



В.Н. Сазонов

**ЛИСТВЕНИТИЗАЦИЯ
И
ОРУДЕНЕНИЕ**

Издательство · Наука ·



Академия наук СССР

Уральский научный центр

Институт геологии и геохимии
им. А.Н. Заварицкого

553,24:5534

В.Н. Сазонов

ЛИСТВЕНИТИЗАЦИЯ И ОРУДЕНЕНИЕ

1436



Издательство
"Наука"
Москва
1975



На примере ряда месторождений охарактеризованы особенности низкотемпературной метасоматической зональности, развивающейся в различных (от кислых до ультраосновных) по составу породах. Детально описаны минеральные парагенезисы пропилитизированных и лиственитизированных пород и химизм процесса лиственитизации и березитизации.

Показано, что листвениты и березиты образуются в кислотно-щелочную стадию гидротермального процесса при воздействии на породы кислых, слабо пересыщенных растворов. Оруденение в названных метасоматитах отлагалось из сильно пересыщенных растворов в позднюю щелочную стадию процесса.

Сделан вывод о том, что надежным оценочным критерием рудоносности метасоматитов березит-лиственитовой формации является степень развития в них позднего мелкозернистого продуктивного пирита.

Ответственный редактор

доктор геол.- мин. наук Н.И.БОРОДАЕВСКИЙ

Владимир Николаевич Салоня

ЛИСТВЕНИТИЗАЦИЯ И ОРУДЕНЕНИЕ

Утверждено к печати Институтом геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого

Редактор издательства Т.А. Николаева. Художественный редактор С.А. Литвак
Технический редактор Г.В. Лазарева

Подписано к печати 10/VI - 75 г. Т - 10912. Усл.печ.л. 10,75+15 ил. вкл.
Уч.-изд.л. 11,8. Формат 60 x 90 1/16. Бумага офсетная № 1. Тираж 650 экз.
Тип. зак. 231 Цена 1р. 18к.

Книга издана офсетным способом

Издательство "Наука", 103717 ГСП, Москва, К-62, Подсосенский пер., 21
1-я типография издательства "Наука". 199034, Ленинград В-34, 9-я линия, 12

ВВЕДЕНИЕ

Район исследований расположен на восточном склоне Среднего Урала. На его территории известны Березовское, Шульгинское, Благодарное, Шабровское, Первомайско-Зверевское, Середовинское, Быньговское, Крылатовское и другие золоторудные, Пышминско-Ключевское медно-кобальтовое месторождения, а также целый ряд рудопроявлений вольфрама и других металлов.

Околорудные изменения на перечисленных месторождениях представлены главным образом ореолами березитизации и лиственитизации. Первые исследованы довольно детально (Бородаевский, Бородаевская, 1947; Попов, 1970; Грабежев, 1970; Лайпанов, Шер, 1971). Описанию результатов исследования вторых посвящена настоящая работа.

Главным объектом изучения был Пышминско-Малоистокский район. Он выбран в связи с тем, что в его пределах расположены наиболее крупные месторождения разных металлов: золота (Березовское), меди и кобальта (Пышминско-Ключевское), а также многочисленные мелкие месторождения и проявления золота, рудные тела которых сопряжены с метасоматитами березит-лиственитовой формации. На названных объектах изучены различия метасоматитов (их химического и минерального состава, состава отдельных минералов и др.) березит-лиственитовой формации, обусловленные составом рудных тел, которые сопровождаются названными метасоматитами, степенью минерализации и составом их эдуктов. Автором использованы также литературные и собственные данные по метасоматитам березит-лиственитовой формации других районов Среднего и Южного Урала.

Разрезы лиственитизированных и березитизированных пород изучены по керну колонковых скважин и в горных выработках. Условия залегания названных пород, соотношение их с дайками гранитоидов выяснились в процессе детального картирования некоторых участков северного фланга Березовского и Шульгинского месторождений, Пышминского и Малоистокского рудопроявлений.

Химические анализы, которые использовались при изучении состава исходных и гидротермально-измененных пород и минералов, выполнены в Центральной химической лаборатории Уральского территориального геологического управления под руководством Г.Ф.Вьюновой и Н.С.Федулова и в Химической лаборатории Института Уралмеханобр аналитиком А.П.Макаровой.

На основе спектральных и радиоактивационных анализов исследовано перераспределение некоторых элементов-примесей, а также золота в процессе лиственитизации. Спектральные анализы выполнены в Центральной спектральной лаборатории УТГУ под руководством А.И.Вершининой, радиоактивационные анализы - в Центральной ядерной лаборатории УТГУ под руководством Н.Д.Гутина.

Рентгено- и термометрические исследования проведены Б.Ф.Рыбалко, И.П.Мыльниковым (Институт Уралмеханобр), А.Н.Айзикович (УТГУ), Е.А.Барановой (Институт геологии и геохимии УНЦ АН СССР) и автором.

Определение удельного, объемного весов и эффективной пористости исходных и в различной степени лиственитизированных пород проведено в Лаборатории физической геохимии Института геологии и геохимии УНЦ АН СССР Б.В.Барановым, Л.А.Бернер и автором.

Абсолютный возраст лиственитов и березитов (6 проб) определен в Лаборатории абсолютного возраста УТГУ под руководством А.П.Гревцовой.

Температура образования кварцевых жил, локализованных в лиственитах, определена методом гомогенизации газовой-жидких включений В.К.Пуртовым (Институт геологии и геохимии УНЦ АН СССР).

Работа выполнена под научным руководством члена-корреспондента АН СССР С.Н.Иванова.

В ходе исследований автор пользовался советами и помощью М.А.Кашкая, Д.С.Штейнберга, Н.И.Бородаевского, М.Б.Бородаевской, Д.В.Рундквиста, П.В.Покровского, В.А.Маркса, Н.В.Куклина, С.Д.Шера, Ш.И.Аллахвердиева, М.Г.Исакова, Н.Е.Власко-Власенко, И.Т.Поплавского, Г.В.Жукова, Н.Н.Котыбаевой, Д.Ф.Осадчего, М.И.Сухорукова, М.Н.Тюшняковой и других. Всем названным лицам автор выражает глубокую признательность.

КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОЛОГИИ РАЙОНА И ЕГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ

КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЙОНА

Пышминско-Малоистокский район, расположенный на территории Восточно-Уральского поднятия, издавна привлекал внимание исследователей своеобразными месторождениями золота, полиметаллов, вольфрама (Березовское, Шульгинское, Пышминско-Ключевское и др.).

Поиски рудного золота и медно-кобальтового оруденения в районе проводили многие геологи. Среди них прежде всего следует назвать П.И. Кутюхина (Березовское и Шульгинское месторождения), Н.И. Бородаевского и М.Б. Бородаевскую (1947), В.А. Захваткина, В.Ф. Казимирского, Ю.И. Берзину, Н.Н. Котыбаеву, П.С. Елсукова, Л.П. Слоцова и др. (Березовское рудное поле), Г.С. Айзенштадта, М.Я. Соломина (площадь между Шульгинским месторождением и Кремлевским рудником), С.А. Вахромеева, А.Е. Малахова, Ю.С. Соловьева (1947), А.П. Грачева, В.В. Щербакова, В.В. Маслова, М.И. Сухорукова, А.П. Наседкина, И.А. Щербака и др. (Пышминско-Ключевское рудное поле), В.А. Ниренштейна, И.Т. Поплавского, В.Н. Сазонова (Шульгинское, Березовское месторождения, Пышминское, Малоистокское рудопроявления)¹.

Изучались также стратиграфия, тектоника (И.Д. Соболев; В.В. Хоментовский, 1958 и др.), магматизм (Б.М. Романов, 1947; Б.М. Куплетский, 1947; И.Д. Соболев; М.Н. Чукашева, 1961; Р.С. Куруленко, 1970), а также геология и закономерности пространственной локализации золоторудных месторождений и их околорудных изменений (Н.И. Бородаевский, М.Б. Бородаевская, 1947; И.Т. Самарцев, 1967; Л.В. Михайлова, 1969; Б.В. Чесноков, А.П. Наседкин, С.А. Вахромеев, А.Е. Малахов; Ю.С. Соловьев, 1947; И.А. Щербак; В.А. Попов; 1970; Х.Х. Лайпанов, С.Д. Шер, 1971; В.Н. Сазонов, 1970^{1,2}, 1971).

В районе выполнены детальные магнито- и гравиметрические исследования (О.В. Беллавин, Д.С. Вагшаль, В.А. Ниренштейн, 1970 и др.).

¹ Здесь отмечены исследования, начиная с 30-х годов текущего столетия. Более ранние работы в настоящее время представляют лишь исторический интерес. Сведения о них имеются в монографии Н.И. Бородаевского и М.Б. Бородаевской (1947).

Наиболее древними в районе являются палеозойские осадочные, вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы, объединенные И.Д.Соболевым в шесть следующих комплексов: 1) амфиболизированные пироксеновые порфириды (C_3-S_1ln); 2) кремнистые породы (S_1ln); 3) зеленые сланцы, пироксен-плаггиоклазовые порфириды и их туфы, реже диабазы; алевролиты и глинисто-кремнистые породы (S_1ln-w); 4) диабазы, пироксен-плаггиоклазовые, пироксеновые порфириды, участками превращенные в зеленые сланцы (S_1w); 5) туфогенно-осадочные образования (S_2l_1); 6) туфогенно-осадочные образования ($S_2l_2-D_1$).

Пироксеновые порфириды первого комплекса распространены в южной части района между Шартским и Шабровским массивами гранитоидов (рис. 1). В.В.Хоментовский (1958) объединил их в так называемую агафуровскую свиту, датируя последнюю нижним палеозоем. Видимая мощность комплекса превышает 600 м.

Кремнистые породы второго комплекса развиты в северной части района, севернее долины р.Пышмы (см. рис. 1). Они представлены кремнистыми, графито-кремнистыми сланцами с прослоями яшмоидов и туфитов. В.В.Хоментовский (1958) эти породы выделил в исетскую свиту довенлоцкого возраста.

В третьем комплексе выделяются: актинолитовые, эпидот-хлоритовые сланцы, уралитизированные пироксен-плаггиоклазовые и пироксеновые порфириды и их туфы, алевролиты и углисто-кремнистые сланцы. Они слагают субмеридиональную полосу шириной 3-7 км в западной части района (см. рис. 1) и включены В.В.Хоментовским (1958) в исетскую свиту. Позднее А.П.Наседкин отнес их к невьянской свите, датируемой средним лудлоу.

Пироксен-плаггиоклазовые, пироксеновые, диабазовые порфириды и зеленые сланцы четвертого комплекса развиты в различных частях района (см. рис. 1). А.П.Наседкин порфириды из окрестностей Пышминско-Ключевского месторождения включил в нейинскую свиту уинлоцкого возраста, а В.В. Хоментовский (1958) порфириды западной части названного выхода отнес к нижней толще кировоградской свиты верхнелудловского, а восточную часть - к невьянской свите венлоцкого возраста. Диабазы, диабазовые порфириды и их туфы северной, центральной и восточной частей района, по В.В.Хоментовскому, относятся к адуйской ($D_3^2-C_1$) и березовской (C_1) свитам.

Пятый комплекс сложен (снизу вверх): 1) туфогенно-осадочными кварц-серицитовыми, кварц-хлорит-серицитовыми и другими сланцами с прослоями туфитов, которые развиты главным образом в юго-восточной части района; 2) туфами диабазов, диабазами и туфами порфиритов, обнаженными на флангах Березовского рудного поля; 3) туфами порфиритов с прослоями туфогенно-осадочных сланцев, филлитов, иногда туфопесчаников и туфоконгломератов, которые распространены севернее Шарташского массива гранитов (см. рис. 1). Различные породы этого комплекса В.В.Хоментовский (1958) относит к адуйской, березовской и даже исетской свитам.

В последнем комплексе выделяются (снизу вверх) толщи: 1) туфогенных сланцев, туффитов и туфов альбитофиров; 2) филлитовидных туфогенно-осадочных образований (см. рис.1); последней толщей заканчивается разрез палеозоя района.

Более молодые геологические образования развиты локально; они представлены мезозойскими, третичными и четвертичными отложениями.

Интрузивные породы широко распространены на описываемой территории. Ультрабазитами и базитами сложены Пышминско-Ключевской и Балтымский массивы, а также прерывистая цепочка выходов в экзоконтактах Шарташского гранитного массива и ряд небольших линейно-вытянутых тел, восточнее Верх-Исетского разлома (см.рис.1).

Пышминско-Ключевской массив гипербазитов имеет в плане S-образную форму: простираение его центральной части субширотное, а краевых частей - субмеридиональное. Северная часть массива сложена габбро, южная - апоперидотитовыми серпентинитами и тальк-карбонатными породами. Габбро довольно круто (под углами от 30 до 60-80°) падают на север, ультрабазиты - полого на юг. По мнению И.Т. Самарцева (1967), ультрабазиты приурочены к субгоризонтальному разлому, секущему складчатость вмещающих пород. Другие исследователи (Бородаевский, Бородаевская, 1947; Хоментовский, 1958 и др.) считали их межпластовой или межформационной залежью.

В пределах района находится лишь юго-восточная часть Балтымского массива габбро (см. рис. 1). Габбро, слагающие массив, среднезернистые, мелано- и мезократовые: с приближением к Верх-Исетскому разлому их массивная текстура сменяется сланцеватой. Сланцеватость ориентирована субпараллельно названному разлому. Ассоциирующие с габбро ультраосновные породы контролируются Верх-Исетским разломом и более мелкими субмеридиональными тектоническими нарушениями. Среди них выделяются: актинолитизированные пироксениты, серпентиниты по пироксенитам, актинолит-хлорит-карбонатные и тальк-карбонатные породы.

Шарташский гранитный массив расположен в центральной части района. По данным гравиметрической съемки (Беллавин и др., 1970), он представляет один из выступов более крупной гранитной интрузии, которой принадлежат также более восточные Шланчевский и Становлянский выступы. Кровля последнего, по геофизическим данным (Беллавин и др., 1970), находится на глубине около 1 км от современной дневной поверхности. Над этим выступом концентрируется большое количество даек гранитоид-порфиров, объединяемых в Становлянское дайковое поле. Аналогичные дайки, локализующиеся в пределах Шарташского, Шланчевского выступов и к северу от них, образуют обособленное Березовское поле.

Шарташский выступ, по данным М.Н. Чукашевой (1961) и Р.С. Куруленко (1970), сложен биотитовыми и роговообманково-биотитовыми гранитами, в которых плагиоклаз преобладает над микроклином. Его контакты полого погружаются на север (под углом

около 25°) под Березовское рудное поле, а также на восток (под углами 40–45°) и круто на юг (под углом не менее 70°).

В пределах района расположена также северная часть Шабровско-го конкордантного массива биотитовых и биотит-роговообманковых гранодиоритов. По данным гравиметрической съемки (Беллавин и др., 1970), мощность шабровских гранодиоритов на рассматриваемой площади не превышает 1–1,5 км. Они подстилаются породами основного и ультраосновного состава.

Возраст ультраосновных и основных интрузий района И.Д. Соболевым (1969), Б.М. Романовым (1947), Б.М. Куллетским (1947) и другими исследователями считается средне-верхнедевонским, а кислых, гранитоидных – верхнепалеозойским. Абсолютный возраст шарташских гранитов 340 млн. лет (Овчинников, 1963), шабровских гранодиоритов – 360 млн. лет (Е.А. Кузнецов, 1964).

Кроме рассмотренных интрузивных пород, в пределах района широко распространены, как уже отмечалось, дайки преимущественно гранитоидного состава, довольно полная характеристика которых дана в работах Н.И. Бородаевского и М.Б. Бородаевской (1947), Д.С. Штейнберга и М.Н. Чукашевой (1961).

Н.И. Бородаевский, М.Б. Бородаевская (1947) и В.В. Хоментовский (1958) подчеркивали, что гранитоид-порфиры генетически с массивами гранитоидов не связаны. Однако сопоставимость возраста одной части даек (355 млн. лет; Овчинников и др., 1969) с возрастом гранитоидных массивов (340–360 млн. лет; Овчинников, 1963; Е.А. Кузнецов, 1964), сосредоточение большинства даек в определенных участках, соответствующих выступам гранитоидов, как вскрытых эрозией (Шарташский), так и не выходящих на дневную поверхность (Становлянский), и несопоставимый с гранитоидами, существенно отличный (250–260 млн. лет; Гаррис, 1964) возраст другой части даек дают основание полагать, что в районе распространены две возрастные группы даек гранитоид-порфиров: ранние – генетически связанные с гранитами и поздние – послегранитные.

И.Д. Соболевым (1969) выделены в районе три крупные пликативные структуры: Свердловский синклиниорий, Монетинско-Шабровский антиклинорий и Арамильский синклиниорий.

Свердловский синклиниорий, в свою очередь, подразделяется на Балтымско-Молебскую мегасинклиналь (в пределы района входит лишь ее восточное крыло), две протяженные узкие антиклинали – Восточно- и Западнопышминские и несколько более мелких синклиналей и антиклиналей. Синклиниорий сложен осадочными и вулканогенными породами субмеридионального простирания. Его западное крыло падает на восток и осложнено Балтымским массивом габбро, залегающим в ядре Балтымско-Молебской мегасинклинали; восточное крыло падает под углами 70–75° на запад и разбито рядом субмеридиональных разрывов: Восточно-Пышминским, Калиновским и другими. В осевой части синклинория, в районе Верхней Пышмы, развиты опрокинутые на восток изоклинальные складки, к одной из которых приурочено Пышминско-Ключевское медно-кобальтовое мес-

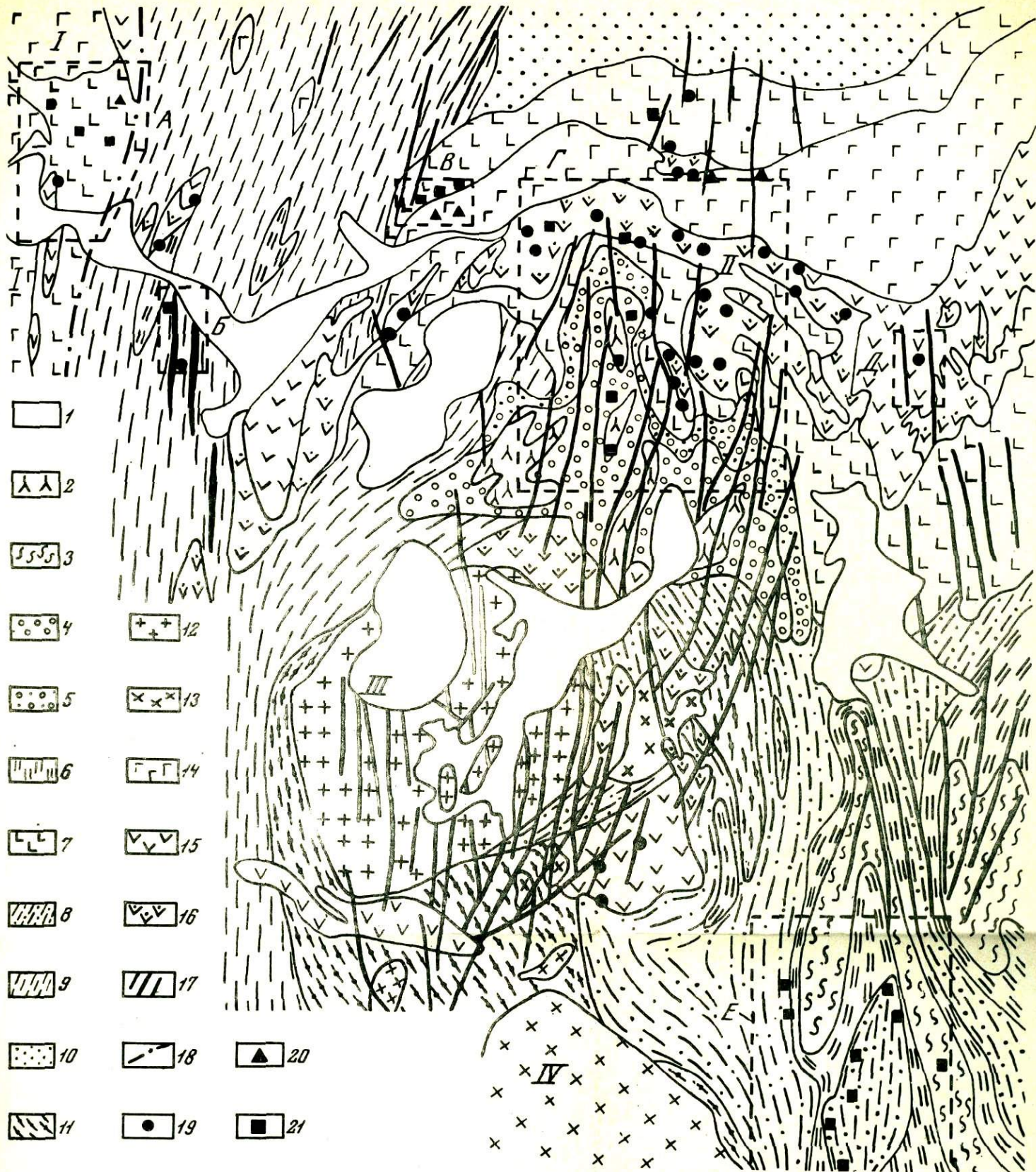


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Пышминско-Малоистокского района (по материалам П.И. Аладинского, С.В. Пупковой, Н.И. Кудриной, Н.И. Бородаевского, М.Б. Бородаевской, В.М. Алешина, И.С. Бианова, М.Ф. Чурсиной, Н.П. Гилевой, А.П. Наседкина, В.А. Ниренштейна, И.Т. Поплавского, В.Н. Сазонова и др.)

1 - четвертичные отложения; отложения $S_2I_2-D_1$: 2 - филлитовидные туфогенно-осадочные породы, 3 - туфогенные сланцы с прослоями туффитов, туфы альбитофиров; образования S_2I_1 : 4 - туфы порфиритов с прослоями туфогенно-осадочных сланцев, туфопесчаников и туфобрекчий, 5 - туфы диабазов, реже диабазы и туфы андезитов-базальтовых порфиритов, 6 - сланцы кварц-серицитовые, кварц-хлорит-серицитовые с прослоями туффитов и кварцитов; образования S_1w : 7 - диабазы и порфириты андезитовые и андезито-базальтовые, участками рассланцованные, 8 - сланцы кварц-альбит-хлоритовые, альбит-эпидот-хлоритовые; образования S_1ln-w : 9 - сланцы эпидот-актинолитовые, эпидот-хлоритовые, участками уралитизированные порфириты, алевролиты и углисто-кремнистые сланцы; образования S_1ln : 10 - глинисто-кремнистые породы с прослоями яшмоидов и туффитов; образования O_3-S_1ln : 11 - андезито-базальтовые порфириты амфиболитизированные, 12 - граниты, 13 - гранодиориты, 14 - габбро, 15 - серпентиниты, 16 - тальк-карбонатные породы, 17 - дайки гранитоидного состава; 18 - дизъюнктивные нарушения; 19-21 - листвениты по серпентинитам, актинолитизированным пироксенитам, тальк-карбонатным породам (19), габбро (20), диабазам, андезитовым, андезито-базальтовым порфиритам (21).

Главные интрузивные массивы: I - Балтымский габбровый, II - Пышминско-Ключевской габбро-серпентинитовый, III - Шарташский гранитный, IV - Шабровский гранодиоритовый.

A-E - площади исследования метасоматитов; А - Пышминско-Ключевское месторождение, Б - Пышминское рудопроявление, В - Шулгинское месторождение, Г - Березовское месторождение, Д - Пышмогорское месторождение, Е - Малоистокское рудопроявление. Пышминско-Ключевское месторождение медно-кобальтовое, остальные месторождения и рудопроявления - золоторудные.

Возрастное расчленение пород проведено по И.Д. Соболеву

торожение. По В.В. Хоментовскому (1958), отмеченный характер складчатости в восточном крыле синклинория обусловлен крупными смещениями по Верх-Исетскому разлому.

Монетнинско-Шабровский антиклинорий входит в пределы района центральной и отчасти северной областями. В его центральной части выделяется Шарташско-Седельниковская субмеридиональная мегантиклиналь. К северному крылу последней приурочен Шарташский массив гранитов, а к южному - Шабровский массив гранодиоритов, имеющие в общем согласное залегание с породами кровли. К северу от Шарташско-Седельниковского антиклинория расположена Березовская мегасинклиналь субширотного простирания, сложенная осадочно-вулканогенными породами. Пышминско-Ключевской массив габбро и серпентинитов залегает в северном крыле Березовской мегасинклинали. Толща кремнистых пород в северной части района слагает осевую зону крупной Шульгинско-Мочаловской синклинали.

Арамильский синклинорий представлен Косулинской (Полетаевской) мегасинклиналью, занимающей юго-восточную часть площади района и граничащей на западе с Шарташско-Седельниковской мегантиклиналью. Последняя осложнена множеством субмеридиональных, линейно-вытянутых складок более высоких порядков, которые частично отображены на геологической карте района (см. рис. 1). Мегасинклиналь сложена ордовикско-нижнесилурийскими и верхнесилурийско-нижнедевонскими вулканогенными и осадочными, обычно расчлененными породами.

В районе широко распространены дизъюнктивные нарушения. Наиболее крупными являются Калиновский и Верх-Исетский тектонические разломы, протяженность которых достигает десятков километров, а мощность 1-3 км. Оба разлома долгоживущие; смещения по ним происходили как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости.

Относительно крупные тектонические нарушения (протяженностью от сотен метров до нескольких километров) контролируют развитие измененных пород, называемых нами пропилитами. Более мелкие нарушения, имеющие послепропилитовый возраст и длину обычно не более 100-200 м, контролируют развитие процессов лиственитизации и березитизации.

Метаморфическое преобразование пород района обусловлено следующими процессами: 1) региональным зеленокаменным метаморфизмом; 2) регионально-контактным метаморфизмом; 3) контактовым метаморфизмом в ореоле воздействия интрузий; 4) автометаморфизмом интрузий; 5) гидротермальным метасоматозом.

Исследованиями С.Н. Иванова, В.М. Нечеухина, В.А. Маркса, В.А. Прокина (1969) и других показано, что региональный зеленокаменный метаморфизм проявился на поздних, завершающих стадиях магматической деятельности, до развития региональных тектонических движений, связанных с подъемом геосинклинального дна, и причинно связан с теми же магматическими очагами, которые явились источниками вулканогенных образований.

Минеральные ассоциации продуктов регионального зеленокаменного метаморфизма на Урале отвечают фации зеленых сланцев (актинолит-эпидотовая и эпидот-хлоритовая ступени) и пумпеллиит-пренитовой (пумпеллиит-хлоритовая, пумпеллиит-кварцевая, пренитовая и кальцит-серицитовая ступени).

В характеризуемом районе породы, образовавшиеся при названном метаморфизме, в более позднее время подверглись интенсивному изменению в связи с воздействием регионально-контактовых метаморфических процессов.

Регионально-контактовый метаморфизм связан с воздействием магматических очагов, в результате деятельности которых произошло внедрение интрузий определенного цикла, общий подъем геоизотерм и активизация метаморфизирующих растворов (Нечухин и др., 1969). В районе этот метаморфизм обусловлен деятельностью магматических очагов, давших интрузии верхнепалеозойских гранитов, и сопровождался образованием: амфиболитов по диабазам Березовского месторождения (Лайланов, Шер, 1971) и диабазовым порфирирам Малоистокского рудопроявления в его прогрессивную стадию; актинолит-эпидотовых, эпидот-хлоритовых и кальцит-кварц-серицитовых пород по диабазам, порфирирам и другим вулканогенным образованиям Пышминско-Ключевского, Березовского месторождений, Малоистокского, Пышминского рудопроявлений, а также площадных зон актинолитизации, эпидотизации и альбитизации по габбро Пышминско-Ключевского и Балтымского массивов габбро – в регрессивную стадию. Продукты последней наиболее широко распространены.

Контактовый метаморфизм обусловлен термальным воздействием интрузивных тел. Около массивов ультрабазитов сколько-нибудь значительные изменения вмещающих пород не отмечаются. Балтымский габбровый массив сопровождается ореолом габброизированных порфиритов (при образовании последних играли роль и метасоматические процессы). Наиболее значительно контактовый метаморфизм в районе проявился в северной экзоконтактовой зоне Шарташского гранитного массива. В результате этого за счет осадочных сланцев, измененных туффитов и эффузивно-пирокластических пород образовались роговиковые сланцы с гранатом и биотитом микроамфиболиты, а за счет серпентинитов – актинолит-хлоритовые породы.

Около даек гранитоидного состава контактовый метаморфизм выразился в образовании кайм перекристаллизации, а также роговиков различного состава: кварц-биотитовых, кварц-мусковитовых, кварц-хлоритовых, иногда с гранатом и андалузитом (по осадочным сланцам, песчаникам, туффитам), актинолитовых и альбит-биотитовых (по эффузивам и их туфам), актинолитовых, биотит-актинолитовых, хлорит-биотитовых (по серпентинитам). В контактовых зонах гранитоидов фиксируются оторочки закалки (5–30 см), если они контактируют с эффузивами, и зоны десиликации, если они контактируют с серпентинитами.

Автометаморфизм пород района заключался в серпентинизации перидотитов и пироксенитов (Пышминско-Ключевской массив), изменении

габбро в условиях альбит-эпидот-амфиболитовой фации (ранняя) и актинолит-хлоритовой субфации (поздняя), микроклинизации, альбитизации и частичной мусковитизации гранитоидов (Шарташский массив гранитов, дайки плагιοгранит- и гранит-порфиров).

Все отмеченные выше продукты метаморфизма, кроме апогранитоидных, в той или иной мере рассланцованы. В пределах района выделяются по крайней мере две фазы рассланцевания: догаббровая и послегаббровая (Бородаевский, Бородаевская, 1947).

Гидротермальный метасоматоз обусловлен воздействием на породы растворов, отделившихся от интрузий. Растворы, связанные с габбровыми интрузиями, вызвали дальнейшую, более глубокую серпентинизацию ультрабазитов, а также интенсивную актинолитизацию, эпидотизацию и хлоритизацию диабазов и порфиритов, залегающих в непосредственной близости от массивов габбро (Пышминско-Ключевский, Балтымский массивы). Метасоматиты, возникшие в связи с гидротермальной деятельностью гранитных интрузий, описаны многими исследователями (Бородаевский, Бородаевская, 1947; Грабежев, 1970; Сазонов, 1970_{1,2}, 1971; Лайланов, Шер, 1971 и др.). По их данным, все продукты такого гидротермального процесса можно разделить на образовавшиеся: до даек гранит- и плагιοгранит-порфиров и после этих даек.

Додайковые метасоматиты подразделяются на ранние, характеризующиеся актинолит-эпидотовой, эпидот-хлоритовой, хлорит-серицитовой, кварц-серицитовой (по диабазам, порфиритам, габбро и другим породам) минеральными ассоциациями и обильным содержанием антигорита (по ультраосновным породам), и поздние, представленные сланцеватыми хлорит-карбонатными (по габбро, диабазам, порфиритам и др.) и тальк-карбонатными породами. Ранние додайковые метасоматиты с минеральными парагенезисами актинолит+эпидот+альбит, эпидот+альбит+хлорит, хлорит+серицит+кварц, серицит+кварц ранее рассматривались автором (Сазонов, 1970₁, 1971) как "пропилиты". В настоящей работе за ними сохранено это название, хотя автор отчетливо сознает, что его "пропилиты" близки к метасоматитам, обычно описываемым как пропилиты, лишь по минеральным парагенезисам и отчасти по условиям локализации, но по происхождению (времени образования и источнику растворов) не имеют с ними ничего общего. Кстати, на возможность применения термина "пропилит" к породам, образовавшимся при воздействии послемагматических растворов, связанных с гипабиссальными гранитными интрузиями, указывает В.Л. Русинов (1972).

Среди последайковых метасоматитов выделяются ранние (среднетемпературные) и поздние (низкотемпературные) разности. Первые представлены биотит-хлоритовыми, хлоритовыми породами, образовавшимися на контактах даек гранитоидов с породами основного и ультраосновного состава; к ним же относятся зоны альбитизации и грейзенизации в дайках гранитоидов. Среди вторых выделяются листовитоподобные породы, возникшие на контактах даек гранитоидов с ультраосновными и основными породами, листовиты и березиты,

а также послелиственитовые кварц-серицитовые и кварцштитовидные метасоматические образования.

Под лиственитизацией и березитизацией автор понимает единый одновременный процесс образования низкотемпературной метасоматической зональности в ультраосновных (лиственитизация) и кислых (березитизация) породах или на контакте тех и других пород при воздействии растворов, генетически связанных с гранитоидным магматизмом. К лиственитам автор относит кварц-карбонатные метасоматиты, содержащие, как правило, светлую (калиевую или натриевую) слюду и возникающие во внутренних зонах метасоматических колонок при лиственитизации, а к березитам – кварц-слюдистые (мусковит, серицит) метасоматиты, образующиеся во внутренних зонах метасоматических колонок при березитизации. В основных и средних породах при рассматриваемом процессе развивается метасоматическая зональность с составом метасоматитов внутренней зоны, промежуточным между таковым лиственитов и березитов. Специальных названий для таких метасоматитов не существует: одни исследователи относят их к лиственитам, другие – к березитам. В настоящей работе, руководствуясь предложениями А.Н. Заварицкого (1927, 1929), Н.И. Бородаевского и М.Б. Бородаевской (1947), вошедшими в практику уральских геологов, автор метасоматиты по габбро, диабазам, пироксен-плагиоклазовым порфирирам относит к лиственитам, а аналогичные образования по диорит-порфирирам – к березитам. Приведенные определения терминов "лиственитизация" и "лиственит", "березитизация" и "березит" близки к толкованию их А.Н. Заварицким, Д.С. Коржинским, В.А. Кузнецовым и другими исследователями.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В пределах района, как уже упоминалось, расположены Пышминско-Ключевское медно-кобальтовое месторождение, ряд месторождений и рудопроявлений золота: Березовское, Шульгинское, Пышмогорское, Пышминское, Малоистокское, а также Березовское, Кедровское и некоторые другие рудопроявления вольфрама.

На Пышминско-Ключевском месторождении медно-кобальтовое оруденение локализовано в субмеридиональных зонах расланцевания и интенсивного гидротермально-метасоматического изменения пород (серпентинитов, пироксенитов, габбро и пироксен-плагиоклазовых порфиритов). Околорудные изменения на рассматриваемом месторождении, по данным А.П. Наседкина и И.А. Щербака, представлены пропилитами, среди которых наиболее распространены апогаббровые и апопорфиритовые пропилиты актинолит-эпидотовой и эпидот-хлоритовой фаций¹. Лишь иногда отмечаются пропилиты хлорит-серицитовой фации.

Кобальт – основной ценный компонент руд Пышминско-Ключевского месторождения – входит главным образом изоморфно в состав

¹ Здесь и далее имеются в виду минеральные фации пропилитов.

пирита. Иногда в рудах фиксируется кобальтин. Основным минералом-носителем меди в рудных телах является халькопирит. По данным А.П. Наседкина, оруденение на Пышминско-Ключевском месторождении наложено на пропилиты.

Широко распространен на Пышминско-Ключевском месторождении и другой тип гидротермально-измененных пород — листвениты. Листвениты и пропилиты совмещены пространственно (листвениты фиксируются внутри ореолов пропилитизации пород), но являются разновозрастными образованиями (Сазонов, 1970₁). На южном фланге Пышминско-Ключевского месторождения лиственитизированные породы отмечаются в виде маломощных (0,2–1,2 м) оторочек около субмеридиональных золото-кварцевых жил, а также в виде мощных (до 60 м и более) субмеридиональных зон, не связанных с кварцевыми жилами. По мере продвижения от южного фланга месторождения к северному происходит резкое уменьшение мощности лиственитизированных пород. В околожилных лиственитах отмечаются повышенные концентрации золота, разностям лиственитов, не связанных с кварцевыми жилами, присущи повышенные концентрации кобальтоносного пирита.

Золото в месторождениях района связано главным образом с кварцевыми жилами. Последние локализуются в субмеридиональных дайках гранитоид-порфиров Березовского и Становлянского дайковых полей (см. рис. 1), на контакте даек с вмещающими породами или в некотором удалении от него, в породах кровли даек (Пышмогорское месторождение, Пышминское и Малоистокское рудопроявления), а также вне пространственной связи с дайками, в различных по составу изверженных, главным образом эффузивных породах (Березовское, Шульгинское, Пышмогорское месторождения, Пышминское, Малоистокское рудопроявления).

Большая часть жил, залегающих в дайках, имеет субширотное простирание и крутое (обычно более 60°) южное падение. Их длина предопределяется мощностью субмеридиональных даек, за пределы которых жилы выходят сравнительно редко. Кроме того, в дайках гранитоидов отмечаются субширотные жилы с пологим северным падением и пологопадающие диагональные жилы двух систем (на юго-восток под углом 135° и на северо-восток под углом 45°). Кварцевые жилы, развитые на контакте даек гранитоидов с вмещающими породами и (или) вблизи контактов даек, в породах их кровли, имеют, как правило, одинаковое или близкое с названными дайками простирание и падение. Для некоторых таких жил характерна значительная (до 200–300 м) протяженность. Жилы, залегающие вне связи с дайками гранитоидов, большей частью имеют субширотное простирание и крутое (обычно более 80°) южное падение. В пределах Березовского рудного поля такие жилы часто расположены свитами, состоящими из 4–10 жил длиной до 40 м. Свиты же протягиваются на 200–300 м, иногда больше.

Околорудные изменения на месторождениях золота проявились в лиственитизации и березитизации вмещающих пород. Золото в квар-

цевых жилах и в околорудно-измененных породах связано главным образом с мелкозернистым пиритом, сформировавшимся позднее этих жил и околорудных изменений (Сазонов, 1972).

Вольфрамовые рудопроявления представлены в районе шеелит-кварцевыми, иногда с микроклином и хром-турмалином жилами, локализованными в северном экзоконтакте Шарташского гранитного массива. Жилы имеют северо-западное простирание, относительно пологое падение, значительную длину (до 1500 м) и мощность (до 1,0-1,5 м). По мнению Н.И. Бородаевского и М.Б. Бородаевской (1947), шеелит-кварцевые жилы, по сравнению с их золото-кварцевыми разностями, более высокотемпературные. Это мнение подтверждено позднее определениями температуры образования тех и других жил по температуре гомогенизации газово-жидких включений в кварце (Ермаков, 1970).

МЕТАСОМАТИЗМЫ И ИХ ЗОНАЛЬНОСТЬ

УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ВОЗРАСТ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ИЗМЕНЕННЫХ ПОРОД

Пропилиты актинолит-эпидотовой и эпидот-хлоритовой фаций имеют в районе площадное распространение и контролируются зонами тектонических разломов, нередко секущими складчатость. Пропилиты кварц-хлорит-серицитовая и кварц-серицитовая фаций развиты в наиболее ослабленных участках тектонических зон. Их мощность обычно не превышает 3–15 м.

Пропилиты района образовались до даек гранитоид-порфиров. Это доказываются тем, что неизмененные массивные дайки гранитоид-порфиров и их апофизы секут сланцеватые пропилитизированные породы и что в названных дайках отмечаются отторженцы и реликты последних.

Абсолютный возраст пропилитов из Малоистокского рудопоявления сопоставим с таковым Шарташского гранитного массива (см. табл. 1). Кровля массива, по данным гравиметрической съемки (Беллавин и др., 1970), на площади этого рудопоявления расположена на глубине 1–4 км. Возраст пропилитов Пышминско-Ключевского месторождения относительно близок к возрасту расположенных поблизости сателлитов Верх-Исетской гранитной интрузии.

