

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ, МИНЕРАЛОГИИ И РУДООБРАЗОВАНИЯ

На правах рукописи

В А С И Л Е Н К О Алла Филипповна

УДК 552:553.2:549.3(477.44,45)

МЕТАМОРФИЗМ МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ
ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ УШ (ДНЕСТРОВСКО-БУГСКИЙ Р-Н)
И ОБРАЗОВАНИЕ СУЛЬФИДНЫХ РУД

Специальность 04.00.08 – петрография,
вулканология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Киев - 1993



AB 2925

Робота виконана в Інституті геохімії,
мінералогії і рудоутворення АН України.

Научний керівник: член-кореспондент АН України,
доктор геолого-мінералогічних наук Р. Я. Белевцев

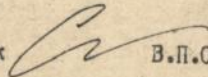
Офіційні опоненти: доктор геолого-мінералогічних наук І. Б. Щербаків (ІГМР АН України);
доктор геолого-мінералогічних наук, професор, А. А. Сиворонов (Львівський університет)

Ведущая організація: ГП "Геопробноз" (г. Київ)

Захита состоится "¹⁸~~20~~" ^{сентября}~~августа~~ 1994 г.
в 11.00 час. на засіданні спеціалізованого
ученого Совету Д.016.17.01 при Інституті геохімії,
мінералогії і рудоутворення АН України
(252680, Київ, 142, пр. Палладина, 34)

С дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці
ІГМР АН України

Автореферат розослан " _____ " 1993 г.

Учений секретар
спеціалізованого Совету
доктор геолого-мінералогічних наук  В. П. Семененко

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы обуславливается: 1) важной ролью метаморфогенного рудообразования в минерально-срьевом балансе древних щитов; 2) связью медно-никелевого сульфидного и золотого оруденения с метаморфо-метасоматическими процессами в ультрамафит-мафитовых породах гранулитового комплекса Среднего Побужья; 3) слабой изученностью окolorудных изменений.

Цель работы - изучение пространственно-временной связи между метаморфо-метасоматическими и рудорегенерирующими процессами в породах древних ультрамафит-мафитовых серий.

Задачи исследования: 1) петрогенетическая корреляция парагенезисов породообразующих и рудных минералов в зонах метаморфо-метасоматического преобразования ультрамафит-мафитовых пород; 2) определение PT-условий рудогенных процессов по данным изучения газовой-жидких включений; 3) уточнение минералого-петрографических признаков, указывающих на присутствие сульфидных медно-никелевых и золоторудных сегрегаций в зонах метасоматоза.

Фактический материал и методика исследований. Работа выполнялась по аспирантскому плану в отделе метаморфических процессов ИГМР АН Украины. Основу работы составили полевые и лабораторные исследования в период 1976-1989 г.г. В ходе последних изучено около 1000 прозрачных шлифов и 300 аншлифов. Петрохимические корреляции опираются на 115 результатов химического анализа горных пород. Выделены и проанализированы 80 монофракций породообразующих минералов. Методом рентгеноспектрального микроанализа проведено 71 определение химического состава сульфидных минералов. Для выявления условий образования золота проведено 30 геотермобарометрических исследований газовой-жидких включений в золотоносном кварце. Сопоставление кварца из эндрбит-мигматитов и метасоматических зон проводилось по данным изучения парамагнитных центров в 41 образце. Отмеченные комплексные исследования минералов и горных пород выполнялись в лабораториях ИГМР АН Украины.

Научная новизна: 1) впервые для описания условий гипербазит-базитового магматизма Среднего Побужья использован метод многомерной регрессии экспериментальных данных, который позволял (в первом приближении) PT-параметры становления мафит-ультрамафитов сопоставить с результатами изучения никеле- и золотоносных

пород зеленокаменных поясов Канады и Западной Австралии; 2) приведены доказательства прогрессивного регионального метаморфизма амфиболитовой фации в ультрамафит-мафитовых комплексах гнейсо-гранулитовых ареалов Днестровско-Бугского района, которые в условиях низкотемпературной (зеленосланцевой) стадии испытали глубокие гидротермальные изменения; 3) по результатам изучения флюидных включений приведены новые данные об условиях локализации золотого оруденения в гидротермально-измененных мафитовых породах Демовьярского массива; 4) впервые проведены исследования типоморфных особенностей кварца (спектров, характеризующих парамагнитные центры) в безрудных (эндербит-мигматиты) и золоторудных (метасоматиты) его сегрегациях.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Минералого-петрографические признаки создадут дополнительные возможности для прогнозирования поисков сульфидных медно-никелевых залежей. Такие признаки были использованы для рекомендаций, представленных Правобережной экспедиции ГП "Севукргеология";
2. Анализ условий, сопровождавших образование золотого оруденения, расширяет перспективы Побужского рудного района за счет зон развития метаморфизма низких ступеней и кислотного выщелачивания.

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Ассоциации ультрамафит-мафитовых пород в гранулитовом комплексе Среднего Побужья по условиям формирования коррелируются с никеле- и золотоносными эффузивными и субвулканическими формациями архейских зеленокаменных поясов: ультраосновные-основные комплексы пород являются следствием "закалочного" затвердевания и частичной дифференциации перегретых коматиитовых и примитивных толеитовых магм, субвулканические аналоги которых преобразовывались в дифференцированные гипербазит-пироксенит-базитовые массивы.

2. Метаморфогенные залежи медно-никелевых сульфидов и золота в высокометаморфизованных ультрамафит-мафитовых породах связаны с моноциклическим прогрессивным метаморфизмом, условия которого изменялись от амфиболитовой до зеленосланцевой фации; метаморфические процессы контролировались флюидопроводящими зонами глубинных деформаций.

