогенных руд.

Выделены 2 типа хлоритовых пород, описан их минералогический и химический состав, изучено распределение элементов-примесей и редкоземельных элементов.

Выделены придонные гидротермальные (трубы палеогидротермальных «черных курильщиков»), кластогенные и субмаринно-гипергенные рудные фации, описан их минеральный состав, выявлены акцессорные минеральные ассоциации.

ABSTRACT

Erkhov V.D. Mineralogical and geochemical features of ores and host rocks of the Novo-Shemur copper-zinc massive sulfide deposit, the Northern Urals.–Miass: SUSU, МиГео-404, 39 pages, 18 figures, 3 tables, references – 11 titles.

Graduation qualification work was carried out to identify mineralogical and geochemical features of ores and host-rocks of the Novo-Shemurskoe copper-zinc-massive sulfide deposit in the Northern Urals.

In the graduation qualification work is given a geological description of the Novo-Shemur deposit.

A scheme of localization of chlorite rocks and lithological columns of clastogenic ores is compiled in the Novo-Shemur open-pit.

Two types of chlorite rocks have been identified, their mineralogical and chemical composition has been described, the distribution of trace and rare-earth elements has been studied.

The sea floor hydrothermal (the paleohydrothermal chimneys of “black smokers”), clastogenic and submarine-hypergenic ore facies are identified, their mineralogical composition is described and accessory mineral associations are revealed.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	9
ГЛАВА 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ	
2.1. Геологическое строение месторождения.....	11
2.2. Позиция, форма и залегание рудных тел.....	13
ГЛАВА 3. МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХЛОРИТОВЫХ ПОРОД.....	
3.1. Условия локализации и общая характеристика	15
3.2. Микроскопическое описание.....	16
3.3. Химический состав	21
3.4. Элементы-примеси	24
3.5. Редкоземельные элементы	26
ГЛАВА 4. РУДНЫЕ ФАЦИИ	
4.1. Текстурно-структурные особенности руд.....	28
4.2. Микроскопическое описание.....	30
ГЛАВА 5. УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ РУДНЫХ ФАЦИЙ.....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	39
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	40

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. В настоящее время ведется разработка Ново-Шемурского медно-цинково-колчеданного месторождения, расположенного в северной части Ивдельского рудного района (Свердловская область) открытым способом и локализация промышленных сортов руд различаются с разведочными данными, представленными в отчетных материалах (Санкович и др., 1986ф). В настоящее время для выявления закономерностей распространения медноколчеданных руд важно выявление и установление минералогическо-геохимических особенностей рудных фаций, свидетельствующих об их локализации в пределах рудной залежи Ново-Шемурского месторождения. Рудно-фациальный анализ, разработанный в лаборатории минералогии рудогенеза в Институте минералогии УрО РАН под руководством Масленикова В.В. и Зайкова В.В. (Маслеников, Зайков, 2006), является ведущим методом исследований колчеданных руд. Рудно-фациальное изучение руд Ново-Шемурского месторождения с применением этого метода исследований позволит реконструировать и оконтуривать разные рудные фации и связанных с ними минеральные разновидности руд.

Цель: изучение минералогическо-геохимических особенностей руд и вмещающих пород с целью реконструкции рудной залежи Ново-Шемурского медно-цинково-колчеданного месторождения.

Задачи:

- 1) Изучение геологического строения рудного района и месторождения по литературным данным и фондовым материалам;
- 2) Составление схем карьера и литологических колонок по результатам полевых работ 2016 г.;
- 3) Составление коллекций рудных фаций и определение их структурно-текстурных особенностей;
- 4) Подготовка проб вмещающих пород (хлоритовые породы) и проведение силикатного и ИСП-МС анализов;
- 5) Микроскопическое описание вмещающих хлоритовых пород и различных текстурных типов руд с выявлением редких минеральных ассоциаций;
- 6) Обобщение полученных результатов исследований.

Фактический материал представлен 15 образцами руд различных рудных фаций и 6 образцами вмещающей толщи Ново-Шемурского месторождения, отобранными в августе 2016 года в карьере. Подготовка образцов к минералогическим исследованиям проводилась на базе Института минералогии УрО РАН и Южно-Уральского Государственного Университета. Для микроскопического описания руд образцы были распилены на тонкие (1 см) пластины в шлифовальной мастерской.

Для микроскопических исследований различных фаций колчеданных руд изготовлены 15 аншлифов из распиленных пластин. Для изучения минерального состава вмещающих пород изготовлены 6 шлифов хлоритовых пород. Минеральный состав руд изучен с использованием микроскопа OLYMPUS BX-51 (Институт минералогии УрО РАН), а хлоритовых пород с использованием POLAMP 312 (геологический факультет, ЮУрГУ). Для того чтобы увидеть структуру зерен и минеральных агрегатов было использовано структурное травление. Структурное травление – это выявление структуры рудных минералов (для мономинеральных агрегатов) и внутреннего строения на полированных поверхностях аншлифа. При травлении часто удается установить внутреннее строение кристаллических зерен (Сафина, Новоселов, 2013). Диагностика минералов выполнена с помощью сканирующего электронного микроскопа TescanVega3 с энергодисперсионным анализатором Oxford Instruments X-act (ИМинУрО РАН, аналитик Блинов И.А.).

Основные петрохимические компоненты: SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , H_2O^- , P_2O_5 , S^{2-} , SO_3 , CuO , ZnO , хлоритовых пород (6 проб) определены атомно-абсорбционным методом (аналитик Маляренко М.Н.), элементы-примеси этих же

проб – методом ИСП-МС анализа (аналитик Филлипова К.А.) в центре коллективного пользования Института минералогии УрО РАН.

Автор выражает огромную благодарность своему научному руководителю к.г.-м.н. Аюповой Н.Р. за всестороннюю помощь и консультации, а также за советы и помощь в работе аспиранту Целуйко А.С., к.г.-м.н. Сафиной Н.П., к.г.-м.н. Кабановой Л.Я., к.г.-м.н. Блинову И.А., работникам химической лаборатории Маляренко М.Н. и Филлиповой К.А. и шлифовальной мастерской Института минералогии УрО РАН.

ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Ново-Шемурское месторождение находится на территории муниципального образования «Североуральский городской округ» Свердловской области на расстоянии 50 км северо-западнее г. Североуральск. Месторождение открыто Лангурской геологоразведочной партией Северной геологоразведочной экспедиции в сентябре 1976 года при проверке буровыми работами комплексной геофизической аномалии. Первооткрывателями его являются Кусков Н.Н. и Петухов В.П.. Геофизическая аномалия была выявлена в 1973 году Североуральской геофизической партией Уральской коротажной экспедиции у восточного подножья Амурского хребта (Малахов и др., 1973). В связи с тем, что аномалия находилась в благоприятной геологической обстановке на выявление колчеданного орудинения – площади развития кислых вулканитов, зона разлома северо-восточного простирания – проектом поисковых работ Северной экспедиции, составленным в конце 1974 г, предусматривалось проверка этой аномалии двумя скважинами (Санкович и др., 1986 ф). В 1975–1976 гг в районе аномалии БП-У1 Северная геофизическая партия проводила работы и в процессе была выявлена локальная гравиметровая аномалию им. XXI Партсъезда, совпадающая с БП-У1, где выполнены детальные исследования ее электроразведочным методом. Северной экспедицией в сентябре 1976 года с целью проверки аномалии были забурены две поисковые скважины, которые вскрыли колчеданные руды Ново-Шемурского месторождения. Первая руда месторождения поднята буровыми бригадами мастеров Сысолятина А.Г. и Герца И.Г.

Поисковые и поисково-разведочные работы на месторождении проводились под руководством Малахова Н.И., Санковича П.П. и Кускова В.Н. в период с 1976 по 1978 гг. Предварительная разведка выполнена в период с 1978 по 1981 гг., и детальная с 1981 по 1986 г (Санкович и др., 1986ф).

Детальная разведка месторождения выполнена на основании геологического задания, утвержденного Мингео СССР. В 1981 г, после согласования МЦМ СССР и утверждения временных кондиций. Согласно уточненному в 1986 г геологическому заданию Мингео СССР предоставлен отчет с подсчетом запасов в ГКЗ в декабре 1986 г. (Санкович и др., 1986ф), где указаны запасы меди по месторождению 350, 1 тыс. т по категории С₁ и балансовые запасы по категории С₁: руды – 19841 тыс. т, меди 370 тыс. т при содержании – 1, 86 %, цинка – 528, 6 тыс. т при содержании 2,66 % (Санкович и др., 1986ф). Одновременно с рудами на месторождении изучались вскрышные породы на предмет использования их в качестве строительного материала.

По рекомендации ГКЗ СССР была разработана методика подсчета запасов Ново-Шемурского месторождения, представленного несколькими типами руд при осложнении строения рудных тел дайками, элементы залегания которых отличны от элементов залегания рудных тел. За основу подсчета запасов принят метод вертикальных сечений с определением объемов блоков по двум перпендикулярным сечениям. Запасы сортов руд определялись статистически. Запасы руд определены с применением К_з (коэффициент на разубоживание дайками проходящими между скважинами), затем к запасам прибавлялись запасы разубоживающих пород внутри рудного контура со своей объемной массой, равной 2,8 т/м³. В этих рудах определены запасы металла. Средние значения компонентов по блокам, рудным телом и месторождению в целом определились путем деления запаса в руде на массу руды плюс массу разубоживающих пород. Таким образом, выбранная методика подсчета запасов позволила полностью учесть вес данные по разведке, особенности морфологии рудных тел и даек (Санкович и др., 1986ф).

С целью дополнительного изучения фазового состава руд в центральной лаборатории проведены дополнительные рациональные анализы проб в количестве 104 шт., отобранных керн скважины и дубликатов химических проб. В процессе этих работ установлено, что относительное содержание сульфатной и окисленной меди в сумме не превышает 7,7 %, составляя в среднем 2,3 %. Зона вторичного сульфидного обогащения на месторождении фактически не развита. Вторичные сульфиды меди встречаются на глубине от 20 до 1115 м,

закономерностей в обогащении медных и медно-колчеданных руд вторичными сульфидами меди на конкретных участках не установлено (Санкович и др., 1986ф).

По результатам исследований было выделено 19 рудных тел. Основная масса руды сосредоточена в одиннадцати рудных телах (1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 16), составляющих Главную рудную залежь (Санкович и др., 1986ф).