Что касается серпентинитов, тальк-карбонатных и хлорит-карбонатных пород сланцеватого сложения, то их додайковый (до даек гранитоид-порфиров) возраст был доказан еще работами А.П. Наседкина, а также Н.И. Бородаевского, М.Б. Бородаевской (1947). Массивные тальк-карбонатные и хлорит-карбонатные породы являются, как показано автором ранее (Сазонов, 1971), членами единой метасоматической колонки, возникающей при лиственитизации серпентинитов, пропилитизированных габбро, диабазов и порфиритов.

Листвениты и березиты фиксируются вдоль тектонических нарушений и трещин (Березовское, Шувльгинское и другие месторождения), а также в относительно маломощных зонах рассланцевания и дробления (Пышминско-Ключевское месторождение, Малоистокское и другие рудопоявления), возникающих большей частью на крыльях небольших антиклиналей, и по ослабленным контактам различных по составу пород.

Одной из характерных особенностей лиственитизированных пород является их тесная пространственная связь с дайками гранитоид-пор-

фигов, сосредоточенными в основном в пределах Березовского и Становлянского дайковых полей. Нередко листвениты залегают непосредственно в контактах даек. При этом они развиваются не сплошными каймами около даек, а лишь на участках выхода лестничных кварцевых жил в породы кровли, а также в местах изгибов даек, преимущественно в их висятых боках.

По размерам, форме и отношению к элементам тектоники вмещающих пород все листвениты района можно подразделить на развившиеся: 1) вдоль одиночных линейно-вытянутых трещин - в однородных (по составу и физическим свойствам) породах или на контакте разнородных пород; 2) вдоль систем сближенных, субпараллельных трещин; 3) вдоль линейных, сложнопостроенных тектонических зон дробления, рассланцевания и др. (Сазонов, 1970₂).

Листвениты первого типа представлены маломощными (5-20 см, реже 1,0-1,5 м) симметричными оторочками около кварцевых жил и маломощными (15-30 см) с асимметричной зональностью метасоматитами, сформировавшимися на контакте двух различных по химическому составу пород.

Листвениты второго типа развиваются, как правило, в массивных породах. Нередко листвениты, образовавшиеся по сближенным трещинам, сливаются в одно мощное (до 6-9, реже 15 м) и протяженное (до 200-300 м, реже больше) тело (Шульгинское и Березовское месторождения).

Листвениты третьего типа от рассмотренных выше лиственитов резко отличаются рассланцеванием в контактных зонах, присутствием реликтов вмещающих пород, причудливой конфигурацией контактов как в плане, так и в разрезе, значительной (до 10 м и больше) мощностью.

Среди березитов по условиям локализации установлены аналоги лиственитов всех типов (Березовское, Пышмогорское месторождения, Пышминское рудопроявление).

Листвениты и березиты района являются одновременными, возникшими после внедрения даек гранитоид-порфирами образованиями. Для околожилных лиственитов и березитов это доказано исследованиями А.Н. Заварицкого (1927, 1929), Н.И. Бородаевского и М.Б. Бородаевской (1947), а для лиственитов и березитов, образовавшихся на контактах химически разнородных пород, работами автора (Сазонов, 1970₁, 1971).

Все листвениты на основе имеющихся немногочисленных данных определения их абсолютного возраста (табл. 1) можно объединить в три возрастные группы: раннюю, промежуточную и позднюю. К ранней возрастной группе относятся листвениты Шульгинского (342 ± 10 млн. лет), а также биметасоматические листвениты и березиты (351 ± 24 млн. лет) Березовского месторождений. Листвениты и березиты промежуточной возрастной группы, развитые на Малоистокском рудопроявлении, имеют возраст 286 млн. лет, относительно близкий (см. табл. 1) к возрасту части гранитоидных даек, развитых в эндо- и экзоконтактах Шарташского гранитного массива.

Таблица 1

Данные определения абсолютного возраста метасоматитов
и гранитоидов Пышминско-Малоистокского района

Порода	Возраст, млн.лет	Литературный источник
Березиты по гранит-порфирам, обогашены слюдой (Березовское месторождение)	219±11	По материалам И.А.Щербака
Алопорфировые листвениты (Пышминско-Ключевское месторождение)	223	То же
Дайки гранитоидов (Шарташский гранитный массив)	250-260	Гаррис, 1964
Биметасоматические листвениты и березиты из колонки, образовавшейся на контакте гранит-порфиров с диабазами (Малоистокское рудопроявление)	286	Сазонов, 1970 ₁
Алодиабазовые листвениты (Шульгинское месторождение)	342±10	То же
Биметасоматические листвениты и березиты из колонки, образовавшейся на контакте гранит-порфиров с тальк-карбонатными породами (Березовское месторождение)	351±24	Сазонов, 1970 ₂
Гранитоиды дайковые (Березовское месторождение)	355	Овчинников и др., 1969
Пропилиты по диабазовым порфири-там (Малоистокское рудопроявление)	300	Сазонов, 1970 ₁
Граниты (Шарташский массив)	340	Овчинников и др., 1969
Пропилиты по порфири-там (Пышминско-Ключевское месторождение)	250	Овчинников, 1963
Граниты (Верх-Исетский массив)	285*	По материалам Г.Н.Кузовкова

* Среднее из пяти определений.



Листвениты и березиты впадной возрастной группы, имеющие возраст 223 млн.лет (листвениты Пышминско-Ключевского месторождения) и 219 ± 11 млн.лет (поздние березиты Березовского месторождения), существенно отличаются от всех магматических образований, известных в районе.

Выделение перечисленных возрастных групп лиственитов и березитов рассматривается автором лишь как попытка увязать немногочисленные определения абсолютного возраста метасоматитов района с возрастом магматических пород.

ЗОНАЛЬНОСТЬ ЛИСТВЕНИТИЗИРОВАННЫХ ПОРОД

Метасоматические колонки по серпентинитам, тальк-карбонатным породам и актинолитизированным пироксенитам. Метасоматические колонки с наибольшим количеством зон метасоматитов развиваются при лиственитизации хризотилитовых серпентинитов (табл. 2).

Зональность, приведенная в табл. 2, полностью развивается относительно редко (Березовское месторождение, рис. 2,в). Наиболее обычны колонки, в которых зона тальк-карбонат-хлоритовых метасоматитов выпадает, например, Пышминско-Ключевское месторождение (рис. 2,б; рис. 3), район пос. Семь Ключей. В последнее время при работе на Березовском, Шабровском месторождениях (Средний Урал), Таловском массиве серпентинизированных ультрабазитов автором получены данные о том, что тальк-карбонат-хлоритовые и тальк-карбонатные метасоматиты образуются в серпентинитах до лиственитов и позднее, при поступлении "лиственитизирующих" растворов, превращаются в листвениты. В связи с этим возникает сомнение: не являются ли тальк-карбонат-хлоритовые метасоматиты, рассматриваемые нами как член единой метасоматической колонки, возникшей при лиственитизации серпентинитов (см. табл. 2), также долиственитовыми образованиями. Из-за ограниченности фактического материала ответить однозначно на этот вопрос в настоящее время не представляется возможным. На Пышмогорском месторождении установлены колонки, из которых выпадают зоны тальк-карбонатных и тальк-карбонат-хлоритовых метасоматитов (см. рис.2,а). Одна из таких колонок ранее описана Н.И. Бородаевским и М.Б. Бородаевской (1947). В районе наряду с тальк-карбонатными породами, возникшими в процессе лиственитизации, широко распространены тальк-карбонатные породы, сформировавшиеся до лиственитов, вернее, до даек плагиогранит- и гранит-порфиоров (Бородаевский, Бородаевская, 1947), и позднее, в последайковое время, подвергшиеся лиственитизации, играя роль эдуктов. Додайковые тальк-карбонатные породы по слагающим их минеральным ассоциациям аналогичны последайковым их разностям, но резко отличаются от них площадным распространением и сланцеватым сложением.

При лиственитизации додайковых тальк-карбонатных пород во внешней зоне возникают серые, а во внутренней - зеленые листве-

Таблица 2

Метасоматическая колонка, возникающая при лиственитизации хризотилowych серпентинитов

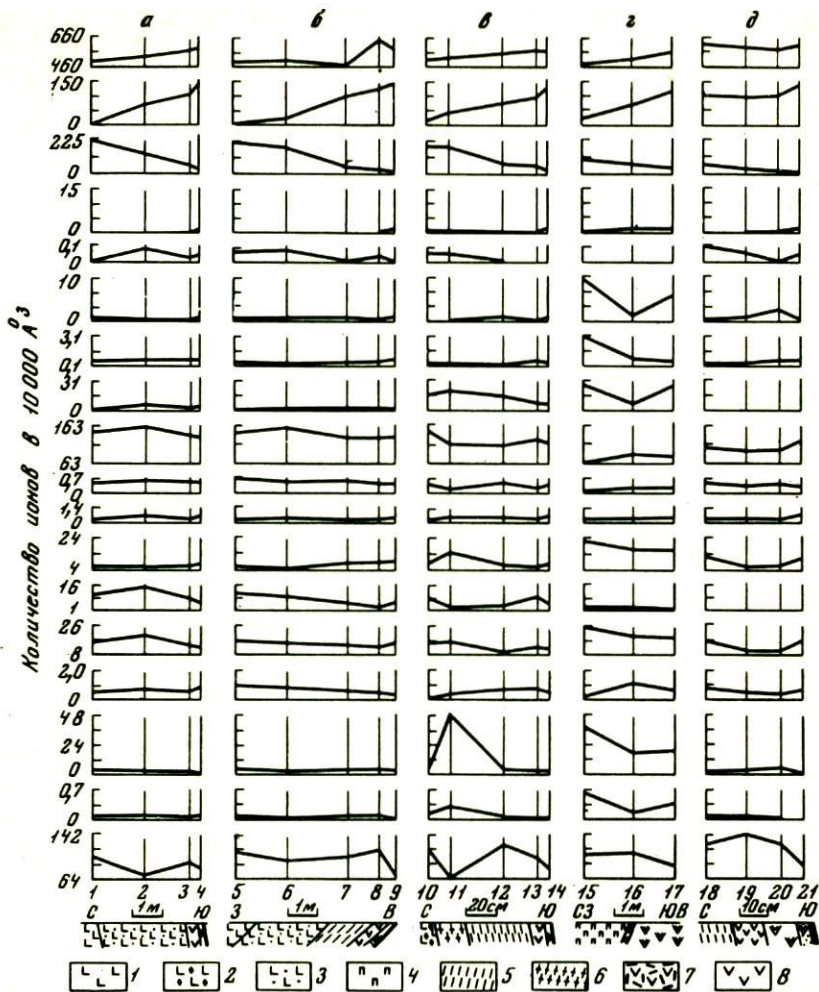
№ зоны	Исходная порода и метасоматит	Минеральный парагенезис	Мощность, м
0	Хризотилowy серпентинит	Хризотил, брусит, хромит	От десятков до сотен
1	Антигоритовый серпентинит карбонатизируемый и оталькованный	Антигорит, карбонат (доломит и магнетит), тальк, хромит	Десятки
2	Тальк-карбонат-хлоритовый метасоматит	Карбонат (железистые магнетит и доломит), тальк, хлорит, хромит	0,2-10
3	Тальк-карбонатный метасоматит	Карбонат (железистый магнетит или железистые магнетит и доломит), тальк, хромит	0,1-8,0
4	Кварц-карбонатный метасоматит (серый лиственит)*	Карбонат (железистый магнетит или железистые магнетит и доломит), кварц, хромит	0,1-1,5
5	Фуксит-кварц-карбонатный метасоматит (зеленый лиственит)*	Карбонат (брейнерит или брейнерит и железистый доломит), кварц, фуксит	0,01-1,0

* Термины "серый лиственит" и "зеленый лиственит" - по Н.И. Бородаевскому и М.Б. Бородаевской (1947).

Примечание. Сквозной минерал колонки - магнетит, в зонах 4 и 5 обычен пирит.

ниты (см. рис. 2, е, ж). На Березовском месторождении по зеленым лиственитам иногда развиваются более поздние (установлено по пересечениям) существенно карбонатные метасоматиты (см. рис. 2, д), имеющие обычно желтую окраску и получившие в связи с этим название "желтых лиственитов".

На Пышминско-Ключевском месторождении (см. рис. 1) широко распространены актинолитизированные пироксениты. При их лиственитизации образуются две зоны метасоматитов (табл. 3). Строение

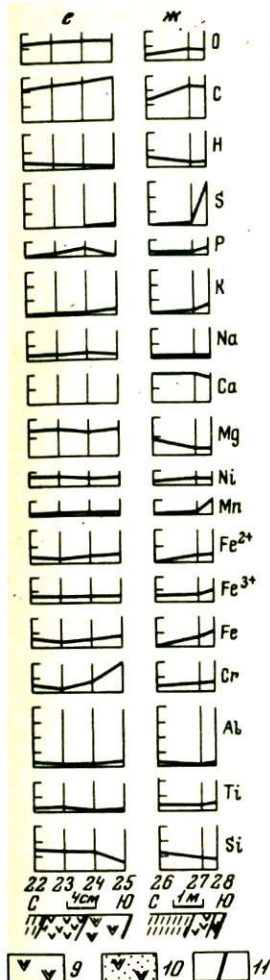


одной из колонок, возникших при лиственитизации названных пород, иллюстрирует рис. 2, г.

Метасоматические колонки по пропилитизированным габбро, диабазам и пироксен-плаггиоклазовым порфиритам. Алогаббровые лиственитизированные породы установлены в пределах Пышминско-Ключевского, Березовского и Шульгинского месторождений (см. рис. 1). Как отмечалось раньше (Сазонов, 1970₂), габбро в районе повсеместно в той или иной мере пропилитизированы (плаггиоклаз деанортизирован и замещается эпидотом, реже цоизитом, а пироксен — уралитом, актинолитом, хлоритом).

Рис. 2. Метасоматическая зональность, развивающаяся при лиственитизации серпентинитов Пышмогорского (а), Пышминско-Ключевского (б), Березовского (в) месторождений, актинолитизированных пироксенитов Пышминско-Ключевского месторождения (г), тальк-карбонатных пород Березовского месторождения (д), Пышминского рудопроявления (е, ж), и миграция вещества при ее возникновении

1 - хризотилловый серпентинит; 2 - антигоритовый серпентинит; 3 - антигоритовый серпентинит карбонатизированный и оталькованный; 4 - пироксенит актинолитизированный; 5 - тальк-карбонатный метасоматит; 6 - тальк-карбонат-хлоритовый метасоматит; 7 - хлорит-карбонатный метасоматит; 8 - кварц-карбонатный метасоматит (серый лиственит); 9 - фуксит-кварц-карбонатный метасоматит (зеленый лиственит); 10 - существенно карбонатный (с кварцем и фукситом) метасоматит (желтый лиственит); 11 - кварцевая жила. Цифры на оси абсцисс - номера образцов (см. Приложения I и II)



В общем случае лиственитизация пропилитизированных габбро приводит к образованию трех зон метасоматитов (табл. 4).

В некоторых колонках (Шульгинское месторождение, рис.4,а) зона кварц-альбит-карбонат-хлоритовых метасоматитов контактирует непосредственно с метасоматитами мусковит(и фуксит)-кварц-карбонатного состава (рис.5). На контакте названных метасоматитов наблюдаются тонкое рассланцевание, катаклаз, иногда значительные трещины, выполненные кварцем.

В одной из колонок (Шульгинское месторождение) установлено замещение кварц-мусковит-карбонатного метасоматита (лиственита)

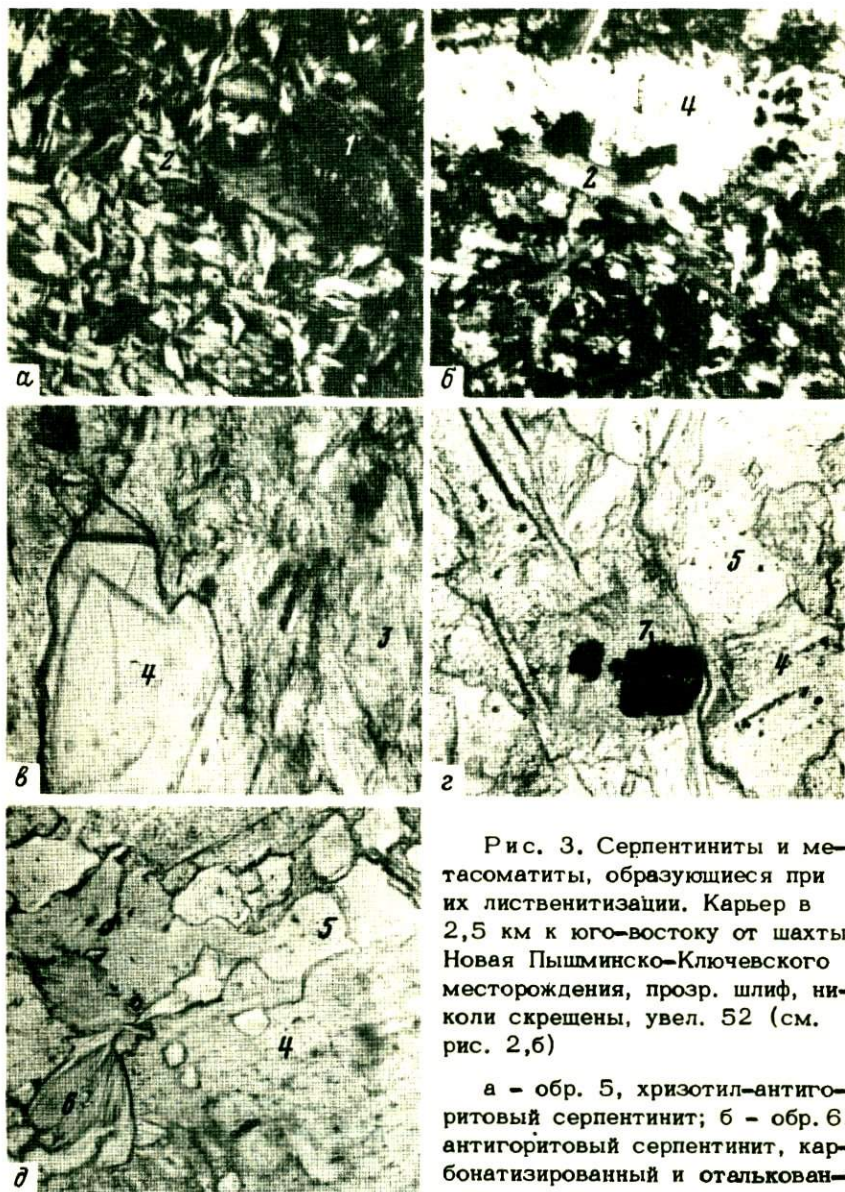


Рис. 3. Серпентиниты и метасоматиты, образующиеся при их лиственитизации. Карьер в 2,5 км к юго-востоку от шахты Новая Пышминско-Ключевского месторождения, прозр. шлиф, николи скрещены, увел. 52 (см. рис. 2,б)

а - обр. 5, хризотил-антигоритовый серпентинит; б - обр. 6, антигоритовый серпентинит, карбонатизированный и оталькованный; в - обр. 7, тальк-карбонатный метасоматит; г - обр. 8,

кварц-кабонатный метасоматит (серый лиственит); д - обр. 9, фуксит-кварц-карбонатный метасоматит (зеленый лиственит)

1 - хризотил; 2 - антигорит; 3 - тальк; 4 - карбонат; 5 - кварц
6 - фуксит; 7 - хромит

Таблица 3

Метасоматическая колонка, возникающая при лиственитизации актинолитизированных пироксенитов

№ зоны	Исходная порода и метасоматит	Минеральный парагенезис	Мощность, м
0	Актинолитизированный пироксенит	Актинолит, флогопитизированный биотит, хлорит, кальцит, хромит	Десятки, реже сотни
1	Хлорит-карбонатный метасоматит	Карбонат (брейнерит, железистый доломит), хлорит, хромит	4-6
2	Фуксит-кварц-карбонатный метасоматит (зеленый лиственит)	Карбонат (брейнерит, железистый доломит), кварц, фуксит	0,3-2,0

Примечание. В зонах 1 и 2, как правило, развит пирит.

метасоматитом кварц-мусковитового (серицитового) состава (рис.6). Последний образует маломощную (до 3 см) каемку около кварцевой жилы, пересекающей лиственит, и, естественно, является более поздним, чем он.

В большинстве метасоматических колонок слюда в зоне лиственитов представлена мусковитом или мусковитом в ассоциации с фукситом. Только в некоторых колонках в этой зоне развит парагонит или парагонит в парагенезисе с мусковитом или фукситом (см. соответственно рис. 4, б, г, в).

Лиственитизированные диабазы (иногда диабазовые порфириды) широко распространены в пределах Березовского, Шульгинского месторождений, Пышминского и Малоистокского рудопроявлений (см. рис. 1).

При лиственитизации диабазов возникают, как правило, три зоны метасоматитов (табл. 5; рис. 7, а, в; рис. 8).

Приведенное в табл. 5 строение метасоматической колонки широко распространено, но не всеобъемлюще. Так, на Шульгинском месторождении и Малоистокском рудопроявлении в некоторых колонках с продвижением от периферических зон к центральным в составе метасоматитов исчезает сначала альбит, затем хлорит (см. рис.7, г). В ряде метасоматических колонок (Шульгинское месторождение, Малоистокское рудопроявление) установлено выпадение зоны кварц-

Таблица 4

Метасоматическая колонка, возникающая при лиственитизации пропилитизированных габбро

№ зоны	Исходная порода и метасоматит	Минеральный парагенезис	Мощность, м
0	Пропилитизированное габбро	Актинолит, эпидот (цоизит), хлорит, плагиоклаз, кальцит	Десятки, реже сотни
1	Кварц-альбит-хлорит-карбонатный метасоматит	Хлорит, альбит, карбонат (железистый доломит или анкерит), кварц	5-15
2	Мусковит-кварц-альбит-карбонатный метасоматит	Альбит, карбонат (железистый доломит, мезитит), кварц, мусковит	3-7
3	Слюдисто-кварц-карбонатный метасоматит (лиственит)	1. Карбонат (железистый доломит, мезитит), кварц, мусковит 2. Карбонат (железистый доломит), кварц, парагонит 3. Карбонат (анкерит), кварц, парагонит, мусковит или фуксит	0,1-0,5, иногда 1,5

Примечание. В пропилитизированном габбро отмечаются уралит (реликтовый минерал), кварц (избыточный минерал). Сквозной минерал колонки - рутил, в зонах 2 и 3 обычен пирит.

Рис. 4. Метасоматическая зональность, развивающаяся при лиственитизации пропилитизированных габбро Шульгинского (а), Березовского (б, в), Пышминско-Ключевского (г) месторождений, и миграция веществ при ее возникновении

1 - габбро пропилитизированное; 2 - кварц-мусковит-альбит-хлорит-карбонатный метасоматит; 3 - кварц-мусковит-карбонатный метасоматит (лиственит); 4 - кварц-парагонит-карбонатный метасоматит (лиственит); 5 - кварц-парагонит-карбонатный (с фукситом) метасоматит (лиственит); 6 - кварц-мусковит-парагонит-карбонатный метасоматит (лиственит); 7 - кварц-мусковитовый метасоматит; 8 - кварцевая жила. Цифры на оси ординат - номера образцов (см. Приложение III)

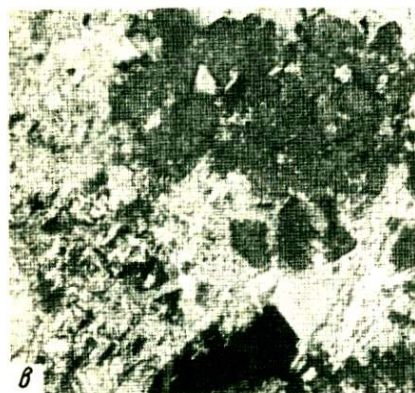
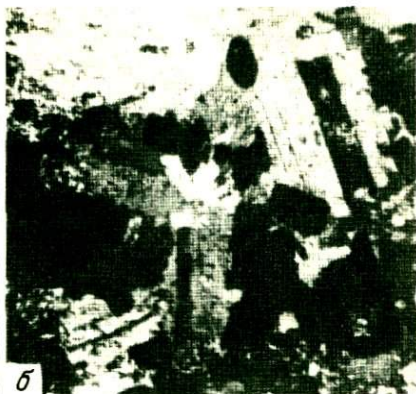


Рис. 5. Пропилитизированные габбро и метасоматиты, образующиеся при их лиственизации. Шульгинское месторождение, октябрьская свита кварцевых жил, шахтный отвал, прозр. шлиф, николи скрещены, увел. 52 (см. рис. 4,а)

а - обр. 29, пропилитизированное габбро (видны темно-серые прожилки существенно эпидотового агрегата в альбитизированном плагиоклазе; темное в левом нижнем углу - мелкозер-

нистый агрегат актинолита и хлорита); б - обр. 31, кварц-альбит-карбонат-хлоритовый метасоматит (четко видны зерна альбита, кварца - белое вверху и мелкочешуйчатый карбонат-хлоритовый агрегат - темно-серое); в - обр. 33, мусковит-кварц-карбонатный метасоматит - листвениит (отчетливо видны мелкочешуйчатый агрегат мусковита, зерна кварца - белое и крупные зерна и агрегаты зерен карбоната - серое)



Рис. 6. Замещение апогаббровых листвениитов (темно-серое, внизу) кварц-серицитовым метасоматитом. Виден резкий контакт между метасоматитами. Шульгинское месторождение, октябрьская свита кварцевых жил, обр. 34, прозр. шлиф, николи скрещены, увел. 52

Таблица 5

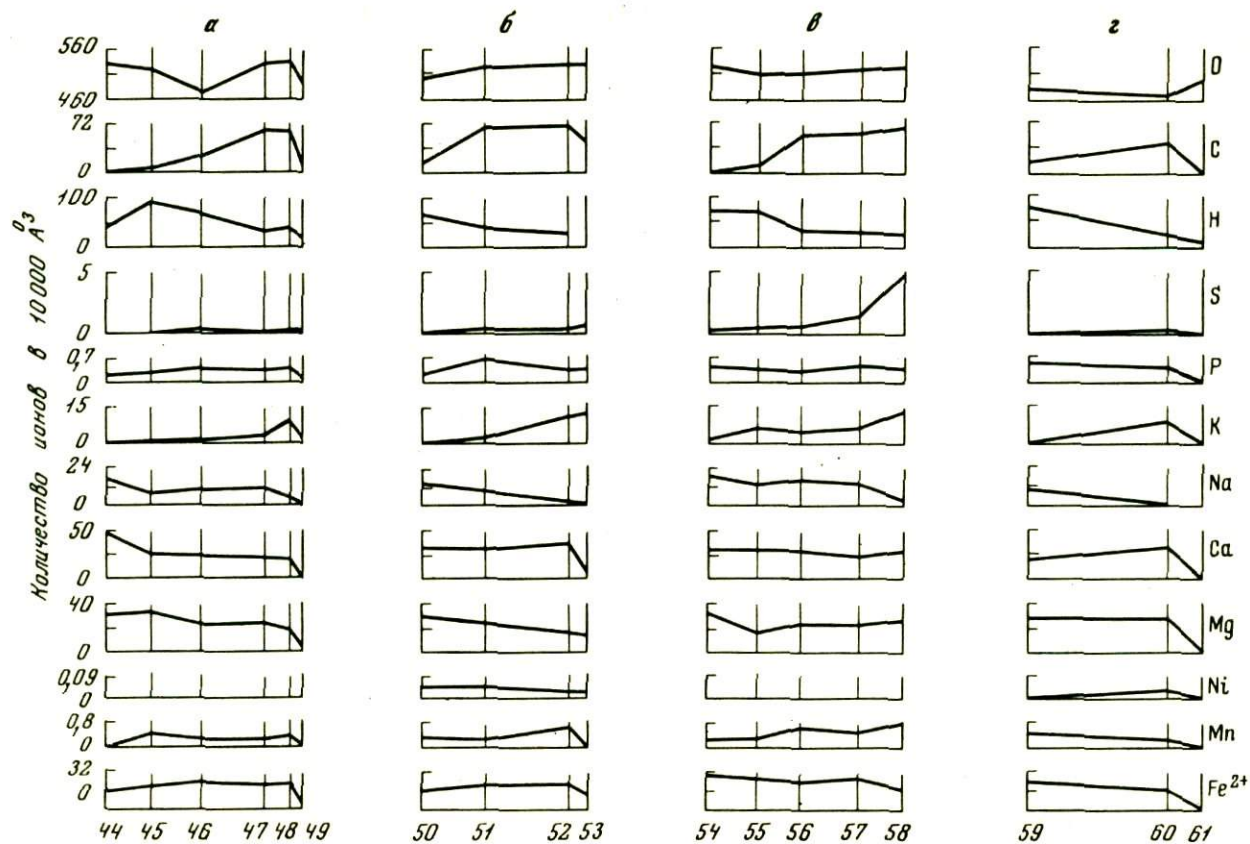
Метасоматическая колонка, возникающая при лиственитизации пропилитизированных диабазов

№ зоны	Исходная порода и метасоматит	Минеральный парагенезис	Мощность, м
0	Пропилитизированный диабаз	1. Актинолит, эпидот, хлорит, альбит, карбонат (кальцит), иногда биотит 2. Эпидот, хлорит, альбит, карбонат (кальцит), иногда биотит	Площадное распространение
1	Кварц-мусковит-альбит-хлорит-карбонатный метасоматит	Хлорит, альбит, карбонат (железистый доломит или анкерит), мусковит, кварц	1-15
2	Кварц-альбит-мусковит-карбонатный метасоматит	Альбит, карбонат (анкерит или пистомезит и анкерит), мусковит, кварц	0,5-4,0
3	Кварц-мусковит-карбонатный метасоматит	Карбонат (анкерит или сидероплезит и анкерит), мусковит, кварц	0,3-1,5

Примечание. В пропилитизированном диабазе иногда устанавливаются пироксен и уралит (реликтовые минералы), а также кварц (избыточный минерал). Сквозной минерал колонки - рутил.

альбит-мусковит-карбонатных метасоматитов (см. рис. 7, б) и в одной метасоматической колонке (Шульгинское месторождение), кроме того, - зоны кварц-мусковит-альбит-хлорит-карбонатного состава. В исходных породах, когда они контактируют непосредственно с лиственитами, наблюдается повышенная степень рассланцевания и милонитизации и нередко обнаруживается тектоническая глина.

Раньше автором (Сазонов, 1970₂) было показано, что около некоторых, как правило, рудоносных кварцевых жил (Шульгинское месторождение), секущих листвениты, иногда прослеживаются каемки осветления кварц-серицитового (рис.9), иногда с карбонатом (рис.10), реже почти монокварцевого состава.



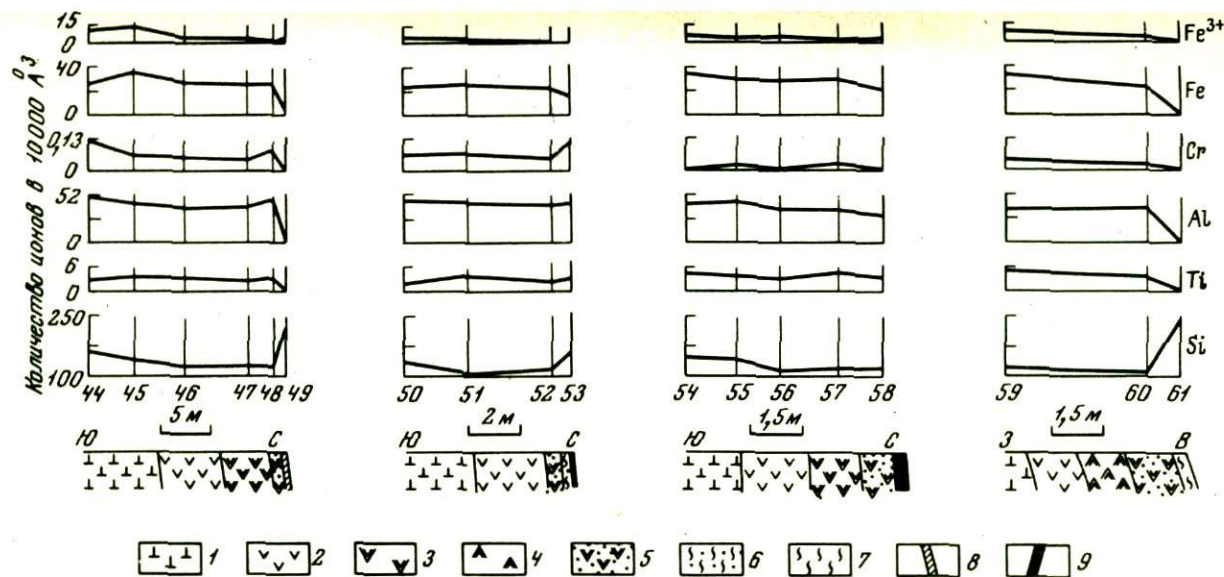


Рис. 7. Метасоматическая зональность, развивающаяся при лиственитизации пропилитизированных диабазов Шульгинского (а,б), Березовского (в) месторождений, Малоистокского (г) рудопроявления, и миграция вещества при ее возникновении

1 - диабаз пропилитизированный; 2 - кварц-мусковит-альбит-хлорит-карбонатный метасоматит; 3 - кварц-мусковит-альбит-карбонатный метасоматит; 4 - кварц-мусковит-хлорит-карбонатный метасоматит; 5 - кварц-мусковит-карбонатный метасоматит (лиственит); 6 - кварц-мусковит-карбонатный метасоматит окварцованный и серицитизированный; 7 - мусковит-кварцевый метасоматит; 8 - метасоматический кварцит; 9 - кварцевая жила. Цифры на оси абсцисс - номера образцов (см. Приложение IV)

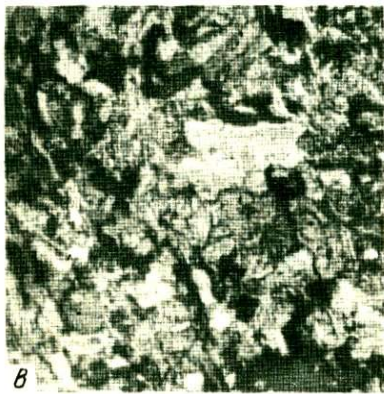
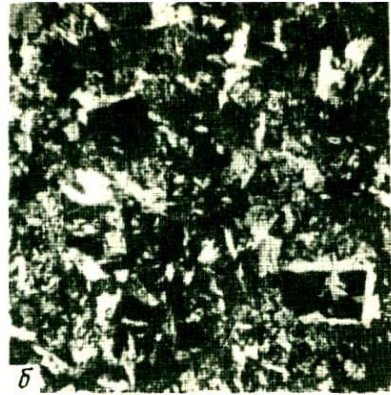
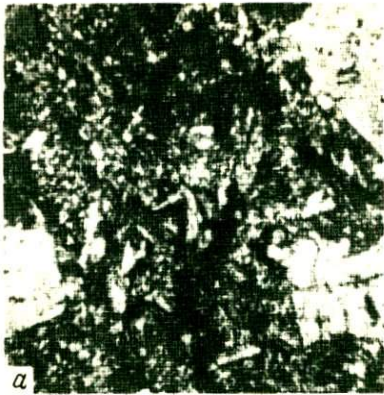
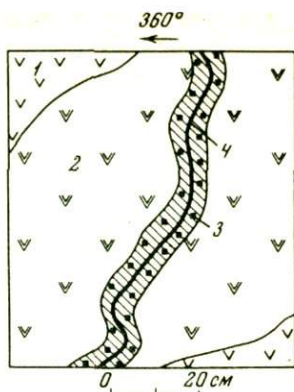


Рис. 8. Пропилитизированные диабазовые порфиры и образующиеся при их лиственитизации метасоматиты, Шульгинское, месторождение, прозр. шлиф, николи скрещены, увел. 52 (см. рис. 7)

а - обр. 44, диабазовый порфирит (плагноклаз вкрапленников и основной диабазовой массы альбитизирован и отчасти эпидотизирован, темноцветные минералы актинолитизированы и хлоритизированы); б - обр. 46, кварц-мусковит-альбит-хлорит-карбонатный метасоматит (четко видны лейсты мусковита, прямоугольные сечения пирита и темно-серый мелкозернистый агрегат хлорита, альбита, карбоната); в - обр. 47, кварц-мусковит-альбит-карбонатный метасоматит (хлорит замещен мусковитом); г - обр. 48, кварц-мусковит-карбонатный метасоматит - лиственит (альбит замещен мусковитом и кварцем)

Рис. 9. Замещение около кварцевой жилы аподиабазового лиственита кварц-мусковитовым метасоматитом. Шульгинское месторождение, зарисовка восточной стенки северного квершлага шурфа 77

1 - кварц-альбит-мусковит-карбонатный метасоматит; 2 - кварц-мусковит-карбонатный метасоматит (лиственит); 3 - кварц-мусковитовый метасоматит; 4 - кварцевая жила с пиритом



В двух метасоматических колонках Пышминского рудопоявления отсутствует зона лиственитов. Жильное выполнение в этих колонках представлено альбитом и кварцем. В тех же колонках, в которых внутренняя зона - лиственит, в жильном выполнении фиксируется кварц или кварц в парагенезисе с карбонатом.