3. Регенерация сульфидных медно-никелевых руд и золота обуславливалась постмигматитовым метасоматозом, который вызывался

водно-углекислым флюидом; на ранних стадиях метасоматоза развивались зоны графитизации, контролирующие сульфидное медно-никелевое оруденение ($T=500-600^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{общ}}=400-500$ МПа), на поздних - зоны кислотного выщелачивания и окварцевания ($T=200-250^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{общ}}=100-140$ МПа), определяющие локализацию золота.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на Республиканской конференции молодых ученых (г. Алушта, 1985); на Всесоюзном совещании "Метаморфогенное рудообразование низких фаций метаморфизма складчатых областей фанерозоя" (г. Ужгород, 1986); на Всесоюзном совещании по металлогении докембрия и метаморфогенному рудообразованию (г. Киев, 1990); на заседании группы отделов ИГМР АН Украины (май, 1993). Многие другие результаты работы обсуждались на НТС ГГП "Севукргеология" и освещены в 5 производственных отчетах.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из пяти глав, введения и заключения; общий объем составляет 164 страницы машинописного текста. В тексте приводятся 22 иллюстрации, 4 таблицы и 9 приложений. Список литературы включает 112 наименований.

Основные положения диссертации обсуждались с член-корр. АН Украины Р.Я.Белевцевым, ст.н.сотр. Б.Г.Яковлевым, вед. спец. тематической партии ГГП "Севукргеология" Г.Д.Лелиговым, вед. спец. ГГП "Геопрогноз" А.Я.Каневским, которым автор выражает глубокую признательность. Большая благодарность выражается специалистам по особым методам анализа минерального вещества - ст.н.сотр. Д.К.Возняку, А.Л.Ларикову, Л.Г.Самойловичу.

ГЛАВА I. СВЯЗЬ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С МЕДНО-НИКЕЛЕВОЙ И ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ В ДОКЕМБРИИ ДРЕВНИХ ШИТОВ

По материалам отечественных и зарубежных публикаций последних лет рассмотрено влияние процессов метаморфизма на образование медно-никелевых и золоторудных месторождений. Сопоставляются общие закономерности их пространственного размещения, приуроченность к структурам определенного типа, их связи с мафит-ультрамафитовыми формациями. Детально рассмотрен процесс рудогенерации (по Г.Шнейдерхену, 1957) сульфидных медно-никелевых руд. В главе дается характеристика золоторудных месторождений архейских зеленокаменных поясов Африки, Австралии, Индии и Канады, имеющих существенные черты сходства с ультрамафит-мафитовыми комп-

лексами Побужья. Особое внимание уделено золоторудным месторождениям коматитовой формации.

ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВЫХ ПОРОД ГРАНУЛИТОВОГО КОМПЛЕКСА ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ УЩ

По геоструктурно-формационной схеме (Львовский госуниверситет, 1984; ГПП "Геопрогноз", 1984) докембрий Среднего Побужья разделяется на архейскую, метабазит-гранулитовую (днестровско-бугская серия) и архей-нижнепротерозойскую, гнейсово-гранулитовую (бугская серия) группы формаций.

В составе метабазит-гранулитовой группы формаций (Е.М.Лазько, В.П.Кирилюк, А.А.Сиворонов, Г.М.Яценко, 1984), слагающей нижний структурный этаж, различаются формации двупироксеновых гнейсов и кристаллосланцев (метавулканитовая) и кинцигитовая (метаосадочная). Гнейсово-гранулитовая группа формаций представляет верхний структурный этаж и состоит из высокоглиноземистой кварцитовой, железорудно-гнейсовой и кондалитовой (углеродистой) формаций. Породы нижнего структурного этажа (в среднем) относятся к возрастному рубежу 3,4 млрд.лет, породы верхнего структурного этажа определяются как архей-нижнепротерозойские (2,4-2,6 млрд.лет; 2,0 млрд.лет). Различия между породами геологических формаций этих структурных этажей существенно маскируются архейско-нижнепротерозойским прогрессивным метаморфизмом амфиболитовой фации, с которым связано широкое развитие мигматитов и небольших тел гранитов.

Сопоставление стратифицированных геологических формаций и ультрамафит-мафитовых комплексов, залегающих в верхнем и нижнем структурных этажах Среднего Побужья, позволяет провести некоторые аналогии с последовательностью чередования пород в первичных и вторичных зеленокаменных поясах Западной Австралии, Канады и Южной Африки.

В настоящее время трудно проследить реальные пути развития основного-ультраосновного магматизма на ранних этапах эволюции древней мантии. Сложность геологического строения первичных и вторичных зеленокаменных поясов обуславливает отсутствие четких признаков формационной типизации древнейших продуктов гипербазит-базитового магматизма и многообразии представлений о возможных механизмах генерации и кристаллизации этих магм. В

основу большинства петрогенетических схем положена корреляция ультрамафит-мафитовых тел с тремя из шести главных геоструктурных типов гипербазитов: расслоенные интрузии, офиолитовые ассоциации коматиитовые комплексы.