В дальнейшем информация о геологическом строении и минеральных типах руд Ново-Шемурского месторождения рассматривались в публикациях уральских геологов (Злотник-Хоткевич, Трякина, 1979; Прокин и др., 1988; Масленников, 2006).

Масленников В.В. в своей книге «Литогенез и колчеданообразование» указывает, что Ново-Шемурское месторождение представляет собой холмообразную постройку, состоящую из пиритовых, халькопирит-пиритовых, сфалерит-халькопирит-пиритовых, сфалерит-пиритовых, пирротин-магнетит-пиритовых и гематит-пиритовых и сфалерит-халькопирит-магнетит-гематитовых разновидностей руд. Также установлено, что брекчиевидные и слоистые кластогенные сфалерит-халькопирит-пиритовые руды располагаются в кровле и на выклинке главного сульфидного холма. Основная часть слоистых руд, которые диагностируются как дистальные турбидиты связаны с пластообразными колчеданно-магнетитовыми залежами. В слоистых рудах по сравнению с массивными нарастает содержание сфалерита, халькопирита, магнетита, появляется борнит, блеклые руды и ковеллин. Гематит-магнетитовые слои – непременная составляющая слоистых руд (Масленников, 2006). В исследованиях Аюповой Н.Р. с соавторами описана пиритизированная микрофауна в обломочных рудах сфалерит-пиритового состава (Ауирова et al., 2017).

В настоящее время добыча руд ведется открытым способом ОАО «Святогор» (в год добывается 900 тыс т. руды). Уточненные запасы Cu 394,6 тыс. т, Zn 501,1 тыс. т, S 10000 тыс. т. Общие запасы Cu и Zn составляют 895,7 тыс т. Содержания Cu в рудах 1%, 1,27 % Zn, 0,1 г/т Au, 5,3 г/т Ag (данные ОАО «Святогор»).

ГЛАВА 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

2.1. Геологическое строение месторождения

Ново-Шемурское месторождение локализовано в Ивдельском рудном районе, на северном продолжении Сакмарско-Тагильской зоны в задуговой рифтовой системе (рис.2.1.1). Месторождение расположено в центральной части Шемурской вулканотектонической депрессии, заполненной вулканитами риолит-базальтовой формации, редкими пачками яшм, тефроидов и колчеданными залежами, отлагавшимися на склонах экструзивно-эффузивных куполов дацитового состава, лландоверийского возраста (S₁₁) (Прокин и др., 1988).

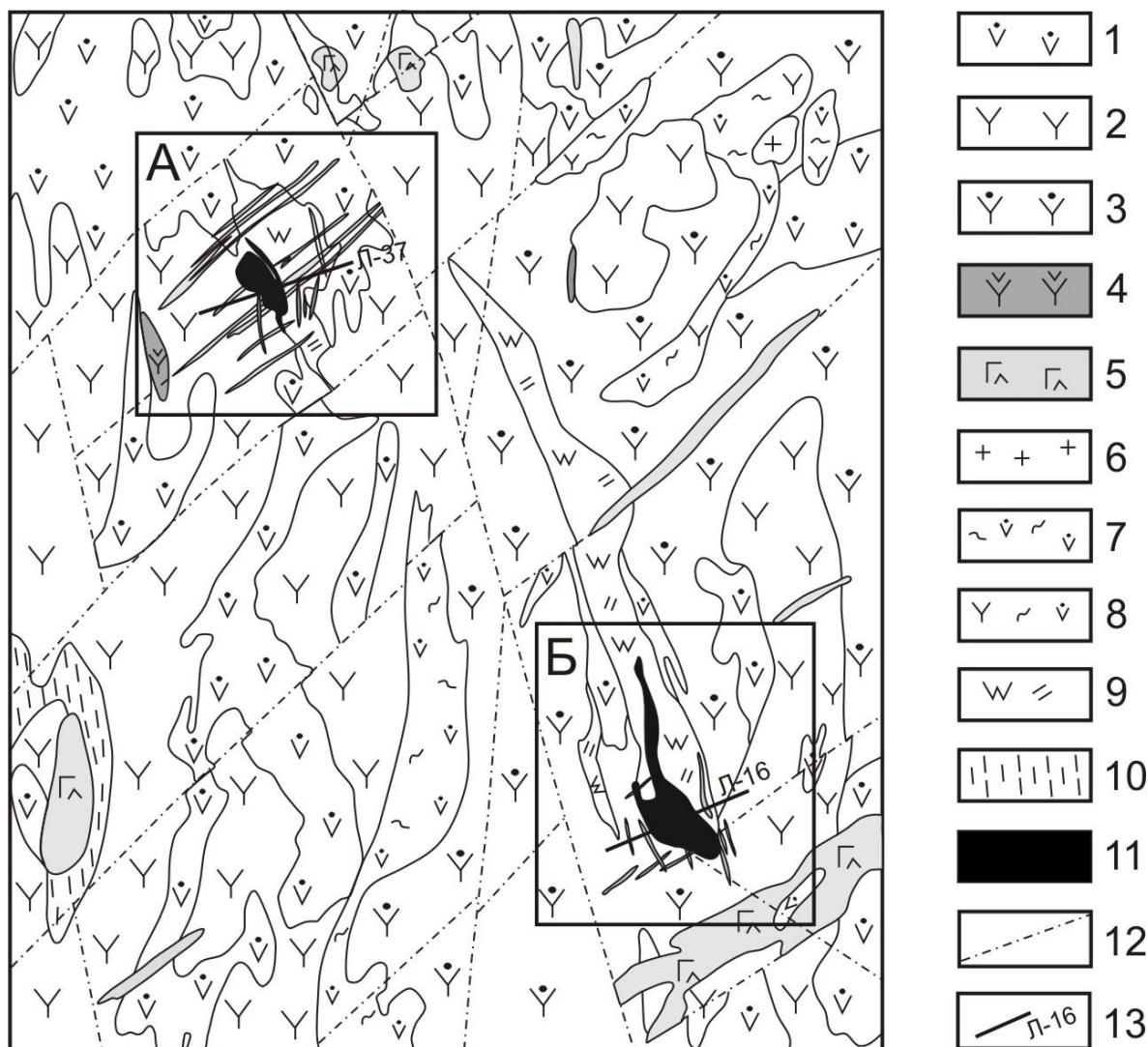


Рис.2.1.1. Геологический план размещения колчеданных месторождений Ивдельского рудного района (Прокин и др., 1988).

1 – андезито-базальтовые и базальтовые порфириты; 2 – плагиоклазовые дацитовые и андезито-дацитовые порфириты; 3 – риодациты плагиоклазовые; 4 – кварц-плагиоклазовые мегафировые риодациты; 5 – долериты; 6 – плагиограниты, плагиогранит-порфиры; 7 – лавобрекчия андезито-базальтовых и базальтовых порфиритов; 8 – лавобрекчия смешанного состава; 9 – серицит-хлорит-кварцевые метасоматиты; 10 – кварц-хлоритовые сланцы; 11 – рудное тело; 12 – разломы; 13 – разведочные линии. А – Шемурское месторождение; Б – Ново-Шемурское месторождение.

Геологический разрез месторождения содержит 3 толщи: 1) нижняя – базальтовая лавовая с прослоями гиалокластитов и яшм; 2) средняя – риолит-дацитовая, сложенная куполами, лавовыми потоками и их лавокластитам; 3) верхняя – базальтовая с лавами,

грубообломочными и мелкообломочными лавокластитами и гиалокластитами, тефройдами, яшмами и силицитами (Масленников, 2006). Вторая и нижняя часть третьей толщи содержит колчеданные тела (рис.2.1.2).

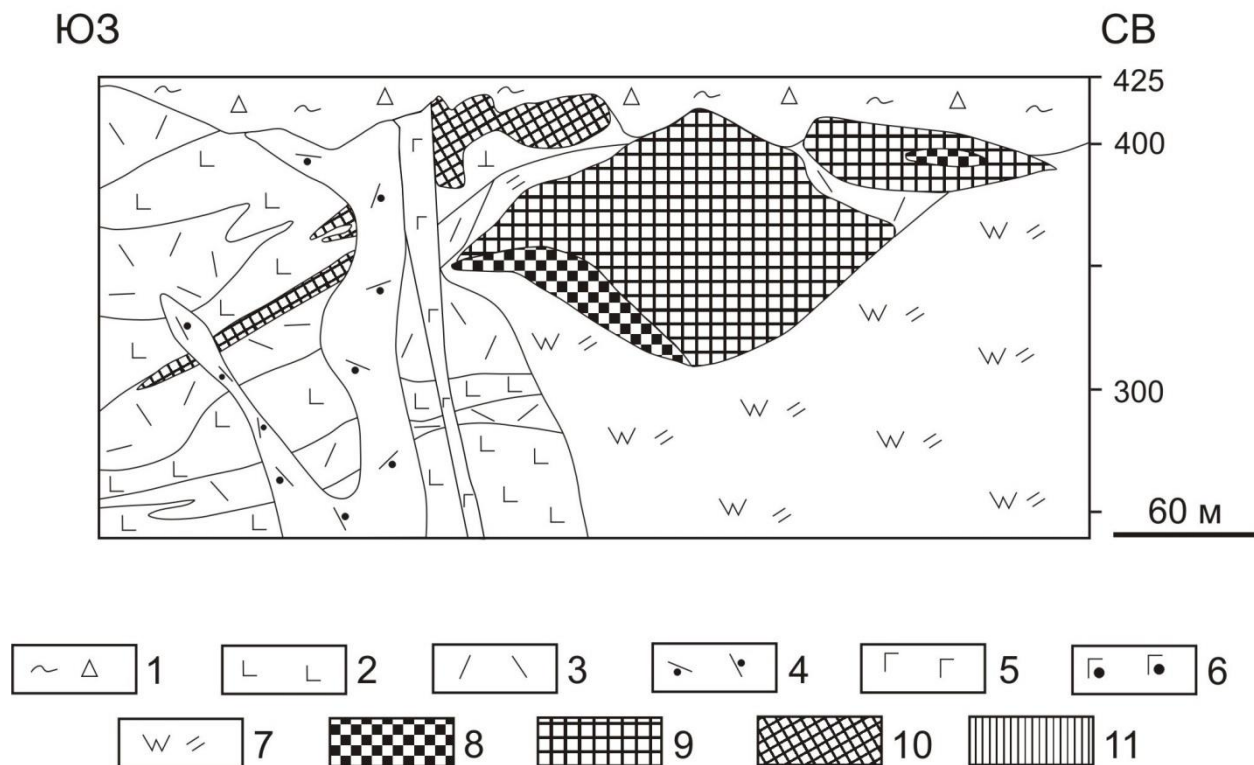


Рис. 2.1.2. Геологический разрез Ново-Шемурского месторождения (Злотник-Хоткевич, Трякина, 1979).