Следует отметить, что чем больше в пропилитизированных диабазах содержится темноцветных силикатов (актинолита, эпидота, хлорита), тем легче они преобразуются в листвениты. Так, на Малоистокском рудопоявлении в одинаковых условиях аподиабазовые

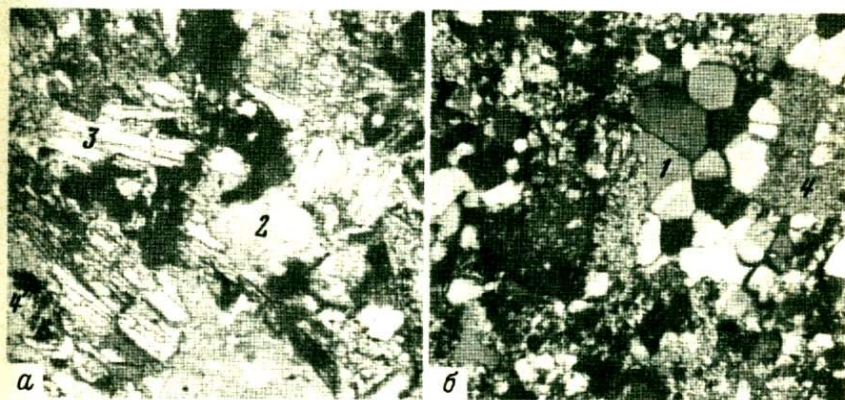


Рис. 10. Изменение структуры и состава аподиабазовых лиственитов (а) при развитии по ним кварц-серицитовых метасоматитов (б). Шульгинское месторождение, прозр. шлиф, николи скрещены, увел. 52

а - обр. 52, скв. 253, гл. 112 м; б - обр. 53, скв. 253, гл. 114 м (см. Приложение IV)

1 - кварц; 2 - карбонат; 3 - мусковит; 4 - кварц-серицитовый агрегат, развивающийся по карбонату

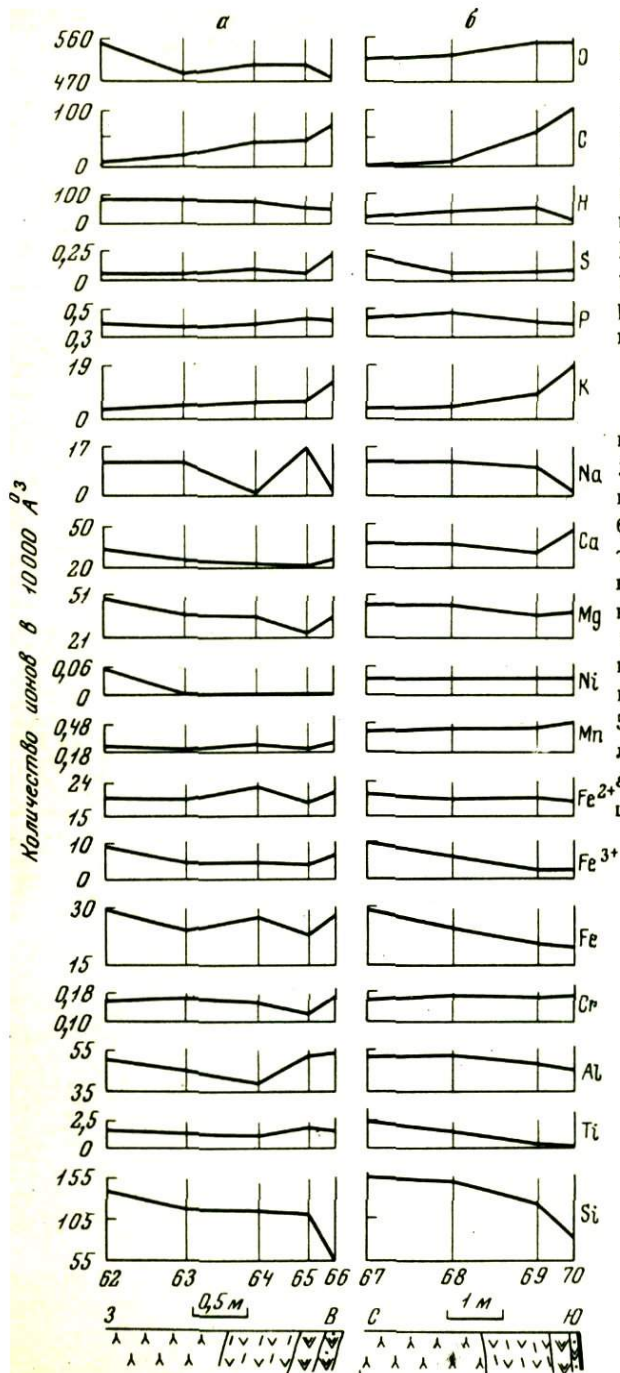


Рис. 11. Метасоматическая зональность, развивающаяся при лиственнитизации пропилитизированных пироксен-плагиоклазовых порфиров Пышминско-Ключевского (а), Березовского (б) месторождений, и миграция вещества при ее возникновении

1 - порфирит пропилитизированный;
 2 - кварц-альбит-мусковит-хлорит-карбонатный метасоматит; 3 - кварц-мусковит-альбит-карбонатный метасоматит; 4 - кварц-мусковит-карбонатный метасоматит (лиственит); 5 - кварцевая жила. Цифры на оси абсцисс - номера образцов (см. Приложение V)

- ▲ ▲ ▲ 1
- ▼ ▼ ▼ 2
- ▼ ▼ ▼ 3
- ▼ ▼ ▼ 4
- ▲ 5

пропилиты актинолит-эпидотовой и эпидот-хлоритовой фаций лиственитизированы интенсивно (во внутренней зоне отсутствуют реликты текстуры и минералов эдуктов), в то время как пропилиты хлорит-серицитовой фации по тем же породам лиственитизированы менее интенсивно (отмечаются реликты эдуктов - серицит и сланцеватая текстура). Пропилиты кварц-серицитовой фации при этом подверглись лишь незначительной карбонатизации (Сазонов, 1971).

Листвениты до пропилитизированным порфирирам известны на Березовском и Пышминско-Ключевском месторождениях (см. рис.1). Зональность лиственитизированных пород аналогична рассмотренной для колонок по пропилитизированным диабазам (рис. 11,а,б).

ЗОНАЛЬНОСТЬ БЕРЕЗИТИЗИРОВАННЫХ ПОРОД

Метасоматические колонки по пропилитизированным диорит-порфирирам. Пропилитизированные диорит-порфириды развиты главным образом в пределах Березовского месторождения (см. рис.1). Их изменение в процессе березитизации в общих чертах охарактеризовано Н.И. Бородаевским и М.Б. Бородаевской (1947).

При березитизации в диорит-порфиридах образуются две зоны метасоматитов (табл. 6; рис. 12).

В зоне пропилитизированных диорит-порфиридов наблюдался реликтовый актинолит (Бородаевский, Бородаевская, 1947). Сквозными минералами колонки являются апатит, магнетит, рутил, пирит.

Таблица 6

Метасоматическая колонка, возникающая при березитизации пропилитизированных диорит-порфиридов

№ зоны	Исходная порода и метасоматит	Минеральный парагенезис	Мощность, м
0	Пропилитизированный диорит-порфирит	Плагиоклаз (№ 10-13), биотит, хлорит, кварц, карбонат (кальцит)	2-4
1	Карбонат-кварц-альбит-мусковитовый метасоматит	Альбит (№ 0-3), мусковит, карбонат (железистый доломит), кварц	0,6-1,5
2	Карбонат-кварц-мусковитовый метасоматит (березит)	Мусковит, карбонат (анкерит), кварц	0,1-0,3

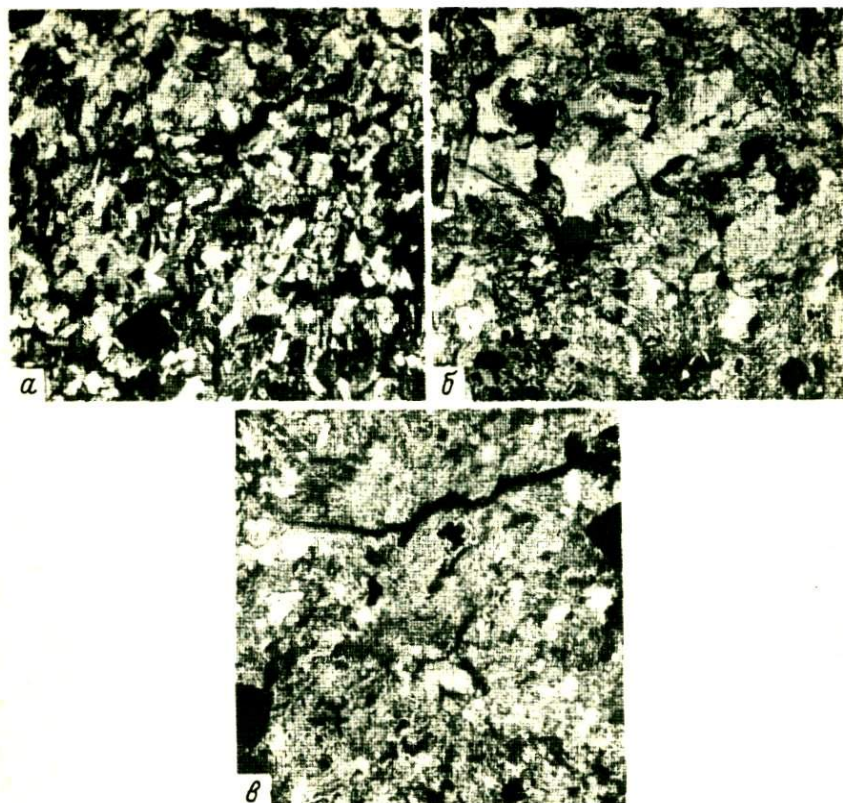


Рис. 12. Пропилитизированные диорит-порфиры и метасоматиты, образовавшиеся при их лиственитизации. Березовское месторождение, шахта 4, горизонт 220 м, прозр. шлиф, николи скрешены, увел. 55 (см. рис. 17)

а - обр. 71, диорит-порфирит сланцеватый (плагноклаз альбитизирован, темноцветные минералы хлоритизированы); б - обр. 72, карбонат-кварц-альбит-мусковитовый метасоматит (хлорит замещен мусковитом); в - обр. 73, карбонат-кварц-мусковитовый метасоматит - березит (альбит замещен мусковитом-серицитом и кварцем). В исходной породе и березите видны типичные сечения кубов пирита (черное)

Метасоматические колонки по плагногранит-, гранит-порфирам и гранитам. Дайки плагногранит-порфиров встречаются в районе почти повсеместно, но большая их часть сосредоточена в пределах Березовского и Становлянского дайковых полей (см. рис. 1). В изучавшихся автором дайках калиевый полевой шпат не был установлен, однако, судя по наличию в них шахматного альбита, можно полагать, что они содержали небольшое количество микроклина. В дайках пла-

Таблица 7

Метасоматическая колонка, возникающая при березитизации гранитпорфиров

№ зоны	Исходная порода и метасоматит	Минеральный парагенезис	Мощность, м
0	Альбитизированный гранит-порфир	Биотит, микроклин, альбит, кварц, магнетит	3-5
1	Микроклин-альбит-кварц-мусковитовый метасоматит	Микроклин, альбит, кварц, мусковит, ли-рит	0,3-1,2
2	Альбит-кварц-мусковитовый метасоматит	Альбит, кварц, мусковит, пирит	0,1-0,3
3	Кварц-мусковитовый метасоматит (березит)	Кварц, мусковит, пирит	0,02-0,1

Примечание. Сквозные минералы колонки - рутил и апатит.

гнотит-порфиров Березовского месторождения микроклин описан Н.И. Бородаевским и М.Б. Бородаевской (1947). Ими же показано, что дайки этого месторождения подверглись интенсивной доберезитовой альбитизации.

При березитизации альбитизированных плагногранит-порфиров образуются две зоны метасоматитов. Во внешней зоне биотит замещается мусковитом, как правило, через хлорит, а во внутренней - мусковит развивается по альбиту. Альбит в процессе березитизации деанортизируется. Наиболее деанортизованными (альбит №0) оказываются зерна альбита, фиксируемые иногда в качестве реликтов во внутренней зоне березитизации. Кальций, магний и железо, высвобождающиеся при разложении минералов плагногранит-порфиров, связываются в карбонат - железистый доломит.

Дайки гранит-порфиров развиты главным образом в пределах Березовского месторождения. Зональность, возникающая при их березитизации, ранее исследовалась Н.И. Бородаевским, М.Б. Бородаевской (1947), В.А. Поповым (1970), Х.Х. Лайпановым, С.Д. Шером (1971). Как правило, дайки гранит-порфиров альбитизированы. Их березитизация приводит к образованию трех зон метасоматитов (табл. 7); две из них показаны на рис. 13.

Около некоторых кварцевых жил, секущих березиты (возраст 355 млн. лет), наблюдается обогащение последних калиевой слюдой - мусковитом (возраст 220 млн. лет) и обеднение кварцем (Попов,

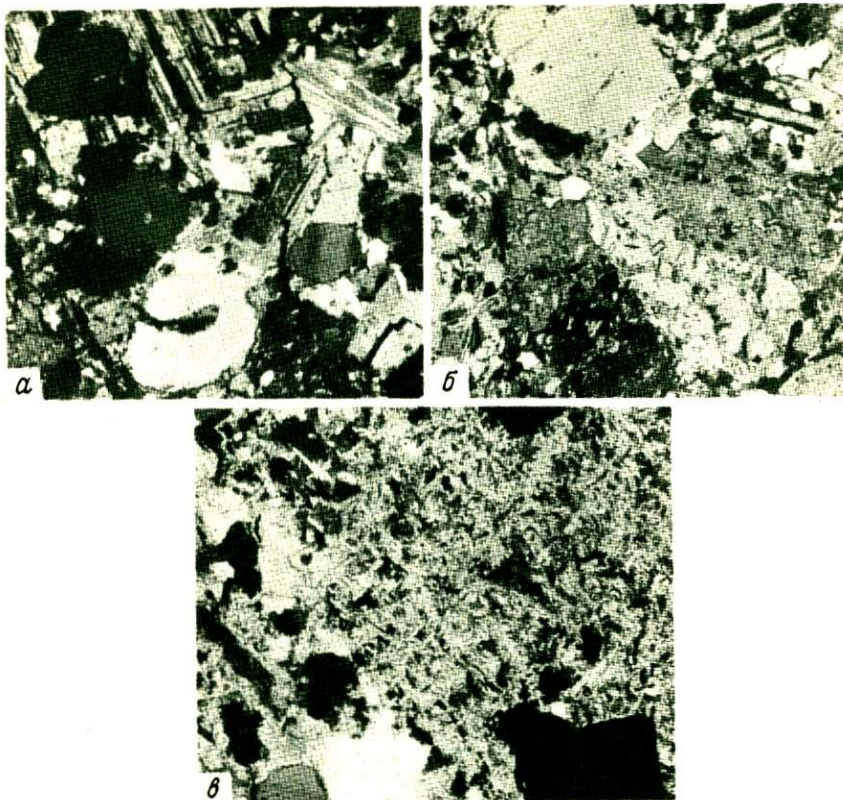


Рис. 13. Гранит-порфиры и метасоматиты, образующиеся при их березитизации. Березовское месторождение, шахта 4, горизонт 220 м, прозр. шлиф, николи скрещены, увел. 52

а - гранит-порфир (биотит, микроклин, альбитизированный плагиоклаз, кварц, рутил, магнетит); б - кварц-альбит-мусковитовый метасоматит (биотит замещен мусковитом, микролин - мусковитом и кварцем, плагиоклаз представлен альбитом № 0 - 3); в - кварц-мусковитовый (серицитовый) метасоматит - березит (альбит замещен кварц-мусковитовым агрегатом)

1970). При этом происходит смена кубических кристаллов пирита на пентагондодекаэдрические.

Березитизация гранитов (Шарташский массив) в районе изучалась А.И.Грабежевым (1970). Она протекала по схеме, резко отличной от схемы березитизации гранит-порфиров. При березитизации гранитов происходит лишь полное замещение биотита мусковитом, обычно через хлорит, уменьшение количества плагиоклаза, возрастание - кварца, серицита, и, что не характерно для березитизации

гранит-порфиров, увеличение содержания микроклина. В кварцевых жилах, залегающих в алогранитных березитах, А.И.Грабежевым (1970) также установлен микроклин — минерал, который в золото-кварцевых жилах, локализующихся в березитах по диорит-порфиристам, плагιοгранит- и гранит-порфирам, зафиксирован не был.

Следует отметить, что с усилением степени березитизации гранит-порфиров и гранитов возрастает степень деаортизации плагιοклаза. Железистость мусковита при березитизации названных пород уменьшается (Грабежев, 1970; Лайпанов, Шер, 1971). Складывается впечатление, что желтый мусковит (поздний) в березитах по гранит- и плагιοгранит-порфирам менее железистый, чем белый мусковит (ранний).

ЗОНАЛЬНОСТЬ НА КОНТАКТАХ ХИМИЧЕСКИ РАЗНОРОДНЫХ ПОРОД

В пределах района наблюдались метасоматические колонки, образовавшиеся на контактах плагιοгранит- и гранит-порфиров с серпентинитами (Пышмогорское месторождение, пос. Семь Ключей), с тальк-карбонатными породами (Березовское месторождение, Пышминское рудопоявление), с габбро (северный фланг Березовского месторождения), с диабазами (Березовское месторождение, Пышминское и Малоистокское рудопоявления), а также на контактах даек пропилитизированных альбитофиров с пропилитизированными пироксен-плагιοклазовыми порфиристами (Пышминско-Ключевское месторождение).

Дайки альбитофиров и гранитоидов представлены относительно маломощными (до 10 м) субмеридиональными, как правило, крутопадающими (около 60°) телами. Рассматриваемые колонки фиксируются не на всем протяжении даек, а лишь на участках выхода из них кварцевых жил во вмещающие породы (характерно только для даек гранитоидов), а также в местах изгибов даек как по простиранию, так и по падению, преимущественно в висячем боку.

Наиболее детально исследованы метасоматические колонки, возникшие на контакте гранит-порфиров с тальк-карбонатными породами и пропилитизированных альбитофиров с пропилитизированными пироксен-плагιοклазовыми порфиристами, представляющие собой предельные для района случаи различия по составу контактирующих исходных пород.

Метасоматические колонки на контактах гранит-порфиров с тальк-карбонатными породами. Зональность, возникающую на контактах гранит-порфиров с тальк-карбонатными породами, иллюстрирует таблица 8 и рисунки 14, 15. Часть колонки по тальк-карбонатным породам от ее части по гранит-порфирам отличается яркой зеленой окраской внутренней зоны, обусловленной равномерно рассеянными чешуйками фуксита (во внутренних зонах по гранит-порфирам слюда представлена белым мусковитом), а также резко отличным содержанием в слагающих ее метасоматитах таких пороодообразую-

Таблица 8

Метасоматическая колонка, возникающая при развитии лиственитизации и березитизации на контакте гранит-порфиров с тальк-карбонатными породами

Часть колонки	№ зоны	Исходные породы и метасоматиты	Минеральный парагенезис	Мощность, м
По гранит порфиру	0	Альбитизированный гранит-порфир	Биотит, микроклин, альбит (№ 7-9), кварц, магнетит	3-8
	1	Альбитизированный и мусковитизированный гранит-порфир	Микроклин, альбит (№ 4-6), кварц, мусковит, кальцит, пирит	0,02
	2	Альбит-кварц-мусковитовый метасоматит	Альбит (№ 0-2), мусковит, кварц, доломит, пирит	0,04
	3	Карбонат-кварц-мусковитовый метасоматит	Кварц, мусковит, анкерит, пирит	0,03
	4	Кварц-мусковит-карбонатный метасоматит	Кварц, мусковит, брейнерит, пирит	0,02
По тальк-карбонатной породе	2	Фуксит-кварц-карбонатный метасоматит	Фуксит, кварц, брейнерит, пирит	0,04
	1	Кварц-карбонатный метасоматит	Кварц, брейнерит, хромит, пирит	0,09
	0	Тальк-карбонатная порода	Тальк, железистый магнетит, хромит	Площадное распространение

Примечание. Сквозным минералом части колонки по гранит-порфирам является апатит.

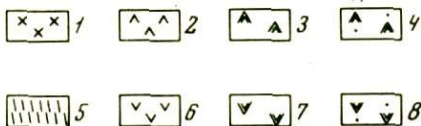
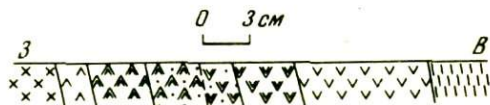
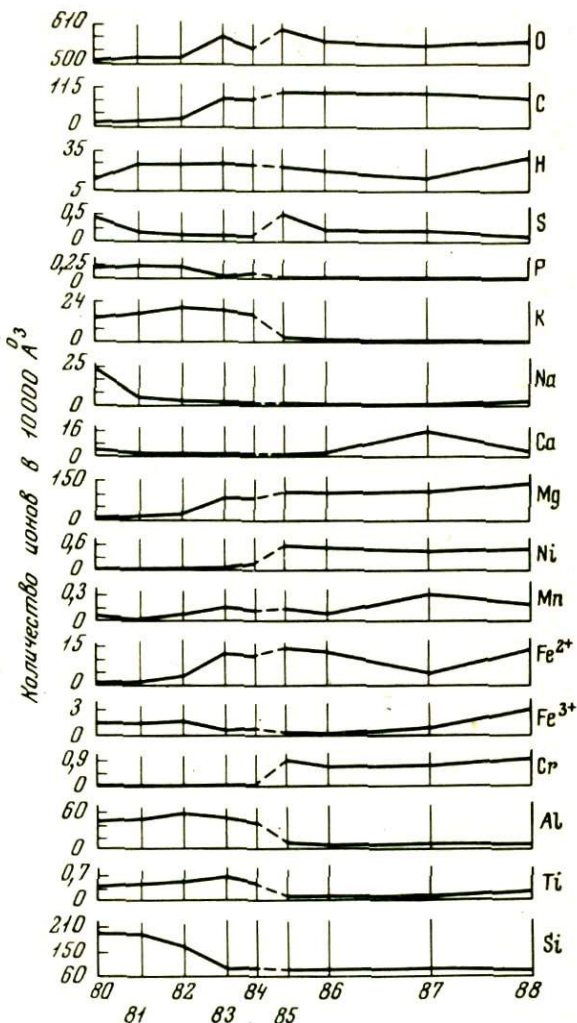
ших окислов, как TiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , NiO , K_2O , Na_2O (Приложение VII).

Общая мощность части колонки по тальк-карбонатным породам всегда больше такой части колонки по гранит-порфирам; их соотношение, как правило, превышает 0,75. При этом сравнение метасоматических колонок, отличающихся по интенсивности метасоматического замещения, показало, что в тальк-карбонатных породах при одинаковых условиях метасоматоз проявляется более интенсивно, чем в гранит-порфирах. Нередко можно наблюдать, что в пределах одной колонки тальк-карбонатные породы изменены интенсивно (во внутренней зоне реликты структуры и минералов эдуктов

Рис. 14. Метасоматическая зональность на контакте гранит-порфиров с тальк-карбонатными породами и миграция вещества при ее возникновении. Березовское месторождение, шахта 1, горизонт 218 м

1-4 - гранит-порфир и метасоматиты по нему:

1 - гранит-порфир альбитизированный и мусковитизированный, 2 - альбит-кварц-мусковитовый метасоматит, 3 - анкерит-кварц-мусковитовый метасоматит, 4 - кварц-мусковит-брейнеритовый метасоматит; 5-8 - тальк-карбонатная порода и метасоматиты по ней: 5 - тальк-карбонатная порода, 6 - кварц-тальк-карбонатный метасоматит, 7 - кварц-карбонатный метасоматит, 8 - фуксит-кварц-карбонатный метасоматит. Пунктир - первоначальный контакт между гранит-порфиром и тальк-карбонатной породой. Цифры на оси абсцисс - номера образцов (см. Приложение VII)



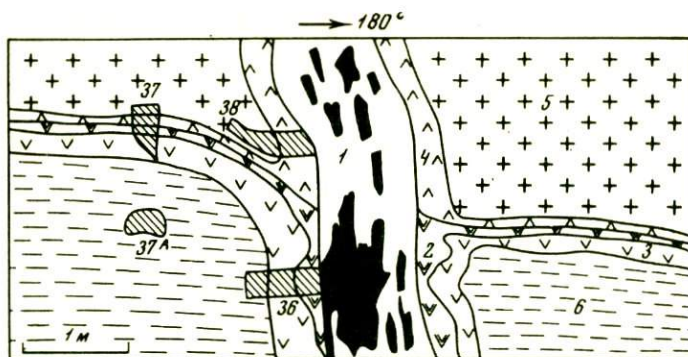


Рис. 15. Метасоматическая зональность около кварцевой жилы, секущей гранит-порфир и тальк-карбонатную породу. Березовское месторождение, шахта 1, горизонт 218 м, зарисовка очистной выработки

1 - кварцевая жила с пиритом (черное); 2 - фуксит-кварц-карбонатный метасоматит; 3 - кварц-карбонатный метасоматит; 4 - нерасчлененные метасоматиты по гранит-порфиру; 5 - гранит-порфир; 6 - тальк-карбонатная порода. Заштрихованные участки - места взятия образцов

отсутствуют), а гранит-порфиры - относительно слабо (в эдуктах фиксируется реликтовая структура, замещается только биотит или биотит и микроклин).

Метасоматические колонки на контактах пропилитизированных альбитофиринов с пропилитизированными пироксен-плагноклазовыми порфиритами. Зональность этого рода охарактеризована в табл. 9 и изображена на рис. 16. Макроскопически точно отделить часть метасоматической колонки по альбитофирам от ее части по порфиритам, как правило, невозможно. При использовании данных химического исследования метасоматитов колонок решение этого вопроса особого труда не представляет: апопорфиритовые образования от апоальбитофировых отличаются значительно более высоким содержанием углекислоты, кальция, магния, двухвалентного железа, титана и меньшим - кремния (см. рис. 16).

Исследование четырех метасоматических колонок, образовавшихся на контакте альбитофиринов с порфиритами, показало, что мощность апопорфиритовой части всех колонок существенно больше мощности их альбитофировой части; их соотношение не превышает 0,33. Интересно, что метасоматическое замещение при прочих равных условиях течения гидротермального процесса в порфиритах более интенсивно, чем в альбитофирах, т.е. рассматриваемым колонкам свойственна такая же закономерность, что и колонкам, сформировав-

Таблица 9

Метасоматическая колонка, возникающая при развитии лиственитизации и березитизации на контакте пропилитизированных альбитофиров с пропилитизированными пироксен-плагиоклазовыми порфиритами

Часть колонки	№ зоны	Исходные породы и метасоматиты	Минеральный парагенезис	Мощность, м
По альбитофиру	0	Пропилитизированный альбитофир	Эпидот, хлорит, альбит, кварц, серицит, кальцит	1,5-6,0
	1	Хлорит-серицит-кварц-альбитовый (с карбонатом) метасоматит	Хлорит, альбит, кварц, серицит, железистый доломит	1,0
	2	Серицит-кварц-альбитовый (с карбонатом) метасоматит	Альбит, кварц, серицит, анкерит	0,4
По порфиру	2	Альбит-кварц-мусковит-карбонатный метасоматит	Альбит, кварц, анкерит, мусковит, мезитит, рутил	2,1
	1	Альбит-кварц-хлорит-мусковит-карбонатный метасоматит	Хлорит, альбит, кварц, мусковит, анкерит, рутил	1,9
	0	Пропилитизированный порфирит	Эпидот, биотит, хлорит, альбит, кварц, сфен, кальцит	Десятки

Примечание. Во внутренней зоне обеих частей колонки возможен пирит.

шимся на контакте гранит-порфиров с гальк-карбонатными породами. Аналогичные закономерности проявления интенсивности метасоматизма в различных частях колонок и соотношения мощностей различных частей колонок установлены автором также при исследовании метасоматической зональности, образовавшейся на контактах пропилитизированных габбро и диабазов с дайками гранитоидов.

Заканчивая характеристику зональности лиственитизированных и березитизированных пород, следует подчеркнуть, что рассмотренные выше колонки не специфичны для Пышминско-Малоистокского района; они свойственны и многим другим районам Урала (Ракчеев, 1958; Бородаевский, 1961; Андреев, 1959). Нетрудно также заметить черты сходства зональности лиственитизированных и березитизированных пород рассматриваемого района с таковой аналогичных образований многих других регионов нашей страны: Кавказа (Плошко, 1963; Кашкай, Аллахвердиев, 1965; Саркисян, 1966; Арутюнян, 1967; Саркисян, Арутюнян, 1968 и др.), Тувы (Пинус и др.,

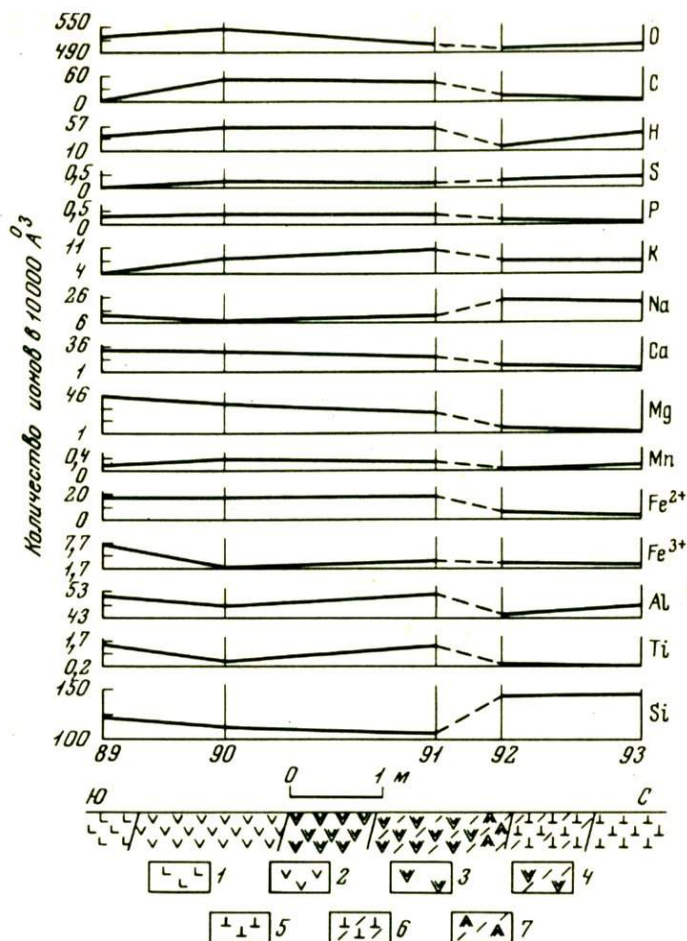


Рис. 16. Метасоматическая зональность на контакте пропилитизированных пироксен-плаггиоклазовых порфиритов и альбитофиров и миграция вещества при ее возникновении. Пышминско-Ключевское месторождение, Западно-Ключевская рудная зона, горизонт 302 м

1-4 - порфирит пропилитизированный и метасоматиты по нему: 1 - порфирит, 2 - кварц-альбит-мусковит-хлорит-карбонатный метасоматит, 3 - альбит-кварц-мусковит-карбонатный метасоматит, 4 - то же, рассланцованный; 5-7 - альбитофир пропилитизированный и метасоматиты по нему: 5 - альбитофир, 6 - хлорит-кварц-серицит-альбитовый (с карбонатом) метасоматит, 7 - серицит-кварц-альбитовый (с карбонатом) метасоматит. Пунктир - контакт между порфиритами и альбитофирами до лиственитизации и березитизации. Цифры на оси абсцисс - номера образцов (см. Приложение VIII)

1955), Алтае-Саянской области (В.А.Кузнецов и др., 1962; Бородаевский, Панова, 1958; Бородаевский и др., 1959; Рабинович, 1963; Шербань, 1971), Казахстана (Михайлов, Москалева, 1956; Бок, Покровская, 1968; Гаврикова, Ларионов, 1970; Гончаренко, 1970), Таджикистана (Лурье, 1969 и др.), Узбекистана (Хорват, 1970 и др.), Киргизии (Хорват, 1964). За рубежом аналогичные соотношения установлены различными исследователями в Новой Зеландии (Finlayson, 1909), Австралии (Junner, 1921), Канаде и США (Hurst, 1922; Cooke, 1922; Knopf, 1949; Ferguson, Gannett, 1932; Boile, 1959; Bateman, 1940; Dass, 1968), Румынии (Udubaşa, 1970) и других странах.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ПОРОД В ПРОЦЕССЕ ИХ ЛИСТВЕНИТИЗАЦИИ И БЕРЕЗИТИЗАЦИИ

Исследовано качественное и количественное изменение минерального и количественное — химического составов пород при лиственитизации и березитизации.

Качественное изменение минерального состава устанавливалось путем детального анализа под микроскопом метасоматитов различных частей метасоматических колонок, а количественное — путем сопоставления модального минерального состава эдуктов и в различной степени измененных пород. Последний рассчитывали по химическому составу пород (Приложения I—VIII) на основе эмпирических формул слагающих их минералов по методике А.И. Грабежова (1969). Изменение химического состава определяли путем сравнения количества ионов Si, Ti, Al, Cr, Fe, Mn, Ni, Mg, Ca, Na, K, P, S, H, C и O в объеме $10\ 000 \text{ \AA}^3$ исходных и измененных пород. Количество ионов рассчитывалось по методу В.А. Рудника (Казышын, Рудник, 1968), позволяющему учитывать пористость, которая при лиственитизации и березитизации не остается постоянной (Приложения I—VIII), и свести к минимуму вычислительные операции.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ПОРОД ПРИ ЛИСТВЕНИТИЗАЦИИ

Лиственитизация серпентинитов, тальк-карбонатных пород и актинолитизированных пироксенитов. Преобразование серпентинитов в листвениты без образования промежуточных зон тальк-карбонат-хлоритового и тальк-карбонатного или только тальк-карбонатного состава происходит по следующей схеме. Во внешней зоне колонок хризотил нацело замещается антигоритом, а последний в той или иной мере замещается карбонатом: магнезитом или магнезитом в ассоциации с доломитом при привносе кальция (табл.10). Высвобождающийся при этом кремнезем полностью выносится (см. рис. 2,а).

В промежуточной зоне антигорит замещается парагенезисом карбоната с тальком. Образование талька по антигориту происходит с поглощением кремнезема. Последний появляется в зоне при замещении части антигорита карбонатом, а не тальком, и отчасти привносится в нее из внешней зоны (см. рис.2,а). Во внутренней зоне тальк замещается карбонатом с выделением кремнезема, а хромит — в той или иной мере фукситом. Освобождающийся кремнезем фикси-

Таблица 10

Изменение минерального состава при непосредственном замещении серпентинитов лиственитами (Пышмогорское месторождение)

Минерал	Расстояние от кварцевой жилы, м			
	3,60(обр.1)	1,80 (обр.2)	0,40 (обр.3)	0,05(обр.4)
Серпентин	93,6	54,9	0	0
Тальк	0	2,1	14,3	0
Карбонат *	0,6	33,0	55,6	68,2
Кварц	0	0	25,0	26,2
Фуксит	0	0	0	2,2
Хромит	0,6	0,8	0,3	0,7
Магнетит	5,2	9,2	4,8	2,4
Пирит	0	0	0	0,3

* Установлены следующие разновидности карбонатов: обр.1 - железистый магнетит (1% FeCO_3); обр.2 - железистые доломит (9% FeCO_3) и магнетит (4% FeCO_3); обр.3 - брейнерит (12% FeCO_3); обр. 4 - железистый доломит (7% FeCO_3), брейнерит (13% FeCO_3).

Обр.1 - хризотилковый серпентинит - исходная порода; обр.2 - антигоритовый серпентинит оталькованный и карбонатизированный; обр.3 - серый лиственит; обр. 4 - зеленый лиственит. Здесь и далее минеральный состав приведен в вес.%.

руется внутри рассматриваемой зоны, увеличивая количество кварца, и частично выносится растворами (см. табл. 10; рис. 2, а).

Баланс миграции вещества показывает следующее: развитие внешней зоны лиственитизации по хризотилковым серпентинитам сопровождается некоторым выносом кремния, водорода, привносом углерода, фосфора, магния, кальция, железа и хрома; образование промежуточной зоны лиственитизации за счет внешней - привносом кислорода, углерода и кремния и выносом водорода, кальция, магния, железа и некоторых других элементов; формирование внутренней зоны лиственитизации по промежуточной - выносом кремния, водорода, магния, железа и привносом кислорода, углерода, калия, серы, марганца. Количество титана при лиственитизации сколько-нибудь существенно не изменяется.

Возрастание степени лиственитизации серпентинитов сопровождается увеличением не только количества карбоната, но и его железистости (см. табл. 10).

Лиственитизация серпентинитов с образованием промежуточной зоны тальк-карбонатных метасоматитов (см. рис. 2,б) протекает

Таблица 11

Изменение минерального состава при замещении серпентинитов лиственитами через промежуточную зону тальк-карбонатных метасоматитов (Пышминско-Ключевское рудное поле)

Минерал	Расстояние от кварцевой жилы, м				
	5,5 (обр. 5)	3,65 (обр. 6)	1,65 (обр. 7)	0,56 (обр. 8)	0,06 (обр. 9)
Серпентин	92,4	64,4	0	0	0
Тальк	0	15,8	35,0	2,8	0
Хлорит	0	0	0,4	1,4	0
Карбонат*	0	14,4	49,7	59,4	70,6
Кварц	0	0	11,3	33,5	22
Фуксит	0	0	0	0,6	2,8
Хромит	1,2	0,9	0,6	0,4	0,2
Магнетит	6,4	4,5	3,0	1,9	4,4
Пирит	0	0	0	0	< 0,1

* Установлены следующие разновидности карбонатов: обр. 5 - карбонаты отсутствуют; обр. 6 - железистый магнезит (2% FeCO_3); обр. 7, 8 - железистый магнезит (4% FeCO_3); обр. 9 - железистый магнезит (3% FeCO_3).

Обр. 5 - хризотилковый серпентинит - исходная порода; обр. 6 - антигоритовый серпентинит карбонатизированный и оталькованный; обр. 7 - тальк-карбонатный метасоматит; обр. 8 - серый лиственит; обр. 9 - зеленый лиственит.

следующим образом. Во внешней зоне лиственитизации хризотил антигоритизируется и развивается парагенезис талька с карбонатом. Некоторый вынос кремнезема из рассматриваемой зоны свидетельствует о том, что не весь кремнезем, выделившийся при замещении серпентина карбонатом, мог связываться в тальке, развивающемся, как и карбонат, по серпентину (табл. 11; см. рис. 2,б). В зоне тальк-карбонатных метасоматитов антигорит полностью замещается тальком и карбонатом. Весь избыточный кремнезем, образующийся при этом, и некоторое количество привнесенного кремнезема связывается внутри зоны в виде кварца. Для зоны кварц-карбонатных метасоматитов характерно почти полное замещение талька карбонатом. Выделяющийся при этом кремнезем совместно с кремнеземом, привносимым растворами, кристаллизуется в зоне в виде кварца. Особенностью этой зоны является развитие хлорита в виде маломощных (доли миллиметра) каемок вокруг зерен хромита и по трещинкам в

последних. В зоне зеленых лиственитов тальк полностью замещается карбонатом, по хлориту и отчасти по хромиту развивается фуксит. Судя по балансу миграции вещества (см. рис. 2, б), образование внешней зоны колонки по серпентинитам происходит с выносом кремния, водорода, железа, хрома, никеля, алюминия и привносом углерода и магния; замещение карбонатизированных и оталькованных серпентинитом тальк-карбонатными метасоматитами – с привносом кремния и углерода и выносом кислорода, водорода, фосфора, магния, железа и хрома; развитие по тальк-карбонатным метасоматитам кварц-карбонатных метасоматитов – с привносом кремния, углерода, кислорода, натрия и выносом водорода, магния, железа, хрома; формирование по серым лиственитам зеленых лиственитов – с выносом кремния, кислорода, водорода, хрома, титана и привносом углерода, калия, магния, марганца, серы. Железо в процессе лиственитизации незначительно выносится. При этом окисное железо частью восстанавливается до закисного и связывается главным образом в карбонате, количество которого резко увеличивается с возрастанием степени лиственитизации серпентинитов. Железистость карбоната в колонке по мере продвижения к кварцевой жиле сначала незначительно повышается, а затем – несколько понижается (см. табл. 11).

Перерождение серпентинитов в листвениты через тальк-карбонат-хлоритовые и тальк-карбонатные метасоматиты имеет некоторые особенности. Во внешней зоне, как обычно, хризотилитовые серпентиниты антигоритизируются, несколько карбонатизируются и отальковываются (табл. 12).