Несколько лет назад модель коматиитового вулканизма была особенно популярна при геологическом описании мафит-ультрамафитовых пород в связи с открытием ультраосновных лав в Южной Африке, Канаде и Австралии. Отдельными авторами эти породы были описаны в Днестровско-Бугском районе (Каневский А.Я., 1981; Фомин А.Б., 1980, 1984 и др.). Унифицированные критерии для выделения метаморфизованных аналогов коматиитов в областях проявления гранулитовой и амфиболитовой фаций отсутствуют. В то же время в пользу существования этих пород в Днестровско-Бугском районе говорят следующие факты: 1). Изотопный возраст толщ, в которых выделены коматииты, определен в диапазоне 2,6 - 3,4 млрд. лет. Он характерен для архейских зеленокаменных поясов реликтовой природы, сложенных большей частью существенно ультрамафит-мафитовыми эффузивными комплексами. 2). Поля ультрамафитов, выделенные в качестве коматиитов, подстилаются породами хещевато-завальевской свиты. То обстоятельство, что в лежащем боку ультрамафит-мафитовых тел залегают продукты седиментации, служит доказательством, что в древние времена лежащий бок ультрамафит-мафитовых пород располагался на дневной поверхности. 3). Температура кристаллизации оливинов и высокомагнезиальных пироксенов (1300 - 1590°C) свидетельствует о значительной перегретости магм. 4). Присутствие в разрезах скважин однородных реликтов магматических пород (ультрамафитовые гранулиты), подтверждает предпосылки о том, что до метаморфизма эти породы представляли собой не дифференцированные, примитивные ультраосновные вулканы. 5). Петрохимическая характеристика: $MgO > 9\%$, $CaO/Al_2O_3 > 1$, $K_2O < 0,9\%$. 6). Сводный разрез бугской серии сопоставим со сводными разрезами близких по возрасту зеленокаменных поясов Южной Африки, Западной Австралии и Канады. Ультрамафит-мафитовые вулканы Днестровско-Бугского района отличаются от них тем, что в процессе метаморфизма гранулитовой и амфиболитовой фаций они были преобразованы в мафитовые гранулиты, ультрамафитовые амфиболиты, кристаллосланцы.

Наряду с эффузивами мафит-ультрамафитового состава в регионе распространены интрузивные тела гипербазитового комплекса

которые локализованы в центральной части Голованевского блока. Здесь установлено 28 гипербазитовых тел с рудопроявлениями хромита.

ГЛАВА 3. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГИПЕРБАЗИТ-БАЗИТОВЫХ МАГМ

Петрохимические методы изучения магматических пород развивались в период 1920 - 1940 г.г. В то время результаты петрохимических исследований использовались для решения проблем пути кристаллизации, изменения состава магм в рамках ликвации, степени ответственности магматических пород составу родоначальных магм.

В последние годы ряд исследователей обратил внимание на огромный фонд экспериментальных данных по плавлению и кристаллизации природных магматических пород (Маракушев А.А., Кутюлин В.А., Перчук Л.Л., Редер П., Эмсли Р. и др.), содержащих результаты об условиях выделения и фракционирования фаз. Поскольку температуры кристаллизации ряда минералов по экспериментальным данным обнаруживали четкую корреляцию с содержанием петрогенных окислов, то оказывалось возможным получить уравнение регрессий, которые связывают условия выделения минералов из расплава с химическим составом пород. Температуры ликвидуса и солидуса оливина, орто- и клинопироксена, плагиоклаза и шпинели связываются с химическим составом породы через уравнения многомерной регрессии. Одни уравнения отражают поля первичной кристаллизации, другие - на различных ступенях затвердевания магм. Оказалось, что в поле первичной кристаллизации оливин выделяется при температурах 1400-1590°C, указывая на перегретость магм. Если допустить развитие обезвоженных магм, то первовыделение магнезиального авгита будет происходить в интервале температур 1340 - 1360°C. Отсюда следует, что в зоне закалки оба минерала могут образовывать структуры типа спинифекс. В тех породах, которые мы относим к базальтовым коматиитам Яковлевым Б.Г. (1984) установлены магнезиальные пижониты и рассчитаны условия их образования, которые как и полагается, попадают по температуре точки первовыделения ассоциации магнезиопижонит-магнезиоавгит-энстатит в промежуток между точками в поле первичной кристаллизации оливина и магнезиального авгита. Далее отчетливо выделяется субликвидусная стадия (1200 - 1260°C), представленная фракционными дунитами и малоглиноземистыми гарцбургитами. Эта стадия сменяется кристаллизацией примитивных толеитовых базальтов,

для которых "точка кристаллизации всех фаз" (по терминологии Педера) находится в пределах $T=1150-1190^{\circ}\text{C}$. В этих условиях происходила субсолидусная стадия становления фракционных дунитов и перидотитов. Поскольку данные полученные по уравнениям регрессии, по термодинамическим расчетам и фазовым диаграммам, соответствуют друг другу, то принципиальная схема, предполагающая внедрение или излияние примитивных перегретых ультраосновных-основных магм, представляется наиболее предпочтительным вариантом.

Петрохимические диаграммы позволяют провести хорошую корреляцию между породами мафит-ультрамафитового комплекса Среднего Побужья и вулканических серий Южной Африки. Сопоставление дунит-гарцбургитовых интрузий с коматитами указывает на их близость химического состава. Небольшие различия в содержаниях Al_2O_3 и TiO_2 укладываются в рамки различий обычных для интрузивных образований и их вулканических аналогов.

ГЛАВА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЙ МЕТАМОРФИЗМ И ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД И ЗОЛОТА

На территории Днестровско - Бугского района различают три основных этапа регионального метаморфизма, разобщенных во времени: раннеархейский метаморфизм гранулитовой фации (более 3,4 млрд.лет); позднеархейский - раннепротерозойский прогрессивный метаморфизм амфиболитовой фации (2,6 - 2,8 млрд.лет); поздний метаморфизм гранулитовой фации (2 млрд.лет).