- 1 – рыхлые отложения; 2 – андезито-базальтовые и базальтовые порфириды; 3 – плагиоклазовые дацитовые и андезито-дацитовые порфириды, риодациты плагиоклазовые; 4 – кварц-плагиоклазовые мегафировые риодациты; 5 – долериты; 6 – порфириды основного состава; 7 – серицит-хлорит-кварцевые, хлорит-серицит-кварцевые, кварц-хлоритовые, серицит-кварц-хлоритовые метасоматиты; 8 – пирит-халькопиритовые руды; 9 – пиритовые руды; 10 – пирит-халькопирит-сфалеритовые руды; 11 – зона континентального гипергенеза.

Рудовмещающая толща представлена плагиоклазовыми, реже кварц-плагиоклазовыми риолито-дацитами с фельзитовой, часто перлитовой основной массой (Масленников, 2006). Вкрапленники кислого плагиоклаза (альбит-олигоклаз) имеют размер от 1–3 мм, которые составляют не более 5–7 % объема. Эти породы слагают ядро Ново-Шемурского купола. Выше расположен горизонт пористых лав и кластолав. Пористые лавы состоят из измененного кислого стекла с единичными мелкими порфировыми вкрапленниками альбита. В стекле наблюдается достаточно большое количество (50–70 % от объема породы) мелких (0,05–0,5 мм) округлых миндалин кварца, реже хлорита. Кластолавы представляют собой флюидалные риодацитовые лавы, состоящие на 50 % из его обломочного материала. Обломки имеют размер до 4–6 см. Они слегка оплавлены, слабо сплюснены, окрашены вследствие окисления в бурый цвет и вытянуты согласно с флюидалностью по направлению движения потоков. Цементирующая масса лав имеет микролит-фельзитовую структуру.

На пористых породах располагаются плагиоклазовые риолит-дациты с микролит-фельзитовой, микропйкилитовой основной массой, чередующиеся с плагиоклазовыми базальтами (Прокин и др., 1988). Встречаются единичные прослои литокристаллокластических псефитовых и псаммитовых туфов кислого состава, в которых иногда наблюдается сортировка обломочного материала по крупности. Мощность прослоев вулканокластических пород не превышает 20 м. Лавовые потоки имеют мощность 10–20 м и залегают параллельно по отношению к центру купола под углом 30–50°. На их контактах

встречаются лавобрекчии. Вблизи границ потоков породы приобретают вишневый оттенок за счет тонко-распыленного гематита. Во внутренних частях самых нижних потоков иногда наблюдаются маломощные (до 1–3 м) прослои пористых лав. Границы между риолито-дацитами и пористыми лавами постепенные. В зонах переходов часто наблюдается полосчатость, обусловленная чередованием полос с различной пористостью.

Завершают разрез месторождения пироксен-плагиоклазовые долериты и спилитовидные базальты верхней базальтовой толщи, развитые в южной части месторождения. Они имеют форму покровов и потоков мощностью до 15 м. На границах потоков развиты агглютинаты. Иногда в базальтах наблюдаются прослои яшмоидов, кремнистых туффилов. Мощность прослоев не превышает 2–3 м. По результатам наблюдений на обнажениях они залегают на риолито-дацитах с угловым несогласием, частичным размывом и выполняют пониженные участки палеорельефа кислых пород.

Жильные породы на месторождении представлены (по времени внедрения) мелкопорфировыми плагиоклазовыми риолито-дацитами, кварц-плагиоклазовыми мегафировыми риолито-дацитами и долеритами.

Мелкопорфировые риолито-дациты являются жильными аналогами кислых эффузивов. Это корневые части потоков, залегающих выше по разрезу. В отличие от эффузивных разностей, в них содержится большое количество порфировых вкрапленников (15–20 % от объема породы), отсутствует тонкораспыленная гематитизация. Основная масса довольно хорошо раскристаллизована и обладает микролитовой, микролит-сферолитовой структурой. Дайки этих пород имеют различную ориентировку.

Мегафировые риолито-дациты представляют собой порфировые породы с микролит-сферолитовой, микрогранофировой, микропегматитовой основной массой и большим количеством (30–50 % объема породы) крупных (5–8 мм) порфировых вкрапленников кварца и кислого плагиоклаза. Эти породы выполняют концентрические, реже радиальные трещины в Ново-Шемурском куполе (Прокин и др., 1988).

Жильные породы основного состава различаются наличием порфировых вкрапленников: фенокристаллов плагиоклаза и пироксена. Дайки основного состава в пределах всего района имеют одинаковое, преимущественно северо-восточное простирание. По данным телефотокаротажа скважин Ново-Шемурского месторождения (362 замера контактов), 92 % даек имеют средний азимут падения 125° , угол падения 70° (Прокин и др., 1988).

2.2. Позиция, форма и залегание рудных тел

Руды Ново-Шемурского месторождения образуют два яруса, разделенные переслаивающимися потоками долеритов и дацитов верхней толщи. Суммарная мощность рудных тел меняется в различных разрезах от 70 до 30–40 м. Нижний ярус образован серноколчеданными рудами, в верхнем локализованы промышленно ценные медно- и цинково-колчеданные руды (Злотник-Хоткевич, Трякина, 1979).

Основная масса массивных колчеданных руд сосредоточена в главном рудном теле, простирающемся по азимуту 350° и залегает в базальтах и на контакте базальтовой и кислой толщи. Форма рудного тела в поперечном сечении грибовидная, Т-образная. Крылья падают к западу и востоку от осевой части залежи под углом $20\text{--}45^\circ$. При выклинивании они выполаживаются. Восточное крыло развито только на юге, а западное протягивается вдоль всего рудного тела. В южной части месторождения главное рудное тело погружается под углом 50° согласно с контактом экструзивного ядра Ново-Шемурского купола (Прокин и др., 1988). Южная половина рудного тела смещена и опущена левым сбросо-сдвигом северо-восточного простирания. Контакты руды с вмещающими породами довольно резкие за исключением осевой части залежи, где массивные руды с глубиной постепенно сменяются вкрапленными и прожилково-вкрапленными.

В холмообразном и пластообразном рудных телах выделяются пиритовые, халькопирит-пиритовые, сфалерит-халькопирит-пиритовые, сфалерит-пиритовые, пирротин-

магнетит-пиритовые, гематит-пиритовые и сфалерит-халькопирит-магнетитовые разновидности руд (Масленников, 2006). Брекчиевидные и слоистые кластогенные сфалерит-халькопирит-пиритовые руды располагаются в кровле и на выклинках главного сульфидного холма. Основная часть слоистых руд, которые диагностируются как дистальные сульфидные турбидиты, связана с платообразными колчеданно-магнетитовыми залежами. В слоистых рудах, по сравнению с массивными, нарастает содержания сфалерита, халькопирита и магнетита, появляется борнит, блеклые руды, и ковеллин (Масленников, 2006). Гематит-магнетитовые слои – неременная составляющая слоистых руд. Нерудные минералы представлены хлоритом, кварцем, серицитом, реже эпидотом, кальцитом.

Помимо главного рудного тела, на месторождении разведаны небольшие пластообразные и линзовидные согласные залежи слоистых руд, залегающие висячем боку и на флангах основной залежи слоистых руд, среди вулканокластитов кислого состава, в базальтах, на контактах базальтов с риолито-дацитами. Мощность этих тел обычно не превышает 2–3 м, однако в локальных депрессиях палеорельефа может достигать 20–30 м (Прокин и др., 1988).

ГЛАВА 3. МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХЛОРИТОВЫХ ПОРОД

3.1. Условия локализации и общая характеристика

Как и в современных океанах, в областях древнего субмаринного вулканизма нередко встречаются осадочные образования, которые могут быть связаны с процессом палагонитизации. Палагонитизация – это образование палагонита в результате гидратации базальтового вулканического стекла. Среди продуктов палагонитизации на колчеданных месторождениях хорошо описаны хлоритовые породы, железоксидные (магнетитовые, маггемит-магнетитовые, гетитовые, гематитовые, кремнисто-гематитовые) руды, а также марганцевые и железо-марганцевые накопления (Злотник-Хоткевич, 1984). Эти породы обычно локализуются на тех же стратиграфических уровнях, что и колчеданные месторождения, и весьма часто пространственно совмещены с залежами сульфидных руд.

Среди них наиболее распространены хлоритовые породы. Они известны на многих колчеданных месторождениях Урала (Масленников, 2006). Хлоритовые породы обычно образуют согласные с напластованием линзообразные тела мощностью от первых метров до 80–100 м, подстилающие сульфидные залежи, встречаются в виде прослоев (до десятков сантиметров) на выклинивании рудных залежей, реже в кровле залежей или внутри них. Им свойственны следующие особенности: 1) существенно хлоритовый состав, общее количество минералов-примесей (рутила, лейкоксена, сфена, альбита, эпидота, серицита, пирита, магнетита) не превышает 10–15%; 2) резкие контакты с вмещающими породами; 3) полное отсутствие реликтов пород, которые могли бы подвергаться замещению хлоритом; 4) зональность, обусловленная возрастанием железистости хлоритовых пород от подошвы к кровле (т.е. к руде) и установленная по химическим анализам, увеличению показателей преломления хлоритов и соотношениями главных базальных отражений (Злотник-Хоткевич, 1984).

На Ново-Шемурском месторождении нами были закартированы выходы хлоритовых пород видимой мощностью от 1 до 5 м, которые находятся под рудной залежью (рис. 3.1.1а, б). Руды представлены серноколчеданными рудами и перекрываются измененными базальтами (табл. 1). Хлоритовые породы представляют собой сланцеватые темно-зеленые, почти черные пелитовые породы, содержащие пиритовую и магнетитовую минерализацию. Из-за присутствия магнетита, породы магнитны, однако интенсивность резко отличается под рудой и на выклинке. Нами были отобраны образцы НШ-16-2а и НШ-16-2б. На выклинке хлоритового тела отобраны также образцы с крупными кристаллами пирита (обр. НШ-16-С1-Ру) и без видимой рудной минерализации (обр. НШ-16-33).

Резкие контакты с сульфидными рудами и метасоматически-измененными базальтами, сланцеватость по первично слоистости и пелитовая размерность этих пород существенно отличает их от гидротермально-метасоматических кварц-хлоритовых пород и позволяют предполагать осадочный способ их отложения. Описанные породы принято называть «хлоритолитами» (Злотник-Хоткевич, 1984).