В зоне тальк-карбонат-хлоритовых метасоматитов антигорит интенсивно, практически нацело, замещается хлоритом, представленным переходной между клинохлор-пеннином и корундофиллитом разностью (см. табл. 28, № 1). При развитии тальк-карбонатных метасоматитов хлорит почти полностью замещается парагенезисом талька с карбонатом. Более интенсивная лиственитизация (образование серых и зеленых лиственитов) заключается в замещении талька карбонатом, фиксировании в метасоматитах кремнезема, высвобождающегося при этом, и в развитии во внутренней зоне лиственитизации (в зеленых лиственитах) фуксита по хромиту и хлориту (см. табл. 12). Железистость карбоната по мере возрастания интенсивности лиственитизации увеличивается (см. табл. 12; Приложение IX, колонка 1). Из баланса миграции вещества при лиственитизации серпентинитов (см. рис. 2, в) следует: замещение антигоритовых серпентинитов тальк-карбонат-хлоритовыми метасоматитами происходит в условиях привноса алюминия, железа, марганца, кальция, углерода, титана и выноса кремния, никеля, магния, фосфора и водорода; развитие по тальк-карбонат-хлоритовым метасоматитам тальк-карбонатных метасоматитов – в условиях привноса кислорода, углерода, никеля, хрома, кремния и выноса водорода, фосфора, кальция, железа, алюминия и титана; образование по тальк-карбонатным метасоматитам кварц-карбонатных и по последним фуксит-кварц-карбонатных метасоматитов – в условиях выноса кремния, водорода, кальция и привноса

Таблица 12

Изменение минерального состава при замещении серпентинитов лиственитами через промежуточные зоны тальк-карбонат-хлоритовых и тальк-карбонатных метасоматитов (Березовское месторождение)

Минерал	Расстояние от кварцевой жилы, м				
	0,80 (обр.10)	0,65 (обр.11)	0,30 (обр.12)	0,08 (обр.13)	0,02 (обр.14)
Серпентин	66,9	0	0	0	0
Тальк	20,4	9,6	55,1	29,1	0
Хлорит	0	64,8	1,3	0,6	0
Фуксит	0	0	0	0	2,4
Карбонат*	8,0	25,2	32,3	46,3	67,9
Кварц	0	0	10,1	19,3	27,0
Хромит	0,1	0,4	0,4	0,7	0
Магнетит	4,6	0	0,8	4,0	2,1
Пирит	0	0	0	0	0,6

* Установлены следующие разновидности карбонатов: обр.10 - чистые магнезит и доломит; обр. 11 - железистые доломит (4% FeCO_3), магнезит (3% FeCO_3); обр. 12 - железистый доломит (3% FeCO_3), брейнерит (9% FeCO_3); обр.13 - железистый доломит (2% FeCO_3), брейнерит (8% FeCO_3); обр. 14 - железистый доломит (5% FeCO_3), брейнерит (10% FeCO_3).

Обр. 10 - антигоритовый серпентинит, оталькованный и карбонатизированный; обр. 11 - тальк-карбонат-хлоритовый метасоматит; обр. 12 - тальк-карбонатный метасоматит; обр. 13 - серый лиственит (с тальком); 14 - зеленый лиственит; исходная порода - хризотилловый серпентинит (хризотил - 97%, магнетит, хромит, иногда брусит).

углерода, кислорода, серы, магния, марганца и железа. Во внутренней зоне метасоматитов часть окисного железа восстанавливается до закисного.

При лиственитизации актинолитизированных пироксенитов во внешней зоне происходит замещение актинолита, реликтов уралитизированного пироксена и части биотита хлоритом и преимущественно последнего минерала - карбонатом (табл.13). Кремнезем, высвобождающийся при этом, полностью остается на месте, выделяясь в виде кварца. Переход к зеленым лиственитам характеризуется полным замещением хлорита карбонатом, хромита и существенной части

биотита—фукситом. Развитие карбоната по хлориту приводит к образованию свободного кремнезема. Последний в основной массе остается внутри зоны, кристаллизуясь в виде кварца; лишь некоторое количество кремнезема выносятся растворами (см. рис.2,г). При развитии по актинолитизированным пироксенитам хлорит-карбонатных метасоматитов привносятся кислород, углерод, сера, магний, никель, хром и выносятся алюминий, кальций, натрий, калий, водород, титан; при замещении последних метасоматитов зелеными лиственитами привносятся кислород, углерод, сера, калий, кальций, никель, марганец, алюминий, титан и выносятся кремний, хром, железо, магний, натрий, водород (см.рис.2,г).

В актинолитизированных пироксенитах карбонат представлен кальцитом, а в зонах лиственитизации — парагенезисом брейнерита с доломитом. Железистость как брейнерита, так и доломита возрастает по мере увеличения степени лиственитизации рассматриваемых пород (см. табл.13).

При лиственитизации тальк-карбонатных пород происходят такие же минеральные и химические преобразования, как и при развитии

Таблица 13

Изменение минерального состава актинолитизированных пироксенитов при лиственитизации (Пышминско-Ключевское месторождение)

Минерал	Расстояние от осевой продольной плоскости тела метасоматитов, м		
	3,00 (обр.15)	1,35(обр.16)	0,02(обр.17)
Актинолит	28,6	0	0
Биотит флогопитизированный	28,1	2,6	0
Хлорит	28,7	16,1	0
Фуксит	0	0	9,0
Карбонат *	12,1	45,7	60,3
Кварц	2,3	32,9	29,4
Хромит	0,2	1,3	0
Магнетит	0	1,2	0,2
Пирит	0	0,2	0

* Установлены следующие разновидности карбоната: обр.15—кальцит; обр.16—брейнерит (13% $FeCO_3$), железистый доломит (4% $FeCO_3$); обр.17—брейнерит (15% $FeCO_3$), железистый доломит (5% $FeCO_3$).

Обр.15 — актинолитизированный пироксенит—исходная порода; обр.16 — карбонат-хлоритовый метасоматит; обр.17 — зеленый лиственит.

Таблица 14

Изменение состава тальк-карбонатных пород при лиственитизации

Минерал	Расстояние от кварцевой жилы, м			
	разрез 1			
	0,30 (обр.18)	0,18 (обр.19)	0,07 (обр.20)	0,02 (обр.21)
Серпентин	0	0	0	0
Тальк	50,3	6,9	0	0
Хлорит	0	1,0	0	0
Фуксит	0	0,3	5,6	0,7
Карбонат *	41,0	45,3	51,5	65,0
Кварц	5,5	44,0	40,9	29,3
Хромит	0,8	0,3	0	0,6
Магнетит	2,3	2,1	1,9	4,0
Пирит	0,1	0,1	0,1	0,4

* Установлены следующие разновидности карбоната: обр.18 - железистый магнезит-брейнерит (3,5-6,0% FeCO_3); обр.19 - железистый магнезит (4% FeCO_3); обр.20,23,24 - брейнерит (6% FeCO_3); обр.21 - железистый магнезит (4,5% FeCO_3); обр.22 - железистый магнезит (около 5% FeCO_3); обр.25 - брейнерит (7% FeCO_3); обр.26 - железистый доломит (4% FeCO_3); обр.27 - железистый доломит (4% FeCO_3), брейнерит (6% FeCO_3); обр.28 - железистый доломит (5% FeCO_3), брейнерит (11% FeCO_3).

названного процесса в серпентинитах в интервале от тальк-карбонатных метасоматитов до кварцевой жилы. Характерной чертой перерождения тальк-карбонатных пород в листвениты является замещение талька карбонатом ряда магнезит - брейнерит с фиксированием части кремнезема, высвобождающегося при этом в составе лиственитов в виде кварца (табл. 14). Изменение химического состава тальк-карбонатных пород при лиственитизации иллюстрируют рис. 2, д, е, ж (см. также Приложение III). Железистость карбоната с возрастанием степени лиственитизации увеличивается.

Более позднее замещение зеленых лиственитов желтыми лиственитами заключается в замещении части кварца и фуксита карбонатом (см. табл. 14). Это сопровождается выносом кремния, титана, алюминия, никеля, калия, водорода и привнесом кислорода, углерода, серы, фосфора, натрия, кальция, магния, марганца, железа и хрома. Карбонат становится менее железистым (см. табл. 14, разрез 1).

Лиственитизация прожилитизированных габбро, диабазов и пироксен-плагноклазовых порфиритов. При лиственитизации габбро во внешней зоне колонок актинолит (иногда уралит) замещается более низ-

Расстояние от кварцевой жилы, м

разрез 2				разрез 3		
0,13 (обр.22)	0,09 (обр.23)	0,05 (обр.24)	0,01 (обр.25)	2,10 (обр.26)	0,60 (обр.27)	0,10 (обр.28)
0	0	0	0	16,0	0	0
36,8	25,8	10,4	0	44,9	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0,5	2,7	0	1,4	4,2
47,7	52,7	59,4	67,1	35,6	63,5	61,1
11,2	17,1	26,5	25,1	0	30,3	29,2
0,5	0,2	0,4	1,5	0,5	0,6	0,3
3,8	4,2	2,8	3,5	3,0	4,2	0
0	0	0	0,1	0	0	5,2

Разрез 1 - Березовское месторождение; разрезы 2 и 3 - Пышминское рудопоявление. Обр. 18,22 - тальк-карбонатная (исходная) порода; обр.26 - тальк-карбонатная (с серпентином) порода - эдукт; обр.19,23,27 - серый лиственит; обр.20,24,25,28 - зеленый лиственит; обр.21 - желтый лиственит.

котемпературными минералами: хлоритом, кальцитом и карбонатом ряда доломит - анкерит. Происходит деанортизация плагиоклаза - плагиоклаз в пропилитизированных габбро представлен, как правило, альбитом и лишь иногда олигоклаз-андезином (до № 35), - сопровождающаяся обычно частичным замещением его серицитом (табл. 15). При названном минеральном преобразовании габбро выделяется значительное количество свободного кремнезема. Существенная часть последнего кристаллизуется в рассматриваемой зоне лиственитизации, а незначительная - выносится растворами (см.рис.4). Во внутренней зоне метасоматических колоннок альбит и хлорит замещаются парагенезисом карбоната с мусковитом (и фукситом), карбоната с парагонитом или карбоната с парагонитом и мусковитом (см. табл.15). Кварц в ней, очевидно, частично растворяется, обуславливая потребность в кремнеземе при формировании слюд и частичный вынос его за пределы зоны.

В некоторых метасоматических колонках выделяется промежуточная зона метасоматитов кварц-мусковит-альбит-карбонатного состава, развивающаяся за счет внешней зоны путем замещения хлорита

Таблица 15

Изменение минерального состава пропилитизированных габбро при цитовыми метасоматитами

Минерал	Расстояние от кварцевой жилы, м					
	разрез 1					
	0,80 (обр.29)	0,60 (обр.30)	0,45 (обр.31)	0,35 (обр.32)	0,15 (обр.33)	0,03 (обр.34)
Амфибол	17,9	0	0	0	0	0
Эпидот	22,9	0	0	0	0	0
Хлорит	38,3	30,1	22,4	17,3	0	0
Альбит	14,5	24,5	27,7	16,6	0	0
Мусковит (серицит)	0,8	2,1	1,6	12,0	32,6	52,9
Фуксит	0	0	0	0	2,0	0
Парагонит	0	0	0	0	0	0
Карбонат *	2,3	24,4	28,5	33,6	49,5	0
Кварц	1,2	14,2	17,2	19,3	14,0	47,0
Сфен	0	0	0	0	0	0
Рутил	1,0	1,2	1,1	0,8	0,1	0
Апатит	0,1	0,2	0,2	0	0	0,1
Магнетит	1,00	3,3	1,3	0,4	1,8	0
Пирит	0	0	0	0	0	0

* Установлены следующие разновидности карбонатов: обр.29,35, 40 - кальцит; обр. 30, 36, 41 - кальцит, железистый доломит (4% $FeCO_3$); обр. 31, 32, 43 - кальцит, анкерит (11% $FeCO_3$); обр. 33 - железистый доломит (около 10% $FeCO_3$), мезитит (30% $FeCO_3$); обр.37,42 - кальцит, железистый доломит (5% $FeCO_3$).

Разрез 1 - Шульгинское месторождение, разрез 2 - Березовское месторождение, разрез 3 - Пышминско-Ключевское месторождение. Обр. 29,35,40 - пропилитизированное габбро - исходная порода; обр.30-32,36,41,42 - кварц-мусковит-альбит-хло-

парагенезисом карбоната ряда доломит - анкерит с мусковитом.

Для миграции вещества, происходящей при лиственитизации габбро, характерно следующее. В одних колонках, во внутренних зонах которых содержится мусковит с фукситом или мусковит, отмечается значительный привнос калия и вынос натрия (см.рис. 4,а,в). В других колонках, внутренние зоны которых наряду с мусковитом содержат парагонит или только парагонит, происходит главным об-

Расстояние от кварцевой жилы, м

разрез 2			разрез 3			
10,00 (обр.35)	4,00 (обр.36)	0,60 (обр.37)	5,70 (обр.40)	3,70 (обр.41)	1,70 (обр.42)	0,15 (обр.43)
18,6	0	0	21,3	0	0	0
20,6	0	0	43,5	0	0	0
43,6	65,1	0	13,7	31,3	20,4	0
12,8	7,0	0	4,3	2,8	11,8	0
0	1,0	0	0,8	1,8	29,0	23,4
0	0	0	0	0	0	0
0	0	58,0	0	0	0	31,2
1,7	17,9	34,4	3,3	38,9	30,1	35,6
2,3	8,9	7,0	12,3	25,0	8,5	7,2
0,3	0	0	0,4	0	0	0
0	0,1	0,1	0	0,2	0	0,1
0,1	0	0	0	0	0	0
0	0	0,5	0,4	0	0,2	0
0	0	0	0	0	0	2,5

рит-карбонатный метасоматит; обр.33 - кварц-мусковит-карбонатный метасоматит (лиственит); обр.34 - кварц-серицитовый метасоматит по листвениту; обр.37 - кварц-парагонит-карбонатный метасоматит (лиственит); обр.43 - кварц-мусковит-парагонит-карбонатный метасоматит (лиственит). В обр. 29,35,40 количество апатита и карбоната подсчитано на основе данных химического анализа, содержание остальных минералов определено в прозрачных шлифах под микроскопом (объемн.% переведены в вес.%).

разом привнос натрия. Иногда совместно с натрием привносится калий (см.рис.4,б,г). Калий и натрий идут на образование слюд: мусковита, фуксита, парагонита. Обычно лиственитизация приводит к выносу алюминия из внешней зоны колонок (разлагаются альбит, хлорит) и переотложению его во внутренней и промежуточной зонах (образуются слюды). Характеризуя поведение других элементов в процессе лиственитизации пропилитизированных габбро, необходимо отметить, что возрастание степени лиственитизации сопровождается

Таблица 16

Изменение минерального состава пропилитизированных диабазов при лиственитизации кварцевыми метасоматитами

Минерал	Расстояние от кварцевой жилы, м							
	разрез 1						разрез 2	
	19,50 (обр. 44)	15,00 (обр. 45)	10,00 (обр. 46)	3,75 (обр. 47)	0,60 (обр. 48)	0,15 (обр. 49)	6,25 (обр. 50)	3,95 (обр. 51)
Амфибол	57,4	0	0	0	0	0	0	0
Эпидот	20,7	25,4	0	0	0	0	17,4	0
Биотит	0	0	0	0	0	0	0	0
Хлорит	4,8	35,2	30,5	0	0	0	35,0	37,2
Альбит	10,4	13,3	23,5	22,4	8,6	0	27,3	17,0
Мусковит (серпичит)	0	0,5	1,1	23,2	34,8	0,6	0	4,8
Карбонат*	1,6	5,6	21,9	36,1	34,4	0	9,4	26,3
Кварц	3,2	17,6	18,9	14,5	19,1	96,1	7,6	10,7
Сфен	0	0	0	0	0	0	2,9	0
Рутил	1,7	1,6	1,7	0,9	0,9	0	0	1,8
Апатит	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0	0,3	0,7
Магнетит	0	0,6	1,9	2,6	1,8	0	0	1,4
Пирит	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0,1
Гидроокислы железа	0	0	0	0	0	3,3	0	0

* Установлены следующие разновидности карбонатов: обр. 44, 45, 50, 54, 55, 59 - кальцит; обр. 46 - кальцит, анкерит (16% FeCO_3); обр. 47 - кальцит, пистомезит (62% FeCO_3); обр. 48 - кальцит, сидероплезит (76% FeCO_3); обр. 51 - кальцит, железистый доломит (9% FeCO_3); обр. 52, 56 - кальцит, анкерит (18% FeCO_3); обр. 53 - анкерит (26% FeCO_3); обр. 57 - кальцит, анкерит (22% FeCO_3), сидероплезит (88% FeCO_3); обр. 58 - кальцит, анкерит (21% FeCO_3), сидероплезит (84% FeCO_3); обр. 60 - анкерит (17% FeCO_3).

Разрезы 1, 2 - Шульгинское месторождение, разрез 3 - Березовское мес-

выносом кремния, титана, железа, как правило, марганца и водорода и привносом кислорода, углерода, серы. Такие элементы, как фосфор, кальций, магний, никель и хром, в различных колонках ведут себя по-разному: в одних случаях - выносятся, в других - привносятся, в третьих - выносятся во внешней и привносятся во внутренней зонах метасоматитов (см. рис. 4).

В пропилитизированных габбро карбонат представлен кальцитом (см. табл. 15). По мере возрастания интенсивности лиственитизации в составе метасоматитов, кроме кальцита, сначала появляется карбонат ряда доломит - анкерит (внешняя и промежуточная зоны

Расстояние от кварцевой жилы, м

разрез 2		разрез 3					разрез 4		
0,65 (обр. 52)	0,05 (обр. 53)	7,80 (обр. 54)	5,80 (обр. 55)	4,10 (обр. 56)	1,80 (обр. 57)	0,30 (обр. 58)	6,80 (обр. 59)	0,60 (обр. 60)	0,20 (обр. 61)
0	0	35,8	0	0	0	0	0	0	0
0	0	31,9	23,9	0	0	0	4,8	0	0
0	0	0	12,3	0	0	0	0	0	0
0	0	7,5	13,0	4,8	0	0	42,5	0	0
0	0	9,5	22,6	27,6	22,8	0	19,8	0	0
29,5	33,3	0	6,1	13,4	17,1	32,4	0,2	26,2	3,8
42,2	27,6	0,7	6,9	35,7	37,4	36,1	9,7	41,6	0
26,0	36,5	12,9	13,6	14,1	18,9	26,5	17,8	27,6	95,1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,7	0,9	1,3	1,2	1,4	2,0	1,1	2,4	1,2	0
0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	3,0	1,0
1,2	1,2	0	0	2,5	1,0	1,8	2,2	0,3	0
0,1	0,2	0	0,1	0,1	0,4	1,7	0	0,1	0,1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

торожение, разрез 4 - Малоистокское рудопроявление. Обр.44,45,50,54, 55,59 - диабаз пропилизитизированный - исходная порода; обр. 46,51,56 - кварц-мусковит-альбит-хлорит-карбонатный метасоматит; обр. 47,57- кварц-мусковит-альбит-карбонатный метасоматит; обр. 48,52,58,60 - кварц-мусковит-карбонатный метасоматит (лиственит); обр. 49,61 - существенно кварцевый метасоматит; обр. 53 - серицитизированный и окварцованный лиственит. В обр. 44,54 количество кальшита и апатита подсчитано по данным их химических анализов, содержание остальных минералов определено в прозрачных шлифах под микроскопом (объемн.% переведены в вес.%).

колонок), затем карбонат ряда магнезит - мезитит (внутренняя зона колонок). Железистость карбонатов обоих рядов возрастает по мере приближения к внутренней зоне колонок (см. табл. 15; Приложение IX, колонка 2). Парагонит в лиственитах ассоциирует с менее железистым карбонатом, чем мусковит или фуксит.

Развитие по алогаббровым лиственитам более поздних кварц-серицитовых метасоматитов заключается в замещении карбоната агрегатом кварца и серицита (см. рис. 6; табл. 15, разрез 1). При этом происходит существенный привнос кремния, алюминия, калия,

Таблица 17

Изменение минерального состава пропилитизированных пироксен-

Минерал	Расстояние от кварцевой жилы, м		
	разрез 1		
	2,20 (обр.62)	1,40 (обр.63)	1,25 (обр.64)
Амфибол	18,3	0	0
Эпидот	37,4	0	0
Биотит	6,3	9,5	0
Хлорит	22,6	37,0	28,3
Альбит	5,9	20,7	1,7
Мусковит (се- рицит)	0,3	7,3	18,9
Карбонат*	3,4	13,2	25,1
Кварц	3,8	10,1	23,7
Сфен	0	0	0
Рутил	0,7	0,2	0,4
Апатит	0,4	0,4	0,4
Магнетит	0,9	1,6	1,5
Пирит	0	0	0

* Установлены следующие разновидности карбонатов: обр.62,63, 67,68 - кальцит; обр.64 - кальцит, анкерит (14% FeCO_3); обр. 65 - кальцит, анкерит (20% FeCO_3), листомезит (51% FeCO_3); обр.66 - железистый доломит (9% FeCO_3), анкерит (21% FeCO_3), листомезит (55% FeCO_3); обр. 69 - кальцит, анкерит (11% FeCO_3); обр.70 - кальцит, анкерит (15% FeCO_3), листомезит (52% FeCO_3).

фосфора и вынос кислорода, углерода, водорода, серы, натрия, кальция, магния, никеля, марганца, железа, хрома и титана (см. рис. 4,а).

Лиственитизация пропилитизированных диабазов уже во внешней зоне приводит к замещению относительно высокотемпературных минералов: эпидота, актинолита и биотита парагенезисом карбоната ряда доломит - анкерит с хлоритом. При этом отмечается деанортитизация альбита, содержание которого в этой зоне, по сравнению с пропилитизированными диабазами, как правило, возрастает. Образуется некоторое количество мусковита (серицита). В промежу-

Расстояние от кварцевой жилы, м					
разрез 1		разрез 2			
0,35 (обр.65)	0,07 (обр.66)	3,75 (обр.67)	2,25 (обр.68)	0,75 (обр.69)	0,10 (обр.70)
0	0	43,2	33,2	0	0
0	0	34,0	36,1	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	7,8	12,3	20,0	0
28,3	0	11,2	11,4	8,0	0
21,7	43,2	0	0	23,4	38,2
30,2	41,7	0,3	2,9	29,2	50,2
16,5	10,5	2,3	2,6	18,8	10,6
0	0	0,8	1,1	0	0
0,7	0,5	0	0	0	0
0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
2,2	3,6	0	0	0,2	0,6
0	0,1	0	0	0	0

Разрез 1 - Пышминско-Ключевское месторождение, разрез 2 - Березовское месторождение. Обр. 62,63,67,68 - пропилитизированный порфирит - исходная порода; обр. 64,69 - кварц-альбит-мусковит-хлорит-карбонатный метасоматит; обр. 65 - кварц-мусковит-альбит-карбонатный метасоматит; обр. 66,70 - кварц-мусковит-карбонатный метасоматит (лиственит). В обр. 62,67,68 количество апатита и кальцита подсчитано по данным химического анализа, содержание остальных минералов определено в шлифах под микроскопом (объемн.% переведены в вес.%).

точной зоне лиственитизации по хлориту развиваются карбонат и мусковит. Количество кварца обычно увеличивается, альбита - несколько уменьшается (табл. 16). Во внутренней зоне лиственитизации альбит замещается мусковитом. Это приводит к высвобождению излишнего кремнезема; последний в большинстве метасоматических колонок почти полностью кристаллизуется в виде кварца внутри зоны.

Исследование показало, что слюда в метасоматитах, образующихся при лиственитизации пропилитизированных диабазов, представлена калиевой разностью.

В колонках без промежуточной зоны хлорит и альбит замещаются ассоциацией карбоната с мусковитом. Существенная часть кремнезема, выделяющегося при этом, связывается в зоне в виде кварца, незначительное его количество выносится.

В некоторых колонках в промежуточной зоне наблюдается замещение альбита хлоритом, мусковитом и карбонатом — относительно редкий случай. Почти весь кремнезем, возникающий при таком минеральном преобразовании, кристаллизуется внутри зоны в виде кварца.

Для всех метасоматических колонок, возникающих при лиственитизации пропилитизированных диабазов, характерно резкое возрастание железистости карбоната по направлению от внешних зон изменения к внутренним (см. табл. 16; Приложение IX, колонка 3). Заметно увеличивается она и при развитии по лиственитам кварц-серицитовых метасоматитов.

При преобразовании пропилитизированных диабазов в листвениты происходит привнос углерода, серы, калия и вынос кремния, железа, магния, натрия, водорода. Фосфор, никель, марганец, хром и титан остаются неподвижными или мигрируют незначительно. Такие элементы, как кислород и кальций, ведут себя по-разному: привносятся в одних колонках, выносятся в других или выносятся во внешней и промежуточной зонах и привносятся во внутренней зоне третьей группы колонок (см. рис. 7).

При замещении аподиабазовых лиственитов кварц-серицитовыми метасоматитами привносятся сера, калий, хром, титан, алюминий, кремний и выносятся углерод, водород, натрий, кальций, магний, никель, марганец и железо. При замещении названных лиственитов существенно кварцевыми метасоматитами (гидротермальными кварцитами) в значительном количестве привносится кремний, в небольшом — кислород; остальные элементы почти полностью выносятся (см. рис. 7, а, г).

Минеральные преобразования при лиственитизации порфиритов происходят по схеме, близкой к рассмотренной для случаев перерождения в листвениты диабазов. Во внешней зоне колонок по порфиритам наблюдается замещение актинолита, эпидота и биотита хлоритом и карбонатом. Отмечаются деанортизация альбита и частичное замещение его серицитом. Существенная часть высвобождающегося при этом кремнезема фиксируется внутри зоны в виде кварца, незначительное количество его выносится. В промежуточной зоне колонки хлорит замещается парагенезисом карбоната с мусковитом. Возникающий при этом дефицит кремнезема компенсируется частичным переводом в раствор кварца, соответственно количество последнего в зоне уменьшается (табл. 17). Во внутренней зоне колонки альбит нацело замещается мусковитом. Отмечается существенное увеличение количества мусковита и карбоната и уменьшение содержания кварца.

В изученных метасоматических колонках железистость хлоритов с возрастанием степени пропилитизации увеличивается. Для пере-

рождения пропилитизированных порфиринов в листвениты характерно образование во внешней зоне лиственитизации, кроме кальцита, карбоната ряда доломит – анкерит, в промежуточной и внутренней зонах, наряду с кальцитом, – карбонатов ряда доломит – анкерит и магнезит – сидерит (см. табл. 17). Следовательно, возрастание степени лиственитизации рассматриваемых пород сопровождается увеличением железистости карбонатов и заменой в составе последних кальция на магний и двухвалентное железо (см. табл. 17; Приложение IX, колонка 4). Возрастание железистости карбоната сопровождается некоторым понижением железистости сосуществующего с ним мусковита.

Преобразование пропилитизированных порфиринов в листвениты происходит в условиях привноса углерода, калия, марганца и выноса кремния и магния. Такие элементы, как кислород, водород, сера, фосфор, кальций, никель, железо, хром, алюминий и титан, судя по балансу миграции вещества (см. рис. 11), в одних колонках могут привноситься, в других выноситься (например, кислород) или же во внешней и промежуточной зонах колонок выноситься, а во внутренней зоне одних колонок привноситься, а других – выноситься (например, алюминий, железо и др.).

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ПОРОД ПРИ БЕРЕЗИТИЗАЦИИ

Березитизация пропилитизированных диорит–порфиринов. Пропилитизированные диорит–порфириды состоят в основном из плагиоклаза (№ 10–13), биотита, хлорита, кварца, кальцита (табл. 18). По очертаниям зерен хлорита можно полагать, что они образовались в основном путем замещения кристаллов амфибола. В ряде случаев амфибол в таких породах наблюдался Н.И. Бородаевским и М.Б. Бородаевской (1947).

Преобразование пропилитизированных диорит–порфиринов в березиты заключается в развитии во внешней зоне лиственитизации мусковита по биотиту, хлориту и частично по плагиоклазу, деанортизации последнего (с № 10–13 до № 0–3), образовании доломита и кальцита в основном за счет кальция, магния и железа, высвобождающихся при указанных минеральных замещениях. Во внутренней зоне лиственитизации альбит замещается мусковитом. Высвобождающийся при этом кремнезем кристаллизуется на месте в виде кварца; лишь незначительное количество его выносится растворами. Содержание кварца по мере возрастания степени березитизации диорит–порфиринов увеличивается (см. табл. 18, разрез 1). Кальцит исходных пород сменяется при этом парагенезисом карбоната ряда доломит – анкерит, железистость которого возрастает по мере приближения к кварцевой жиле, с кальцитом.

Березитизация плагиогранит– и гранит–порфиринов. Как уже отмечалось, автором исследованы метасоматические колонки, возникшие при березитизации в той или иной мере альбитизированных грани-

Таблица 18

Изменение минерального состава диорит-порфиров, плаггиогра

Минерал	Расстояние от кварцевой жилы, м			
	разрез 1			разрез 2
	3,0 (обр.411)	0,15 (обр.406)	0,05 (обр.405)	0,80 (обр.ХХIV-ГП)
Микроклин	0	0	0	0
Биотит и мусковит	0	0	0	0
Биотит и хлорит	20,4	0	0	11,2
Альбит	55,4	16,5	0	56,5
Мусковит	0	43,6	45,3	3,5
Карбонат*	8,1	13,5	14,4	4,9
Кварц	14,7	20,1	32,3	21,8
Рутил	0	0,1	0,4	0,3
Апатит	0,6	0,7	0,7	0,9
Магнетит	0,3	1,7	1,9	0,8
Пирит	0,5	3,8	5,0	0,1

*Установлены следующие разновидности карбонатов: обр.411, ХХIV-ГП, 36-6, 91-8, 91-1 - кальцит; обр.406 - кальцит, железистый доломит (7% FeCO_3); обр.405 - кальцит, анкерит (14% FeCO_3); обр.ХХIII-ГП - кальцит, железистый доломит.

Разрезы 1,3,4 - Березовское месторождение, разрез 2 - Пышминское рудопроявление. Обр. 411 - пропилитизированный диорит-порфирит - исходная порода; обр. ХХIV-ГП - альбитизированный (частично хлоритизированный) плаггиогранит-порфир - исходная порода; 36-6 - альбитизированный и мусковитизированный гра-

тоидов. Минеральные преобразования альбитизированных плаггиогранит-порфиров в процессе березитизации близки к рассмотренным выше для случаев березитизации диорит-порфиров. Во внешней зоне колонки биотит замещается мусковитом, иногда через хлорит, а во внутренней - альбит замещается мусковитом. Березитизация приводит к деанортизации альбита, увеличению количества кварца, образованию наряду с кальцитом, характерным для исходных пород, железистого доломита (см. табл. 18, разрез 2).

Березитизация альбитизированных гранит-порфиров развивается следующим образом. Во внешней зоне березитизации мусковитизирован биотит, обычно через образование хлорита, в промежуточ-

нит- и гранит-порфиров при березитизации

Расстояние от кварцевой жилы, м

разрез 2	разрез 3		разрез 4	
0,10 (обр. XXIII-ГП)	0,10 (обр. 36-6)	0,03 (обр. 36-1)	0,12 (обр. 91-8)	0,05 (обр. 91-1)
0	0	0	16,9	0
0	0	0	15,8	0
0	0	0	0	0
19,9	35,3	0	40,5	0
33,6	32,4	48,6	0	46,7
12,1	2,8	0	2,1	0,5
31,0	28,7	46,3	24,6	44,1
0,3	0	0	0	0,1
0,5	-	-	-	-
2,6	-	-	-	-
0	0,8	5,1	0,1	8,6

нит-порфир - исходная порода; 91-8 - альбитизированный гранит-порфир - исходная порода; обр. 406, XXIII-ГП - карбонат-кварц-альбит-мусковитовый метасоматит; обр. 405 - карбонат-кварц-мусковитовый метасоматит (березит); обр. 36-1, 91-1 - кварц-мусковитовый метасоматит (березит). В обр. XXIV-ГП количество карбоната, апатита и пирита подсчитано по данным его химического анализа, содержание остальных минералов определено подсчетом в шлифах под микроскопом (объемн. % переведены в вес. %).

ной - мусковитизируется микроклин и во внутренней - мусковитизируется альбит. Карбонат в эдуктах и метасоматитах колонок, изучавшихся автором, представлен кальцитом. Однако имеются указания некоторых исследователей на присутствие в березитах Березовского месторождения анкерита (Бородаевский, Бородаевская, 1947; Лайпанов, Шер, 1971). Возрастание степени березитизации гранит-порфиров сопровождается увеличением количества мусковита и кварца (см. табл. 18, разрез 4).

Из диаграмм миграции шестства (рис. 17, 18) устанавливается, что при березитизации привносятся водород, сера, калий, титан, железо и выносятся натрий. Для кремния отмечается значительный

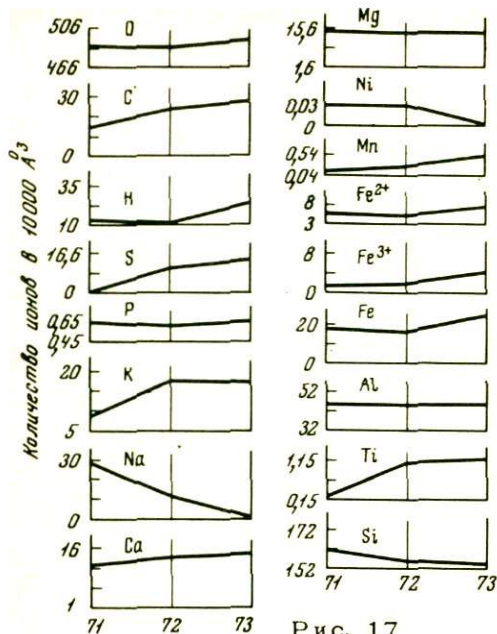


Рис. 17

Рис. 17. Миграция вещества при березитизации диорит-порфиров Березовского месторождения

71 - диорит-порфирит альбитизированный и хлоритизированный; 72 - карбонат-кварц-альбит-мусковитовый метасоматит; 73 - карбонат-кварц-мусковитовый метасоматит (березит). Цифры на оси абсцисс - номера образцов (см. Приложение VI)

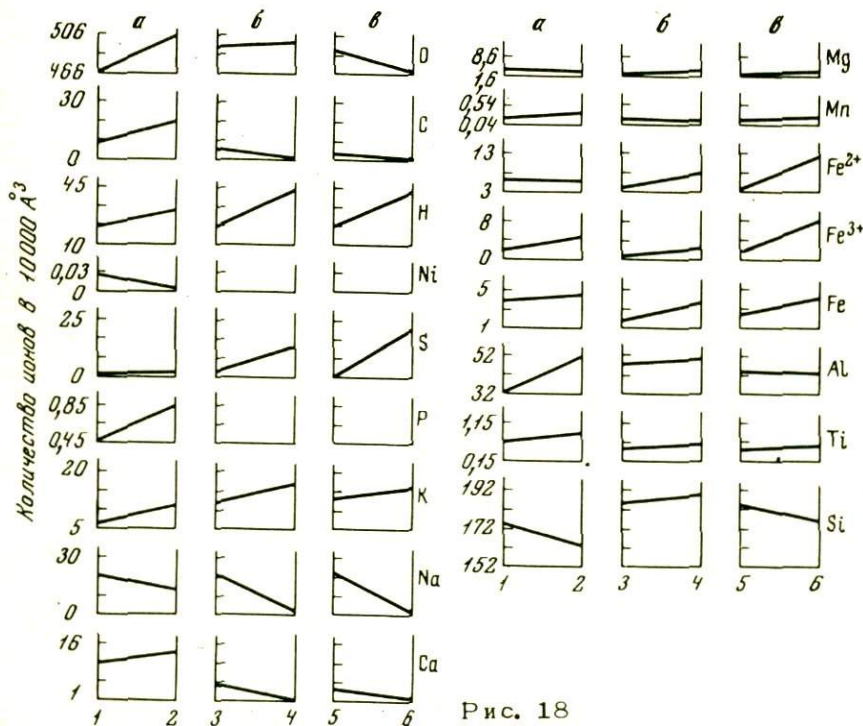


Рис. 18

вынос при березитизации диорит-порфиров и плагиогранит-порфиров и относительно небольшой вынос или привнос при березитизации гранит-порфиров.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА РАЗНОРОДНЫХ ПОРОД ПРИ РАЗВИТИИ В ИХ КОНТАКТАХ ЛИСТВЕНИТИЗАЦИИ И БЕРЕЗИТИЗАЦИИ

Лиственизация и березитизация на контакте гранит-порфиров с тальк-карбонатными породами. В части колонки по гранит-порфирам устанавливаются следующие минеральные преобразования. Во внешней зоне происходит мусковитизация биотита и деанортизация плагиоклаза.

В более внутренних зонах отмечается замещение микроклина (зона 2), альбита (зона 3) и анкерита (зона 4). С продвижением от внешней зоны метасоматитов к внутренней фиксируется возрастание: степени деанортизации альбита, железистости карбоната, а также проявляется тенденция к замене карбоната кальция на магний (табл. 19). Количество кварца возрастает по сравнению с исходной породой в зоне альбит-кварц-мусковитовых метасоматитов, но в следующих, более внутренних зонах резко уменьшается. Содержание мусковита увеличивается от зоны альбитизированных и мусковитизированных гранит-порфиров до зоны анкерит-кварц-мусковитового метасоматита; в зоне кварц-мусковит-брейнеритового метасоматита оно понижается.

Для части метасоматической колонки по тальк-карбонатным породам при продвижении от внешней зоны к внутренней сначала отмечается замещение талька карбонатом, затем развитие фуксита преимущественно по хромиту. При замещении талька карбонатом, как уже отмечалось, высвобождается кремнезем, который остается на месте, кристаллизуясь в виде кварца. Количество последнего заметно увеличивается в метасоматитах по мере уменьшения в них талька. Содержание карбоната при формировании кварц-карбонатных метасоматитов по тальк-карбонатным породам возрастает, а при

Рис. 18. Миграция вещества при березитизации плагиогранит-порфиров Пышминского рудопроявления (а) и гранит-порфиров Березовского месторождения (б, в)

1 - обр. XXIV-ГП, плагиогранит-порфир альбитизированный и хлоритизированный; 2 - обр. XXIII-ГП, карбонат-кварц-альбит-мусковитовый метасоматит; 3 - обр. 36-6, гранит-порфир альбитизированный и мусковитизированный; 4, 6 - обр. 36-1, 91-1, кварц-мусковитовый метасоматит (березит); 5 - обр. 91-8, гранит-порфир альбитизированный

Таблица 19

Изменение минерального состава гранит-порфиров и тальк-карбонитизации (Березовское месторождение)

Минерал	Часть метасоматической колонки по		
	37-0 (9 см) *	37-8 (7 см)	37-7 (4,5 см)
Микроклин	15,4	0	0
Альбит	42,1 (№ 4-6)	3,8 (№ 0-2)	0
Кварц	24,2	49,6	38,0
Мусковит	15,2	43,0	50,9
Фуксит	0	0	0
Карбонат **	1,9	2,7	10,5
Тальк	0	0	0
Апатит	0,2	0,2	0,2
Рутил	0,2	0,1	0,1
Хромит	0	0	0
Магнетит	0,6	0,6	0,3
Пирит	0,2	0	0

* Расстояние точек взятия образцов от первоначального контакта между гранит-порфирами и тальк-карбонатными породами.

** Установлены следующие разновидности карбонатов: обр.37-0 - кальцит; обр.37-8 - железистый доломит (8% FeCO_3); обр.37-7 - анкерит (13,5% FeCO_3); обр.37-6 - брейнерит (13,5% FeCO_3); 37-5 - брейнерит (12-14% FeCO_3); обр.37-4 - брейнерит (12% FeCO_3); обр.37-2 - брейнерит (10-11% FeCO_3); обр.37-1 - железистый доломит (6% FeCO_3), брейнерит (10% FeCO_3); обр.37-А - магнезит (4,5% FeCO_3).