Многостадийная переработка мафит-ультрамафитовых комплексов раннего докембрия в большинстве случаев "стерла" следы петрогенетических процессов магматического этапа. Однако, здесь огромное значение имеет один из наиболее известных геологических феноменов, проявляющийся в том, что среди продуктов регионального метаморфизма сохраняются реликты не только более ранних минеральных равновесий, но и исходных пород.

Раннеархейский гранулитовый метаморфизм Украинского щита по данным Белешцева Р.Я. (1965), Щербакова И.Б. (1982), Яковлева Б.Г. (1985) претерпевал эволюцию физико-химических условий которые отразились в непрерывной смене одних субфаций другими:

- дупироксен-плаггиоклазовая, которая характеризуется очень высокими температурами метаморфизма ($900 - 1000^{\circ}\text{C}$) и умеренными давлениями (700 - 800 МПа); в составе флюида содержалось мало воды, вероятно преобладала углекислота, водород и инертные

газы; флюид был в значительной степени восстановленным;

- двупироксен-роговообманковая, протекавшая в режиме высокотемпературной гидратации при 810 - 870⁰С и довольно высоким парциальном давлении воды (600 - 1200 МПа);

- ультраметагенный этап (эндербитизация метабазитов), который протекал в широком температурном интервале (от двупироксен-плагиоклазовой до двупироксен-роговообманковой субфации), но преобладал в двупироксен-роговообманковой субфации;

- субфации РТ-условий перехода от гранулитовой к высокотемпературной амфиболитовой фации, в обстановке которой раннеархейский гранулитовый метаморфизм завершался.

На изучаемой территории широко представлены породы гнейсово-мигматитового комплекса. Региональная мигматизация связывается с постепенным исчезновением пород мафитового ряда, которые вследствие окварцевания и микроклинизации переходят в биотит-амфиболовые гнейсы, а затем исчезают вовсе.

Из работ Д.С.Коржинского, А.А.Маракушева, Г.Рамберга, В.С.Соболева, Н.Л.Добрецова и Р.Я.Белевцева, посвященных региональному метаморфизму, следует, что каждое из таких проявлений эндогенной активности характеризуется специфическим кульминационным этапом развития палингенно-анатектических и иных мигматитов. Последние могут возникать в широком интервале РТ-условий от гранулитовой до "низкой" амфиболитовой фаций. В обстановке гранулитовой фации формируются эндербиты - пироксеновые плагиомигматиты. По данным Н.П.Щербака и др. (Геологическая шкала докембрия Украинского щита. - Киев: Наук. думка, 1989) верхний возрастной предел их образования составляет 3,0 млрд. лет, а нижний (по результатам более поздних исследований) - около 3,4 млрд. лет. Эндербитовые мигматиты не содержат первичного калиевого полевого шпата. Он находится в них в виде антипертитов замещения и метасоматических зерен, замещающих плагиоклаз. Следовательно, для ультраметагенных преобразований древних эндербитов и эндербито-гнейсов в условиях амфиболитовой фации был необходим приток калия и воды, которые сильно понижают температуру плавления гнейсов (Н.Ф.Шинкарев "Физико-химическая петрология", 1981). Скорее всего такие условия достигались в период самостоятельной фазы метаморфизма амфиболитовой фации. Последний широко проявлялся в породах росинско-тикичской серии, где мигматиты представлены звенигородским комплексом (2,580 -

2,596 млрд.лет). По данным Б.Г.Яковлева (автореферат дисс. "Эволюция гранулитового метаморфизма гипербазит-базитовых комплексов раннего докембрия", 1992) в амфиболито-гнейсовых комплексах этой серии содержатся реликты пород гранулитовой фации. Вместе с тем, в гранулитовом комплексе Среднего Побужья устанавливаются подосовидные зоны развития минеральных парагенезисов амфиболитовой фации и мигматитов, которые по всем признакам идентичны таковым в пределах росинско-тикичского региона. Это обстоятельство служит основанием для объединения побужских и росинско-тикичских проявлений амфиболитовой фации в единую зону метаморфизма (Брусилор-Одесская зона).

В пределах Среднего Побужья устанавливаются минеральные парагенезисы, которые по химическому составу и ассоциации минералов характерны для высоко- и среднетемпературной области амфиболитовой фации - Кум+Рог+Пл, (Жед Al)+Рог+Пл, Гр+Рог+Мп+Пл, Гр+Рог+Мп+Пл, Ант+Рог Mg +Шп Al, Гр+Би+Пл+Кв+Гф* (табл. I). Эти парагенезисы приурочиваются к Тальновской и Центральнo-Бугской зонам региональных деформаций, которые контролировали синдеформационный кристаллобразование и мигматизацию 2,6 млрд.лет тому назад.

Вероятно, повышение температуры происходило на значительно больших площадях, однако в незатронутых деформациями блоках метаморфические и метасоматические процессы протекали слабо в силу низкой пористости высокометаморфизованных пород. Развитие глубинных региональных деформаций обусловило циркуляцию флюида и активизацию метаморфических реакций. Проникновение флюида вдоль локальных деформаций в блоках гранулитового комплекса вызывало жидкообразное развитие минеральных парагенезисов амфиболитовой фации, перенос и отложение рудных компонентов, графитизацию пород.

Изменение условий метаморфизма прослеживается в минеральных парагенезисах мафитовых, ультрамафитовых и железистых пород, сохранившихся в виде слабогранитизированных пачек в мигматитогнейсовых полях Среднего Побужья. Примером пространственно-временных взаимоотношений между продуктами прогрессивного метаморфизма амфи-

Примечание*. Символы минералов: Ант - антофиллит; Би - биотит; Гр - гранат; Гф - графит; Жед - жедрит; Кв - кварц; Кум - куммингтонит; Мп - клинопироксен; Мт - магнетит; Ол - оливин; Пл - плагиоклаз; Рог - роговая обманка; Рп - ортопироксен.