3.2. Микроскопическое описание

Хлоритовые породы состоят из хлорита, серицита, кварца, лейкоксена и рудных минералов (пирита, магнетита). По описанию шлифов выделяются хлоритоциты: 1) существенно хлоритового состава и 2) хлорит-серицитового состава.

Хлорит. В шлифах выделяется два типа хлорита. Хлорит-1 обнаружен в хлоритизированных породах с крупными кристаллами пирита размером от первых мм до 2,5 мм (НШ-16-Ру-С1). В шлифе видна ориентировочная направленность хлорита (рис. 3.2.1а, б). Размеры чешуек хлорита колеблются от 0,4–0,5 мм до 1,5–2 мм, в параллельных николях имеет грязновато-коричневый цвет. На контакте хлорита и рудных скоплений наблюдаются скопления сфена (рис. 3.2.1в, г). В аншлифах пирит представлен крупными кубическими кристаллами, содержащими включения халькопирита и сфалерита (рис. 3.2.1д). Трещины в

пирите выполнены чаще всего хлоритом и халькопиритом. Халькопирит иногда образует самостоятельные выделения или окаймляет пирит. В основной массе выделяются скопления титанита в ассоциации с рутилом (рис. 3.2.1е).

Хлорит-2 в тесной ассоциации с серицитом описан в шлифах НШ-16-2а и НШ-16-2б. Серицит-хлоритовая основная масса имеет пятнисто-полосчато-сланцеватую текстуру, лепидобластовую структуру и состоит из участков однородного хлорита, серицит-хлоритовых агрегатов и рудных скоплений (рис. 3.2.2а, б). Однородный хлорит в шлифах тускло-светло-зеленого цвета, а в скрещенных николях имеет черный цвет. Серицит в серицит-хлоритовых агрегатах (процентное соотношение $\approx 50/50$ %) имеет размеры от первых сотен мкм до 1,2 мм. В ассоциации с рудными минералами наблюдаются хлопьевидные агрегаты лейкоксена, игольчатые кристаллы рутила, которые окаймляются титанитом (рис. 3.2.2 в, г и рис. 3.2.3 а, б). В хлорите наблюдаются многочисленные, микрочастицы циркона и апатита (3.2.3 в, г), а также встречается барит.

По данным электронно-микроскопических исследований установлено, что хлорит имеет магнезиально-железистый состав (по результатам 2 анализов: SiO_2 (28,58–29,89); MgO (20,73–20,84); Al_2O_3 (17,84–18,83); FeO (19,93–20,14); CaO (0–0,16).

Рудные минералы представлены гематитом, магнетитом и халькопиритом (рис. 3.2.2д и 3.2.3е). Халькопирит в аншлифе имеет размеры от первых мкм до 0,2 мм, ксеноморфную форму, трещиноват, трещины заполнены нерудной массой. Часто халькопирит встречается в ассоциации с магнетитом и гематитом. В однородной хлоритовой массе выделяются многочисленные нерудные обособления. В аншлифе НШ-16-33 обнаружены нерудные обособления размером от 0,05 мм до 0,4 мм, замещающие гематитом (рис. 3.2.2ж), Гематит в виде таблитчатых кристаллов иногда тесно связан с магнетитом (рис. 3.2.2з). В основной массе также присутствует вкрапленность магнетита, размер кристаллов которого варьируют от первых мкм до 0,4 мм. Для пиритовых агрегатов характерна ассоциация с рутилом и тонкая кайма кобальтина (рис. 3.2.3д, е).

3.3. Химический состав

Химический состав хлоритовых пород сильно варьирует в зависимости от локализации относительно рудного тела, от типа вмещающего вулканического разреза и присутствия минералов-примесей. Изученные породы отнесены к хлоритолитам и отличаются от гидротермально-измененных метасоматических пород высокими содержаниями суммарного железа (FeO^*), а также Al_2O_3 и MgO (табл. 1, рис. 3.3.1).

Хлоритолиты, изученные под серноколчеданной рудой, характеризуются высокими содержаниями SiO_2 37,37–38,6 мас. %, MgO 23,37–24,43 мас. %, низкими содержаниями Al_2O_3 13,06–13,67 мас. % (см. рис.3.3.1). В составе хлоритолитов преобладает FeO (12,68–13,87 мас. %), при значении железистости 1,14–1,17.

Хлоритолиты на выклинке сульфидной залежи по сравнению с вышеописанными хлоритолитами характеризуются более низкими содержаниями SiO_2 26,84–27,78 мас. %, высокими содержаниями Al_2O_3 18,61–21,00 мас. %, сильно варьирующими содержаниями MgO 11,45–23,96 мас. % и суммарного железа FeO^* 12,71–34,67 мас. %. Полученные данные сопоставимы с литературными данными по хлоритолитам из Ново-Шемурского месторождения (Злотник-Хоткевич, 1984, Табл. 1). Повышенные содержания P_2O_5 наблюдаются в пробе НШ-16-С1-Ру до 1,70 мас. %.

По содержаниям других компонентов хлоритолиты не отличаются, так как содержания TiO_2 , CaO , MnO , Na_2O , K_2O остаются на одном уровне с метасоматически измененными базальтами, перекрывающими хлоритолиты.

Локализация хлоритолитов под рудами, перекрытие надрудными базальтами, высокое содержание SiO_2 , сильная вариация в содержаниях суммарного железа в изученных хлоритолитах предполагают их связь с процессами палагонитизации основных пород.

3.4. Элементы-примеси

Элементы-примеси хлоритовых пород были определены – методом ИСП-МС анализа в центре коллективного пользования Института минералогии УрО РАН. По результатам анализа можно сказать об аномально высоких содержаниях, некоторых элементов (табл. 2). В пробе хлоритолита НШ-16-33 отмечены аномальные содержания Zn (1721 г/т), As (952 г/т), так же в пробе наблюдается небольшое аномальное значение Sn (5,46 г/т). В пробе НШ-16-С1-Ру отмечаются аномально высокое содержание Y (159 г/т), которое в 4,5 раза выше, чем в остальных пробах, повышенное содержание Se (39,9 г/т), что в 5,5 раз превышает содержание в других пробах. В пробах НШ-16-2а и НШ-16-2б наблюдаются высокие содержания Zr (124–130 г/т), U (0,35–0,49 г/т).

В пробе измененных базальтов наблюдаются высокие содержания Cr до 51,8 г/т и Va до 310 г/т (проба НШ-16-т.3), а также аномально высокие содержания Ti до 9863 г/т, высокое содержание Sr до 158 г/т и V 298–299 г/т, что значительно выше чем в хлоритолитах. В целом все изученные породы обогащены Co до 52,8 мас. %.

Таким образом, можно сказать, что хлоритолиты обогащены литофильными компонентами Ti и Zr , что связано с присутствием лейкоксеновых агрегатов, водородными U – сорбцией из морской воды, а также халькофильными элементами, такими как Cu , Zn , As , Sn , иногда Se , источником которых являются сульфидные минералы (рис. 3.4.1). Особенностью пиритсодержащих подрудных хлоритовых пород является обогащение Co , что связано с присутствием кобальтина.

Таблица 2. Элементы примеси в хлоритовых породах и метасоматитах рудовмещающей толщи Ново-Шемурского месторождения (г/т)

Окончание таблицы 2

элементы	НШ-16-33	НШ-16-Cl-Py	НШ-16-26	НШ-16-т.2а	НШ-16-36	НШ-16-т.3
Sn	5,46	0,76	1,22	2,03	1,49	0,55
Sb	1,42	0,088	0,09	0,024	6,47	1,71
Te	0,039	0,32	0,039	<0,034	0,142	0,161
Cs	0,019	0,053	0,075	0,081	0,043	0,016
Ba	2,47	38,7	3,46	1,30	564	310
W	0,22	0,172	0,173	0,098	0,26	0,28
Tl	<0,008	0,104	0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Pb	12,7	0,82	<0,022	<0,022	31,9	21,9
Bi	<0,002	0,094	<0,002	<0,002	0,23	0,050
Th	0,51	0,46	0,42	0,38	0,186	0,157
U	0,179	0,26	0,49	0,35	0,100	0,107

Примечание. Анализы выполнены в центре коллективного пользования Института минералогии УрО РАН (г. Миасс). Аналитик Филипова К.А. Желтым цветом выделено аномальные содержания элементов-примесей.

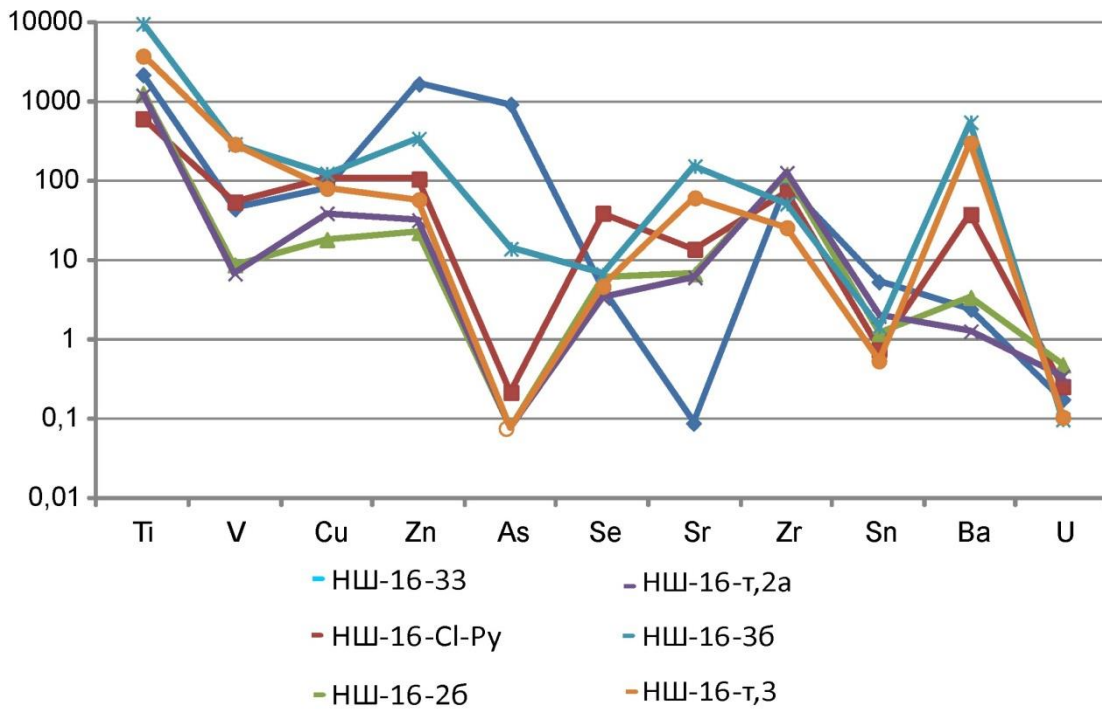


Рис. 3.4.1. Спектры распределения некоторых элементов-примесей в хлоритолитах по сравнению с измененными базальтами Ново-Шемурского месторождения.