замещении названных метасоматитов фуксит-кварц-карбонатными метасоматитами уменьшается (см. табл.19).

Из диаграммы миграции вещества (см.рис.14) следует, что при развитии зональности на контакте гранит-порфиров с тальк-карбонатными породами хром и титан инертны, кремний, алюминий и кальций мигрируют из гранит-порфиров в тальк-карбонатные породы, а никель и особенно магний, наоборот, из тальк-карбонатных пород в гранит-порфиры. Значительный привнос магния и железа в гранитоиды обуславливает образование во внутренней зоне по ним брейнерита (см. табл. 19) - минерала, который для метасоматических колонок, возникающих при березитизации указанных пород, не

натных пород при развитии на их контакте лиственитизации и бере-

гранит-порфирам		Часть метасоматической колонки по тальк-карбонатным породам			
37-6 (2,5 см)	37-5 (1 см)	37-4 (1 см)	37-2 (3,5 см)	37-1 (9 см)	37-A (15 см)
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
16,8	20,1	34,2	28,5	24,9	10,9
40,7	36,3	0	0	0	0
0	0	9,0	2,5	0	0
42,4	43,4	56,6	59,5	56,2	51,5
0	0	0	8,9	18,0	35,2
0	0	0	0	0	0
0,1	0,1	0	0	0	0
0	0	0	0,5	0,8	0,9
0	0	0	0	0	1,5
0	0,1	0,2	0,1	0,1	0

Обр. 37-0 - альбитизированный и мусковитизированный гранит-порфир; обр. 37-8 - альбит-кварц-мусковитовый метасоматит; обр. 37-7 - анкерит-кварц-мусковитовый метасоматит; обр. 37-5, 37-6 - кварц-мусковит-брейнеритовый метасоматит; обр. 37-4 - фуксит-кварц-карбонатный метасоматит; обр. 37-2 - то же, обедненный фукситом и содержащий реликтовый тальк; обр. 37-1 - кварц-карбонатный (с тальком) метасоматит; обр. 37-A - тальк-карбонатная порода.

характерен. Отмеченные особенности изменения минерального состава гранит-порфиров и тальк-карбонатных пород при развитии зональности в их контактах и существенная миграция при этом вещества из одной породы в другую свидетельствуют о том, что образование рассматриваемых колонок обусловлено в основном явлениями биметасоматоза.

Лиственитизация и березитизация на контактах пропилитизированных альбитофиров с пропилитизированными пироксен-плаггиоклазовыми порфиритами. Для обеих частей метасоматической колонки отмечается увеличение содержания карбоната и мусковита (сершита) по мере возрастания степени гидротермального изменения

исходных пород. Такие минералы эдуктов, как эпидот и биотит, возникшие в стадию пропилитизации, при лиственитизации и березитизации становятся неустойчивыми и полностью замещаются хлоритом и карбонатом. Количество альбита в части колонки по альбитофирам возрастает по мере увеличения степени их изменения, а в алопорфировой части колонки с возрастанием интенсивности метасоматического замещения содержание альбита сначала уменьшается (в кварц-альбит-мусковит-хлорит-карбонатных метасоматитах, по сравнению с исходными породами), а затем резко возрастает (в альбит-кварц-мусковит-карбонатных метасоматитах). Количество кварца в алоальбитофировой части колонки уменьшается в направлении от внешней зоны к внутренней, а в алопорфировой ее части — резко возрастает при замещении пропилитизированных порфиритов метасоматитами альбит-кварц-мусковит-хлорит-карбонатного состава и несколько понижается при развитии по последним альбит-кварц-карбонат-мусковитовых метасоматитов (табл. 20).

Основные черты химизма процесса образования низкотемпературной метасоматической зональности на контакте альбитофиров с порфиритами заключаются в следующем (см. рис. 16). Кремний выносится при образовании обеих частей колонки. Титан, алюминий и железо в части колонки по порфиритам выносятся при замещении эдукта альбит-кварц-мусковит-хлорит-карбонатными метасоматитами и привносятся при развитии по последним кварц-альбит-карбонат-мусковитовых метасоматитов. При замещении альбитофиров алюминий выносится, а титан и железо привносятся. Отмечается полное сходство в поведении магния и кальция: в части колонки по порфиритам они выносятся, а в части колонки по альбитофирам — привносятся. Марганец, водород и кислород выносятся из альбитофиров, привносятся при образовании по порфиритам метасоматитов внешней зоны и выносятся при замещении последних метасоматитами внутренней зоны. Калий и натрий привносятся в алоальбитофировой части колонки, а в алопорфировой — калий привносится, а натрий выносится при формировании метасоматитов внешней зоны и в небольшом количестве привносится при преобразовании последних в метасоматиты кварц-альбит-карбонат-мусковитового состава. Фосфор незначительно выносится при преобразовании порфиритов и привносится при изменении альбитофиров. Углерод привносится при метасоматическом замещении альбитофиров, а также при развитии по порфиритам метасоматитов внешней зоны и выносятся при замещении последних метасоматитами внутренней зоны.

Таким образом, при развитии зональности на контактах альбитофиров с порфиритами происходит незначительная миграция магния, кальция и железа из порфиритов в альбитофиры, а натрия и, видимо, алюминия — из альбитофиров в порфириты. Это с учетом существенно большей мощности алопорфировой части колонки, по сравнению с ее частью по альбитофирам, дает основание полагать, что при образовании зональности на контакте названных пород главную роль играл избирательный метасоматоз.

Таблица 20

Изменение минерального состава пропилитизированных альбитофигов и порфиринов при развитии на их контакте лиственитизации и березитизации (Пышминско-Ключевское месторождение)

Минерал	Часть метасоматической колонки по порфиритам			Часть метасоматической колонки по альбитофирам		
	25-ПР (4,25 м) *	24-ПР (3,0 м)	23-ПР (0,35 м)	3-ПР (0,05 м)	2-ПР (0,6 м)	17-ПР (1,5 м)
Эпидот	38,3	0	0	0	0	1,4
Биотит	12,9	0	0	0	0	0
Хлорит	22,7	19,6	0	0	4,5	3,2
Альбит	19,3(№ 10)	8,1(№ 6)	15,7(№ 0)	42,9(№ 0)	39,4(№ 5)	37,6(№ 7)
Карбо- нат **	2,5	29,1	32,9	2,3	1,2	0,8
Апатит	0,4	0,4	0,4	0,2	0	0,1
Кварц	3,1	19,2	16,2	30,9	32,3	34,8
Серицит и мус- ковит	0	23,3	33,5	23,1	22,6	22,0
Сфен	0,8	0	0	0	0	0
Рутил	0	0,3	0,5	0	0	0
Магне- тит	0	0	0,8	0,5	0	0
Пирит	0	0	0	0,1	0	0,1

* Расстояние точек взятия образцов от первоначального контакта альбитофигов с порфиритами.

** Установлены следующие разновидности карбонатов: обр. 25-ПР, 17-ПР - кальцит; обр. 24-ПР - анкерит (11% FeCO_3); обр. 23-ПР - анкерит (13% FeCO_3), мезитит (50% FeCO_3); обр. 3-ПР - анкерит (18% FeCO_3); обр. 2-ПР - железистый доломит (8% FeCO_3).

Обр. 25-ПР - пропилитизированный пироксен-плагноклазовый порфирит; обр. 24-ПР - кварц-альбит-мусковит-хлорит-карбонатный метасоматит; обр. 23-ПР - мусковит-кварц-карбонатный (с альбитом) метасоматит; обр. 3-ПР - серицит-кварц-альбитовый (с карбонатом) метасоматит; обр. 2-ПР - хлорит-серицит-кварц-альбитовый (с карбонатом) метасоматит; обр. 17-ПР - пропилитизированный альбитофир.

В заключение остановимся на поведении титановых минералов при лиственитизации и березитизации. В ультраосновных породах собственно титановые минералы отсутствуют. Титан в качестве незначительной изоморфной примеси входит в состав магнетита и, очевидно, серпентина. При лиственитизации серпентин замещается тальком (иногда хлоритом) и карбонатом, которые наследуют титан этого минерала. При интенсивной лиственитизации в условиях вы-

сохой активности углекислоты и серы магнетит эдуктов замещается пиритом или железистым карбонатом. По-видимому, за счет титана, высвобождающегося при этом, образуется рутил, мельчайшие удлиненные (0,1–0,3 мм) кристаллы которого отмечались автором в некоторых колонках Березовского и Пышминско-Ключевского месторождений.

В исходных для лиственитов пропилитизированных породах (габбро, диабазах, порфиритах и др.) обычно отмечается сфен, иногда лейкоксенизированный. При лиственитизации названных пород во внешних зонах метасоматического изменения происходит интенсивное развитие лейкоксена по сфену. При этом образуются ватовидные комковатые массы. При возрастании степени лиственитизации эдуктов лейкоксен замещается рутилом, иногда рутилом и ильменитом. Титан, связываемый в этих минералах, появляется в связи с разложением при лиственитизации пропилитизированных пород таких минералов, как магнетит, актинолит, эпидот, биотит и др.

В эдуктах березитов устанавливается собственно титановый минерал – рутил, образующий мелкие (0,02 мм) кристаллы. Этот рутил и дополнительная его фаза, возникающая при разложении биотита в процессе лиственитизации, при воздействии гидротерм лишь перекристаллизуются, обычно с увеличением размера кристаллов.

МИНЕРАЛЫ ЛИСТВЕНИТИЗИРОВАННЫХ И БЕРЕЗИТИЗИРОВАННЫХ ПОРОД И СООТНОШЕНИЕ ИХ ЖЕЛЕЗИСТОСТИ

Почти все минералы лиственитизированных и березитизированных пород представлены мелкими (сотые и даже тысячные доли миллиметра) выделениями. В связи с этим, несмотря на большое число работ, посвященных названным породам, их минералы до настоящего времени изучены слабо.

Характеризуемые ниже минералы выделены из лиственитизированных, березитизированных пород, а также из их эдуктов в Лаборатории геохимии редких элементов М.Н. Тюшняковой вследствие применения комплекса обогащательных методов: флотации, магнитной сепарации, разделения в тяжелых жидкостях при центрифугировании и др.

ХАРАКТЕРИСТИКА МИНЕРАЛОВ

Диагностику минералов проводили по оптическим константам, кривым нагревания, межплоскостным расстояниям, окрашиванию в шлифах и образцах, реакции с HCl (карбонаты). Показатели преломления минералов определяли теодолитно-иммерсионным методом (Фекличев, 1967) с точностью $\pm 0,001$. Расчет кристаллохимических формул минералов выполнен по методике И.Д. Борнеман-Старынкевич (1964).

Карбонаты. Это наиболее распространенные минералы лиственитизированных пород. В том или ином количестве они отмечаются в кварц-мусковитовых метасоматитах по апогаббровым и аподиабазовым лиственитам, а также в эдуктах лиственитов: пропилитизированных габбро, диабазах, порфиритах и актинолитизированных пироксенитах. В апоультрабазитовых лиственитах карбонат обычно представлен железистым магнезитом¹ ($N_o = 1,705$, $N_e = 1,517$). Реже отмечается брейнерит ($N_o = 1,710 - 1,716$). Иногда, вблизи питающих трещин, устанавливаются доломит ($N_o = 1,681$), железистый доломит ($N_o = 1,693$) и кальцит ($N_o = 1,659$). Магнезит, как правило, представлен крупными (до 3 мм) идиоморфными зернами и кристаллами. В нем фиксируются мелкие (сотые доли миллиметра) зернышки магнетита ("магнетитовая пыль"), которые

¹ Классификация карбонатов (табл. 21) дана в работе по Г.И. Теодоровичу и В.С. Меламедовой (1962).

Таблица 21

Разновидности карбонатов кальцитово́й группы (по Г.И. Теодоровичу и др.)

Название карбонатов	Разновидности карбонатов	Количество изоморфного FeCO_3 , %	Отношение катионов
Кальцит	Собственно кальцит	0-1	-
	Феррокальцит	1-15	-
Доломит	Собственно доломит	0-1	-
	Ферродоломит (железистый доломит)	1-10	$\text{Mg}:(\text{Fe} + \text{Mn}) \geq 5:1$
Анкерит	Магнезиоанкерит	> 10	$\text{Mg}:(\text{Fe} + \text{Mn}) = 5:1 - 3:1$
	Параанкерит	> 10	$\text{Mg}:(\text{Fe} + \text{Mn}) = 3:1 - 1,5:1$
	Собственно анкерит	> 10	$\text{Mg}:(\text{Fe} + \text{Mn}) = 1,5:1 - 1,1:1$
	Ферроанкерит	> 10	$\text{Mg}:\text{Fe} > 1$
Магнезит	Собственно магнезит	0-1	-
	Ферромагнезит (железистый магнезит)	1-5	-
Брейнерит	Собственно брейнерит	5-30	-
	Мезитит	30-50	-
	Пистомезит	50-70	-
	Сидероплезит	70-95	-
Сидерит	-	95	-

для брейнерита не характерны. В рассматриваемых лиственитах часты прожилки магнезита или брейнерита. Железистость карбоната из прожилков всегда выше таковой карбоната из массы лиственита. Кальцит наблюдается в единичных прожилках, секущих листвениты. Доломит развит в прожилках, иногда совместно с кальцитом, и, кроме того, в массе лиственитов в ассоциации с магнезитом или брейнеритом.

В тальк-карбонатных метасоматитах наиболее часты магнезит (1-5% FeCO_3) и брейнерит (5-14% FeCO_3). В некоторых колонках, кроме того, установлены железистый доломит ($N_0 = 1,687$) и кальцит ($N_0 = 1,659$). Кальцит образует маломощные прожилки; доломит развит совместно с магнезитом или брейнеритом и нередко

является главным породообразующим минералом. В гальк-карбонат-хлоритовых метасоматитах наблюдались железистые магнезит ($N_o = 1,705$) и доломит ($N_o = 1,688$), иногда маложелезистый анкерит ($N_o = 1,690$).

В оталькованных и карбонатизированных антигоритовых серпентинитах состав карбоната колеблется от железистого магнезита ($N_o = 1,704$) до маложелезистого брейнерита ($N_o = 1,711$).

В хризотиловых серпентинитах карбонат предельно редок и представлен железистым (до 2% $FeCO_3$) магнезитом.

Химический состав карбонатов из лиственитизированных ультрабазитов приведен в табл. 22, межплоскостные расстояния некоторых из них - в Приложении X, кривые нагревания - на рис. 19 (№ 1, 2, 7).

В апогаббровых лиственитах кварц-мусковит (иногда фуксит)-карбонатного состава установлены железистый доломит ($N_o = 1,687$), анкерит (N_o до 1,704), брейнерит ($N_o = 1,739$), мезитит ($N_o = 1,756$). В кварц-парагонит-карбонатных и кварц-мусковит-парагонит-карбонатных лиственитах отмечены железистый доломит ($N_o = 1,689$), магнезиоанкерит ($N_o = 1,700$) и кальцит ($N_o = 1,660$).

В кварц-мусковит-альбит-карбонатных метасоматитах по габбро установлены железистый доломит (до 10% $FeCO_3$), анкерит (до 15% $FeCO_3$), кальцит ($N_o = 1,658$).

Для кварц-альбит-карбонат-хлоритовых апогаббровых метасоматитов характерны кальцит ($N_o = 1,658$), железистый доломит (до 5% $FeCO_3$).

В пропилитизированных габбро карбонат представлен только кальцитом ($N_o = 1,659$).

Химический состав некоторых разновидностей карбонатов из лиственитизированных габбро приведен в табл. 23, межплоскостные расстояния - в Приложении X, кривая нагревания мезитита - на рис. 19 (№ 4).

Для аподиабазовых и алопорфировых лиственитов наиболее характерны железистый доломит (до 10% $FeCO_3$) и анкерит (до 25% $FeCO_3$). Реже в них отмечают магнезиально-железистые карбонаты (мезитит - сидерит), как правило, в парагенезисе с анкеритом.

В кварц-мусковит-альбит-карбонатных метасоматитах по диабазам установлены следующие парагенезисы карбонатов: железистый доломит (до 10% $FeCO_3$) и кальцит; пистомезит (62% $FeCO_3$), анкерит (20% $FeCO_3$), кальцит; сидероплезит (80% $FeCO_3$), анкерит (22% $FeCO_3$) и кальцит.

В метасоматитах более внешних зон колонок по диабазам и порфиритам карбонаты ряда магнезит - сидерит уступают свое место железистому доломиту ($N_o = 1,686 - 1,692$) и анкериту ($N_o = 1,706$).

Таблица 22

Химический состав (в вес. %) и кристаллохимические формулы карбонатов

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7
CaO	29,26	29,78	27,56	30,24	0,58	0,58	Нет
MgO	20,52	17,07	20,88	20,91	44,46	44,77	44,97
FeO	2,90	5,82	3,74	0,72	3,30	2,63	3,33
MnO	Сл.	0,61	0,11	0,41	Сл.	Сл.	0,10
CO ₂	47,53	46,62	46,99	47,50	51,58	51,84	51,60
Сумма	100,21	99,90	99,28	99,78	99,92	99,82	100,00

Результаты пересчета на кристаллохимические формулы

Ca	0,98	1,02	0,92	1,00	0,01	0,01	0,00
Mg	0,93	0,81	0,97	0,97	0,95	0,96	0,96
Fe ²⁺	0,09	0,16	0,11	0,02	0,04	0,03	0,04
Mn	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
CO ₃	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00

Ан. 1-6, 8-10 и 12 выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой, ан. 7, 11, 13-15 - в Институте Уралмеханобр аналитиком А.П. Макаровой.

1-3 - железистый доломит: 1 - из зеленого лиственита по тальк-карбонатным породам (обр. 28, Пышминское рудопроявление), 2 - из апосерпентинитового зеленого лиственита (обр. 4, Пышмогорское месторождение), 3 - из прожилка, секущего зеленый апосерпентинитовый лиственит (обр. 14, Березовское месторождение); 4 - доломит из прожилка в зеленом листвените по актинолитизированным пироксенитам (обр. 218/79, 15, Пышминско-Ключевское месторождение); 5-8 - железистый магнезит (Пышминско-Ключевское месторождение): 5 - из кварц-карбонатной жилы в зеленом апосерпентинитовом листвените (обр. Ш-КР), 6 - из зеленого апосерпенти-

В пропилитизированных диабазах и порфиритах из карбонатов отмечен только кальцит (№ = 1,658).

Химические анализы некоторых карбонатов из лиственитизированных диабазов и порфиритов и их эдуктов приведены в табл. 24, 25, межплоскостные расстояния - в Приложении X, а кривые нагревания - на рис. 19 (№ 3, 5, 6).

В березитизированных диорит-порфиритах, плагиигранит-, гранит-порфирах и гранитах установлены кальцит, железистый доломит и анкерит. Кальцит фиксируется в эдуктах березитов, апогранитных березитах и в березитах некоторых колонок по гранит- и плагиигранит-порфирам. В большинстве же колонок по гранитоид-порфирам и диорит-порфиритам в березитах карбонат представлен анкеритом (10 - 15% FeCO₃) или анкеритом в ассоциации с кальци-

из апоультрабазитовых лиственитизированных пород

8	9	10	11	12	13	14	15
0,77	0,60	0,32	0,54	0,05	0,10	1,25	0,86
43,67	43,05	45,78	44,15	41,73	45,06	42,41	44,96
4,24	4,76	1,59	4,04	7,26	3,10	4,88	1,77
0,08	0,38	0,01	0,04	0,14	0,10	0,24	0,62
51,12	50,89	51,70	51,53	50,49	51,64	50,81	51,73
99,88	99,68	99,40	100,30	99,67	100,00	99,59	99,94

Результаты пересчета на кристаллохимические формулы

0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01
0,94	0,93	0,98	0,94	0,92	0,96	0,92	0,96
0,05	0,06	0,02	0,05	0,08	0,04	0,06	0,02
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

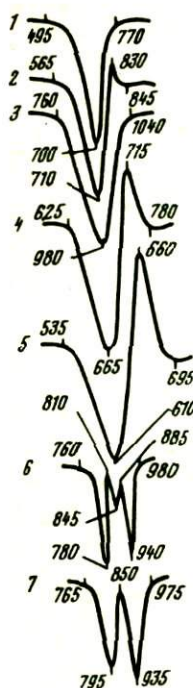
нитового лиственита (обр. 9), 7 - из серого лиственита по серпентинитам (обр.8), 8 - из прожилка, секущего зеленый лиственит по актинолитизированным пироксенитам (обр. 218/79,20); 9 - брейнерит из зеленого лиственита по тальк-карбонатным породам (обр.20, Березовское месторождение); 10-11 - железистый магнезит (Березовское месторождение): 10 - из серого лиственита по тальк-карбонатным породам (обр.19), 11 - из желтого лиственита по тальк-карбонатным породам (обр.21); 12 - брейнерит из тальк-карбонатного метасоматита (обр.7, Пышминско-Ключевское месторождение); 13 - железистый магнезит из того же образца; 14 - брейнерит из тальк-карбонатной породы (обр.18, Березовское месторождение); 15 - железистый магнезит из карбонатизированного и оталькованного антигортитового серпентинита (обр.6, Пышминско-Ключевское месторождение).

том. В промежуточной зоне березитизации таких колонок обычно развит железистый доломит (до 7-9% FeCO_3) в парагенезисе с кальцитом.

В табл. 19 и 20 приведены данные о составе и парагенезисах карбонатов из метасоматических колонок, образовавшихся на контактах химически разнородных пород. Оказывается, железистость карбонатов в метасоматитах таких колонок возрастает по направлению от их внешней зоны к внутренней. Кроме того, в составе карбонатов кальций замещается магнием, а магний - двухвалентным железом.

Кварц. Слагает кварцевые и кварц-карбонатные жилы, монокварцевые метасоматиты и является одним из основных минералов лиственитов и кварц-серицитовых метасоматитов. До 15% кварца уста-

Рис. 19. Термограммы некоторых карбонатов из лиственитизированных пород



1 - магнезит из фуксит-кварц-карбонатного апо-серпентинитового лиственита (обр. 9, Пышминско-Ключевское рудное поле); 2 - брейнерит из фуксит-кварц-карбонатного лиственита по тальк-карбонатным породам (обр. 21, Березовское месторождение); 3 - кальцит из кварц-мусковит-карбонатного лиственита по порфирирам (обр. 66, Пышминско-Ключевское месторождение); 4 - мезитит из кварц-мусковит-карбонатного лиственита по габбро (обр. 33, Шульгинское месторождение); 5 - пистомезит из кварц-мусковит-карбонатного лиственита по диабазам (обр. 48, Шульгинское месторождение); 6 - анкерит из кварц-мусковит-карбонатного лиственита по диабазам (обр. 253/117,2, Шульгинское месторождение); 7 - железистый доломит из фуксит-кварц-карбонатного лиственита по тальк-карбонатным породам (обр. 21, Березовское месторождение)

навливаются в промежуточных зонах лиственитизации по ультрабази-там, пропилитизированным габбро, диабазам и порфирирам и более 20% - в промежуточных зонах березитизации по диорит-порфирирам, плагиогранит- и гранит-порфирам и гранитам. Пропилитизированные породы обеднены кварцем (5-7%), для серпентинитов он не характерен. В лиственитизированных и березитизированных породах выделяются: 1) реликтовый кварц исходных пород, 2) кварц, образовавшийся в процессе лиственитизации и березитизации за счет высвободившегося при этом кремнезема, 3) кварц, выкристаллизовавшийся из гидротермальных растворов.

При березитизации диорит-порфириров, плагиогранит-, гранит-порфириров и гранитов первичный кварц обычно сохраняется. Лишь в участках интенсивной березитизации нередко наблюдается перекристаллизация крупных зерен кварца с образованием гранобластового мелкозернистого кварцевого агрегата.

В лиственитизированных породах кварц кристаллизуется в виде мелких (сотые доли миллиметра) ксеноморфных зерен в ассоциации с тальком, хлоритом, слюдами и карбонатами. В пропилитизированных породах кварц отмечается в виде единичных разобренных зерен неправильной, зазубренной, реже лапчатой формы. Для существенно кварцевых метасоматитов характерен наиболее мелкозернистый (тысячные доли миллиметра) кварц. Для кварцевых, карбонат-

кварцевых жил и особенно для их рудоносных разностей характерны раздробленность зерен, волнистое погасание, признаки перекристаллизации и переотложения вещества.

Слюды. В лиственитизированных породах района установлены мусковит, фуксит, парагонит. К фукситу (хром-мусковит) автором отнесена разновидность мусковита, содержащая не менее 0,15% Cr_2O_3 (количество, достаточное для учета в кристаллохимической формуле минерала и для появления у последнего зеленой окраски). В литературе (Whitmore et al., 1946; Лазаренко, 1955; Штрунц, 1962; Лазаренко, Квитко, 1972 и др.) нижний предел содержания хрома в фуксите не указывается.

Таблица 23

Химический состав (в вес.%) и кристаллохимические формулы карбонатов из лиственитизированных апогаббровых пород

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6
CaO	0,61	1,76	27,61	29,86	29,21	29,18
MgO	26,45	31,80	20,70	19,42	16,23	13,90
FeO	25,74	17,13	4,21	3,14	8,28	11,60
MnO	0,82	1,36	0,11	0,45	0,27	0,43
CO_2	46,03	47,69	47,04	47,05	45,67	45,29
Сумма	99,65	99,74	99,67	99,92	99,66	100,40

Результаты пересчета на кристаллохимические формулы

Ca	0,01	0,03	0,92	1,00	1,00	1,01
Mg	0,63	0,73	0,96	0,91	0,77	0,67
Fe^{2+}	0,35	0,22	0,11	0,08	0,22	0,31
Mn	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
CO_3	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00

Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой.

1 - мезитит из лиственита (обр. 34, Шульгинское месторождение); 2 - собственно брейнерит из того же образца; 3-4 - железистый доломит; 3 - из лиственита с парагонитом (обр. 37, Березовское месторождение), 4 - из кварц-альбит-мусковит-хлорит-карбонатного метасоматита (обр. 41, Пышминско-Ключевское месторождение); 5 - магнезиоанкерит из лиственита кварц-мусковит-парагонит-карбонатного состава (обр. 43, Пышминско-Ключевское месторождение); 6 - параанкерит из кварц-альбит-мусковит-хлорит-карбонатного метасоматита (обр. 31, Шульгинское месторождение).

Таблица 24

Химический состав (в вес.%) и кристаллохимические формулы карбонатов из аподиабазовых лиственитизированных пород

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6
CaO	28,08	29,29	Сл.	Сл.	27,98	28,08
MgO	10,38	12,21	9,05	14,35	13,86	13,10
FeO	17,34	12,86	49,78	42,92	12,54	13,40
MnO	0,14	0,19	0,24	0,30	0,24	0,41
CO ₂	44,16	44,98	40,63	42,17	45,04	44,91
Сумма	100,10	99,53	99,70	99,74	99,66	99,90

Результаты пересчета на кристаллохимические формулы

Ca	1,00	1,03	0,00	0,00	0,98	0,98
Mg	0,52	0,60	0,24	0,37	0,67	0,64
Fe ²⁺	0,48	0,37	0,76	0,62	0,34	0,37
Mn	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
CO ₃	2,00	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00

Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой.

1 - собственно анкерит из лиственита (обр. 53); 2, 5, 6 - параанкерит из лиственита; 2 - обр. 253/117, 2, 5 - обр. 60, 6 - обр. 1^Г, 3 - сидероплезит из лиственита (обр. 48); 4 - пистомезит из кварц-мусковит-альбит-карбонатного метасоматита (обр. 47). 1-4 - Шульгинское месторождение; 5, 6 - Малоистокское рудопроявление.

В апоультрабазитовых лиственитах слюда обычно фиксируется в небольшом (до 3-5%) количестве. При этом почти вся она сосредоточена в зеленых лиственитах. В серых апоультрабазитовых лиственитах отмечаются единичные разобщенные чешуйки слюды. В других метасоматитах по ультраосновным породам слюда отсутствует.

В лиственитизированных ультрабазитах слюда представлена отчетливо плеохроирующим фукситом с содержанием Cr₂O₃ обычно не меньше 1,14%. Ng = 1,596 - 1,612; Np = 1,557 - 1,579; Ng-Np = 0,034-0,039; -2V = 35-42°. Он чаще всего развивается в виде мелких (до 0,5 - 1,0 мм) чешуек, образующих каемки вокруг зерен хромита, или по трещинкам в последних, изредка же замещает хлорит, образовавшийся по хромиту. Иногда в названных породах, а также в секущих их кварцевых жилах отмечается фуксит со значительно меньшим содержанием Cr₂O₃ (0,18%). В лист-

венитах он представлен чешуйками (до 3–4 мм), ассоциирующими с кварцем и карбонатом, или прожилками, секущими зерна карбоната, иногда кварца. В кварцевых жилах фуксит отмечается в виде тонкочешуйчатого (тысячные доли миллиметра) плотного агрегата, обособленного в виде гнезда или полоски. Этот хром–мусковит от охарактеризованного выше фуксита отличается меньшим показателем преломления ($N_g = 1,593$, $N_p = 1,554$), меньшей интенсивностью зеленой окраски, более слабым плеохроизмом и большим (в лиственитах) или меньшим (в кварцевых жилах) размером чешуек. Количество Cr_2O_3 в фукситах из лиственитов по ультрабази-там района не превышает 2,97% (табл. 26, № 1, 2). Состав изученных фукситов близок к таковому фукситов из аналогичных или близких пород Сысерти (см. табл. 26, № 3), Березовского месторождения (№ 4), Зальцбурга (№ 6), Пренгтона (№ 7), а также фуксита из кварцевой жилы, секущей апосерпентинитовый лиственит

Таблица 25

Химический состав (в вес.%) и кристаллохимические формулы карбонатов из апопорфиритовых лиственитизированных пород

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8
CaO	25,20	25,73	27,55	0,30	28,57	Сл.	27,00	52,89
MgO	18,65	20,32	11,99	28,92	11,65	17,49	16,33	0,43
FeO	9,29	6,57	15,01	23,62	14,92	38,98	10,18	2,29
MnO	0,33	0,37	0,26	0,23	0,27	0,18	0,39	0,38
CO ₂	46,22	46,81	44,52	46,74	44,55	43,15	45,65	43,69
Сумма	99,69	99,80	99,33	99,81	99,96	99,80	99,55	99,68

Результаты пересчета на кристаллохимические формулы

Ca	0,86	0,86	0,98	0,00	1,01	0,00	0,94	0,95
Mg	0,90	0,96	0,60	0,69	0,57	0,44	0,78	0,01
Fe ²⁺	0,24	0,18	0,42	0,31	0,41	0,56	0,28	0,03
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
CO ₃	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00

Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой.

1 – магнезиоанкерит из лиственита (обр. 65, Пышминско–Ключевское месторождение); 2–4–карбонаты из того же образца: 2–железистый доломит, 3–собственно анкерит, 4–мезитит; 5–собственно анкерит из кварц–мусковит–альбит–карбонатного метасоматита (обр. 66, Пышминско–Ключевское месторождение); 6–листомезит из того же образца; 7–параанкерит из кварц–альбит–мусковит–хлорит–карбонатного метасоматита (обр. 64, Пышминско–Ключевское месторождение); 8–кальцит из пропилитизированного порфирита (обр. 62, Пышминско–Ключевское месторождение).

Таблица 26

Химический состав (в вес.%) и формулы слюд из лиственитизированных пород,

Компо- ненты	Мусковиты и фукситы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	47,29	47,32	47,17	42,82	47,55	47,70	47,91	46,86
TiO ₂	0,10	0,10	Не опр.	0,02	0,18	0,43	0,36	0,38
Al ₂ O ₃	29,50	29,70	29,71	34,51	31,56	29,04	26,76	33,90
Fe ₂ O ₃	1,93	1,63	2,03	0,80	0,69	1,68	3,25	0,51
Cr ₂ O ₃	2,84	2,97	3,51	1,14	0,18	0,93	0,55	1,36
FeO	0,36	1,02	Не опр.	1,35	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,54
MgO	2,27	1,82	2,28	2,62	2,49	3,47	4,17	1,18
CaO	Сл.	Сл.	Не опр.	0,16	0,79	0,84	0,71	0,16
MnO	0,02	0,02	" "	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,02
K ₂ O	8,14	8,29	10,40	8,89	10,40	9,20	9,70	9,30
Na ₂ O	1,44	1,44	Не опр.	0,33	0,11	0,40	2,34	0,83
H ₂ O ¹	5,45	5,01	5,42	7,31	5,36	5,35	4,81	4,49
F	0,07	Нет	Не опр.	0,08	0,47	1,00	Нет	Сл.
H ₂ O ⁻	Нет	"	" "	0,08	0,18	0,25	0,21	Нет
Сумма	99,41	99,32	99,52	100,11	99,96	100,29	100,77	99,53
	-0,03	-	-	-0,03	-0,19	-0,42	-	-
	99,38	99,32	99,52	100,08	99,77	99,87	100,77	99,53
f _{ат}	69,7	74,9	47,3	40,4	20,3	31,2	33,7	67,6

Результаты пересчета на кристаллохимические формулы

Si	3,17	3,18	3,12	2,85	3,20	3,20	3,24	3,10
Ti	0,00	0,00	-	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02
Al ^{IV}	0,83	0,82	0,88	1,15	0,80	0,80	0,76	0,90
Al ^{VI}	1,50	1,52	1,48	1,56	1,70	1,50	1,37	1,74
Fe ³⁺	0,10	0,08	0,10	0,04	0,03	0,08	0,16	0,02
Cr	0,15	0,16	0,19	0,06	0,01	0,05	0,03	0,07
Fe ²⁺	0,02	0,06	-	0,08	-	-	-	0,03
Mg	0,23	0,18	0,23	0,26	0,25	0,35	0,42	0,12
Ca	0,00	0,00	-	0,01	0,06	0,06	0,05	0,01
K	0,70	0,71	0,90	0,76	0,89	0,79	0,84	0,78
Na	0,19	0,19	-	0,04	0,01	0,05	0,31	0,11
O	9,81	9,84	9,79	9,33	9,98	9,83	10,09	9,88
OH	2,17	2,16	2,21	2,65	1,92	1,96	1,91	2,12
F	0,02	0,00	-	0,02	0,10	0,21	0,00	0,00

Мусковиты и фукситы

9	10	11	12	13	14	15	16	17
45,64	44,45	45,30	45,44	45,34	45,49	46,75	45,43	48,00
0,57	0,64	1,35	0,59	0,65	0,59	0,68	0,40	0,61
31,43	32,53	33,90	33,24	33,10	32,82	30,27	35,45	28,20
1,06	1,12	0,88	1,08	0,98	0,50	1,87	0,92	3,21
0,05	0,04	0,15	0,06	0,47	0,02	0,19	Не опр.	Не опр.
5,46	5,22	1,02	4,37	1,02	4,65	2,35	Нет	" "
2,61	2,58	1,26	1,98	1,84	2,19	1,41	1,51	2,50
Сл.	Сл.	0,05	Сл.	0,39	Сл.	0,52	0,78	1,74
0,05	0,04	0,05	0,02	Нет	0,07	Нет	0,03	0,16
8,42	8,76	9,60	8,48	8,94	9,05	8,67	10,09	9,31
0,63	0,60	1,15	0,72	0,95	0,67	0,49	0,91	0,87
4,53	4,28	4,75	4,77	5,32	4,80	6,27	3,80	4,50
С,05	0,06	Сл.	0,04	0,04	0,03	0,05	Не опр.	0,53
Нет	Нет	Нет	Нет	0,18	Нет	Нет	0,04	Не опр.
100,50	100,32	99,46	100,79	99,22	100,88	99,52	99,36	99,63
-0,02	-0,02	-	-0,02	-0,02	-0,01	-0,02	-	-0,22
100,48	100,30	99,46	100,77	99,20	100,87	99,50	99,36	99,41
63,5	63,3	64,1	66,4	56,6	66,1	72,7	43,1	64,5

Результаты пересчета на кристаллохимические формулы

2,97	2,86	3,03	2,95	3,04	2,96	3,17	3,01	3,30
0,03	0,03	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
1,03	1,14	0,97	1,05	0,96	1,04	0,83	0,99	0,70
1,37	1,39	1,70	1,49	1,65	1,48	1,59	1,78	1,59
0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,03	0,10	0,05	0,17
0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,01	-	-
0,30	0,28	0,06	0,24	0,06	0,25	0,13	0,00	-
0,25	0,25	0,12	0,19	0,18	0,21	0,14	0,15	0,21
0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,06	0,13
0,70	0,72	0,82	0,70	0,77	0,75	0,75	0,87	0,82
0,08	0,08	0,15	0,09	0,12	0,09	0,06	0,12	0,12
9,23	9,16	9,89	9,34	9,78	9,37	9,82	9,99	9,12
2,76	1,83	2,11	2,65	2,21	2,62	2,17	2,01	2,76
0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	-	0,12

Таблица 26 (окончание)

Компо- ненты	Парагониты				Биотиты	
	18	19	20	21	22	23
SiO ₂	46,75	46,43	46,58	47,20	42,14	36,14
TiO ₂	Сл.	0,06	0,12	1,04	Не опр.	2,70
Al ₂ O ₃	39,14	38,65	39,90	37,86	13,39	16,80
Fe ₂ O ₃	0,80	0,74	0,34	Нет	1,65	2,85
Cr ₂ O ₃	Не опр.	Не опр.	0,01	Не опр.	0,12	0,06
FeO	0,12	0,28	0,22	0,36	9,98	14,71
MgO	0,65	0,53	0,20	0,25	20,53	13,88
CaO	1,03	1,19	0,51	0,23	Не опр.	0,24
MnO	0,01	0,01	Сл.	Нет	" "	0,08
K ₂ O	1,18	1,18	1,12	1,84	9,65	8,64
Na ₂ O	5,08	4,55	5,76	4,42	Не опр.	0,09
H ₂ O ⁺	5,15	5,24	4,86	7,40	2,29	3,55
F	0,14	0,12	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,13
H ₂ O ⁻	0,12	0,22	0,56	" "	" "	Не опр.
Сумма	100,17	99,20	100,18	100,60	99,75	99,87
	-0,06	-0,05	-	-	-	-0,05
	100,11	99,15	100,18	100,60	99,75	99,82
f _{ат}	57,6	63,7	72,2	74,4	41,8	47,6
Результаты пересчета на кристаллохимические формулы						
Si	2,96	2,98	2,96	3,10	3,00	2,72
Ti	0,00	0,00	0,01	-	-	0,16
Al ^{IV}	1,04	1,02	1,04	0,90	1,00	1,28
Al ^{VI}	1,89	1,90	1,95	2,10	0,12	0,21
Fe ³⁺	0,04	0,04	0,01	0,00	0,09	0,16
Cr	-	-	0,00	-	0,01	0,00
Fe ²⁺	0,01	0,02	0,01	0,01	0,60	0,92
Mg	0,06	0,04	0,02	0,02	2,18	1,55
Ca	0,07	0,08	0,03	0,01	-	0,02
K	0,10	0,10	0,09	0,15	0,88	0,84
Na	0,62	0,57	0,71	0,57	-	0,00
O	9,75	9,75	8,94	10,00	10,08	10,27
OH	2,22	2,23	3,06	2,00	1,92	1,70
F	0,03	0,02	-	-	-	0,03

Ан. 1, 2, 8-12, 14, 18, 19 выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой; ан. 3 - по Дамуру (Damour, 1915); ан. 4-7 - по Е.К. Лазаренко (1955); ан. 13, 15, 22 - выполнены в Институте Урал-механообр А.П. Макаровой; ан. 16 - по Н.И. Бородаевскому и М.Б. Бородаевской (1947); ан. 17 - по А.И. Грабежеву (1970); ан. 20 - по А.И. Белковскому (1966); ан. 21 - по Г.А. Курицыной (1958); ан. 22 - по материалам И.А. Шербака.