Таблица I

Минеральные парагенезисы

| № : п/п : (гранулитовая фация) | Реликтовые : | Наложенные : | Примечание : |
|-----------------------------------|---|--|--------------------------------|
| | (гранулитовая фация) | (амфиболитовая фация) | (скв., участок) |
| 1. | Рп ₅₂ +Мп ₃₆ +Рог ₄₄ +Пл ₅₉ | Рог ₄₂ +Пл ₅₇ | скв. I5024, Чемирпольский уч-к |
| 2. | Рп+Рог+Пл _{Са} | Жед ₃₀ ^{Al} +Рог ₃₁ +Пл ₈₀ | скв. I5025, - " - |
| 3. | Рп _{Mg} +Рог _{Mg} +Пл _{Са} | Жед ₃₁ ^{Al} +Рог ₂₆ +Пл ₇₆ | скв. I5036, Полянецкий уч-к |
| 4. | Рп+Мп+Рог+Пл | Кум ₅₉ +Рог ₃₈ +Пл ₃₀ | обнажение, р. Синеца |
| 5. | Рп+Мп+Рог+Пл | Кум ₅₃ +Рог ₄₆ +Пл ₃₈ | скв. 44, Демовярский уч-к |
| 6. | Рп _{Fe} +Рог _{Fe} +Пл ₅₉ | Гр ₈₄ +Рог ₄₄ +Пл ₅₂ +Мп | обнажение, с. Теплик |
| 7. | Рп ₅₆ +Мп+Рог+Пл ₅₅ | Гр ₈₇ +Рог ₄₈ +Пл ₆₄ | скв. IOI6-а, Демовярский уч-к |
| 8. | Рп ₄₁ +Пл ₃₈ +Кв+Би | Гр ₆₉ +Би ₃₁ +Пл ₃₀ +Кв | с. Колодистое |
| 9. | Рп ₃₆ +Пл ₃₄ +Кв+Мп+Би | Гр ₇₈ +Би ₄₆ +Пл+Кв+Гф | с. Молдовка |
| 10. | Рп+Пл+Кв+Би | Гр ₆₉ +Би ₃₆ +Пл+Кв | шт Звенигородка |

болитовой фации и более раннего гранулитового комплекса служат метабазиты Чемирпольского участка. Он расположен на западе Первомайско-Голованевского блока, сложен амфиболитами, гранатовыми амфиболитами, куммингтонит-роговообманковыми и жедрит-плаггиоклаз-роговообманковыми породами. Эти образования чередуются с гнейсами и мигматитами, которые испытали процессы глубокого кислотного выщелачивания. Важно отметить, что Чемирпольский участок окружается другими массивами, где широкого развития парагенезисов амфиболитовой фации не отмечается. Преобладающая масса метаморфических пород прогрессивной амфиболитовой фации появилась за счет перекристаллизации более ранних образований гранулитового комплекса. Так в амфиболитах установлены реликты орто- и клинопироксена, которые ассоциировали с роговой обманкой, а потом замещались актинолитом. Микросондовое изучение реликтов пироксенов обнаруживает их идентичность с мафитами в составе гранулитового комплекса Среднего Побужья. Плаггиоклаз в этих гетерогенных минеральных ассоциациях характеризуется зональным строением: более кальциевое "ядро" находилось в равновесии с обыкновенной роговой обманкой, обогащенная альбитовым компонентом кайма - с актинолитовой. В новообразованных парагенезисах всегда присутствуют равновесные пары: роговая обманка - плаггиоклаз, температура равновесия которых установлена в интервале 620 - 640°C.

PT-условия прогрессивной амфиболитовой фации в метабазитах определялись также по локальным равновесиям парагенезиса роговая обманка+клиноцоизит-эпидот+хлорит+плаггиоклаз, в котором состав минералов от одной фазы кристаллобластеза к другой претерпевал большие изменения. Расчеты проводились по методике К.Трибуле и К.Одрена (Metamorphic Geology, 1988.-6-р.117-133), которые проградуировали реакции:

- (1) I3 эденит + I2 клиноцоизит + 7 клинохлор = 25 Mg-роговая обманка + I3 альбит;
- (2) тремолит + альбит = эденит.

Реакции (1) и (2) характеризуются разнозначными объемными эффектами и их линии пересекаются на PT-диаграмме под большими углами. Благодаря этим свойствам реакций (1) и (2) их константы равновесия чувствительны к изменению температуры и (или) давления (при постоянном калибровочном давлении воды - 150 МПа). По этим данным кристаллобластез развивался в обстановке понижения температуры (от 620 до 400°C) и давления (от 420 до 280 МПа).

В пределах развития гнейсово-мигматитового комплекса присутствуют небольшие линзы гранат-биотитовых плагиогнейсов. Температура равновесия между гранатом и биотитом определяется интервалом 620 - 660°C (Остапенко Г.Т., Яковлев Б.Г., 1984), что хорошо согласуется с нашими данными.