3.5. Редкоземельные элементы

Вопрос о поведении редкоземельных элементов в металлоносных осадках широко обсуждается в отечественной и зарубежной литературе. Геохимическая согласованность, свойственная РЗЭ, делает возможным их применение в качестве индикаторов гидротермальных (Cu, Zn, Pb, Fe, Si, Te), гидрогенных (V, U, Mo) и литогенных (Ti, Al, Sc, Zr, Y) компонентов океанических осадков (Балашов, 1976).

Содержания РЗЭ в изученных хлоритолитах и измененных базальтах крайне низкие (табл. 3). Аномально высокие содержания некоторых редкоземельных элементов можно наблюдать в пробе НШ-16-Cl-Py хлоритолита: Ce (12,9 г/т), Nd (28,4 г/т), Pr (3,37 г/т), Sm (17,9 г/т), Gd (30,5 г/т), Tb (5,46 г/т), Dy (35,2 г/т), Ho (6,38 г/т), Er (17,1 г/т), Tm (2,21 г/т), Yb (13,3 г/т), Lu (1,42 г/т). Самые низкие содержания РЗЭ характерны для проб НШ-16-2а и НШ-16-2б.

В пробе измененных базальтов (пробы НШ-16-3б и НШ-16-т.3) наблюдаются повышенные содержания: La (5,70 г/т), Ce (16,3 г/т), Nd (14,3 г/т), Sm (4,62 г/т), Gd (5,35 г/т), Dy (5,60 г/т). Содержание всех остальных редкоземельных элементов в данных породах невелико и варьирует в небольших количествах.

Таблица 3. Редкоземельные элементы в хлоритовых породах и кварц-хлоритовых метасоматитах рудовмещающей толщи Ново-Шемурского месторождения (г/т)

mg/kg	НШ-16-33	НШ-16-Cl-Py	НШ-16-2б	НШ-16-т,2а	НШ-16-3б	НШ-16-т,3
La	2,23	2,55	0,54	0,54	5,70	2,01
Ce	7,25	12,9	2,57	2,21	16,3	5,26
Pr	1,36	3,37	0,62	0,50	2,69	0,92
Nd	7,58	28,4	3,98	3,65	14,3	4,75
Sm	2,32	17,9	1,91	1,60	4,62	1,46
Eu	0,20	0,39	0,129	0,106	2,36	0,70
Gd	1,86	30,5	2,59	2,22	5,35	1,81
Tb	0,35	5,46	0,58	0,43	0,91	0,33
Dy	2,49	35,2	3,82	3,02	5,60	2,06
Ho	0,62	6,38	0,92	0,73	1,26	0,46
Er	2,01	17,1	2,50	2,37	3,31	1,26
Tm	0,35	2,21	0,43	0,38	0,46	0,184
Yb	2,50	13,3	2,75	2,52	2,72	1,13
Lu	0,36	1,42	0,37	0,41	0,43	0,190

Примечание. Анализы выполнены в центре коллективного пользования Института минералогии УрО РАН (г. Миасс). Аналитик Филлипова К.А. Желтым цветом выделено аномальные содержания элементов-примесей.

Спектры распределения редкоземельных элементов, нормированных на хондрит, показывают, что хлоритолиты обеднены легкими редкоземельными элементами (La, Ce, Pr, Nd, Sm) и обогащены более тяжелыми (Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu). В их спектре отчетливо выделяется отрицательная европиевая аномалия (рис. 3.5.1). Европиевый минимум обычно характерен для спектра РЗЭ морской воды (Дубинин, 2006). Однако в отличие от спектра морской воды в хлоритолитах не наблюдается цериевый минимум.

Характер распределения РЗЭ в измененных базальтах более однородный, их спектр пологий, относительно равномерный, нет отличия в содержаниях ЛРЗЭ и ТРЗЭ, однако в отличие от хлоритолитов они характеризуются небольшой положительной европиевой аномалией (см. рис. 3.5.1). Для гидротермальных растворов, отлагающих сульфиды, также характерен европиевый максимум (Дубинин, 2006) (рис. 3.5.2). Присутствие европиевого

максимума может быть связано присутствием барита. Считается, что барит дает положительную европиевую аномалию в сульфидных рудах (Дубинин, 2006). О присутствии барита в измененных базальтах можно судить по содержаниям Ва в них (310–564 г/т). Кроме того положительные европиевые аномалии могут быть связаны с плагиоклазами в составе вулканитов (Дубинин, 2006).

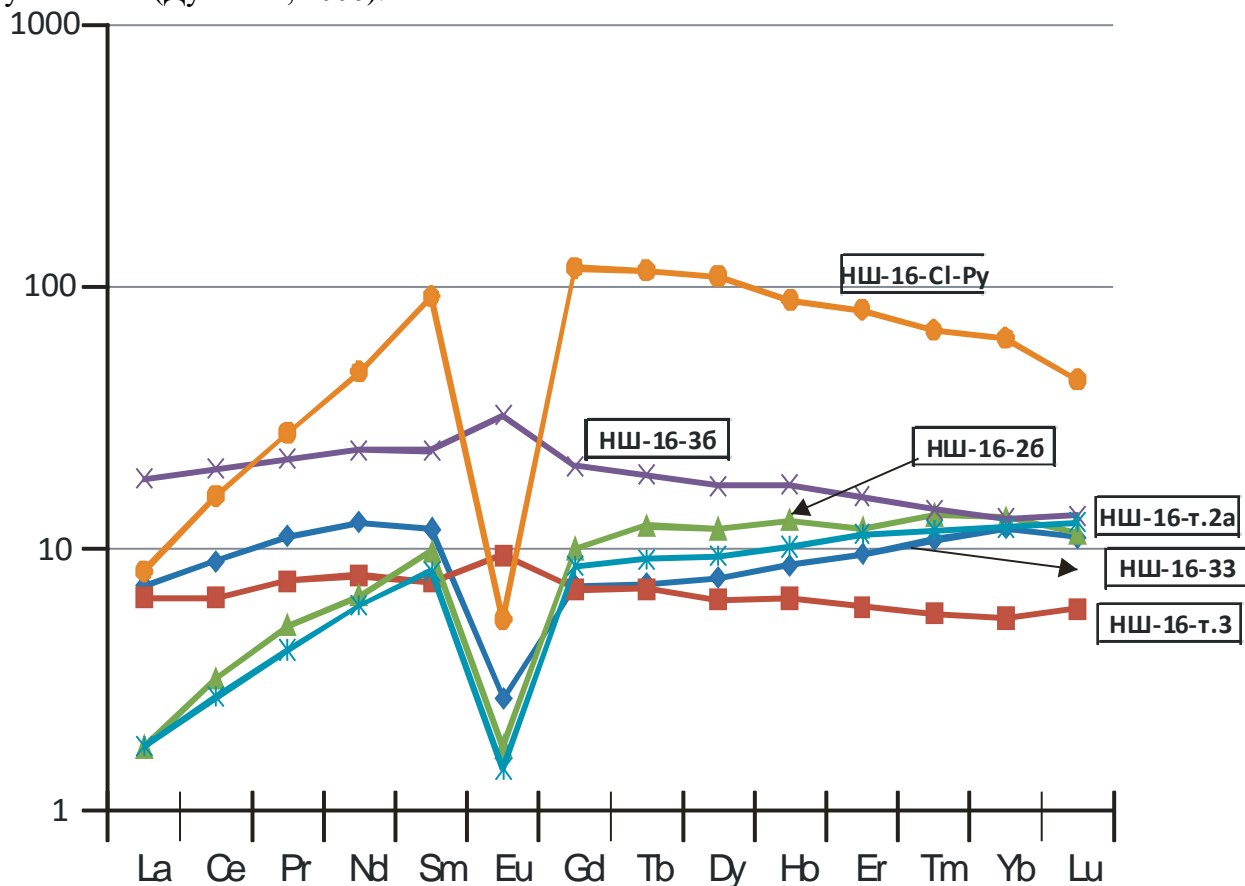


Рис. 3.5.1. Спектры распределения редкоземельных элементов в хлоритовых породах. Нормализованы на хондрит (Boynnton, 1984).

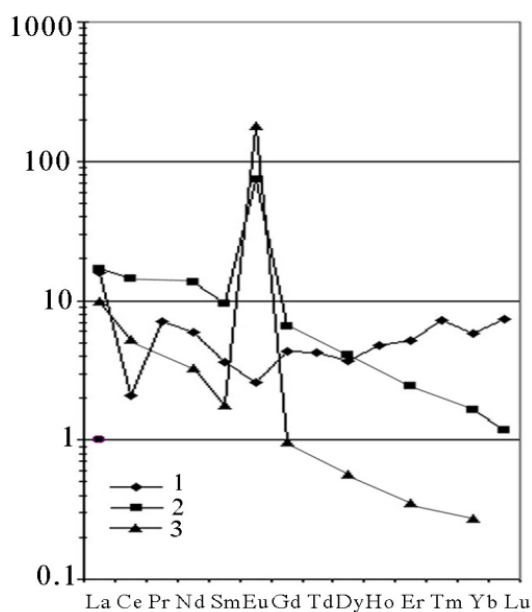


Рис. 3.5.2. Состав РЗЭ в глубоководной морской воде и высокотемпературных гидротермах. Нормализованы на хондрит (Boynnton, 1984).

1 – глубоководная морская вода, $\times 10^{-6}$ (Дубинин, 2006);
 2 – «черные курильщики», $\times 10^4$ (Дубинин, 2006);
 3 – «белые курильщики», $\times 10^4$ (Дубинин, 2006).

ГЛАВА 4. РУДНЫЕ ФАЦИИ

4.1. Текстурно-структурные особенности руд

Рудные фации изучены на южном фланге месторождения, где составлена колонка слоистой пачки, представленной рудными брекчиями, содержащими халькопиритовые обломки труб черных курильщиков, пирит-магнетитовыми слоистыми рудами и обломочными пиритовыми рудами с фрагментами вмещающих пород (рис. 4.1.1). Образцы из этой колонки представляют собой основные рудные фации этого месторождения.