1-2 - из зеленого лиственита: 1 - по серпентинитам (Пышминско-Ключевское рудное поле), 2 - по тальк-карбонатным породам (Березовское месторождение); 3-4 - из апоультрабазитового лиственита: 3 - Сысертский район, Средний Урал, 4 - Березовское месторождение; 5 - из кварцевой жилы, залегающей в апосерпентинитовом листвените (Благодатное месторождение, Средний Урал); 6 - из прожилков в апосерпентинитовом листвените (Зальцбург, Тироль); 7 - из кварц-слюдистого метасоматита (Пренгтон, Тироль); 8 - из апогаббрового лиственита (Шульгинское месторождение); 9-11 - из аподиабазового лиственита: 9 - Шульгинское месторождение, 10 - Березовское месторождение, 11 - Малоистокское рудопоявление; 12 - из кварц-мусковит-альбит-карбонатного метасоматита по диабазам (Шульгинское месторождение); 13 - из лиственита по пироксен-плаггиоклазовым порфирирам (Пышминско-Ключевское рудное поле); 14 - из кварц-мусковит-альбит-карбонатного метасоматита по пироксен-плаггиоклазовым порфирирам (Пышминско-Ключевское рудное поле); 15 - из кварц-мусковит-альбит-хлорит-карбонатного метасоматита по пироксен-плаггиоклазовому порфириру (Пышминско-Ключевское рудное поле); 16 - из березита по гранитоиду (Березовское месторождение); 17 - из березита по гранитам (Шарташский массив); 18, 19 - из апогаббрового лиственита (Березовское месторождение, северный фланг); 20 - из кварцевой жилы (Средний Урал); 21 - из кварц-парагонитового сланца (Заводское месторождение, Средний Урал); 22-23 - из пропилизитированного пироксен-плаггиоклазового порфирита (Пышминско-Ключевское месторождение).

на Благодатном золоторудном месторождении (№ 5). Межплоскостные расстояния фуксита из апоультрабазитовых лиственитов (Приложение XI) практически идентичны таковым эталонного мусковита (Михеев, 1957), а также фуксита из кварцевой жилы Благодатного месторождения (Лазаренко, 1955). Термограммы изученных хром-мусковитов близки к кривой нагревания эталонного фуксита (Иванова, 1961). Для них характерны два эндотермических эффекта: один с температурой максимума при 880-890°C, другой - 1140-1145°C.

В апогаббровых лиственитизированных породах слюда развита в несравненно большем (до 35% и более) количестве, чем в лиственитизированных ультрабазитах. Во внешней и промежуточных зонах метасоматических колонок по пропилизитированным габбро слюда представлена мусковитом. В метасоматитах внутренней зоны (лиственитах) обычно встречается мусковит, реже - фуксит с содержанием Cr_2O_3 до 1,36% (см. табл. 26, № 8) и еще реже - парагонит или парагонит в ассоциации с фукситом (или мусковитом).

Мусковит бесцветный, иногда бледно-зеленый. $N_g = 1,598 - 1,606$; $N_p = 1,566 - 1,569$; $N_g - N_p = 0,032 - 0,037$; $-2V = 33^\circ$. При лиственитизации габбро мелкие чешуйки (сотые и тысячные доли миллиметра) мусковита развиваются по хлориту и альбиту.

Фуксит ($N_g = 1,598$; $N_p = 1,560$) отмечается в виде удлиненных (сотые доли миллиметра) чешуек, окрашенных бледнее, чем фуксит из апоультрабазитовых лиственитов. Они, как правило, развиваются по границам зерен карбоната, иногда по контактам последних с зернами кварца и предельно редко — по трещинкам в зернах кварца.

Рентгенометрическое исследование показало, что дебаграммы фукситов из апогаббровых и апоультрабазитовых лиственитов практически не различаются. Термограммы фуксита и мусковита из апогаббровых лиственитов близки к кривой нагревания фуксита из апоультрабазитовых лиственитов.

Парагонит установлен в апогаббровых лиственитах Березовского и Пышминско-Ключевского месторождений. Он образует мелкие (сотые доли миллиметра) бесцветные листочки, включенные в кварце и железистом доломите. $N_g = 1,603 - 1,606$; $N_p = 1,565 - 1,568$; $N_g - N_p = 0,038$; $-2V = 50^\circ$. Исследованный парагонит по химическому составу (см. табл. 26, № 18, 19) довольно близок к парагониту из кварцевых жил Среднего Урала и парагонит-кварцевых сланцев Заводского (Средний Урал) колчеданного месторождения (см. табл. 26, № 20, 21).

Межплоскостные расстояния парагонита из апогаббровых лиственитов (Приложение XI) близки к таковым эталонного парагонита (Белковский, 1966). На кривой нагревания парагонита выделяются два эндоефекта: с температурой максимума при 805 и 1065°C.

Для лиственитизированных диабазов и порфиритов характерен мусковит. $N_g = 1,598 - 1,608$; $N_p = 1,563 - 1,567$; $N_g - N_p = 0,032 - 0,035$; $-2V = 29 - 37^\circ$. Его состав и формулы приведены в табл. 26 (№ 9, 10, 12, 14), а межплоскостные расстояния — в Приложении XI. Обычно мусковит в рассматриваемых породах представлен мелкими (сотые и тысячные доли миллиметра) бесцветными чешуйками, развивающимися, как правило, по хлориту и альбиту. В некоторых метасоматических колонках по диабазам и порфиритам отмечается зеленоватый фуксит (см. табл. 26, № 11, 13, 15), содержащий до 0,47% Cr_2O_3 .

Мусковит внешней зоны лиственитизации габбро, диабазов и порфиритов по сравнению с мусковитом более внутренних зон имеет больший показатель преломления и железистость.

В березитизированных диорит-порфиритах, плагиогранит-, гранит-порфирах и гранитах слюда представлена мусковитом. Ее состав и формулы приведены в табл. 26 (№ 16, 17), а оптические константы — в работах Н.И. Бородаевского, М.Б. Бородаевской (1947), А.И. Грабежева (1970), Х.Х. Лайпанова и С.Д. Шера (1971).

В актинолитизированных пироксенитах, пропицитизированных габбро, диабазах, порфиритах андезитового и андезито-базальтового состава, диорит-порфиритах, плагиогранит-, гранит-порфирах и гранитах отмечается биотит. Он выделяется в виде относительно крупных чешуек зеленоватого или бурого цвета. Отчетливо плеохроирует. $N_p = 1,580-1,626$. Химический состав биотита из пропицитизированных пироксен-плагиоклазовых порфиритов приведен в табл. 26 (№ 18, 19), а межплоскостные расстояния – в Приложении XI. Биотит из гранитоидов и диорит-порфиритов охарактеризован в работах Н.И. Бородаевского, М.Б. Бородаевской (1947) и А.И. Грабежева (1970).

При лиственитизации биотит замещается хлоритом. За счет выщелачиваемого при этом калия образуется серицит. Последний в виде мельчайших (тысячные доли миллиметра) чешуек ($N_g = 1,587$; $N_p = 1,557$; $2V = 0^\circ$) развивается по альбиту.

В аподиабазовых, апопорфиритовых и апогаббровых беспарагонитовых лиственитизированных породах отмечается уменьшение железистости мусковита по мере возрастания степени лиственитизации. По данным А.И. Грабежева (1970), Х.Х. Лайпанова и С.Д. Шера (1971), аналогичным образом изменяется железистость мусковита при березитизации гранитоидов. Железистость фуксита, образующегося при лиственитизации ультрабазитов, и парагонита, возникающего, как уже отмечалось, в некоторых случаях при лиственитизации габбро, увеличивается по мере возрастания степени развития названного процесса.

Тальк. Наблюдается в серых апоультрабазитовых лиственитах, тальк-карбонатных метасоматитах по серпентинитам, а также в самих серпентинитах. Обычно развивается по серпентину в виде листочков или плотных масс. $N_g = 1,585-1,589$; $N_p = 1,541-1,545$. Химический состав изучавшихся тальков близок к теоретическому (табл. 27). Повышенное содержание глинозема в двух пробах (см. табл. 27, № 1,2) объясняется присутствием в тальке тончайшей примеси хлорита. Для кривых нагревания талька характерен эндотермический эффект при температуре в пределах $940-990^\circ\text{C}$. Железистость талька в процессе лиственитизации незначительно возрастает.

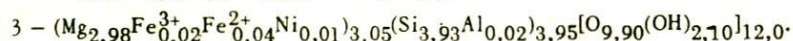
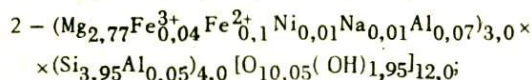
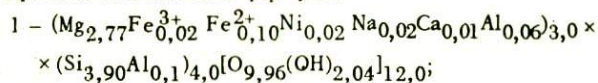
Хлориты. Хлорит в незначительном количестве (не более 1%) встречается в апоультрабазитовых лиственитах и тальк-карбонатных породах. Представлен главным образом каемками, развивающимися на периферии зерен хромита. Для апосерпентинитовых тальк-карбонат-хлоритовых метасоматитов характерно существенно большее (до 64,8 вес.%) содержание хлорита. В них он образует темно-зеленый мелкозернистый агрегат чешуек с отчетливым плеохроизмом, в котором равномерно вкраплены кристаллы доломита и расположены немногочисленные чешуйки талька. Химический состав, формулы и показатели преломления хлоритов из апоультрабазитовых метасоматитов приведены в табл. 28 (№ 1,2). По классификации К.Б. Кележинскаса (1965), они относятся к пе-

Таблица 27

Химический состав (в вес.%) и формулы талька

Компо- ненты	1	2	3	Компо- ненты	1	2	3
	SiO ₂	61,20	61,62		61,58	Na ₂ O	0,14
TiO ₂	0,02	0,02	Сл.	K ₂ O	0,05	0,05	Сл.
Al ₂ O ₃	2,08	1,56	0,22	H ₂ O ⁺	4,41	4,83	5,04
Fe ₂ O ₃	0,45	0,75	0,39	H ₂ O ⁻	Нет	Нет	0,28
FeO	1,89	1,86	0,71	Сумма	99,99	100,06	99,83
MgO	29,25	28,93	31,36	f _{ат}	5,4	6,4	1,6
CaO	0,12	0,04	Сл.	Ng	1,589	1,590	1,585
MnO	0,02	0,02	0,06	Np	1,545	1,546	1,541
NiO	0,36	0,27	0,15				

Кристаллохимические формулы:



Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой.

1 - из тальк-карбонатного метасоматита по серпентинитам (обр. 7, Пышминско-Ключевское месторождение); 2-3 - из тальк-карбонатной породы: 2 - обр. 18, Березовское месторождение, 3 - обр. XVI-ПР, Пышминское рудопроявление.

реходной между клинохлор-пеннином и корундофиллитом разности. На кривой нагревания такого хлорита отмечаются два эндоэффекта: с температурой максимума 670 и 855°C.

Железистость хлоритов из характеризуемых пород относительно высока (см. табл. 28, № 1, 2). Следует отметить, однако, что в апоультрабазитовых метасоматитах наблюдались и несколько менее железистые хлориты (Ng = 1,596; Np = 1,583). Рассмотренные хлориты от аналогичных по парагенезису хлоритов Азербайджана отличаются несколько меньшим количеством SiO₂ и большим - Al₂O₃ (см. табл. 28, № 1-3).

Хлорит широко распространен во внешней зоне лиственитизированных апогаббровых, аподиабазовых и апопорфиритовых пород, где он замещает главным образом амфибол и эпидот. Иногда хлорит отмечается и в промежуточных зонах лиственитизации; в последних он развивается по альбиту.

В большом количестве хлорит фиксируется в пропилитизированных габбро, диабазах и порфиритах, в которых он образуется путем замещения амфибола, эпидота и биотита. По классификации К.Б. Кепежинского (1965), он относится преимущественно к переходной разности между прохлоритом и рипидолитом (см. табл. 28, № 4-15).

В березитизированных породах развит хлорит из группы клинохлор-пеннина ($Nm = 1,572$). Он представлен в них зелеными чешуйками, замещающими биотит, и мелкозернистым (в березитизированных диорит-порфиритах) агрегатом, развивающимся по кристаллам амфибола.

Межплоскостные расстояния хлорита из кварцевого (с хлоритом) прожилка в лиственитизированных пироксен-плаггиоклазовых порфиритах приведены в Приложении XII. Кривые нагревания хлоритов из пропилитизированных и лиственитизированных пород близки к эталонным (Иванова, 1961) для рипидолита и прохлорита.

Железистость хлоритов при возрастании степени пропилитизации и лиственитизации пород увеличивается (см. табл. 28, № 7-9, 10-15). С возрастанием железистости хлоритов становится более интенсивной их зеленая окраска.

Турмалин. Встречается в виде удлиненных (до 1-9 мм) кристаллов ($No = 1,639-1,643$; $Ne = 1,621-1,624$) черной окраски в лиственитизированных ультрабазитах, габбро, диабазах, порфиритах, в березитизированных породах, а также в кварцевых жилах, локализованных в лиственитизированных и березитизированных породах. В ранних кварцевых жилах, залегающих в тальк-карбонатных породах Березовского месторождения, и в сопровождающих их лиственитах наблюдается зеленый хромсодержащий турмалин ($No = 1,645$; $Ne = 1,624$).

В минерале очень отчетлив плеохроизм. Химический состав, показатели преломления и формулы черного турмалина из лиственитов приведены в табл. 29. Из нее следует, что состав турмалина в какой-то мере предопределяется составом породы, в которой он образуется. Так, в турмалине из лиственитов по ультраосновным породам, по сравнению с турмалином из апогаббровых и аподиабазовых лиственитов, содержится больше MgO , но меньше SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO .

На термограммах турмалина четко фиксируется эндоэффект с температурой максимума $990^{\circ}C$.

Альбит. Обычен в пропилитизированных габбро, диабазах, порфиритах (№ 6-8, иногда № 10-11), во внешней (№ 4-7) и промежуточной (№ 0-3) зонах лиственитизации названных пород, в дайках диорит-порфиритов (№ 6-9, иногда до № 13), плаггиогранит- и гранит-порфиров (№ 6-9), а также во внешней и промежуточной зонах

Таблица 28

Химический состав (в вес.%) и формулы хлоритов из лиственитизирован

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	28,19	28,32	32,66	26,59	27,07	31,26	27,04
Al ₂ O ₃	21,12	21,34	17,73	22,72	22,38	16,95	20,50
Fe ₂ O ₃	1,20	1,25	5,12	1,24	2,40	4,79	2,11
FeO	11,73	11,54	1,42	20,99	22,95	11,37	25,42
MnO	Не опр.	Не опр.	0,08	Не опр.	0,03	0,27	Не опр.
NiO	" "	" "	0,94	" "	Не опр.	Не опр.	" "
MgO	25,46	25,06	25,94	16,30	14,13	20,80	13,98
CaO	Сл.	Сл.	1,08	Сл.	Сл.	1,50	Сл.
H ₂ O ⁺	12,23	12,25	13,98	11,70	10,88	11,57	10,45
H ₂ O ⁻	Нет	Нет	1,06	Нет	Нет	Нет	Нет
Сумма	99,93	99,76	100,01	99,54	99,84	98,51	99,50
f _{ат}	23,4	23,6	20,1	44,4	52,1	35,7	52,3
Ng	1,606	1,608	Не опр.	1,620	1,631	Не опр.	1,632
Np	1,601	1,603	" "	1,616	1,627	" "	1,628

Результаты пересчета на кристаллохимические формулы

Si	2,77	2,79	3,29	2,77	2,83	3,17	2,84
Al ^{IV}	1,23	1,21	0,71	1,23	1,17	0,83	1,16
Al ^{VI}	1,22	1,27	1,40	1,56	1,59	1,20	1,38
Fe ³⁺	0,09	0,09	0,39	0,08	0,19	0,37	0,19
Fe ²⁺	0,96	0,95	0,12	1,83	2,01	0,97	2,24
Mn	-	-	0,00	-	0,00	0,05	-
Ni	-	-	0,08	-	-	-	-
Mg	3,73	3,69	3,89	2,53	2,21	3,15	2,19
Ca	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,26	0,00
O	10,08	10,13	11,08	10,41	10,61	10,70	10,41
OH	7,92	7,87	6,92	7,59	7,39	7,30	7,59

Ан. 1, 2, 4, 5, 7-9, 13 - выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой; ан. 3 - по Г.Х. Эфендиеву (1946); ан. 6 - по Б.И. Омеляненко и др. (1969); ан. 10-12 - выполнены в Институте Уралмеханобр аналитиком А.П. Макаровой; ан. 14, 15 - по материалам И.А. Шербака.

8	9	10	11	12	13	14	15
27,10	27,10	26,62	26,41	24,63	26,00	27,44	24,43
21,13	21,50	21,88	21,66	21,00	21,58	21,84	20,67
3,61	2,13	1,47	2,46	2,25	1,66	1,66	1,35
19,06	17,20	17,93	18,26	22,79	23,46	21,56	19,43
Не опр.	0,17	Не опр.	0,11	0,06	Не опр.	Не опр.	Не опр.
" "	0,26	" "	Не опр.	Не опр.	" "	0,12	0,14
19,31	20,51	20,69	20,20	15,64	15,96	15,97	17,60
Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Не опр.	Не опр.
10,41	10,84	10,99	10,71	12,33	11,02	10,90	13,81
Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Не опр.	Не опр.
100,62	99,71	99,58	99,81	99,70	99,68	99,49	97,43
42,6	37,0	35,8	38,8	49,1	48,4	46,4	41,2
1,621	1,614	1,613	1,617	1,629	1,628	1,623	1,619
1,617	1,610	1,609	1,612	1,625	1,625	1,621	1,615
Результаты пересчета на кристаллохимические формулы							
2,72	2,73	2,68	2,83	2,64	2,71	2,85	2,64
1,28	1,27	1,32	1,17	1,36	1,29	1,15	1,36
1,23	1,28	1,28	1,57	1,29	1,36	1,52	1,28
0,27	0,16	0,11	0,20	0,18	0,13	0,13	0,11
1,61	1,45	1,52	1,64	2,04	2,04	1,87	1,76
-	0,01	-	0,01	0,00	-	-	-
-	0,02	-	-	-	-	0,01	0,01
2,89	3,08	3,10	2,58	2,49	2,47	2,47	2,84
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
10,22	10,17	10,07	10,60	10,11	10,10	10,46	10,03
7,78	7,83	7,93	7,40	7,89	7,90	7,54	7,97

1 - из тальк-карбонат-хлоритового метасоматита по серпентинитам (обр. 11, Березовское месторождение); 2 - из тальк-карбонатного метасоматита (обр. 7, Пышминско-Ключевское месторождение); 3 - из апоультрабазитового лиственита (Ипякское месторождение, Азербайджан); 4-5 - из кварц-мусковит-альбит-хлорит-карбонатного метасоматита по габбро; 4 - обр. 30,

березитизации названных дайковых пород. В гранитах Шарташского массива развит плагиоклаз № 10-30 (Грабежев, 1970). При березитизации гранитов, по А.И.Грабежеву (1970), происходит деанортитизация плагиоклаза (до № 6).

Очень редко (Березовское месторождение) альбит (№ 0-2) совместно с кварцем отмечается в тальк-карбонатных метасоматитах.

В лиственитизированных и березитизированных породах альбит свежий, нередко несдвойникованный. В пропилитизированных породах такой альбит фиксируется только в прожилках. Обычно в основной массе этих пород он всегда замутнен и в той или иной мере серицитизирован.

В процессе лиственитизации и березитизации плагиоклаз интенсивно деанортитизируется. Если в эдуктах лиственитов и березитов развит плагиоклаз № 8-35, то в промежуточных зонах лиственитизации и березитизации присутствует плагиоклаз не выше № 6; во внутренней зоне плагиоклаз, как правило, отсутствует.

Эпидот. Развиг в основном в пропилитизированных габбро, диабазах и порфиригах. Обычно образует изометричные (до 1,5 мм) зерна и маломощные (до 3 мм), нередко ветвящиеся прожилки. Иногда отмечается в виде землистых скоплений. Главным образом совместно с альбитом, иногда с серицитом и кальцитом эпидот развивается по плагиоклазу. Химический состав, формулы и показатели преломления эпидотов из пропилитизированных пород приведены

Окончание примечания к табл. 28

Шульгинское месторождение, 5 - обр. 42, Пышминско-Ключевское месторождение; 6 - из лиственитизированного габбро (привязка неизвестна); 7 - из кварц-мусковит-альбит-хлорит-карбонатного метасоматита по диабазам (обр. 46, Шульгинское месторождение); 8 - из пропилитизированного диабаза, ассоциирует с актинолитом, эпидотом (обр. 45, Шульгинское месторождение); 9-10 - из пропилитизированного порфирита, ассоциирует с актинолитом и эпидотом; 9 - обр. 62, Пышминско-Ключевское месторождение, 10 - обр. 67 Березовское месторождение; 11 - из пропилитизированного порфирита, ассоциирует с эпидотом, альбитом (обр. 63, Пышминско-Ключевское месторождение); 12-13 - из кварц-альбит-мусковит-карбонат-хлоритового апопорфиритового метасоматита; 12 - обр. 64, Пышминско-Ключевское месторождение, 13 - обр. 69, Березовское месторождение; 14 - из кварц-хлоритового прожилка в лиственитизированных порфиригах (Пышминско-Ключевское месторождение); 15 - из кварц-хлоритового обособления в кварц-альбит-мусковит-карбонат-хлоритовом апопорфиритовом метасоматите (Пышминско-Ключевское месторождение).

По К.Б.Кеппежинскому (1965), хлориты подразделяются: 1, 2 - переходные между клинохлор-пеннинном и корундофиллитом; 3 - клинохлор-пеннин; 4, 7, 11, 14 - переходные между рипидолитом и прохлоритом; 5, 6, 8-10, 12, 13, 15 - прохлорит.

Таблица 29

Химический состав (в вес.%) и формулы турмалина из лиственитов

Компо- ненты	1	2	3	Компо- ненты	1	2	3
SiO ₂	36,04	35,54	35,67	Na ₂ O	1,45	1,48	1,46
TiO ₂	0,12	0,13	0,13	K ₂ O	0,04	0,04	0,04
B ₂ O ₃	10,62	10,17	11,06	H ₂ O ⁺	1,42	1,94	2,03
Al ₂ O ₃	32,17	32,33	31,98	H ₂ O ⁻	0,16	0,17	0,36
Fe ₂ O ₃	6,31	6,09	5,43	Сумма	99,51	99,43	100,19
FeO	3,12	3,20	3,78	f _{ат}	57,2	54,6	52,2
MnO	0,04	0,03	0,03	№	1,643	1,641	1,639
MgO	6,14	6,64	7,04	№	1,624	1,622	1,621
CaO	1,88	1,67	1,18				

Кристаллохимические формулы:

- 1 - (Na_{0,49}K_{0,01}Ca_{0,34}Mn_{0,01})_{0,85}(Mg_{1,53}Fe_{0,44}²⁺Fe_{0,79}³⁺Ti_{0,01}Al_{0,38})_{3,15} × (Al_{5,94}B_{0,06})_{6,0}B₃Si₆(O_{28,50}OH_{2,50})_{31,0};
- 2 - (Na_{0,48}K_{0,01}Ca_{0,30})_{0,79}(Mg_{1,66}Fe_{0,45}²⁺Fe_{0,77}³⁺Ti_{0,02}Al_{0,31})_{3,21}Al₆ × (B_{2,95}Al_{0,05})₃(Si_{5,97}Al_{0,03})₆(O_{29,16}OH_{1,84})_{31,0};
- 3 - (Na_{0,47}K_{0,01}Ca_{0,21})_{0,69}(Mg_{1,74}Fe_{0,52}²⁺Fe_{0,68}³⁺Ti_{0,02}Al_{0,35})_{3,31} × (Al_{5,83}B_{0,17})_{6,3}(Si_{5,93}Al_{0,07})_{6,0}(O_{28,29}OH_{2,71})_{31,0}.

Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой.

1 - из лиственита по пропилитизированным диабазовым порфири-там (обр. 300/81,3 Малоистокское рудопоявление); 2 - из лиственита по пропилитизированным габбро (обр. 34, Шульгинское месторождение); 3 - из лиственита по тальк-карбонатным породам (обр. 21, Березовское месторождение).

в табл. 30. При нагревании эпидота до 1050°C четко фиксируется эндотермический эффект с максимумом при температуре 980-990°C.

Железистость эпидотов из пропилитов эпидот-хлоритовой фации обычно выше таковой эпидотов из пропилитов актинолит-эпидотовой фации (см. табл. 30).

Таблица 30

Химический состав (в вес.%) и формулы эпидотов из пропилити

Компоненты	1	2	3	4
SiO ₂	38,98	38,94	39,46	39,00
Al ₂ O ₃	23,55	23,56	23,55	21,54
Fe ₂ O ₃	9,59	9,25	9,08	11,46
FeO	1,67	1,76	1,68	4,77
MgO	1,42	1,51	1,74	1,95
CaO	22,20	22,36	22,14	19,92
H ₂ O ⁺	2,18	2,18	2,20	2,19
Сумма	99,59	99,56	99,85	100,83
f _{ат}	88,2	87,2	85,3	88,0
Ng	-	1,753	-	1,756
Np	-	1,722	-	1,726

Результаты пересчета на кристаллохимические формулы

Si	3,08	3,07	3,10	3,08
Al	2,19	2,19	2,18	2,01
Fe ³⁺	0,57	0,55	0,54	0,68
Fe ²⁺	0,11	0,12	0,11	0,31
Ca	1,88	1,89	1,87	1,69
Mg	0,17	0,18	0,20	0,23
O	11,92	11,88	11,92	11,85
OH	1,08	1,12	1,08	1,15

Ан. 1-8 - выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф.Вьюновой; ан. 9 - выполнен в Институте Уралмеханобр аналитиком А.П.Макаровой.

1 - из пропилизированного габбро, ассоциирует с амфиболом, альбитом, хлоритом (обр. 29, Шульгинское месторождение); 2-4 - из пропилизированного диабаз, такая же минеральная ассоциация: 2 - обр. 54, Березовское месторождение, 3 - обр. 44, Шульгинское месторождение, 4 - обр. 300/42,5, Малоистокское рудопр-

зированных пород

5	6	7	8	9
38,42	38,96	39,13	38,98	38,29
23,31	22,14	23,71	23,56	22,69
10,05	10,68	9,61	9,38	11,12
4,43	4,64	1,45	1,68	2,76
1,77	1,83	1,26	1,39	0,87
20,44	20,18	22,31	21,98	22,16
2,19	2,18	2,19	2,18	2,17
100,61	100,61	99,66	99,15	100,06
87,7	88,0	89,3	88,2	93,6
-	-	-	1,755	-
-	-	-	1,721	-

Результаты пересчета на кристаллохимические формулы

3,02	3,08	3,10	3,09	3,04
2,16	2,06	2,20	2,20	2,12
0,60	0,63	0,57	0,56	0,66
0,29	0,31	0,09	0,11	0,18
1,72	1,71	1,89	1,88	1,90
0,21	0,21	0,15	0,16	0,10
11,80	11,85	11,97	11,92	11,86
1,20	1,15	1,03	1,08	1,14

явление; 5-7 - из пропилитизированного диабаза, ассоциирует с хлоритом, альбитом: 5 - обр.45, Шульгинское месторождение, 6 - обр.300/52,2, Малоистокское рудопроявление, 7 - обр.55, Березовское месторождение; 8 - из пропилитизированного порфирита, ассоциирует с амфиболом, альбитом, хлоритом (обр.62, Пышминско-Ключевское месторождение); 9 - из пропилитизированного порфирита, ассоциирует с хлоритом, альбитом (обр. У-ПР, Пышминско-Ключевское месторождение).

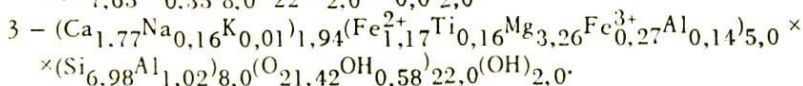
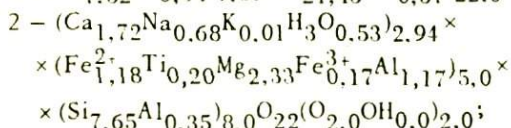
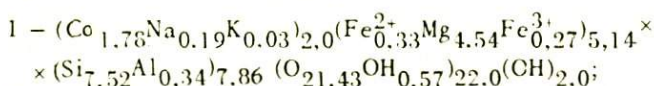
Амфибол. Служит основным минералом внешней зоны пропилитизации габбро, диабазов и порфиритов. Тесно ассоциирует с эпидотом, альбитом, хлоритом. Наиболее част актинолит, представленный удлиненными (до 1-2 мм) зернами и спутанно-волокнистыми, войлоковидными агрегатами. Состав и железистость амфибола значительно варьируют даже в пределах одной метасоматической колонки (табл. 31). Наряду с маложелезистыми и почти безглиноземи-

Таблица 31

Химический состав (в вес.%) и формулы амфибола из пропилитизированных пород

Компоненты	1	2	3	Компоненты	1	2	3
	SiO ₂	54,96	52,22		49,10	Na ₂ O	0,70
TiO ₂	0,03	1,75	1,46	H ₂ O ⁺	2,61	2,37	2,23
Al ₂ O ₃	2,12	8,54	6,90	Сумма	100,52	100,11	99,74
Fe ₂ O ₃	2,63	1,50	2,50	f _{ат}	15,5	43,6	36,3
FeO	2,89	9,68	9,89	Ng	1,641	1,676	1,673
MgO	22,25	10,70	15,41	Np	1,619	1,659	1,657
CaO	12,17	10,94	11,65				
K ₂ O	0,16	0,03	0,03				

Кристаллохимические формулы:



Анализы выполнены в Институте Уралмеханобр аналитиком А.П. Макаровой.

1 - актинолит из пропилитизированного пироксен-плагноклазового порфирита (обр. 62, Пышминско-Ключевское месторождение); 2 - актинолитизированный уралит из пропилитизированного диабаза (обр. 54, Березовское месторождение); 3 - актинолитизированный уралит из пропилитизированного габбро (обр. 29, Шульгинское месторождение).

стыми амфиболами (актинолитами) развиты актинолитизированные уралиты, характеризующиеся повышенным содержанием глинозема, натрия, железа и пониженным — магния и в ряде случаев кремнезема. Исследование показало, что железистость амфибола в процессе пропилитизации пород понижается и что этому сопутствует вынос глинозема.

В уралите из пропилитизированных габбро и порфиритов Пышминско-Ключевского месторождения иногда отмечаются реликты авгита (Малахов и др., 1941).

Показатели преломления изученных амфиболов приведены в табл. 31, межплоскостные расстояния актинолита — в Приложении XIII.

На термограммах амфиболов отчетливо вырисовывается эндотермический эффект с максимумом при температуре 1050 — 1075°C.

Серпентин. Распространен главным образом в хризотиловых и антигоритовых серпентинитах. В качестве реликтового минерала устанавливается в тальк-карбонатных породах.

В серпентинитах, не затронутых процессом лиственитизации, отмечаются небольшие реликтовые участки их хризотиловых и антигорит-хризотиловых разновидностей. Диагностика хризотила подтверждена результатами термического анализа. $N_g = 1,574$; $N_p = 1,569$. Его состав и формула приведены в табл. 32 (№ 1). При лиственитизации серпентинитов во внешней зоне отмечается антигоритизация хризотила. Показатели преломления изучавшихся антигоритов колеблются в следующих пределах: $N_g = 1,571 - 1,579$; $N_p = 1,560 - 1,569$. Химический состав и формула его приведены в табл. 32 (№ 2). Кривые нагревания исследованных хлоритов полностью соответствуют эталонной кривой (Иванова, 1961).

При более интенсивной лиственитизации антигорит замещается парагенезисом талька с карбонатом или реже ассоциацией хлорита с карбонатом и тальком. Иногда по антигоритовым серпентинитам образуется почти мономинеральная тальковая порода.

Микроклин. Развита в гранитоидах, а также во внешней и промежуточной зонах березитизации этих пород. Специальным исследованием микроклина автор не занимался. Довольно полные сведения о нем приводятся в работах Н.И. Бородаевского, М.Б. Бородаевской (1947) и А.И. Грабеева (1970).

Пирит. Образуется при пропилитизации, лиственитизации, березитизации. Выделяется также позднее лиственитов и березитов, выполняя трещины как в названных метасоматитах, так и в кварцевых жилах, локализующихся в них. В пропилитизированных породах пирит отмечается в виде мелких (до 0,5 см), нередко равномерно рассеянных кубиков.

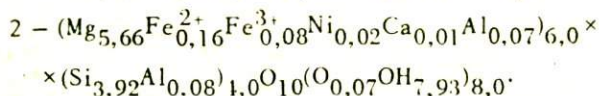
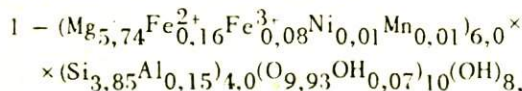
В лиственитах, березитах и кварцевых жилах, залегающих в них, выделяются три генерации пирита: ранняя, промежуточная и поздняя. Пирит ранней генерации представлен равномерно вкрапленными кубами, реже пентагон-додекаэдрами (0,3 — 2,0 см), одновременными с метасоматитами (Попов, 1970; Сазонов, 1972).

Таблица 32

Химический состав (в вес.%) и формулы серпентинов из серпентинитов

Компоненты			Компоненты		
	1	2		1	2
SiO ₂	41,77	41,66	CaO	Нет	0,10
TiO ₂	0,03	0,02	H ₂ O ⁺	12,70	13,22
Al ₂ O ₃	1,32	1,34	H ₂ O ⁻	0,17	0,06
Fe ₂ O ₃	1,16	1,13	Сумма	100,73	100,26
FeO	2,11	2,01	f _{ит}	5,6	5,9
NiO	0,10	0,24	Ng	1,574	1,575
MnO	0,10	0,04	Np	1,569	1,568
MgO	41,57	40,44			

Кристаллохимические формулы:



Анализы выполнены в Институте Уралмеханобр аналитиком А.П.Макаровой.

1 - хризотил из хризотилового серпентинита (обр. 5, Пышминско-Ключевское месторождение); 2 - антигорит из антигритового серпентинита (обр. 6, Пышминско-Ключевское месторождение).

Пирит промежуточной генерации отмечается в виде тончайших (вплоть до "пиритной пыли") прожилков и мелкозернистых (от сотых долей до 1-2 мм) агрегатных скоплений. В таком пирите часты субмикроскопические вроски золота. Прожилки пирита промежуточной генерации секут кубы и пентагон-додэкаэдры пирита ранней генерации (Сазонов, 1972). В ряде случаев под воздействием растворов, из которых образовался мелкозернистый пирит, отмечалось дораствание граней пирита (кубов) ранней генерации (Михайлова, 1969). Пирит поздней генерации представлен мелкозернистой разновидью. Он ассоциирует с такими минералами, как галенит, халькопирит, айкнит, герсдорфит и др.

Кубы, пентагон–додекаэдры пирита и мелкозернистый пирит из лиственитов, березитов и кварцевых жил, залегающих в этих метасоматитах, существенно различаются по некоторым элементам–примесям (Приложение XIV). Наименьшим количеством элементов–примесей характеризуются кубы пирита. В пентагондодекаэдрических кристаллах этого минерала отмечается резко повышенное, по сравнению с кубическим, содержание никеля, кобальта, иногда мышьяка. Такие элементы, как свинец, висмут, серебро, бор, не фиксируются ни в кубах, ни в пентагон–додекаэдрах пирита. В мелкозернистом пирите появляются олово, висмут, бор, отмечаются повышенные содержания мышьяка, серебра, свинца, и пониженные – никеля и кобальта. Меди в нем бывает и больше и меньше, чем в охарактеризованных кристаллах. Для пиритов из апоультрабазитовых лиственитов наблюдается уменьшение отношения $(Co:Ni)$ с переходом от кубов к пентагон–додекаэдрам и от последних – к мелкозернистой разновидности пирита. Для пирита из апогаббровых, аподиабазовых и апопорфиритовых лиственитов и из березитов подобная закономерность не отмечается (Приложение XIV).

Магнетит. Встречается в виде мелкой вкрапленности в серпентинитах (в особенности в антигоритовых разностях), пропилитизированных габбро, диабазах, порфиритах, в лиственитизированных разностях названных пород, а также иногда в неизмененных гранитоидах и во внешней и промежуточной зонах березитизации по ним. В процессе лиственитизации и березитизации магнетит разлагается; высвобождающееся при этом железо связывается в карбонате и пирите, а титан – в рутиле и реже в ильмените.

Хромит. Встречается в ультраосновных породах. Представлен редкой, обычно мелкой (доли миллиметра) вкрапленностью. В процессе лиственитизации, как уже отмечалось, существенная часть хромита замещается хлоритом и фукситом.

Гематит. Часто отмечается в апосерпентинитовых тальк–карбонатных породах в виде мелких пластинок и близких к изометричным зерен (0,1–0,5 мм). При лиственитизации названных пород неустойчив. Железо, высвобождающееся при его разложении, связывается в карбонатах (при высоком химическом потенциале CO_2) или в пирите (при высоком химическом потенциале S). По данным Л.В. Михайловой, гематит иногда наблюдается в виде тонких прожилков в залебандовых частях карбонат–кварцевых жил, локализующихся в дайках лампрофиров, вскрытых горными выработками на горизонте 512 м северного фланга Березовского месторождения. Здесь этот минерал представлен в основном мелкозернистым агрегатом.

Апатит. Встречается в небольшом количестве в основных, средних и кислых породах. Часто представлен удлиненными, хорошо ограниченными кристаллами. В процессе лиственитизации и березитизации устойчив. В ряде случаев отмечалось укрупнение зерен апатита с возрастанием степени гидротермально–метасоматической переработки пород.

Сфен, лейкоксен, рутил. Сфен характерен для пропилитизированных пород, в которых он наблюдается в виде довольно крупных (до 1–2 мм) конвертовидных кристаллов с очень высоким рельефом. Лейкоксен и рутил обычно развиваются при лиственитизации пропилитизированных пород, замешая, видимо, главным образом сфен. Рутил наиболее част в лиственитах по диабазам. В них он обычно представлен мелкими (сотые доли миллиметра) удлиненными кристалликами, нередко сдвоенными.

Кроме описанных, в лиственитизированных и березитизированных породах встречаются такие образовавшиеся позднее их минералы, как шеелит, сфалерит, галенит, халькопирит, блеклые руды, герсдорфит, самородное золото и многие другие. Полный их список и подробное описание имеются в работах П.И. Кутюхина, а также Н.И. Бородаевского и М.Б. Бородаевской (1947).

СОТНОШЕНИЕ ЖЕЛЕЗИСТОСТИ МИНЕРАЛОВ

Ниже характеризуется соотношение железистости между следующими сосуществующими в лиственитизированных и березитизированных породах минеральными парами: 1) карбонат ряда доломит – анкерит и карбонат ряда магнезит – сидерит; 2) карбонат и хлорит; 3) слюда (мусковит, фуксит, парагонит) и карбонат; 4) карбонат и тальк. Под железистостью карбоната автором понимается содержание в нем сидеритового компонента (f), выраженное в атомн.%.