Прогрессивный метаморфизм обусловил резкую гидратацию продуктов метаморфизма гранулитовой фации. В новых физико-химических условиях уже не происходит образование равновесных ассоциаций минералов. В участках синдеформационного кристаллобластеза более высокотемпературные силикаты замещаются фазами стабильными при низких температурах и высоком парциальном давлении воды. Ортопироксен, например, замещается куммингтонитом; клинопироксен - синезеленой (по Hg) роговой обманкой. Точно таким же кальциевым амфиболом замещаются гастингситовые роговые обманки двупироксен-роговообманковых кристаллосланцев и чермакитовые роговые обманки ультрамафитовых амфиболитов. Чермакитовые амфиболы также нередко окаймляются амфиболами ряда актинолит-тремолит. Развитие этих псевдоморфоз сопровождается образованием актинолит-тремолитовой роговой обманки, насыщенной тончайшими включениями зеленой железисто-магнезиальной шпинели. Характерно развитие хрупких пластических деформаций, по которым образуются обособления графита. К последним приурочены парагенезисы сульфидных минералов. Поскольку явления графитизации сравнительно хорошо проявлены в породах верхнего структурного этажа (Демовярский, Тарноватский, Кумаровский, Деренюхинский и др. участки), то можно предположить, что углерод и сера составляли характерные компоненты флюидных систем.

Развитие прогрессивной амфиболитовой фации сопровождалось в начале широко проявленной мигматизацией, а завершилось интенсивным кислотным выщелачиванием. В процессе кислотного выщелачивания новообразованный мусковит вытесняет биотит с образованием полных псевдоморфоз. В отдельных участках процесс кислотного выщелачивания сопровождается интенсивную тремолитизацию пород. К заключительному этапу выделенной фазы метаморфизма низкотемпературной амфиболитовой фации приурочено образование кварцевых жил.

Образование сульфидных никелевых руд

Сульфидная минерализация присутствует как в мафитах так и в ультрамафитовых породах. Однако, никельсодержащие сульфиды приурочены в большинстве случаев к реакционно-метаморфическим зо-

нам, возникающим на границе метабазитов и обособлений исходных ультрамафитовых пород.

Распределение сульфидных минералов в реакционно-метаморфических зонах крайне неравномерно. В ядре исходного ультрамафита они практически отсутствуют. Совместно с минеральным парагенезисом $Ol+Pp+Mn+Pog+Mt$ встречено до 10% сульфидных минералов. Сульфиды распределены в породе равномерно, цементируют породообразующие минералы (гипидиоморфнозернистая структура), имеют идиоморфный облик, размеры $0,1 - 0,3$ мм и представлены гексагональным высокотемпературным пирротинном ($T=690 - 710^{\circ}C$) реже - халькопиритом и пиритом. Содержание полезных компонентов составляет: никель - 0,05%, медь - 0,01%, кобальт - 0,008%. Судя по температуре образования пирротина, его идиоморфной форме, равномерному распределению в породе, можно предположить, что в этой части разреза сульфидные минералы образовались путем отделения сульфидной жидкости в первичном магматическом расплаве.

Основная часть сульфидов встречена совместно с минеральным парагенезисом $Pp+Mn+Pog+Pl$. Сульфиды в виде гнезд, вкрапленников, густой сети прожилков, сростков неправильной формы достигают размера 3-4 мм в поперечнике. Они образуют интерстициальную структуру и представлены пирротинном, никелевым пирротинном, пентландитом, халькопиритом и пиритом. Сульфидная минерализация приурочена к зонам наложенной графитизации. Графит в виде пластинок размером $0,5 - 0,8$ мм имеет изогнутую форму, что свидетельствует о наличии пластических деформаций. Содержание сульфидных минералов достигает 40%, содержание полезных компонентов составляет: никель - 0,36%, кобальт - 0,138%, медь - 0,7%. Температура пирит-пирротинового равновесия в этой части разреза составляет $500 \pm 50^{\circ}C$. Выше по разрезу графит исчезает, содержание рудных минералов уменьшается до 15%. На порядок уменьшается содержание полезных компонентов.

Исследование сульфидов при помощи электронного микроскопического анализатора показали, что никелевые пирротины представляют собой более позднюю минерализацию чем железистые. Зерна последних окаймляются твердым раствором никелевого пирротина. Это служит непосредственным доказательством немагматического генезиса никелевых пирротиннов. Очевидно, образование кайм никелевого пирротина происходит за счет высвобождения никеля из силикатных минералов

(оливинов, пироксенов). О немагматическом происхождении никелевых сульфидов свидетельствует одновременность их образования с амфиболами ряда актинолит-тремолит, а также процессы рудного метасоматоза.

Формирование золоторудных зон

Региональная типизация золоторудных проявлений Среднего Побужья, проведенная С.В.Нечаевым и др. (Золоторудная минерализация Среднего Побужья, ДАН Украины, 1992, №3) показывает, что золото в метабазах и метасульфидных породах связывается со скарнированием. Полученные автором петрографические данные позволяют отметить, что скарновые ассоциации в пределах Демоярского участка пользуются ограниченным распространением, в то время как окварцевание, контролирующее золотопоявление по масштабам развития преобладает. Этот тип изучен еще слабо. Далее приводятся данные детальных исследований, которые до некоторой степени позволяют восполнить этот пробел.

Регрессивная ступень метаморфизма амфиболитовой фации характеризуется интенсивной гидротермальной деятельностью. На Демоярском участке она установлена в образовании кварцевых жил мощностью от нескольких сантиметров до нескольких десятков метров, образуя мощные зоны окварцевания. Зоны окварцевания содержат 95 - 100% кварца, реликты орто- и клинопироксена, граната, амфибола, а также возникшие в процессе становления жил: графит, хлорит, карбонат, мусковит, рудные минералы. Рудные минералы представлены пиритом, халькопиритом, арсенопиритом. Концентрация рудных минералов в зонах окварцевания достигает 30%, а в неокварцованных - 3-5% (Рис. 1). По результатам пробирного и спектроскопического анализов (проведенных С.В.Нечаевым и др., 1984) в зонах окварцевания установлены содержания золота 4,7 - 19,9 г/т.