Номер слоя	Литология	Описание
1		Рудная брекчия смешанного состава. Мощность от 10 до 20 см. Присутствуют обломки пирита, халькопирита и магнетита.
2		Слой мощностью 5-10см существенно магнетитового состава темно-серого цвета. В кровле отмечаются знаки нагрузки.
3		Граница с слоем 2 волнистая. Мощность слоя до 16 см. Знаки нагрузки не наблюдаются. В кровле слоя наблюдается укрупнение зерен, что приводит к формированию косой направленности.
4		Сульфидная брекчия с обломками пород. Рудные обломки пиритового, халькопиритового и магнетитового состава. Мощность слоя варьирует от 5 до 8 см.

Рис. 4.1.1. Литологическая колонка слоистой пачки на южном фланге месторождения.
Составили: Аюпова Н.Р., Сафина Н.П., Целуйко А.С., Ерхов В.Д.

Ниже приводится макроскопическое описание руд.

Слой № 1. Сульфидная брекчия смешанного состава (рис. 4.1.2а). В составе сульфидной брекчии преобладают обломки пиритового, халькопирит-пиритового и халькопиритового состава. Гораздо реже встречаются обломки магнетита и нерудные обломки. Обломки пиритового состава изометричные, угловатые, остроугольные, размером до 2 см, а обломки халькопирита удлиненные размером 2 на 0,7 см, в центре пористые, а оторочка имеет почковидно-колломорфную структуру, края занозистые, что вероятно представляет собой диффузоры и халькопиритовую стенку трубы черного курильщика. Рассматривая зональность халькопиритовых обломков: в центре сфалерит, халькопиритовая инкрустация и пиритовая наружная оторочка. Обломки и обособления пород темно-зеленого цвета хлорит-кварцевого состава имеют размер от мельчайших до 2–3 см. Изометричные обломки магнетита имеют размер до 1 см. Так же встречаются редкие мелкие обособления гематит-кварцевых пород. Контакты обломков четкие, зазубренные и в некоторых случаях служат цементом обломочных руд. Мощность данного слоя примерно 20 см.

Слой № 2. Пирит-магнетитовая руда (рис. 4.1.2б). Слой мощностью примерно 10 см, имеет преимущественно пирит-магнетитовый состав, темно-серого цвета. Пирит в данном слое представлен в виде тонко-, мелкозернистой массы. Так же в слое наблюдается выщелачивание в виде пор диаметром до 1–2 мм, скорее всего нерудного минерала. Верхний контакт со слоем сульфидных брекчий четкий, нижний контакт представлен в виде

обогащенного пиритового слоя мощностью до 1 см. Редко в однородной массе присутствуют пиритовые обособления размером до 0,5 см.

Слой № 3. Магнетит-пиритовая руда (рис. 4.1.2в, г). Отличается от предыдущего слоя большим содержанием пирита и развитием косої направленности мелкозернистой однородной массы пирита и магнетита, вероятно, связанной с процессами выщелачивания. Здесь четко выделяются участки размером 0,5 на 0,5 см, сложенные магнетитом, образуя пятнистую текстуру.

Слой № 4. Обломочная пиритовая руда (рис. 4.1.2д). Мощность слоя примерно 8 см. В составе брекчии преобладают обломки пиритового, пирит-магнетитового и редко халькопирит-магнетитового состава. Размер обломков от мельчайших до 3–4 см по удлинению. Пирит-магнетитовые обломки изометричные, в основном имеют удлиненную форму, края часто ровные. Нерудные обломки также имеют удлиненную форму до 1 см, темно-зеленого цвета. Цементом служит мелкообломочная масса того же состава с преимущественным развитием пирита.

Кроме того, были отмечены слои гематит-магнетитовые слои на небольшом расстоянии от изученной колонки, что представляют собой продукты окисления мелко-зернистых сульфидных слоев.

4.2. Микроскопическое описание

Для изучения текстурно-структурных особенностей и минерального состава рудных фаций Ново-Шемурского месторождения, были изготовлены 15 аншлифов из образцов изученной нами литологической колонки.

Сульфидная брекчия смешанного состава состоит из многочисленных обломков пирита, халькопирита, сфалерита, реже магнетита. Пирит в брекчиях представлен в виде 2 генераций: Pu_1 – образует тонко-мелкозернистую массу, Pu_2 – в виде угловатых обломков (рис. 4.2.1а). Обломки пиритового состава изометричные, угловатые, остроугольные, чаще всего имеют кубический облик, размером от первых мм до 1,2 мм, реже 1,5 мм по удлинению. Часто в этих обломках видны включения сфалерита и халькопирита, которые в свою очередь образуют тесную ассоциацию (рис. 4.2.1б). Реже по зонам роста в пирите развивается галенит. Халькопирит ксеноморфной формы представлен либо в основной массе, либо в виде включений в пирите (см. рис. 4.2.1б). Иногда видно, как халькопирит заполняет трещины между зернами пирита, часто вместе со сфалеритом. В изометричных обломках сфалерита, размером до 0,3 мм, наблюдаются включения пирита и халькопирита, а так же мельчайшие включения галенита. Местами магнетит образует включения в сфалерите (рис. 4.2.1в). Магнетит, в основном развивается по пириту, в связи с этим в магнетите отмечаются многочисленные реликтовые включения пирита (рис. 4.2.1г). Кроме того, рудные минералы тесно ассоциируют хлоритом (рис. 4.2.1д). Реже встречаются единичные зерна ковеллина размером до 0,2 мм (рис. 4.2.1е) в ассоциации с халькопиритом. С помощью электронного микроскопа также установлены микровключения апатита, мусковита, кварца и хлорита в пирите, касситерита в халькопирите.

По результатам структурного травления пирита установлено, что кристаллы пирита характеризуются зональным строением (рис. 4.2.2).

При микроскопическом изучении сульфидной брекчии смешанного состава, были обнаружены фрагменты труб «черных курильщиков» (рис. 4.2.3а). Реликты сульфидных труб выделяются концентрически зональным строением: тонко, мелкозернистый пирит слагает оторочку трубы (рис. 4.2.3б), а халькопирит выполняет стенку (рис. 4.2.3в).

При изучении пирит-магнетитовой руды в аншлифах отчетливо видна слоистая текстура. Слои, в основном, состоят из магнетита, в меньшей степени из пирита (рис. 4.2.4а). Магнетит представлен в виде основной массы, реже в виде угловатых обломков, размером до 0,3 мм. В магнетите наблюдаются включения пирита, нерудных минералов, реже галенита. Почти по всей площади аншлифа можно наблюдать как гематит развивается по магнетиту. Пирит представлен угловатыми, изометричными зернами, чаще всего имеет кубический облик. Размер зерен от первых мм до 1,5 мм по удлинению. В пирите присутствуют включения халькопирита, сфалерита, галенита (рис. 4.2.4б), так же нерудных минералов и сфалерита, с включениями магнетита (рис. 4.2.4в). Реже в пирите встречаются включения пирротина в сростках с халькопиритом (рис. 4.2.4г).

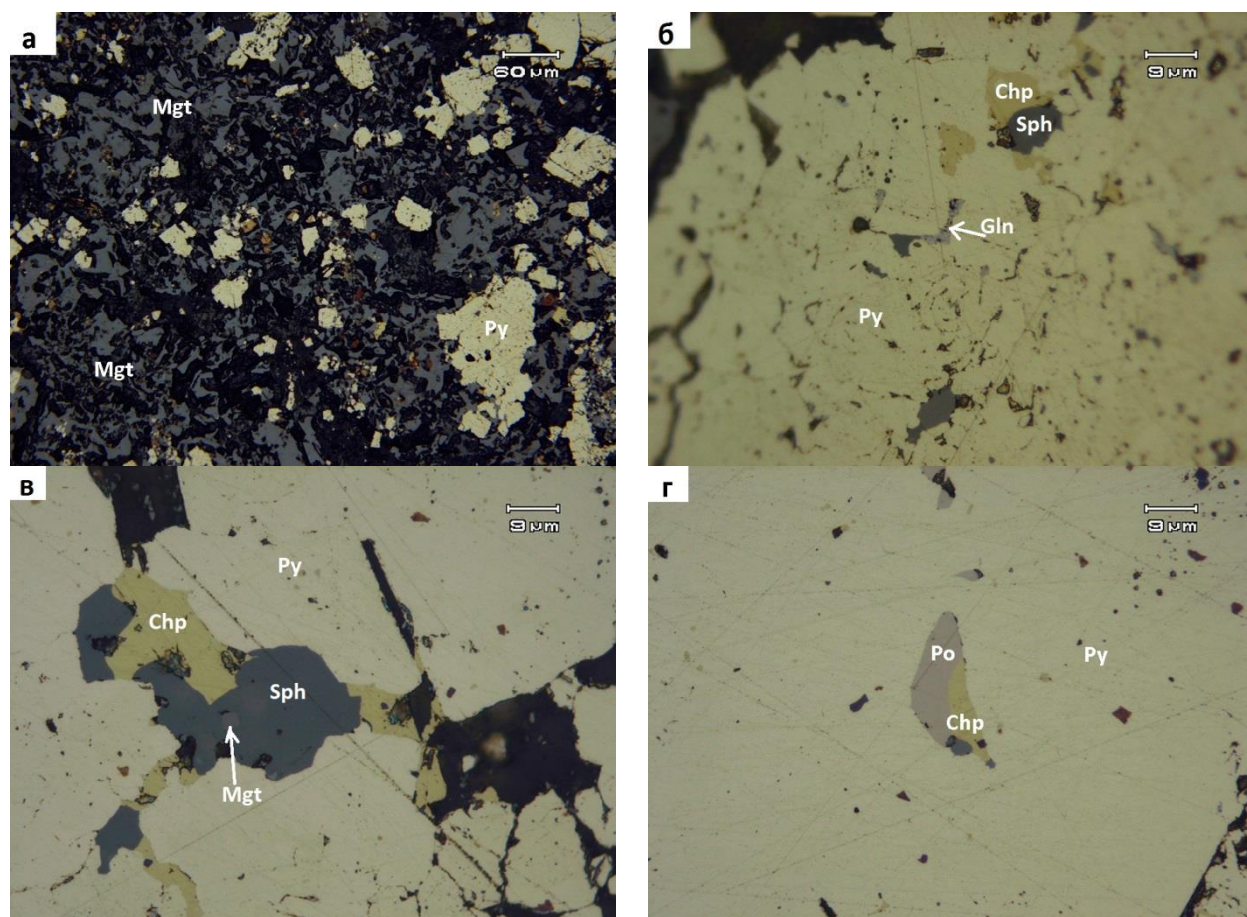


Рис. 4.2.4. Микроскопические фотографии пирит-магнетитовой руды: а – Магнетит в виде основной массы; б – включения халькопирита, магнетита, галенита в пирите; в – в пирите включения халькопирита и магнетита со сфалеритом; г – халькопирит-пирротиновая ассоциация в пирите.