Железистость сосуществующих минералов рассчитывалась или по результатам химического анализа, или по величине показателей преломления (Приложения XV–XVII) по методике, предложенной рядом исследователей (Татарский, 1955; Трегер, 1958 и др.).

Исследование показало, что железистость сосуществующих в лиственитизированных породах карбонатов рядов магнезит – сидерит и доломит – анкерит связана прямолинейной зависимостью (рис. 20). Она выдерживается как для лиственитизированных ультрабазитов, в которых железистость сосуществующих карбонатов

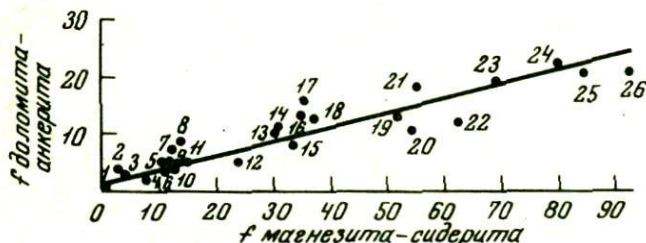


Рис. 20. Соотношение железистости (f , атомн.%) сосуществующих в лиственитизированных породах карбонатов рядов доломит – анкерит и магнезит – сидерит. Названия пород, из которых выделены сосуществующие минеральные пары, см. в Приложении XV

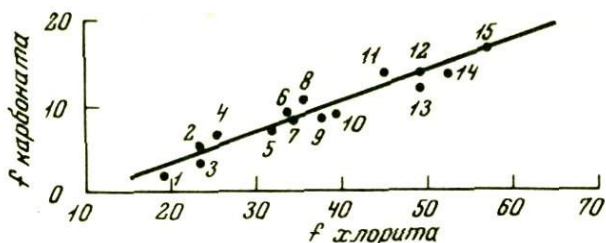


Рис. 21. Соотношение железистости (f , атомн.%) сосуществующих в лиственитизированных и березитизированных породах карбоната и хлорита. Названия пород, из которых выделены сосуществующие минеральные пары, см. в Приложении XVI

не превышает 8%, так и для лиственитизированных габбро, диабазов и пироксен-плагноклазовых порфиритов, в которых железистость карбоната ряда магнезит - сидерит колеблется в пределах 30-92%, а карбоната ряда доломит - анкерит - в пределах 10-23% (Приложение XV).

Аналогичной же зависимостью связана железистость сосуществующих в лиственитизированных и березитизированных породах карбоната и хлорита. Из диаграммы, представленной на рис. 21, следует, что железистость хлорита в лиственитизированных и березитизированных породах всегда выше таковой сосуществующего с ним карбоната.

Интересные данные получены при исследовании распределения железистости между сосуществующими в лиственитизированных породах слюдой (мусковит, фуксит, парагонит) и карбонатом. В лист-

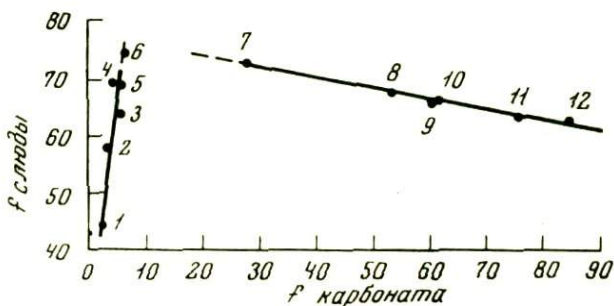


Рис. 22. Соотношение железистости (f , атомн.%) сосуществующих в лиственитизированных породах карбоната и слюды. Названия пород, из которых выделены сосуществующие минеральные пары, см. в Приложении XVII

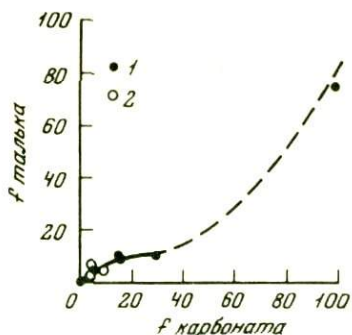


Рис. 23. Соотношение железистости (f , атомн.%) талька и карбоната ряда магнетит – брейнерит в тальк-карбонатных метасоматитах
1 – данные С.А. Коренбаума (1967); 2 – данные автора

веницитизированных ультрабазитах и габбро с увеличением железистости фуксита (или парагонита) железистость сосуществующего с ним карбоната возрастает, а в лиственитизированных диабазах и порфиритах, наоборот, с возрастанием железистости слюды (мусковита) отмечается уменьшение железистости карбоната (рис. 22).

Для изучения соотношения железистости между сосуществующими в лиственитизированных породах тальком и карбонатом использованы данные химического анализа трех пар минералов из лиственитизированных ультрабазитов. Для каждого минерала из этих пар рассчитана железистость. Затем на имеющуюся диаграмму зависимости железистости талька от железистости карбоната (Коренбаум, 1967) нанесены точки, характеризующие соотношение железистости этих пар. Точки расположились на диаграмме (рис. 23) около линии (близкой к прямой), характеризующей связь железистости талька и карбоната. В связи с этим можно полагать, что железистость талька и карбоната в лиственитизированных породах связана зависимостью, близкой к прямолинейной.

Таким образом, железистость во всех минеральных парах, сосуществующих в лиственитизированных породах (от внешней зоны лиственитизации до внутренней), связана прямолинейной или близкой к ней зависимостью. На основе этого можно полагать, что в процессе лиственитизации может достигаться довольно полное равновесие между сосуществующими (парагенетичными) минеральными фазами.

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕТАСОМАТИТОВ С КВАРЦЕВЫМИ ЖИЛАМИ И ПОВЕДЕНИЕ ЗОЛОТА В ПРОЦЕССЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ПРОПИЛИТОВ, ЛИСТВЕНИТОВ И БЕРЕЗИТОВ С КВАРЦЕВЫМИ ЖИЛАМИ

В пропилитизированных породах района кварцевые жилы встречаются довольно часто. Их можно подразделить на два типа: возникшие при пропилитизации пород; образовавшиеся позднее пропилитизации, наложенные на пропилиты.

При пропилитизации пород выносятся некоторое количество кремнезема, который в основном, видимо, идет на образование кварцевых жил. Мощность жил, локализующихся в пропилитах, обычно небольшая (до 3–5 см). Их форма, как правило, простая: линзы, пластины. Лишь иногда отмечаются ветвящиеся жилы и жилы очень сложной формы. Последние возникают на участках развития в пропилитизированных породах плейчатости. Плейчатость, естественно, образовалась в породах до того, как они подверглись пропилитизации. При пропилитизации хрупкие плейчатые породы реагировали на тектонические напряжения (если таковые были) образованием трещин и отслоений прежде всего, очевидно, по плейчатости. При выполнении тех и других кварцем возникают жилы различных усложненных форм. В кварцевых жилах, образовавшихся при пропилитизации, иногда отмечаются эпидот и актинолит.

При лиственитизации плейчатых пород плейчатость, как правило, уничтожается. Однако она в качестве реликтовой текстуры прослеживается, например, в лиственитах Пышминско-Ключевского месторождения и Малоистокского рудопроявления.

Кварцевые жилы, локализующиеся в лиственитах и березитах, подразделяются на *согласные*; *согласные* по простиранию, но *несогласные* по падению; *несогласные* как по простиранию, так и по падению. В согласных жилах иногда наблюдаются апофизы, секущие листвениты и березиты.

Мощность кварцевых жил, залегающих в лиственитах и березитах, от мощности ореолов лиственитизации и березитизации в большинстве случаев не зависит. Их форма предопределяется характером развивающейся в названных метасоматитах трещиноватости. Чаще всего это одиночные линзы, приуроченные к осевой зоне тел метасоматитов, реже образования более сложной конфигурации. Кварцевые жилы иногда расположены в лиственитах таким образом, что

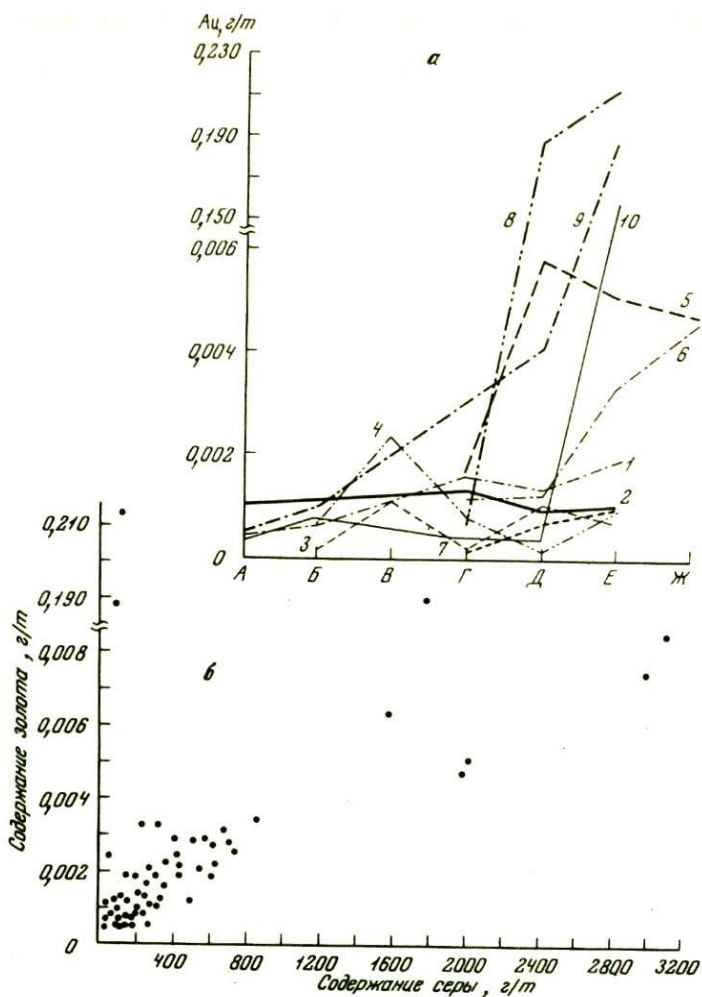


Рис. 24. Зависимость между минеральным составом и содержанием золота (а), содержанием золота и серы (б) в метасоматитах, возникших при лиственитизации ультраосновных пород

А - хризотилковый серпентинит; Б - антигоритовый серпентинит; В - тальк-карбонат-хлоритовый метасоматит; Г - тальк-карбонатный метасоматит; Д - кварц-карбонатный метасоматит (серый лиственит); Е - фуксит-кварц-карбонатный метасоматит (зеленый лиственит); Ж - существенно карбонатный (с кварцем и фукситом) метасоматит (желтый лиственит).

Метасоматические колонки: 1,2 - Пышминско-Ключевского месторождения; 3,4,9,10 - Березовского месторождения; 5-6 - Пышминского рудопоявления; 7,8 - Пышмогорского месторождения

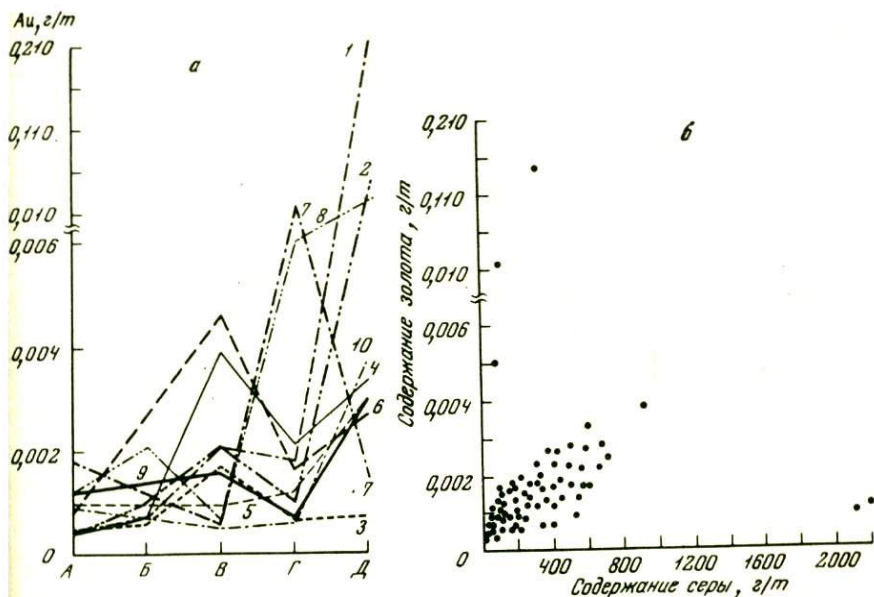


Рис. 25. Зависимость между минеральным составом и содержанием золота (а), содержанием золота и серы (б) в метасоматитах, возникших при лиственитизации пропилитизированных габбро, диабазов и пироксен-плагиоклазовых порфиритов

Пропилитизированные породы: А - актинолит-альбит-эпидотовый метасоматит; Б - эпидот-альбит-хлоритовый метасоматит; лиственитизированные породы: В - мусковит-альбит-кварц-карбонат-хлоритовый метасоматит; Г - кварц-альбит-мусковит-карбонатный метасоматит; Д - кварц-мусковит-карбонатный метасоматит (лиственит)

Метасоматические колонки: 1,2 - по диабазам Березовского месторождения; 3-6 - по диабазам (3,4) и габбро (5,6) Шульгинского месторождения; 7-10 - по порфиритам (7,8) и габбро (9,10) Пышминско-Ключевского месторождения

их рисунок в плане очень близок к таковому лестничных кварцевых жил в дайках гранитоид-порфиров.

Приведенные особенности локализации кварцевых жил в лиственитах и березитах дают основание полагать, что их образование было длительным; началось в конце процесса лиственитизации и березитизации, когда кремнезем становился инертным, а закончилось уже после того, как листвениты и березиты были полностью сформированы.

ЗОЛОТОРУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ЛИСТВЕНИТОВ И БЕРЕЗИТОВ И ПОВЕДЕНИЕ ЗОЛОТА В ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Повышенное содержание золота в лиственитах и березитах района, около золотоносных кварцевых жил, является общеизвестным фактом (Бородаевский, Бородаевская, 1947; Михайлова, 1969; Сазонов, 1970, 1972 и др.).

Выполненное автором бороздовое опробование лиственитовых и березитовых тел, в которых локализируются незолотоносные или слабо золотоносные кварцевые жилы, показало, что содержание золота в них не превышает 0,1–0,2 г/т. Рудная минерализация в таких метасоматитах представлена кубами и пентагон–додекаэдрами пирита, отличающимися слабой (0,0069 – 0,076 г/т) золотоносностью, близкой к золотоносности (0,0044 – 0,137 г/т) других их минералов: кварца, карбоната, слюд.

При изучении автором лиственитов (Сазонов, 1972), а Л.В.Михайловой (1969) – березитов из ореолов золотоносных кварцевых жил выяснено, что их золотоносность обусловлена развитием мелкозернистого (прожилки и вкрапленность), высокозолотоносного (от десятков до сотен граммов на тонну) пирита. Отмечавшиеся автором пересечения прожилками такого пирита границ кварцевых жил с лиственитами и березитами свидетельствуют о том, что в этом случае пирит является наложенным.

Исследованиями автора (Сазонов, 1972) установлено, что в одних метасоматических колонках, образовавшихся при лиственитизации пород (ультрабазитов, габбро, диабазов и порфиритов), количество золота с продвижением от внешних зон к внутренним практически не изменяется, а в других оно остается постоянным при переходе от внешней зоны к промежуточным, но в той или иной мере возрастает во внутренней зоне (рис. 24, а; рис. 25, а). Последнее можно связать с развитием во внутренних зонах метасоматитов мелкозернистого высокозолотоносного пирита (Сазонов, 1972). Существенная связь золота с пиритом подтверждается наличием корреляционной зависимости содержаний золота и серы в лиственитизированных породах (см. рис. 24, б; рис. 25, б). Из приведенных данных следует, что золото при лиственитизации не только не привносится, но даже может выноситься.

Исследования Л.В.Михайловой (1969), Х.Х. Лайпанова и С.Д. Шера (1971) показали, что поведение золота при березитизации близко к рассмотренному для процесса лиственитизации.

НЕКОТОРЫЕ ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ПАРАГЕНЕЗИСЫ ПРОПИЛИТИЗИРОВАННЫХ И ЛИСТВЕНИТИЗИРОВАННЫХ ПОРОД

СРАВНЕНИЕ ЛИСТВЕНИТОВ ПО ПОРОДООБРАЗУЮЩИМ ОКИСЛАМ

Изучением различий в химическом составе лиственитов занимались Ю.С. Соловьев (1947), А.Д. Ракчеев (1958), М.А. Кашкай и Ш.И. Аллахвердиев (1965) и автор (Сазонов, 1973).

Ю.С. Соловьев, исследуя, по данным 38 химических анализов, зависимость между содержанием SiO_2 и таких окислов, как MgO , CaO и другие, в лиственитах, пришел к выводу о возможности выделения трех химических типов названных метасоматитов: серпентинитового, габбрового и порфиритового.

А.Д. Ракчеев, используя 41 химический анализ лиственитов, проанализировал зависимость между содержаниями в последних SiO_2 , Al_2O_3 , MgO и пришел к тому же заключению, что и Ю.С. Соловьев.

М.А. Кашкай и Ш.И. Аллахвердиев сравнили (по 86 анализам) средние содержания окислов в лиственитах, образовавшихся по различным исходным породам, и пришли к заключению о близости химического состава апогаббровых и апосерпентинитовых лиственитов и о существенном различии такового апосерпентинитовых и апопорфиритовых лиственитов.

Автором использованы 182 анализа лиственитов (табл. 33). Исследования проводили путем построения и анализа двухкомпонентных прямоугольных диаграмм зависимости между содержаниями MgO и CaO , SiO_2 и CO_2 и некоторыми другими окислами (Сазонов, 1973) и сравнения рядов распределения (Митропольский, 1961; Родионов, 1963 и др.) содержаний породообразующих окислов по F-критерию Фишера и t-критерию Стьюдента (или Д.А. Родионова).

Анализ диаграмм показал, что между содержаниями SiO_2 и CO_2 в лиственитах существует обратная, а между количеством CaO и MgO — прямая линейная зависимость. На большинстве диаграмм можно выделить лишь два обособленных поля точек составов: апоультрабазитовых лиственитов; апогаббровых, аподиабазовых и апопорфиритовых лиственитов. Однако и эти поля частично перекрываются. Таким образом, точечные диаграммы, очевидно, не могут помочь детальному расчленению лиственитов по химическому составу.

Таблица 33

Статистические параметры распределения породообразующих окислов в

Компо- ненты	Апоультрабазитовые					Апогаббровые	
	N	\bar{X}	S^2	$S A/A$	$S E/E$	N	\bar{X}
SiO ₂	88	30,34	48,77	2,27	2,17	14	36,35
TiO ₂	58	0,02	0,0003	0,31	-1,09	13	0,40
Al ₂ O ₃	75	1,44	1,29	2,26	-0,57	14	12,67
Cr ₂ O ₃	43	0,30	0,033	2,49	-0,91	13	0,11
Fe ₂ O ₃	86	3,26	4,20	0,91	-2,26	14	0,148*
FeO	73	3,77	3,03	2,90	1,70	14	5,60
MnO	65	0,10	0,004	1,33	-1,83	14	0,20
NiO	35	-0,743*	0,111*	-1,24	2,26	10	-1,970*
MgO	88	25,93	68,43	-1,73	-2,63	14	10,94
CaO	38	0,43	0,15	0,18	-2,10	14	9,60
Na ₂ O	61	0,27	0,112	1,73	0,38	11	1,55
K ₂ O	60	0,17	0,044	2,66	-1,55	11	1,24
P ₂ O ₅	54	-1,804*	0,178*	1,53	-1,10	14	-1,609*
CO ₂	83	29,35	33,01	-2,28	-0,11	14	17,17

Таблица 33 (окончание)

Компо- ненты	Алопорфиритовые				
	N	\bar{X}	S^2	$S A/A$	$S E/E$
SiO ₂	63	41,64	40,87	0,55	0,96
TiO ₂	53	0,63	0,042	-2,14	1,10
Al ₂ O ₃	60	12,87	14,15	-3,19	2,22
Cr ₂ O ₃	47	0,03	0,0003	-0,66	-1,26
Fe ₂ O ₃	63	0,416*	0,180*	1,36	0,62
FeO	55	7,05	4,98	0,32	-0,19
MnO	40	0,17	0,006	0,49	0,10
NiO	17	-1,842*	0,102*	0,20	-0,94
MgO	58	6,33	4,72	-1,93	1,91
CaO	60	7,63	13,40	-0,60	-0,30
Na ₂ O	45	1,70	1,26	0,17	-0,35
K ₂ O	45	2,32	1,88	1,17	-1,15
P ₂ O ₅	44	-0,782*	0,064*	3,30	2,04
CO ₂	56	13,39	27,50	0,52	2,45

Апогаббровые			Аподиабазовые				
S ²	S ^{A/A}	S ^{E/E}	N	\bar{X}	S ²	S ^{A/A}	S ^{E/E}
50,96	1,45	0,30	17	44,18	66,81	0,59	0,25
0,162	1,38	-1,45	17	1,36	0,16	0,36	-1,46
36,01	-0,79	-0,42	17	13,22	9,14	-2,03	0,34
0,032	2,50	-2,41	14	0,02	0,0002	1,97	-0,31
0,108*	0,70	0,69	17	0,181*	0,101*	0,28	1,95
4,60	0,09	0,93	17	7,33	9,71	-1,29	0,58
0,036	1,88	0,11	17	0,19	0,0075	0,68	-1,56
0,253*	1,16	-0,83	15	-2,089	0,060	1,29	-0,32
31,18	-1,48	-0,31	17	4,85	2,61	-1,08	-1,37
8,14	-1,35	-0,46	17	7,33	7,26	-1,14	0,74
1,00	-0,02	-1,21	17	1,98	1,15	-1,03	-1,10
1,46	0,66	-1,05	17	1,90	1,69	0,36	-1,23
0,288*	0,20	-1,39	17	-0,833*	0,064*	-0,91	2,53
58,70	-0,35	-0,64	16	13,51	15,90	-0,51	-0,98

N - число проб; \bar{X} - среднее арифметическое (в вес.%), цифры со звездочкой - среднее арифметическое логарифмов содержаний; S² - дисперсия содержаний, цифры со звездочкой - дисперсия логарифмов содержаний; S^{A/A} - оценка асимметрии; S^{E/E} - оценка эксцесса.

Сравнению рядов распределения содержаний 14 породообразующих окислов в различных типах лиственитов предшествовало определение закона и параметров распределения (см. табл. 33). Оказалось, что распределение большинства окислов аппроксимируется с нормальным законом. Только содержания NiO и P₂O во всех типах лиственитов и Fe₂O₃ в апогаббровых, аподиабазовых и апорфиритовых лиственитах распределены логнормально. По величине асимметрии несколько не соответствует нормальному закону распределение Al₂O₃ в апорфиритовых лиственитах и логнормальному закону распределение P₂O₅ в апорфиритовых лиственитах (см. табл. 33).

В результате установлено, что листвениты, образовавшиеся по различным исходным породам, отличаются¹ как по средним содер-

¹ Здесь и далее имеются в виду значимые отличия (с вероятностью 95%).

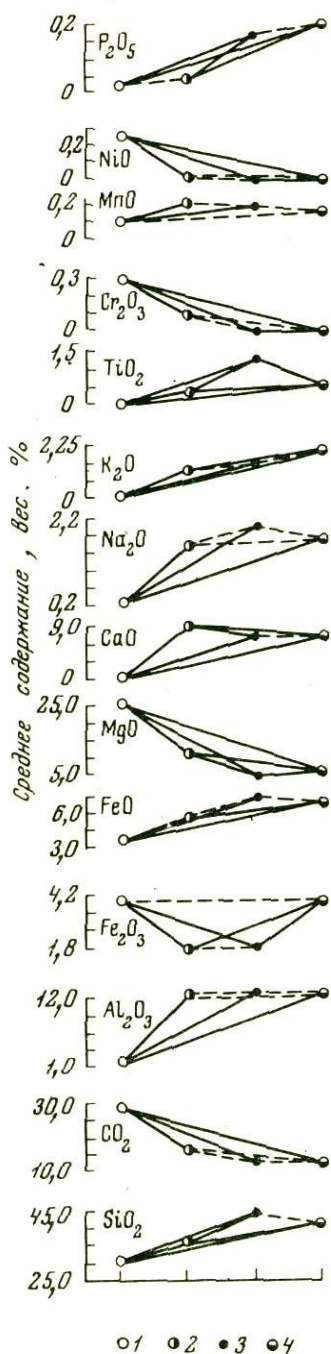


Рис. 26. Сравнение средних содержащий породообразующих окислов в различных типах лиственитов

1-4 - листвениты: 1 - апоультрабазитовые, 2 - апогаббровые, 3 - аподиабазовые, 4 - апопорфиритовые. Сплошные линии соединяют значимо отличающиеся, а пунктирные - незначимо отличающиеся средние содержания (с вероятностью 95%)

жаниям ряда породообразующих окислов: апоультрабазитовые от апогаббровых - по тринадцати, от аподиабазовых - по четырнадцати, от апопорфиритовых - по двенадцати; апогаббровые от аподиабазовых - по пяти, от апопорфиритовых - по восьми; аподиабазовые от апопорфиритовых - по пяти (рис. 26), так и по величине дисперсий содержаний тех или иных окислов: апоультрабазитовые от апогаббровых - по семи (TiO_2 , Al_2O_3 , MnO , NiO , CaO , Na_2O , K_2O), от аподиабазовых - по одиннадцати (TiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , FeO , NiO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , CO_2), от апопорфиритовых - по одиннадцати (TiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , NiO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5); апогаббровые от аподиабазовых - по семи (Al_2O_3 , Cr_2O_3 , MnO , NiO , MgO , P_2O_5 , CO_2), от апопорфиритовых - по семи (TiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , MnO , MgO , P_2O_5 , CO_2); аподиабазовые от апопорфиритовых - по трем (TiO_2 , FeO , NiO).

Из приведенных результатов следует, что чем более разнятся по составу породы, тем по большему количеству породообразующих окислов различаются образующиеся по ним листвениты. В ряду апоультрабазитовые - апопорфиритовые листвениты отчетливо проявляется тенденция к увеличению содержания SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO , P_2O_5 и к уменьшению количества CO_2 , MgO , Cr_2O_3 , NiO (см. рис. 26).

Таблица 34

Статистические параметры распределения содержаний элементов-примесей в лиственитах некоторых месторождений

1. Пышминско-Ключевское месторождение

Компо- ненты	Апоультрабазитовые						Апогаббровые						Апопорфировые					
	N	lg X̄	a	S ² lg	S ^A /A	S ^E /E	N	lg X̄	a	S ² lg	S ^A /A	S ^E /E	N	lg X̄	a	S ² lg	S ^A /A	S ^E /E
Cr	48	-0,884	0,159	0,074	-0,59	-1,567	28	-2,465	0,004	0,045	0,99	1,97	116	-1,194	0,019	0,194	-2,16	-0,73
Ni	48	-1,403	0,07	0,215	-1,41	-1,00	28	-2,592	0,003	0,103	-0,47	-2,67	116	-2,491	0,005	0,173	0,65	-2,45
Co	48	-2,169	0,009	0,122	0,82	-1,48	28	-2,516	0,004	0,074	0,37	0,29	116	-2,612	0,003	0,053	-1,35	1,18
Cu	48	-2,506	0,005	0,191	0,11	-2,39	28	-2,435	0,008	0,311	0,67	1,58	116	-2,359	0,007	0,154	-2,33	-0,61
Ti	48	-1,736	0,03	0,124	2,71	-0,48	28	-1,017	0,16	0,181	2,42	1,83	116	-0,523	0,30	0,00	0,00	0,00
Mn	48	-1,452	0,05	0,094	0,25	-2,08	28	-1,523	0,03	0,000	0,00	0,00	116	-1,124	0,11	0,158	-0,08	-1,76
Zn	48	-2,009	0,013	0,097	-0,25	-0,64	28	-2,870	0,004	0,201	-0,02	-1,00	116	-2,936	0,002	0,175	0,01	-1,73
Pb	-	-	-	-	-	-	28	-2,870	0,004	0,201	-0,02	-1,00	40	-2,762	0,002	0,058	0,00	-2,74
V	48	-2,571	0,004	0,151	0,90	-1,82	28	-1,932	0,013	0,037	2,86	-0,15	-	-	-	-	-	-
Sr	48	-2,305	0,009	0,231	0,73	-1,51	28	-2,007	0,017	0,215	-2,33	0,39	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	-	28	-1,476	0,057	0,200	1,04	-0,77	116	-2,311	0,006	0,071	0,94	2,86
B	48	-3,000	0,001	0,000	0,000	0,00	28	-2,809	0,003	0,246	0,00	1,13	101	-3,281	0,001	0,094	4,24	2,35

2. Шульгинское месторождение

3. Малоистокское рудопроявление

Компо- ненты	Апогаббровые						Аподиабазовые						Апопорфировые					
	N	lg X̄	a	S ² lg	S ^A /A	S ^E /E	N	lg X̄	a	S ² lg	S ^A /A	S ^E /E	N	lg X̄	a	S ² lg	S ^A /A	S ^E /E
Cr	103	-1,185	0,124	0,243	-1,00	-1,70	99	-1,871	0,019	0,130	-2,19	-0,06	142	-2,016	0,012	0,073	-0,09	3,65
Ni	103	-2,035	0,013	0,141	-1,20	-0,85	99	-2,619	0,003	0,084	-1,98	0,59	142	-2,331	0,006	0,113	3,50	3,65
Co	103	-2,147	0,014	0,246	-1,49	-1,99	99	-2,812	0,002	0,156	1,13	-0,10	142	-2,598	0,003	0,057	-0,88	2,43
Cu	57	-1,972	0,028	0,361	2,69	-0,99	99	-2,096	0,017	0,288	-1,05	-2,57	142	-2,274	0,009	0,214	-1,71	-1,68
Ti	32	-1,001	0,10	0,016	-1,36	0,42	45	-0,340	0,60	0,103	0,99	-0,81	46	-0,360	0,57	0,103	-0,55	-1,41
Mn	33	-1,017	0,10	0,024	-2,67	-2,33	43	-1,281	0,07	0,082	1,31	-1,64	46	-0,908	0,14	0,046	1,57	0,75
Zn	36	-1,523	0,03	0,000	0,00	0,00	60	-2,341	0,006	0,103	2,50	0,00	114	-2,408	0,006	0,185	1,88	-1,09
Pb	75	-2,780	0,003	0,092	-2,86	-0,46	48	-2,138	0,020	0,374	-0,76	-0,62	142	-3,132	0,001	0,100	-2,20	-1,87
V	35	-2,022	0,01	0,003	-2,83	2,32	40	-2,262	0,006	0,057	-0,83	-2,48	35	-2,282	0,007	0,112	-0,27	-0,99
Sr	40	-2,000	0,01	0,000	0,00	0,00	50	-2,209	0,007	0,067	-1,93	-2,77	44	-2,980	0,001	0,033	-0,65	-5,73
Ba	40	-1,881	0,015	0,040	3,23	-0,65	30	-2,00	0,01	0,000	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
B	33	-2,017	0,010	0,024	-2,67	-2,33	22	-2,420	0,009	0,322	1,38	-0,23	-	-	-	-	-	-

4. Березовское месторождение

Компо- ненты	Апоультрабазитовые						Апогаббровые						Аподиабазовые					
	N	lg X̄	a	S ² lg	S ^A /A	S ^E /E	N	lg X̄	a	S ² lg	S ^A /A	S ^E /E	N	lg X̄	a	S ² lg	S ^A /A	S ^E /E
Cr	109	-0,695	0,242	0,068	-0,04	1,85	80	-1,199	0,109	0,204	-1,28	-1,06	63	-1,927	0,015	0,079	-2,03	2,26
Ni	104	-1,348	0,075	0,195	0,90	-0,61	80	-2,135	0,010	0,101	0,15	-1,63	112	-2,547	0,003	0,073	0,52	0,78
Co	119	-2,230	0,008	0,118	-0,85	0,71	80	-2,636	0,003	0,048	-2,72	-0,49	112	-2,501	0,004	0,050	1,78	3,19
Cu	103	-2,525	0,008	0,373	0,74	0,22	80	-2,301	0,008	0,159	2,63	0,64	112	-2,389	0,007	0,208	3,78	0,54
Ti	34	-1,683	0,03	0,147	1,71	1,20	80	-0,862	0,16	0,046	3,14	-2,37	44	-0,536	0,49	0,199	-1,35	-0,18
Mn	34	-1,400	0,07	0,211	2,36	2,36	80	-1,413	0,04	0,014	-0,29	-1,95	44	-0,872	0,16	0,070	-0,30	-0,49
Zn	104	-2,310	0,011	0,294	0,37	-3,00	40	-2,512	0,004	0,126	0,21	1,44	112	-2,548	0,007	0,321	-1,22	-2,26
Pb	45	-3,138	0,001	0,243	-0,44	-0,03	43	-2,710	0,003	0,213	-0,53	0,92	27	-2,938	0,002	0,241	-1,10	-0,41
V	34	-2,558	0,004	0,117	-2,05	0,92	40	-2,087	0,008	0,005	2,87	-2,56	44	-2,000	0,01	0,000	0,00	0,00
Sr	30	-2,111	0,01	0,113	0,25	-1,15	40	-2,000	0,01	0,000	0,00	0,00	44	-1,708	0,020	0,080	-2,43	-2,74
Ba	40	-1,762	0,02	0,059	0,00	-2,76	31	-2,023	0,014	0,143	-0,84	1,47	44	-1,943	0,016	0,121	-0,76	-1,31
B	34	-2,967	0,002	0,126	-0,52	-2,74	80	-2,491	0,004	0,107	1,86	1,46	44	-2,549	0,004	0,107	1,73	1,46

N - число проб; lg X̄ - среднее арифметическое логарифмов содержаний; S²lg - дисперсия логарифмов содержаний; S^A/A - оценка асимметрии; S^E/E - оценка эксцесса; a - максимально правдоподобная оценка среднего содержания (в вес.%); прочерк означает, что элемент не определяли.

Апоультрабазитовые, апогаббровые, аподиабазовые и апопорфиритовые листвениты каждого из изучавшихся месторождений и рудопроявлений района, а также одинаковые (по типу исходных пород) листвениты различных месторождений сравнивались также по элементам-примесям. Основой для этого послужили данные 850 приближенно-количественных определений Cr, Ni, Co, Cu и других элементов (табл. 34), подвергнутые математической обработке. При этом установлено, что распределение содержаний элементов-примесей в лиственитах удовлетворительно согласуется с логнормальным законом. Распределение Ti, Cr, Mn и Ni в некоторых типах лиственитов аппроксимируется как с логнормальным, так и с нормальным законами.

Сравнение рядов распределения проводили по тем же критериям, которые были использованы при сравнении рядов распределения породообразующих окислов. В результате этого сравнения установлено следующее.

Апоультрабазитовые и апогаббровые листвениты Пышминско-Ключевского месторождения отличаются по величине дисперсий содержаний пяти (Ni, Mn, Zn, V, B) и по средним содержаниями десяти элементов; апоультрабазитовые и апопорфиритовые листвениты — по величине дисперсий содержаний шести (Cr, Co, Ti, Mn, Zn, B) и по средним содержаниям семи элементов; апогаббровые и апопорфиритовые листвениты — по величине дисперсий содержаний семи (Cr, Cu, Ti, Mn, Pb, Ba, B) и по средним содержаниям семи элементов (рис. 27, а).

Апогаббровые и аподиабазовые листвениты Шульгинского месторождения отличаются по величине дисперсий содержаний одиннадцати (Cr, Ni, Co, Ti, Mn, Zn, Pb, V, Sr, Ba, B) и по средним содержаниям десяти (см. рис. 27, б) элементов.

Березовские апоультрабазитовые и апогаббровые листвениты отличаются по величине дисперсий содержаний десяти (Cr, Ni, Co, Cu, Ti, Mn, Zn, V, Sr, Ba) и по средним содержаниям десяти элементов; апоультрабазитовые и аподиабазовые листвениты — по величине дисперсий содержаний шести (Ni, Co, Cu, Mn, V, B) и по средним содержаниям девяти элементов; апогаббровые и аподиабазовые листвениты — по величине дисперсий содержаний шести (Cr, Ti, Mn, Zn, V, Sr) и по средним содержаниям восьми элементов (см. рис. 27, в).

Сравнение лиственитов, образовавшихся по одинаковым эдуктам (различных месторождений), дало следующие результаты.

Апоультрабазитовые листвениты Пышминско-Ключевского и Березовского месторождений отличаются по величине дисперсий содержаний пяти (Cu, Mn, Zn, Sr, Ba) и по средним содержаниям двух (рис. 28, а) элементов.

Апогаббровые листвениты Пышминско-Ключевского и Шульгинского месторождений отличаются по величине дисперсий содержаний

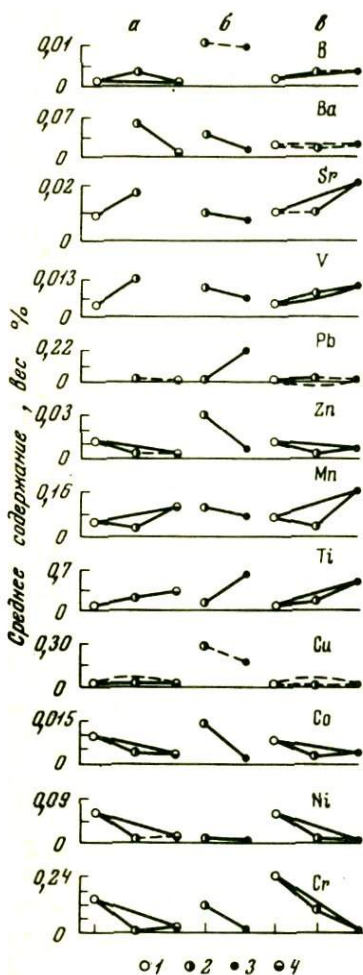


Рис. 27. Сравнение средних содержаний элементов-примесей в апоультрабазитовых, апогаббровых и апопорфировых лиственитах Пышминско-Ключевского (а), в апогаббровых и аподиабазовых лиственитах Шульгинского (б) и в апоультрабазитовых, апогаббровых и аподиабазовых лиственитах Березовского (в) месторождений

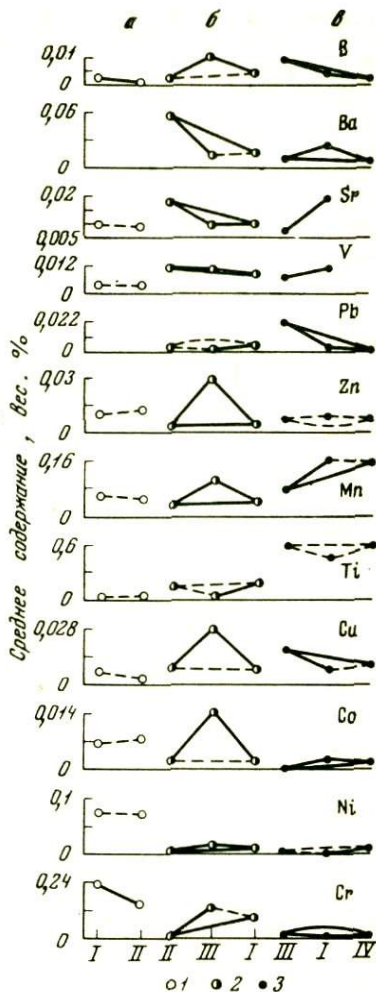
1-4 - листвениты: 1 - апоультрабазитовые, 2 - апогаббровые, 3 - аподиабазовые, 4 - апопорфировые. Сплошные линии соединяют значимо отличающиеся, а пунктирные - незначимо отличающиеся средние содержания (с вероятностью 95%)

десяти (Cr, Co, Ti, Mn, Zn, Pb, V, Sr, Ba, B) и по средним содержаниям также десяти элементов; пышминско-ключевские и березовские - по величине дисперсий содержаний семи (Cr, Cu, Ti, Mn, V, Sr, B) и по средним содержаниям семи элементов, те же породы на Шульгинском и Березовском месторождениях - по величине дисперсий содержаний восьми (Co, Cu, Ti, Mn, Zn, Pb, Ba, B) и средним содержаниям десяти (см. рис. 28, б) элементов.