Типоморфные особенности кварца обнаруживают существенные различия между безрудными (эндербиты) и золоторудными (метасоматиты) его сегрегациями. Это проявляется в изменении структурного состояния кварца, в различиях значения коэффициента деффектности.

Изучение радиоспектроскопии кварца показало, что золотое оруденение приурочено к зонам метасоматического преобразования по типу кислотного выщелачивания. Низкотемпературный процесс кислотного выщелачивания (согласно классификации Бойля, 1979) относится к мусковит-кварцевой фации.

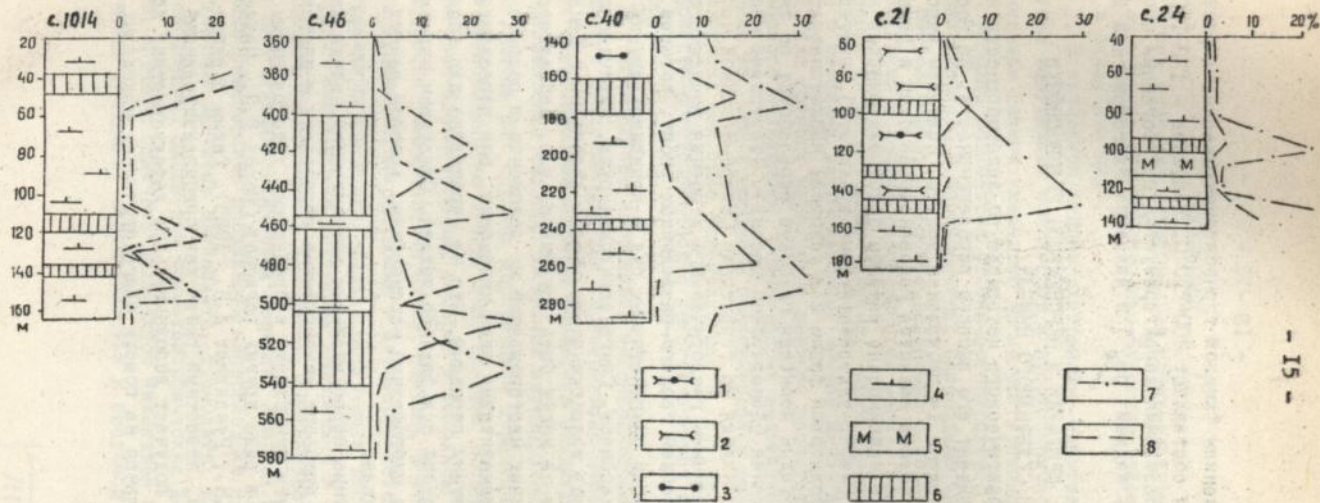


Рис. 1. Особенности распределения сульфидов в зонах окварцевания мафит-ультрамафитового комплекса

1-гнейсы и кристаллические сланцы гранат-пироксеновые; 2-то же двупироксеновые; 3-то же биотит-гранатовые; 4-амфиболиты; 5-метасоматиты; 6-зона окварцевания; 7-кривая распределения пирротина; 8-то же пирита.

По включениям флюидов термобарометрические параметры золотого оруденения составляют 200-230°C, давление - 140-100 МПа. Среда минералообразования характеризуется гетерогенным состоянием (водный раствор + жидкий CO_2) и является благоприятной для отложения золота.

ГЛАВА 5. КРИТЕРИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РУДОНОСНОСТИ ЗОЛОТА И СУЛЬФИДНОГО НИКЕЛЯ

Анализ фактического материала по золотоносности изучаемого района подтверждает его высокую перспективность. За последние годы здесь установлено 14 проявлений золота. Наиболее перспективными для поисков золота являются Голованевский блок и Тальновская зона разломов, где максимально развиты золотоматеринские и золото-вещающие породы (мафит-ультрамафитовые вулканиты), претерпевшие метаморфизм амфиболитовой фации и в условиях низкотемпературной зеленосланцевой стадии испытали глубокую переработку по типу кислотного выщелачивания (Демовярский массив). Отсутствие месторождений сульфидного никеля на территории Северо-Западной части УЩ обусловлено не отличием геологического строения последнего, а неправильной ориентацией геолого-разведочных работ, которые были направлены на поиски сингенетичных руд в придонных частях ультрамафит-мафитовых массивов. Сингенетические руды, типичные для нижних частей разрезов зеленокаменных поясов Австралии и Канады, на данной территории не могут быть встречены, т.к. наблюдается несоответствие ожидаемых месторождений их положению в разрезе рудоносной толщи. Ультрамафитовые тела маломощны, они переслаиваются с железисто-кремнистыми породами, что не характерно для достаточно крупных месторождений сульфидного никеля. Следующим негативным фактором является многофазный метаморфизм, который влияет на перераспределение никеля.