При микроскопическом изучении магнетит-пиритового слоя в аншлифах также отчетливо наблюдается слоистая текстура. Пирит в данной руде представлен двумя генерациями: Py1 – в виде тонко-, мелкозернистой массы, Py2 – в виде угловатых зерен (рис. 4.2.5а). Зерна пирита угловатые, изометричные, чаще всего имеют кубический облик, размером до 1 мм. Часто содержат включения других минералов, таких как: сфалерит,

халькопирит, галенит, магнетит, а так же нерудные минералы. Реже встречается включения пирротина (рис. 4.2.5 б). Халькопирит и сфалерит в зернах пирита чаще всего встречаются вместе, образуя тесную ассоциацию (рис. 4.2.5в). Реже проявляются халькопиритовые прослои небольшой мощности до 1 мм, в которых присутствуют включения пирита и нерудных минералов. Местами халькопирит развивается между зерен пирита, а так же в трещинах. Зерна магнетита, размером до 0,5 мм, часто содержат включения пирита, халькопирита. По зернам магнетита часто развивается гематит. Ковеллин образует одиночные зерна размером до 0,1–0,2 мм, местами видно как он окаймляет халькопирит (рис. 4.2.5г). Наблюдаются псевдоморфозы халькопирита, галенита и сфалерита по фромбоидальному или глобулярному пириту (рис. 4.2.5д) или частичное замещение пирита халькопиритом, а затем нерудным минералом (рис. 4.2.5е).

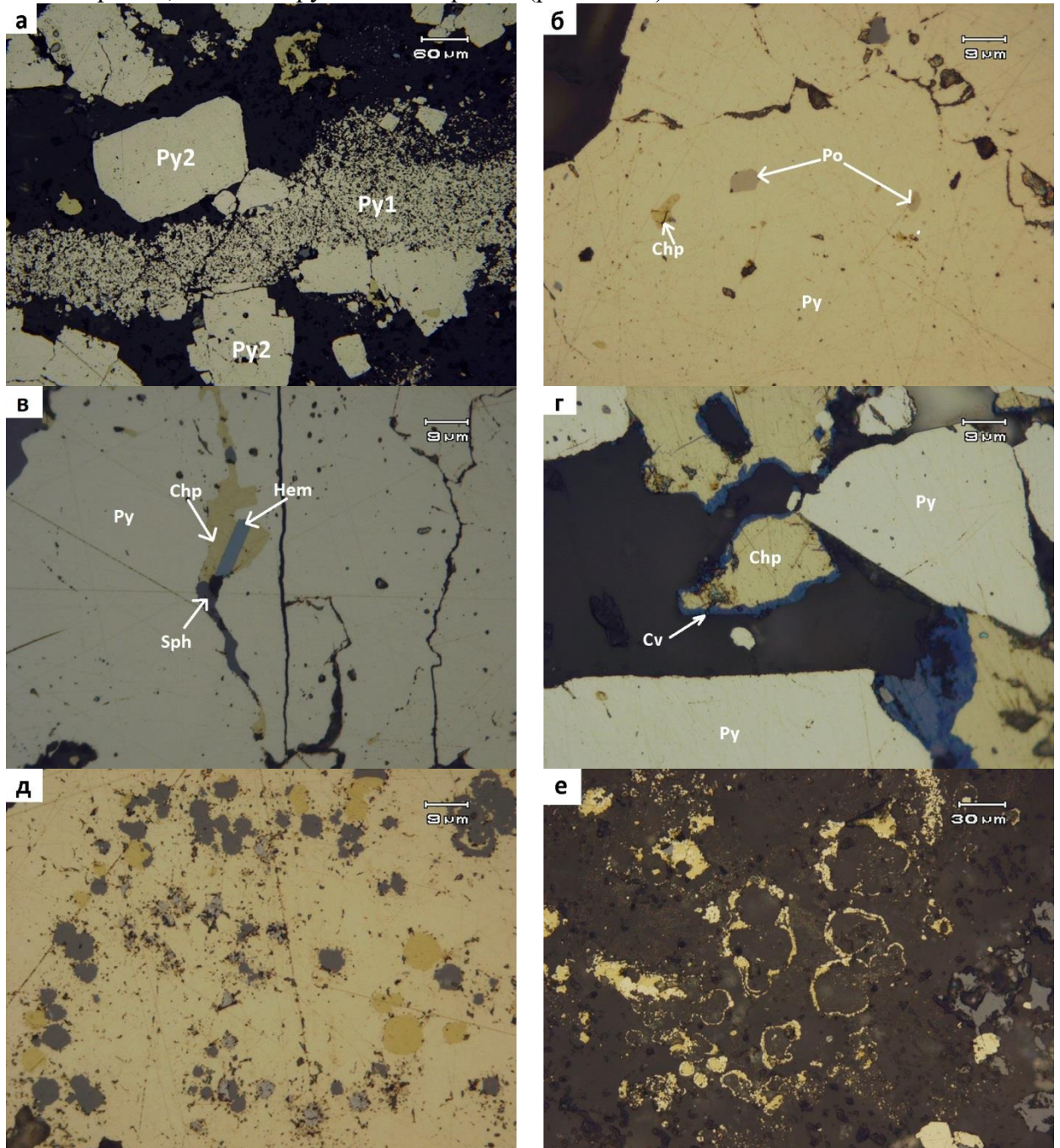


Рис. 4.2.5. Микроскопические фотографии магнетит-пиритовой руды: а – пирит двух генераций; б – включения халькопирита и пирротина в пирите; в – тесная ассоциация сфалерита, халькопирита и галенита в пирите; г – окаймление халькопирита ковеллином; д – псевдоморфозы халькопирита, сфалерита и галенита по фромбоидам пирита; е – замещение пирита халькопиритом, а затем

нерудным минералом.

Некоторые структурные особенности, такие как радиально-лучистый и зональность пирита со сменой форм роста (рис. 4.2.6) были выявлены при травлении пирита.

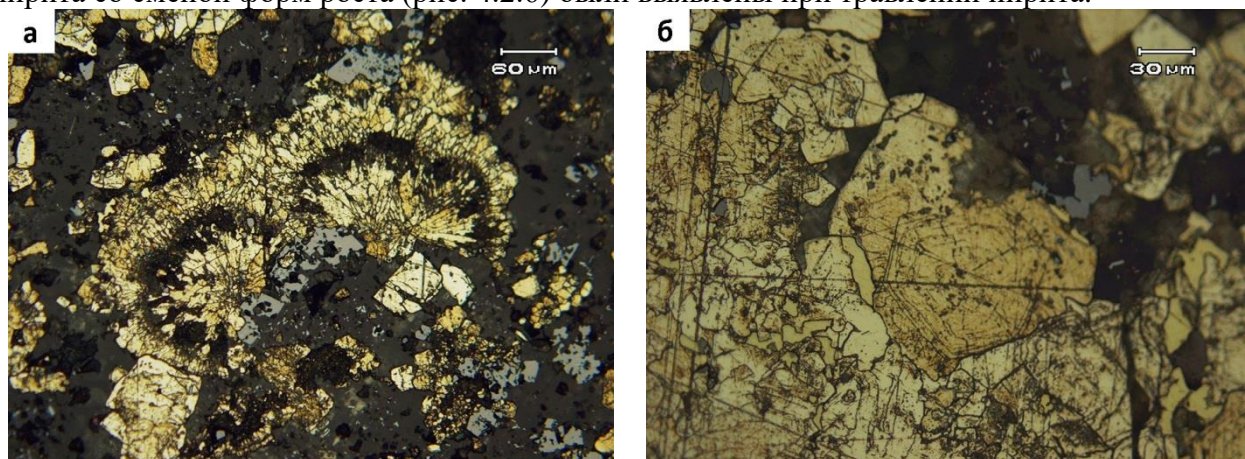


Рис. 4.2.6. Микроскопические фотографии структур пирита: а – радиально лучистый пирит; б – зональный пирит со сменой форм роста.

В составе обломочная пиритовая брекчия преобладают обломки пиритового, пирит-магнетитового и реже халькопирит-магнетитового состава (рис. 4.2.7а). Размер обломков от первых мм до 0,9 мм, реже до 1 мм по удлинению. Пирит-магнетитовые обломки изометричные, в основном, имеют удлиненную форму, края часто ровные. Нерудные обломки местами имеют удлиненную форму от первых мм до 0,8-0,9 мм с включениями рудных минералов, таких как магнетит и пирит (рис. 4.2.7б). Цементом служит мелкообломочная масса того же состава с преимущественным развитием пирита.

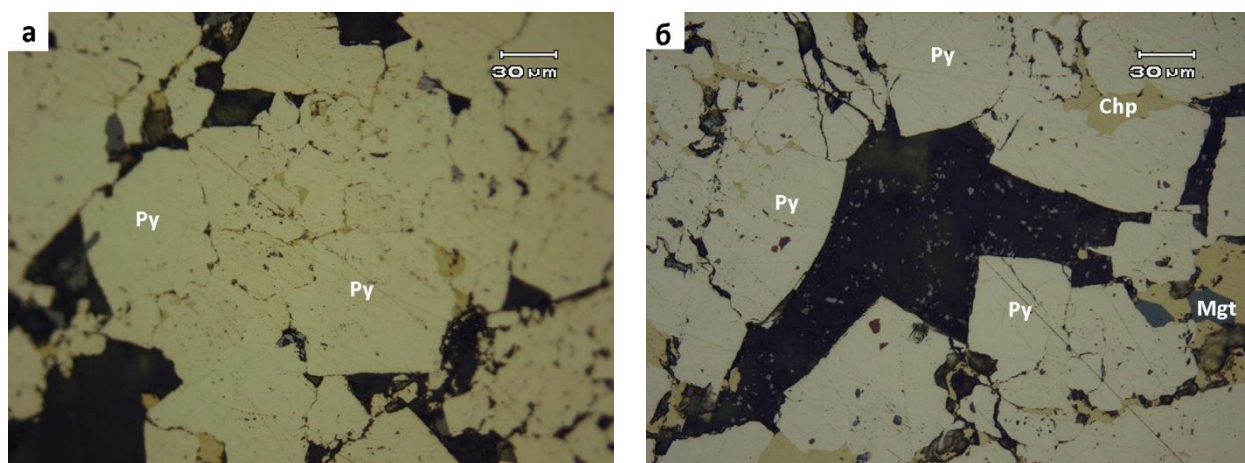


Рис. 4.2.7. Микроскопические фотографии обломочной пиритовой руды: а – обломки пиритового состава; б – ксеноморфные выделения кварца между пиритовыми зёрнами.

ГЛАВА 5. УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ РУДНЫХ ФАЦИЙ

Двадцатый век ознаменовался открытиями современных сульфидообразующих систем. В Красноморском рифте обнаружены металлоносные рассолы и стратиформные сульфидные залежи. В срединно-океанических рифтах и задуговых бассейнах выявлено более 100 гидротермальных полей с придонными сульфидными постройками «черными курильщиками», которые впоследствии стали активно изучаться учеными многих стран. Всесторонние исследования современных гидротермальных сооружений способствуют решению вопросов генезиса древних колчеданных месторождений по модели «красноморских рассолов» или модели «черных курильщиков». Сторонники «красноморской» модели ссылаются на пластообразную форму большинства рудных тел, наличие тонкой слоистости, залегания среди черных сланцев – индикаторов бескислородных бассейнов, а также указывают на обнаружение высококонцентрированных рассолов во флюидных включениях гидротермальных минералов. Сторонники модели «черных курильщиков» указывают на холмообразную форму некоторых колчеданных залежей (Масленников, 2006), наличие пригидротермальной фауны, требующей присутствия кислорода (Авдонин, 1996), а также на отложения рудокластических потоков и продуктов субмаринного окисления колчеданных руд (Аюпова, Масленников, 2005; Масленникова, Масленников, 2007).

Распределение рудных фации по типам и текстурно-структурным особенностям Ново-Шемурского медно-цинково-колчеданного месторождения достаточно закономерно. Нижняя часть сульфидного холма составляет колонна массивных, в большинстве случаев пористых выщелаченных серноколчеданных руд. В тектоно-метасоматической зоне или над рудоподводящим каналом встречаются сульфидные брекчии и полосчатые руды, с наличием ориентировочных полос по первичной слоистости, обогащенных сфалеритом. Сульфидные турбидиты являются составной частью руд в кровле и на выклинках руд. Многократное чередование сульфидных брекчии, мелкообломочных пород и мелко-тонкозернистых сульфидных турбидитов предполагает пульсационное обрушение холмообразной залежи с периодами затишья.

В изученной нами колонке на южной выклинке Главной рудной залежи месторождения в сульфидных брекчиях были обнаружены обломки сфалерит-халькопирит-пиритовых палеогидротермальных труб «черных курильщиков». В слоистых пирит-магнетитовых и магнетит-пиритовых рудах, сменяющихся выше по разрезу сульфидными брекчиями, установлены обломки пиритовых руд, наблюдается замещение обломков пирита магнетитом, сфалерита магнетитом, иногда по халькопириту развивается ковеллин. Иногда в слоистых рудах наблюдается градационная ритмичность. Все эти признаки могут свидетельствовать о субмаринных условиях образования слоистых руд и их взаимодействии с холодной агрессивной морской водой. Присутствие слоистых гематит-магнетитовых руд на месторождении подтверждает наличие зоны субмаринного окисления колчеданных руд. В ассоциации с обломками труб «черных курильщиков» и в слоистых рудах акцессорные минералы встречаются редко, среди них установлены пока галенит, касситерит, в единичном случае самородное золото, что, вероятно, связано с глубокой переработкой руд гидротермальными растворами.

Хлоритовые породы или хлоритолиты Ново-Шемурского месторождения представляют собой специфические продукты субмаринного преобразования гиалокластитовых отложений базальтового состава. Обнаружение хлоритолитовых слоев и их хорошая сохранность могут свидетельствовать о низких ступенях метаморфизма Ново-Шемурского месторождения. Обогащенность кобальтом сульфидизированных хлоритовых пород может иметь практическое значение.

Таким образом, Ново-Шемурское медно-цинково-колчеданное месторождение относится к группе слабометаморфизованных месторождений. Линзовидные и

пластообразные рудные тела на месторождении являются примером сильно эродированных сульфидных холмов (Масленников, 2006). Главная рудная залежь месторождения может быть реконструирована как сильно разрушенный гидротермальный сульфидный холм, где выявлены разнообразные представители придонных гидротермальных («трубы черных курильщиков»), гидротермально-осадочных, гидротермально-биогенных и рудокластических фаций. Кровля рудных тел на флангах месторождения характеризует разрез зоны разрушения и окисления руд и включает: 1) пирит-халькопиритовые кластогенные руды, содержащие фрагменты палеогидротермальных труб «черных курильщиков»; 2) пирит-магнетитовые, магнетит-пиритовые и гематит-магнетитовые руды зоны субмаринного окисления. Таким образом, можно сказать, что Ново-Шемурское месторождение сформировано по модели «черных курильщиков».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Текстурно-структурные и минералогические исследования колчеданных руд и хлоритовых пород Ново-Шемурского медно-цинково-колчеданного месторождения (Северный Урал) позволили выявить несколько рудных фаций на данном месторождении:

1) фрагменты придонной гидротермальной фации, представленной халькопиритовыми обломками труб черных курильщиков в составе сульфидных брекчий;

2) грубообломочные сульфидные руды пиритового состава, содержащие обломки вмещающих пород (хлоритизированных базальтов);

3) слоистые пирит-магнетитовые и магнетит-пиритовые руды, а также гематит-магнетитовые руды – продукты разрушения и окисления колчеданных руд.

Охарактеризован минеральный состав изученных рудных фаций. Основные минералы руд представлены разными генерациями пирита, сфалерита, халькопирита и магнетита. Из редких минералов описаны галенит, касситерит, редко, самородное золото. Для каждой выделенной фации получены фотографии минеральных ассоциаций с применением микроскопа Olympus BX51 с фотокамерой OLYMPUS DP12. Результаты исследований рудных фаций будут использованы в отчетных материалах по договору «Геолого-минералогическое картирование Ново-Шемурского медно-колчеданного месторождения».

Полученные результаты исследований служат дополнительным подтверждением, что Ново-Шемурское медно-цинково-колчеданное месторождение на Северном Урале представляет собой сильно разрушенный сульфидный холм, где выявлены разнообразные представители придонных гидротермальных («трубы черных курильщиков»), гидротермально-осадочных, гидротермально-биогенных и рудокластических фаций.

Изучение хлоритовых пород на месторождении позволило выявить продукты палагонитизации гиалокластитовых отложений базальтового состава, состоящих, в основном, из магнезиально-железистого хлорита. Выявлены их минералого-геохимические особенности в сравнении с кварц-хлоритовыми метасоматитами. В составе хлоритолитов описаны пирит, магнетит, гематит, титанит, рутил, апатит и циркон. Выявлено существенное отличие хлоритолитов от метасоматитов по распределению РЗЭ. Результаты исследований хлоритолитов будут использованы в научной статье «Хлоритовые породы Ново-Шемурского медно-цинково-колчеданного месторождения (Северный Урал)» сотрудников лаборатории минералогии рудогенеза Институт минералогии УрО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонин, В.В. Реликты «черных курильщиков» в рудах колчеданных месторождений / В.В. Авдонин // *Металлогения складчатых систем с позиции тектоники плит: сб. статей.* – Екатеринбург: УрО РАН, 1996. – С. 148–152.
2. Аюпова, Н.Р. Гальмиролититы Узельгинского колчеданоносного поля (Южный Урал) / Н.Р. Аюпова, В.В. Масленников. – Миасс: УрО РАН, 2005. – 199 с.
3. Балашов, Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов / Ю.А. Балашов. – Москва, : Наука, 1976. – 267 с.
4. Дубинин, А.В. Геохимия редкоземельных элементов в океане / А.В. Дубинин. – М.: Наука, 2006. – 360 с.
5. Злотник Хоткевич, А.Г. Особенности зональности руд Ново-Шемурского месторождения (Северный Урал) в сравнении с колчеданными месторождениями северных Мугоджар / А.Г. Злотник-Хоткевич, Н.П. Трякина // *Вопросы генезиса эндогенной зональности колчеданных месторождений.* – 1979. – Выпуск 148. – С. 58–62.
6. Злотник-Хоткевич, А.Г. Минеральные продукты палагонитизации субмаринных базальтов и их роль в образовании и локализации колчеданных руд / А.Г. Злотник-Хоткевич // *Метасоматизм и рудообразование: сб. статей.* – М.: Наука, 1984. – С. 160–172.
7. Масленников, В.В. Литогенез и колчеданообразование / В.В. Масленников. – Миасс: ИМинУрО РАН, 2006. – 384 с.
8. Масленникова, С.П. Сульфидные трубы палеозойских «черных курильщиков» (на примере Урала) / С.П. Масленникова, В.В. Масленников. – Екатеринбург-Миасс: УрО РАН, 2007. – 312 с.
9. Медноколчеданные месторождения Урала: геологическое строение / под ред. В.А. Прокина и др. – Свердловск: УрО АН СССР, 1988. – 241 с.
10. Сафина, Н.П. Микроскопические методы в исследовании руд: учебное пособие / Н.П. Сафина, К.А. Новоселов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 168 с.
11. Ayupova, N.R. Tube fossils from gossanites of the Urals VHMS deposits, Russia: authigenic mineral assemblages and trace element distributions / N.R. Ayupova, V.V. Maslennikov, S.G. Tossalina et al. // *Ore Geology Reviews.* – 2017. – Вып. 85. – С. 107–130.
12. Boynton, W.V. Cosmochemistry of the rare earth elements meteorite studies / W.V. Boynton // *Rare Earth Element Geochemistry.* – 1984. – Chapter 3 – P. 63–114.

Фондовая литература

1. Ново-Шемурское медноколчеданное месторождение на Северном Урале. Отчет о результатах геологоразведочных работ с 1976 г по 1986 г с подсчетом запасов по состоянию на 1.09.86 г. в 10 томах. / П.П. Санкович, Э.В. Киркин, В.Н. Кусков и др. – Ивдель. 1986ф.