Перемещение первоначальных концентраций никеля из силикатных минералов в процессе метаморфизма определены в настоящей работе. По своей сути они близки к процессам, установленным для сульфидного никеля в ряде других регионов (Попов Ю.В., Чайка В.М., 1985; Соколова В.Н., Рундквист Д.В., 1985). Таким образом, Побужский рудный район, известный ранее как специализированный на силикатный никель, получает дополнительную характеристику как территория перспективная на поиски эпигенетических никелевых руд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

итоги изучения метаморфизма мафит-ультрамафитовых комплексов и сульфидных руд Днестровско-Бугского района можно сформулировать в следующем виде:

1. В изученном районе ультрамафит-мафитовые породы развиты в составе эффузивных комплексов и субвулканических интрузий. Петрологические данные указывают на малую глубинность их становления (РТ - условия равновесия оливин-ортопироксен; присутствие магнезиального пжонита в пироксенитах; однородный минеральный и химический состав пород; согласное залегание с породами осадочной толщи; локальный характер расслоенности магм). Тектоническая позиция, возраст, петрохимические данные, характеристика разрезов сопоставимы с породами зеленокаменных поясов Южной Африки, Канады и Австралии, для которых характерно широкое развитие основного и ультраосновного вулканизма. Особенностью вулканитов Среднего Побужья является то, что в процессе гранулитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма они были преобразованы в ультрамафитовые гранулиты, двупироксен-роговообманковые кристаллосланцы и ультрамафитовые амфиболиты.

2. Региональные корреляции метаморфических парагенезисов из метабазитов Среднего Побужья, претерпевших перекристаллизацию в условиях амфиболитовой фации и локальное развитие гранитных мигматитов, показывают, что прогрессивный метаморфизм проявлялся избирательно, вдоль зон крупных деформаций. Вероятно, повышение температуры происходило на значительно больших площадях и затрагивало гранулитовые блоки-останцы, которые обтекались зонами деформаций (в частности Голованевский блок). Однако, в незатронутых деформациями блоках метаморфические и метаморфо-метасоматические реакции протекали слабо в силу низкой пористости высокометаморфизованных пород. Развитие зон глубинных деформаций и оперяющих их разломов вызывали дислокации в минералах, способствовали циркуляции флюидов и активизации химических реакций. В новых физико-химических условиях равновесные ассоциации минералов не наблюдаются. Отмечается широкое развитие актинолита, тремолита, куммингтонита, хлорита, карбоната. Вдоль зон синметаморфических деформаций развит графит, а также отмечена сульфидная никелевая минерализация, представленная гнездами, вкрапленностью и системой сложных прожилков.

Регрессивная ступень метаморфизма амфиболитовой фации характеризуется интенсивной гидротермальной деятельностью. Гидротермально-метасоматическая деятельность установлена в образовании зон окварцевания, содержащих реликты хлорита, карбоната, тремолита, сульфидных минералов. Наблюдается повсеместное замещение биотита мусковитом. В зонах окварцевания установлено золото.

3. Образование никельсодержащих сульфидов в высокометаморфизованных мафит-ультрамафитовых комплексах Днестровско-Бугского района нельзя объяснить несмесимостью сульфидного и силикатного расплавов. Рудные парагенезисы образовались в результате флюидно-гидротермальной переработки мафит-ультрамафитовых пород. Это обстоятельство создает предпосылки для поисков никеля во вмещающих породах, не ограничиваясь разбуриванием ультрамафитовых тел.

4. Золотое оруденение Демовярского массива приурочено к зонам метасоматических преобразований, протекающих по типу кислотного выщелачивания. Участки интенсивного метасоматоза сопровождаются повышенными концентрациями золота и сложены основными и ультраосновными породами. Это обусловлено сидерофильными свойствами золота, проявляющимися в его повышенном кларковом содержании в этих породах по сравнению с кислыми.

Анализ условий, сопровождавших образование золотого оруденения, расширяет перспективы Побужского рудного района за счет зон развития метаморфизма низких ступеней и кислотного выщелачивания.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Каневский А.Я., Рябоконт А.Ф. К вопросу о потенциальной никеленосности мафит-ультрамафитовых пород центральной и северо-западной частей Ущ // Геологический журнал. - 1984. №6, с.99-110.

2. Каневский А.Я., Рябоконт А.Ф. К вопросу о потенциальности габбро Северо-запада Украинского щита на сингенетичные руды никеля // Геологич. журнал. - 1985. №4, с. 30-36.

3. Лепигов Г.Д., Рябоконт А.Ф. Некоторые особенности металлогении Белоцерковского мегаблока // Геологич. журнал. - 1986. №5, с. 105-110.

4. Рябоконт А.Ф. Особенности локализации золота и медно-никелевого оруденения в высокометаморфизованных мафит-ультрамафитовых породах Ущ // Метаморфогенное рудообразование низких фаций

метаморфизма. Тез. докл. У Всесоюзн. совещания. Ужгород. 1986, с. 173-174.

5. Рябоконт А.Ф. Эволюция метаморфизма и особенности локализации золота в высокометаморфизованных мафит-ультрамафитовых комплексах Украинского щита // Геологич. журнал. - 1988. №1, с. 26-30.

6. Рябоконт А.Ф. Метаморфогенное рудообразование никеля в мафит-ультрамафитовых комплексах Западной части Украинского щита // Геологич. журнал. - 1989. №2, с. 103-106.

7. Возняк Д.К., Василенко А.Ф. Условия локализации золотого оруденения в высокометаморфизованных мафит-ультрамафитовых комплексах Украинского щита (по данным изучения флюидных включений) // Доклады Академии наук Украинской ССР. Сер. Б. - 1989. №12, с. 3-5.

8. Василенко А.Ф. Особенности металлогении Побужского чарнокит-гранулитового пояса (Украинский щит) // Металлогения докембрия и метаморфогенное рудообразование. Тез. докл. Всесоюзного совещания. Киев. 1990, ч. II, с. 97.

Васиф.

Подписано в печать 28.09.93г. Формат 60x84/16
Бумага писчая. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ №1893
Отпечатано ЦУОП ГНПП "Плодвинконсерв" г. Киев, Саксаганского, 1

100

AB 29.252