Шульгинские и березовские аподиабазовые листвениты отличаются по величине дисперсий содержаний восьми (Cr, Co, Cu, Ti, Zn, V, Ba, B) и средним содержаниям девяти элементов; шульгинские и малоистокские - по величине дисперсий содержаний семи (Cr, Co, Mn, Zn, Pb, Ba, B) и по средним содержаниям семи элементов;

Рис. 28. Сравнение средних содержаний элементов-примесей в апосерпентинитовых лиственитах Березовского, Пышминско-Ключевского месторождений (а), в апогаббровых лиственитах Пышминско-Ключевского, Шульгинского и Березовского месторождений (б) и в аподиабазовых лиственитах Шульгинского, Березовского месторождений и Малоистокского рудопроявления (в)

1-3 - листвениты: 1 - апоультрабазитовые, 2 - апогаббровые, 3 - аподиабазовые; I - Березовское, II - Пышминско-Ключевское, III - Шульгинское месторождения, IV - Малоистокское рудопроявление. Сплошные линии соединяют значительно отличающиеся, а пунктирные - незначительно отличающиеся средние содержания (с вероятностью 95%)



березовские и малоистокские - по величине дисперсий содержаний пяти (Ni, Ti, Zn, Pb, B) и по средним содержаниям шести элементов (см. рис. 28, в).

Из приведенного выше материала следует, что наиболее существенно по содержанию породообразующих окислов и элементов-примесей отличаются те листвениты, которые образовались за счет контрастных по химическому составу пород. Учитывая, что лиственитизация различных пород обусловлена воздействием на породы одних и тех же растворов (Заварицкий, 1927, 1929; Бородаевский, Бородаевская, 1947), это различие можно объяснить химическим составом эдуктов.

ПАРАГЕНЕЗИСЫ ПРОПИЛИТИЗИРОВАННЫХ ПОРОД

Количество одновременно образующихся минералов в системе определяется числом инертных компонентов в ней (Д.С. Коржинский, 1955, 1957¹). Для пропилитов оно равно пяти: MgO, FeO, CaO, Al₂O₃, SiO₂. Первые два компонента входят в состав актинолита, эпидота, биотита, хлорита и других минералов, в которых они находятся в состоянии изоморфного замещения, и поэтому в дальнейшем рассматриваются как один компонент. Кварц в пропилитизированных породах — избыточный минерал, а SiO₂ — избыточный компонент. Учитывая это, парагенетические ассоциации минералов названных пород можно рассматривать в системе (Mg, Fe)O — Al₂O₃ — CaO.

К вполне подвижным компонентам системы относятся H₂O, CO₂, Na₂O и K₂O. При построении парагенетических диаграмм учитывалась подвижность H₂O и CO₂ или H₂O и K₂O. Увеличение потенциала H₂O соответствует падению температуры, а возрастание потенциала CO₂ — увеличению глубинности протекания процесса (Д.С. Коржинский, 1957¹).

Среди пропилитизированных пород, развитых в районе, выделяются безбиотитовые и биотитсодержащие разности. В безбиотитовых пропилитизированных породах установлены следующие минеральные ассоциации¹, отвечающие неинвариантным равновесиям: I. *Ак* + *Эп* + *Аб* + *Хл* + *Ка*; II. *Эп* + *Аб* + *Хл* + *Ка* + *Сц*. Диаграмма состояния системы, включающей все минеральные фазы, имеет отрицательное число степеней свободы и представляет собой мультисистему, состоящую из двух простых систем (пучков).

При расчете реакций пучков использованы следующие формулы минералов:

актинолит	$\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$,
эпидот	$\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_{0,3}\text{Al}_{2,7}\text{Si}_3\text{O}_{11,85}(\text{OH})$,
хлорит	$\text{H}_8(\text{Mg, Fe})_5\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{18}$,
альбит	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$,
кальцит	CaCO_3 ,
серицит	$\text{H}_2\text{K}(\text{Mg, Fe})_{0,3}\text{Al}_{2,7}\text{Si}_3\text{O}_{11,85}$

Для альбита и кальцита приняты теоретические составы. Формулы остальных минералов получены путем исключения из их эмпирического состава Fe³⁺, Ni и других компонентов, которые не могут

¹ Здесь и далее в тексте, а также на диаграммах минеральных парагенезисов приняты следующие условные обозначения: *Ак* — актинолит; *Эп* — эпидот; *Аб* — альбит; *Би* — биотит; *Хл* — хлорит; *Сц* — серицит; *Му* — мусковит; *Ка* — кальцит; *Дл* — доломит; *Мз* — мезит; *Мез* — мезит; *Та* — тальк; *Сп* — серпентин; *Кв* — кварц; *Шп* — хромшпинелид; *Мт* — магнетит; *Гем* — гематит.

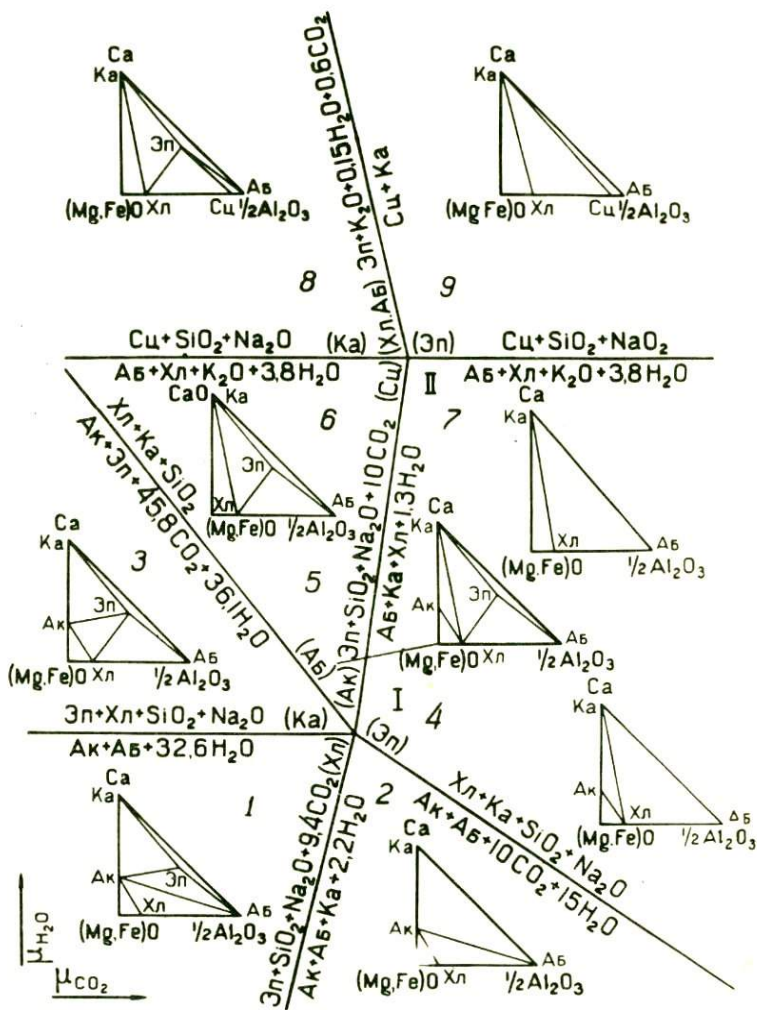


Рис. 29. Зависимость парагенезисов пропилитизированных пород от изменения химических потенциалов H_2O и CO_2 (для безбиотитовой минеральной ассоциации)

рассматриваться в названной выше системе; количество атомов кислорода приведено в соответствии с количеством катионов.

На основе приведенных составов минералов были рассчитаны реакции моновариантных равновесий для обоих пучков (рис. 29). Оказалось, что моновариантные линии пучков делят диаграмму состояния на девять полей. Анализом возможных устойчивых парагенезисов в каждом из полей установлено следующее.

Количество устойчивых парагенезисов с актинолитом максимально для условий, характеризующихся относительно повышенной температурой. При снижении температуры сначала исключается возможность парагенезиса актинолита с альбитом (поле 3), а затем с эпидотом (поле 5). Возрастание потенциала CO_2 в системе также приводит к уменьшению возможных парагенезисов с актинолитом (поля 2, 4, 5). Переход на диаграмме в область второго пучка соответствует значительному понижению температуры и некоторому возрастанию потенциала CO_2 . Образование парагенезисов с актинолитом в таких условиях невозможно. На устойчивость минеральных парагенезисов в части диаграммы, представленной вторым пучком, в большей мере влияет режим давления, чем температуры. Так, отчетливо устанавливается, что при переходе от полей 6, 7 к полям 8 и 9 (понижение температуры) состав парагенезисов существенно не изменяется; лишь в некоторых из них появляется серицит. В отличие от этого переход от полей 6 и 8 к полям 7 и 9 (возрастание потенциала CO_2) сопровождается исчезновением минеральных парагенезисов с эпидотом.

Полями 1–8 исчерпываются все возможные для рассматриваемого района минеральные парагенезисы пропилитов актинолит–эпидотовой и эпидот–хлоритовой фаций. Диаграмма поля 9 дает представление о возможных устойчивых парагенезисах в пропилитах хлорит–серицитовой фации.

На диаграмме рис. 29 не отражены реакции образования устойчивого парагенезиса серицита с кварцем, развивающегося иногда при пропилитизации основных эффузивов (диабазов и пироксен–плагиоклазовых порфиритов). Названный парагенезис образуется при замещении, свойственном пропилитам хлорит–серицитовой фации, в минеральной ассоциации $\text{Хл} + \text{Сц} + \text{Кв}$ хлорита серицитом. Это замещение обусловлено понижением температуры и возрастанием потенциала CO_2 в системе. В пропилитах кварц–серицитовой фации в качестве избыточного минерала практически всегда отмечается кальцит.

В биотитсодержащих пропилитизированных породах, развитых преимущественно в районе Пышминско–Ключевского месторождения, установлены минеральные ассоциации: I. $\text{Ак} + \text{Эп} + \text{Би} + \text{Хл} + \text{Аб}$; II. $\text{Эп} + \text{Би} + \text{Хл} + \text{Аб} + \text{Ка}$, отвечающие неинвариантным равновесиям. Диаграмма состояния системы, включающей все минералы обеих ассоциаций, представляет собой двухпучковую мультисистему. При расчете реакций простых неинвариантных систем принят состав актинолита, эпидота, хлорита, альбита и кальцита, аналогичный тому, который использован при рассмотрении минеральных парагенезисов безбиотитовых пропилитизированных пород, так как в последних и в биотитсодержащих пропилитах названные минеральные фазы близки по содержанию количества минералообразующих компонентов. Используемая для расчетов формула биотита $\text{H}_2\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_{1,5}\text{Si}_3\text{O}_{11,75}$ отражает несколько упрощенный эмпирический состав этого минерала, выделенного из пропилита актинолит–эпидотовой фации.

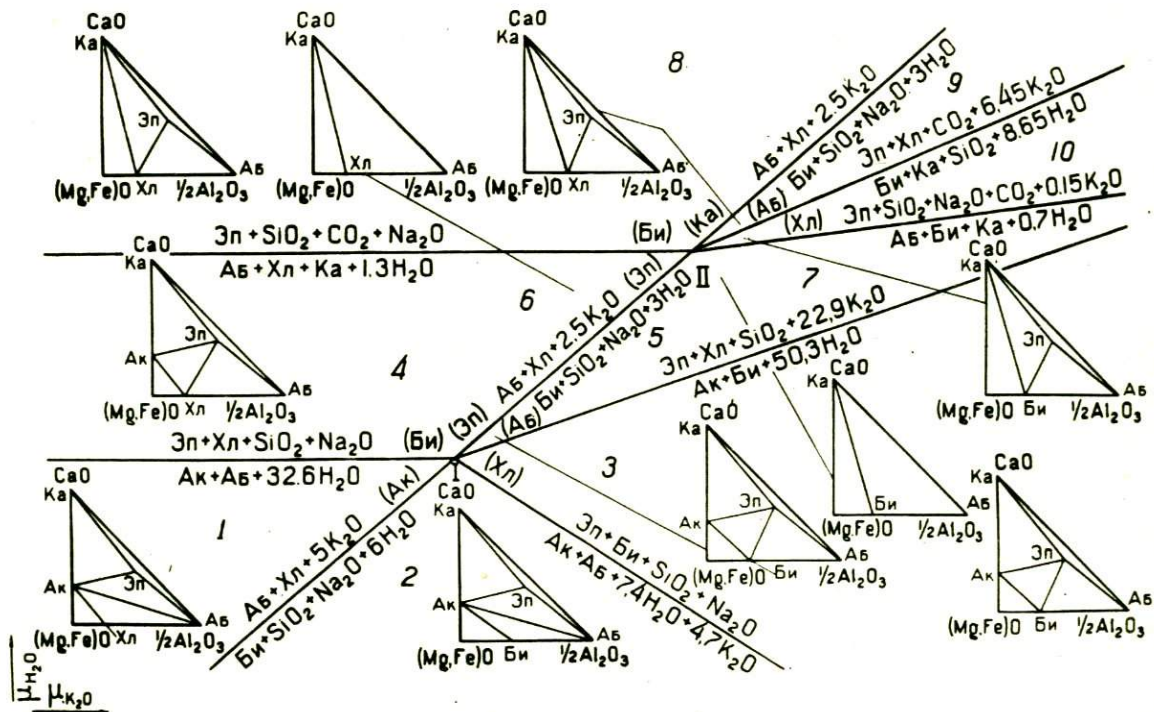


Рис. 30. Зависимость парагенезисов пропилитизированных пород от изменения химических потенциалов H_2O и K_2O (для биотитовой минеральной ассоциации)

Реакции моновариантных равновесий для каждого из пучков мультисистемы приведены на рис. 30. Моновариантные лучи делят диаграмму состояния мультисистемы на 10 полей. Путем анализа диаграммы установлено следующее. Безактинолитовый и безэпидотовый лучи пучка I и безэпидотовый и бескальцитовый лучи пучка II образуют на диаграмме прямую, разделяющую последнюю на две примерно равные части. Выше этой линии (относительно пониженный потенциал K_2O) возможен парагенезис актинолита, эпидота и кальцита с хлоритом, а ниже ее (относительно повышенный потенциал K_2O) – парагенезис тех же минералов с биотитом. Как и для рассмотренной выше диаграммы, высоко устанавливается, что парагенезисы с актинолитом наиболее высокотемпературные.

Часть диаграммы, представленная пучком I, включает все возможные минеральные парагенезисы в пропилитах актинолит-эпидотовой фации, а часть ее, представленная пучком II, – в пропилитах эпидот-хлоритовой фации.

Во внутренней фации апорпорфировых пропилитов южного фланга Пышминско-Ключевского месторождения установлены устойчивые парагенезисы серицита с кварцем и хлоритом. В диаграмму рис. 30 область развития этих парагенезисов не входит. Петрографическое изучение и термодинамический расчет показали, что парагенезис серицита с кварцем развивается по хлорит-альбитовой и биотит-альбитовой минеральным ассоциациям при понижении температуры и возрастании потенциала CO_2 в системе. При значительно пониженных температуре и потенциале K_2O к парагенезису серицита с кварцем, развивающемуся по биотиту, добавляется хлорит.

ПАРАГЕНЕЗИСЫ ЛИСТВЕНИТИЗИРОВАННЫХ ПОРОД

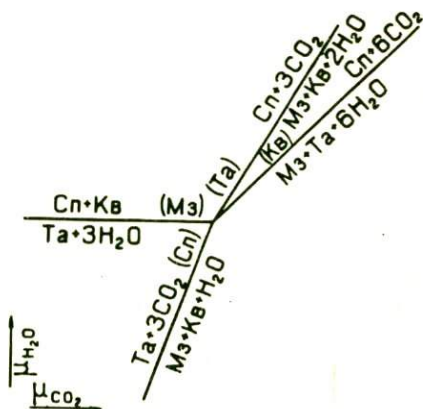
Лиственитизированные серпентиниты и тальк-карбонатные породы. Рассматривается зависимость парагенезисов минералов от изменения химических потенциалов H_2O и CO_2 для равновесных минеральных ассоциаций: I. $Cn + Ta + Mz + Kc$; II. $Ta + Mz + Xl + My + Ka$.

Первая минеральная ассоциация возникает при лиственитизации серпентинитов. При расчете моновариантных реакций, возможных в отвечающей ей системе, использованы минеральные фазы теоретического состава:

серпентин	$H_4Mg_3Si_2O_9$,
тальк	$H_2Mg_3Si_4O_{12}$,
магнезит	$MgCO_3$,
кварц	SiO_2 .

Теоретический состав минералов принят в связи с тем, что он близок к их эмпирическому (см. табл. 22, 27, 32), но более удобен, по сравнению с последним, при расчетах реакций. Приведенный

Рис. 31. Зависимость парагенезисов минералов от изменения химических потенциалов H_2O и CO_2 для равновесных отношений между серпентином, тальком, магнезитом и кварцем



состав минеральных фаз позволяет рассматривать их парагенетические ассоциации в системе $MgO - SiO_2$.

Реакции моновариантных равновесий, рассчитанные, исходя из приведенных формул, послужили основой для построения диаграммы зависимости парагенезисов лиственитизированных серпентинитов от изменения химических потенциалов H_2O и CO_2 (рис. 31). Листвениты могут развиваться как по тальк-карбонатным породам, так и непосредственно по серпентинитам – при пониженной температуре протекания гидротермального процесса. К такому же выводу пришел ранее С.А. Коренбаум (1967).

Увеличение температуры и потенциала CO_2 способствует развитию по серпентинитам не лиственитов, а тальк-карбонатных пород (см. рис. 31, бескварцевый луч). При температуре, промежуточной между температурами образования лиственитов по тальк-карбонатным породам и по серпентинитам, возникают, видимо, талькиты (см. рис. 31, безмагнезитовый луч).

В последнее время опубликованы результаты экспериментального исследования системы $MgO - SiO_2 - H_2O - CO_2$ при давлении 1 кбар (Johannes, 1969), которое, по И.П. Шербаню (1971), свойственно лиственитизации. Из этих результатов следует, что: 1) непосредственное замещение серпентинитов лиственитами возможно при температуре ниже $310^\circ C$ и концентрации CO_2 в растворах меньше 0,04 мол.%; 2) перерождение серпентинитов в талькиты обусловлено воздействием растворов с относительно высокой (более $310^\circ C$) температурой и незначительной (менее 0,04 мол.%) концентрацией CO_2 ; 3) образование тальковых пород по серпентинитам происходит в широком интервале температур ($310-500^\circ C$) при содержании CO_2 в растворах 0,044 – 0,09 мол.%; 4) замещение существенно тальковых пород лиственитами обусловлено понижением температуры растворов (от 470 до $310^\circ C$) и возрастанием концентрации CO_2 в них (от 0,04 до 0,8 мол.%).

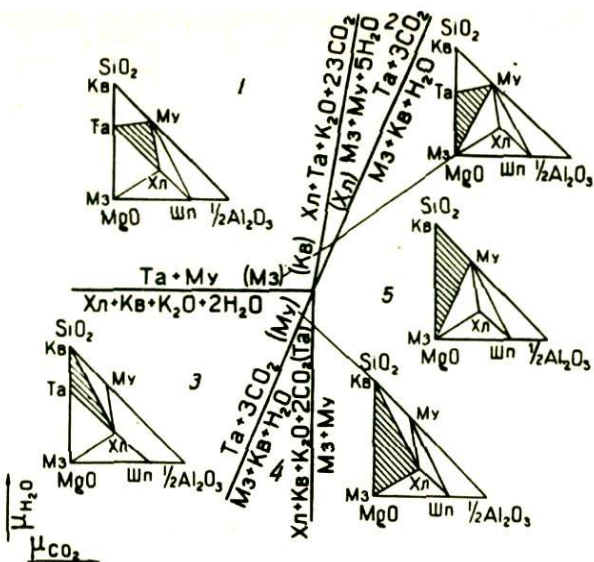


Рис. 32. Зависимость парагенезисов минералов от изменения химических потенциалов H_2O и CO_2 для равновесных отношений между хлоритом, тальком, магнезитом, мусковитом и кварцем (с участием хромшпиннелида)

Во второй минеральной ассоциации, как уже отмечалось, присутствуют глиноземистые минералы - фуксит (реже мусковит) и хлорит. Широкое распространение в апоультрабазитовых лиственитах Урала и других регионов парагенезисов с фукситом и хлоритом общеизвестно. Правомерность выделения этой минеральной ассоциации как парагенетической основана на том, что в лиственитизированных ультрабазитах распределение железистости между сосуществующими магнезитом и тальком, магнезитом и хлоритом, магнезитом и фукситом связано прямолинейной зависимостью.

Составы талька, магнезита и кварца при расчете моновариантных равновесий приняты аналогичными указанным на стр. 114, а для хлорита и калиевой слюды - следующие:



представляющие их несколько упрощенные эмпирические составы из лиственитизированных ультрабазитов района (см. таол. 26, 28).

Состав минеральных фаз дает основание рассматривать парагенетические ассоциации в системе $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$. На основе реакций моновариантных равновесий пучка построена диаграмма за-

зависимости парагенезисов минералов от изменения химических потенциалов H_2O и CO_2 (рис. 32), из которой следует, что возникновение лиственитов с фукситом или мусковитом возможно в широком диапазоне температур при максимальном (относительно) потенциале CO_2 . При понижении потенциала CO_2 , но при повышенной температуре (поле, ограниченное безмусковитовым и бескальцитовым лучами) вместо магнезита в ассоциации с калиевой слюдой и кварцем появляется хлорит, а при относительно низкой температуре – тальк. Парагенезис фуксита с хлоритом и хромшпинелидом возможен при всех представленных на диаграмме величинах потенциалов H_2O и CO_2 .

Появление в некоторых лиственитах по серпентинитам и тальк-карбонатным породам доломита или кальцита обусловлено главным образом привнесением растворами кальция и переходом его из подвижного состояния в инертное.

Лиственитизированные габбро, диабазы и порфириды. В метасоматических колонках, образовавшихся при лиственитизации пропилитизированных габбро, диабазов и пироксен-плаггиоклазовых порфиритов района, выделяется пятиминеральная ($Ab + Xl + Mu + Dl + Ka$) ассоциация, отвечающая невариантному равновесию.

Для расчета моновариантных равновесий, возможных между минеральными фазами этой ассоциации, использованы несколько упрощенные эмпирические формулы минералов из лиственитизированных порфиритов Пышминско-Ключевского месторождения:

хлорит	$H_8(Mg, Fe)_5Al_2Si_3O_{18}$,
альбит	$NaAlSi_3O_8$,
мусковит	$H_2K_{0,9}(Mg, Fe)_{0,4}Al_{2,6}Si_3O_{11,75}$,
доломит $CaCO_3$.	$[Ca(Mg, Fe)]_2(CO_3)_2$.

Состав минеральных фаз позволяет рассматривать минеральные равновесия в системе $CaO - (Mg, Fe)O - Al_2O_3$. Кварц в лиственитизированных породах по габбро, диабазам и порфиритам – избыточный минерал, SiO_2 – избыточный компонент.

Реакции моновариантных равновесий для пучка послужили основой для построения диаграммы зависимости парагенезисов, возникающих при лиственитизации пропилитизированных габбро, диабазов и порфиритов, от изменения химических потенциалов H_2O и CO_2 (рис. 33).

При относительно повышенной температуре и пониженном потенциале CO_2 образуются два устойчивых минеральных парагенезиса: $Ab + Xl + Ka$ и $Xl + Dl + Ka$. Снижение температуры в системе обуславливает появление парагенезисов с мусковитом (поле 3): $Xl + Mu + Ka$ и $Ab + Mu + Ka$. Увеличение потенциала CO_2 (поле 2) приводит к смене парагенезиса $Ab + Xl + Ka$ парагенезисом $Ab + Xl + Dl$, т.е. к замещению кальцита доломитом.

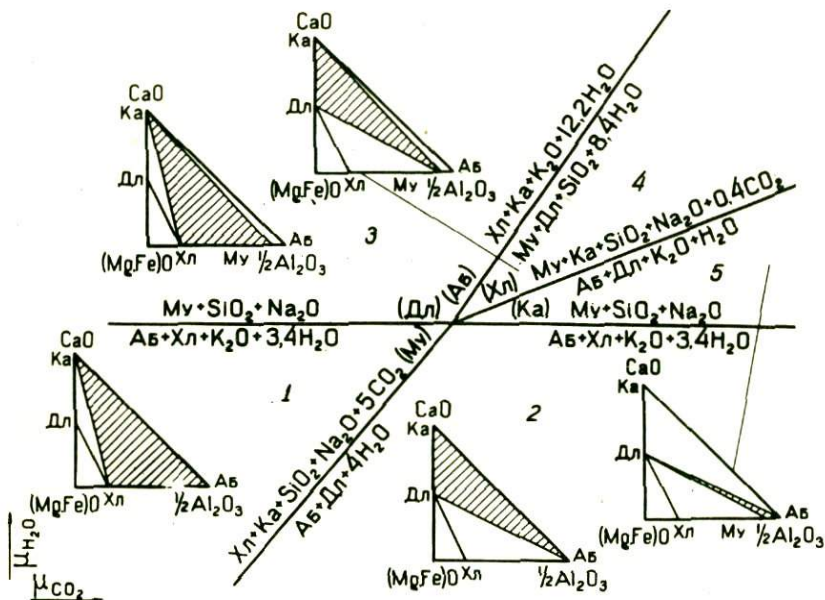


Рис. 33. Зависимость парагенезисов минералов от изменения химических потенциалов H_2O и CO_2 для равновесных отношений между хлоритом, альбитом, мусковитом, доломитом и кальцитом

Одновременное понижение температуры и возрастание потенциала CO_2 (поля 4, 5) обуславливают образование парагенезиса $Xл + Му + Дл$, довольно часто устанавливаемого в промежуточной зоне метасоматических колоннок, возникших при лиственитизации пропилитизированных габбро, диабазов и порфиритов.

На диаграмме (см. рис. 33) не представлены парагенезисы мусковита с кварцем, а также парагенезисы с мезититом и более железистыми карбонатами ряда магнезит - сидерит, отмеченные во многих метасоматических колонках в зонах максимального изменения пород. Расчеты показали, что бесхлоритовый луч диаграммы при возрастании потенциалов H_2O и CO_2 сменяется бесхлоритовым (и бескальцитовым) лучом, отвечающим равновесию: $2,6 Аб + 0,4 Мез + 0,45 K_2O + H_2O = Му + 4,8 SiO_2 + 1,3 Na_2O + 0,4 CO_2$. Парагенезис мусковита с кварцем (развит в кварц-серицитовых метасоматитах по лиственитам) образуется при более низких температуре и потенциале CO_2 , чем парагенезис альбита с мезититом и кварцем.

Безальбитовый луч диаграммы рис. 33, при понижении температуры и возрастании потенциала CO_2 сменяется безальбитовым и бескальцитовым лучом, имеющим такую же ориентировку, как и безальбитовый луч, но отвечающим реакции: $2,6 Xл + K_2O + CO_2 = 2 Му + Мез + 1,2 SiO_2 + H_2O$. Согласно этой реакции, образование пара-

генезиса $Mu + Mez + Kv$ по существенно хлоритовым породам возможно при некотором возрастании температуры и потенциала CO_2 в системе.

В некоторых апогаббровых лиственитах Березовского и Пышминско-Ключевского месторождений слюда, как отмечалось выше, представлена не мусковитом, а парагонитом. Термодинамический расчет показал, что при прочих равных условиях образование калиевой или натриевой слюды при лиственитизации предопределяется величиной отношения потенциала Na_2O к потенциалу K_2O в системе. При $\mu_{Na_2O} : \mu_{K_2O} = 1$ мусковит равновесен с парагонитом; увеличение этого отношения сдвигает равновесие в сторону образования парагонита, а уменьшение – в сторону развития мусковита.

Зависимость железистости некоторых карбонатов от химических потенциалов O, CO_2, S и pH гидротермальных растворов. С.А. Коренбаумом (1967) было показано, что железистость карбонатов ряда магнезит – сидерит, образующихся при лиственитизации ультрабазитов, в присутствии магнетита или гематита определяется главным образом величиной потенциалов O и CO_2 в воздействующих на породы растворах. Повышение потенциала CO_2 способствует увеличению железистости карбонатов, а увеличение потенциала O , наоборот, ее понижению (рис. 34). Расчеты, выполненные автором по методике С.А. Коренбаума (1967), показали, что аналогичным образом от изменения химических потенциалов названных компонентов зависит и железистость карбонатов ряда доломит – анкерит.

Железистость карбонатов уменьшается не только с возрастанием химического потенциала O , но также и с увеличением химического потенциала S . Последнее подтверждается наблюдавшимися автором случаями обеднения сидеритовой молекулой карбонатов (из апосерпентинитовых и апогаббровых лиственитов) около прожилков мелкозернистого пирита.

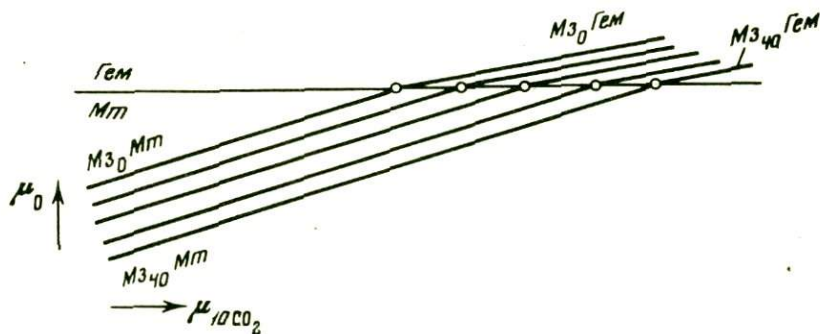


Рис. 34. Зависимость парагенезисов минералов от изменения химических потенциалов O и CO_2 для равновесных отношений между гематитом, магнетитом, магнезитом и сидеритом (по С.А. Коренбауму)

В последнее время (Коренбаум, 1967 и др.) была предпринята попытка выяснить влияние кислотности – щелочности растворов на железистость образующихся при их взаимодействии с породами карбонатов ряда магнезит – сидерит. Оказалось, что при температуре растворов 250°C и содержания в них 100 мг/л CO_2 в широком интервале pH растворов возможно возникновение лишь маложелезистых магнезитов. Магнезиты с железистостью $0,1\%$ возникают только в кислых ($\text{pH} \leq 4$) средах и при очень низком ОВП. Карбонаты с железистостью больше $0,1\%$ при температуре 250°C могут образовываться только при воздействии растворов, содержащих более 100 мг/л CO_2 . Следует отметить, что температура 250°C близка к средней температуре образования лиственитов района, а содержание 100 мг/л CO_2 вполне реально для гидротермальных растворов (Barton, 1957).

Зависимость минеральных парагенезисов от изменения pH растворов и содержания в них CO_2 . Зависимость минеральных парагенезисов, образующихся при лиственитизации серпентинитов, от изменения pH растворов и содержания в них CO_2 исследовалась И.П. Шербанем и Г.А. Боровиковой (1970). На основе термодинамических реакций, возможных в системе $\text{MgO} - \text{SiO}_2 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$, ими построена диаграмма в координатах pH – содержание суммарной CO_2 , на которой выделяются пять стабильных полей, соответствующих устойчивости: 1) талька, 2) серпентина, 3) кварца, 4) ассоциации магнезита с кварцем, 5) парагенезиса талька с магнезитом. Из диаграммы следует, что при повышении температуры (от 25 до 300°C) поле устойчивости кварц-магнезитовой ассоциации (лиственитов) смещается в сторону повышения содержания CO_2 . Аналогично ведут себя при этом стабильные поля талька и талька в парагенезисе с магнезитом. Поля устойчивости кварца и серпентина сдвигаются в сторону увеличения кислотности растворов. Общий вывод, вытекающий из анализа диаграммы, составленной И.П. Шербанем и Г.А. Боровиковой, в приложении к метасоматическим колонкам, образующимся при лиственитизации серпентинитов, может быть сформулирован так: внутренние зоны колоннок, по сравнению с внешними, в общем случае образуются в условиях более кислой среды и большей концентрации CO_2 в растворах. К аналогичному заключению, изучая березитизированные породы, пришел Б.И. Омеляненко (1968).

Из термодинамических расчетов, выполненных С.А. Коренбаумом (1967), Б.И. Омеляненко (1968), И.П. Шербанем и Г.А. Боровиковой (1970), а также минералого-фациальных исследований лиственитизированных и березитизированных пород следует, что лиственитизация и березитизация пород вызывается воздействием кислых растворов. Последние по мере проникновения в породы и взаимодействия с ними утрачивают кислотные свойства, становясь сначала нейтральными (образование тальк-карбонат-хлоритовых метасоматитов по серпентинитам), а затем, видимо, щелочными (образование антигоритовых серпентинитов и некоторых других пород).

ГЕНЕЗИС ЛИСТВЕНИТОВ, БЕРЕЗИТОВ И ДРУГИХ МЕТАСОМАТИТОВ

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СВОЙСТВА РАСТВОРОВ, ВЫЗВАВШИХ МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Листвениты и березиты рассматриваемого района формировались позднее даек плагиогранит- и гранит-порфиров – наиболее молодых магматических пород района. В связи с этим, естественно, напрашивается вывод о связи растворов, вызвавших лиственитизацию и березитизацию, с гранитоидным магматизмом. Это подтверждается: 1) расположением большинства лиственитов и березитов в надинтрузивной зоне гранитных массивов; 2) тесной ассоциацией лиственитов с дайками гранитоидов и березитизацией последних в контакте с лиственитами; 3) синхронным развитием березитов по дайкам гранитоидов и лиственитов по породам кровли (серпентинитам, габбро, диабазам и др.) даек; 4) наличием в составе лиственитов и березитов турмалина и калиевой слюды; 5) абсолютным возрастом лиственитов и березитов, близким к возрасту гранитоидных массивов района (см. табл. 1); 6) привнесом в процессе лиственитизации и березитизации олова, молибдена и бора.

Пропилиты района – более ранние образования, чем листвениты и березиты. Однако на основании данных их абсолютного возраста (см. табл. 1) можно полагать, что растворы, обусловившие переобразование габбро, диабазов, пироксен-плагиоклазовых порфиритов и близких к ним по составу пород в пропилиты, связаны, как и растворы, вызвавшие лиственитизацию и березитизацию, с гранитоидным магматизмом (Сазонов, 1970₁).

Сланцеватые хлорит-карбонатные (по пироксенитам, габбро, диабазам, пироксен-плагиоклазовым порфиритам и близким к ним по составу породам) и тальк-карбонатные (по серпентинитам) породы образовались до даек плагиогранит- и гранит-порфиров при воздействии растворов, отделявшихся от гранитоидов (Бородаевский, Бородаевская, 1947). Судя по минеральному составу охарактеризованных разновозрастных метасоматитов, можно полагать, что в вызвавших метасоматические преобразования растворах от ранних стадий к поздним возрастала активность CO_2 и соответственно уменьшалась активность H_2O .

Пропилитизация актинолит-эпидотовой и эпидот-хлоритовой фаций, серпентинизация, актинолитизация приводят к образованию в породах устойчивых парагенезисов с актинолитом, эпидотом, серпентином,

Таблица 35

Температура гомогенизации газовой-жидких включений в кварце из кварцевых жил, локализованных в лиственитах

№ обр.	Место взятия образца	Температура гомогенизации, °С
95-БР	Березовское месторождение, шахта 1	220-240 330-340
301-ШМ	Шульгинское месторождение, южный участок	150-200
XI-ПР	Пышминско-Ключевское месторождение, Западно-Ключевская рудная зона	140-200
L-БР	Березовское месторождение, шахта Северная, гор. 512 м	260-270
200-БР	Пышминское рудопроявление	220-300

Определения выполнены в Лаборатории физической геохимии Института геологии и геохимии УНЦ АН СССР В.К. Пуртовым.

биотитом, свидетельствующих о средних температурах процесса (Коржинский, 1955). Пропилитизация хлорит-серицитовой и кварц-серицитовой фаций, а также лиственитизация, березитизация и развитие послепропилитовых кварц-серицитовых метасоматитов приводят к формированию устойчивых минеральных ассоциаций карбоната с кварцем, кварца с мусковитом, которые, согласно Д.С. Коржинскому (1955), свойственны низкотемпературным процессам.

Для определения реальных температур образования некоторых метасоматитов района из лиственитов и березитов были изготовлены полированные пластины для исследования температур гомогенизации газовой-жидких включений в таких минералах, как кварц и карбонат. Однако включения в этих минералах оказались настолько мелкими, что фазы в них были невидимы или плохо различимы. В связи с этим была предпринята попытка оценить температуру образования лиственитов (и березитов) по температуре формирования локализуемых в них наиболее ранних кварцевых жил и по величине показателя преломления турмалина из метасоматитов (по методике, заимствованной из работы М.Г. Руб, 1970).

Результаты определения температуры образования кварцевых жил на основе гомогенизации газовой-жидких включений в слагающем их кварце приведены в табл. 35.

Кварцевые жилы, локализованные в лиственитах, формировались в интервале температур 340–140°C. Сопоставимые величины температур образования для кварцевых жил из березитов Березовского месторождения приводятся Л.И. Колтуном (1957) – 320–105°C, Н.П. Ермаковым (1970) – 270–170°C.

Определенная автором температура образования черного турмалина из лиственитов района колеблется в пределах 275–285°C. Близкие величины температуры (250–280°C) образования турмалина из березитов Березовского месторождения получены Н.П. Ермаковым (1970). Отметим, что температура образования турмалина из различных (от низко- до высокотемпературных) месторождений колеблется от 200 до 400°C (Тугаринов, Наумов, 1971).

Оценку температуры процесса лиственитизации проводили также по плагиоклаз–мусковитовому термометру, предложенному А.С. Таланцевым (1972). По составленному им графику зависимости между содержанием парагонитовой молекулы в мусковите, сосуществующем с плагиоклазом, и температурой образования названной минеральной ассоциации для давления 1 кбар, температура образования кварц–мусковит–альбит–карбонатной зоны метасоматической колонки по порфиритам Пышминско–Ключевского месторождения, в которой альбит представлен разностью № 0–3, составляет 330°C. Отметим, что давление 1 кбар считается многими исследователями (Шербань, 1971; Шербань, Широких, 1968 и др.) близким к максимально возможному при лиственитизации.

На основе приведенных данных можно полагать, что нижний температурный предел лиственитизации не был ниже 140–150°C, а верхний, видимо, не превышал 330–340°C. Близкий верхний температурный предел (300°C) для лиственитизации получен И.П. Шербанем (1971) на основе экспериментов и термодинамических расчетов. Приведенная Л.И. Колтуном (1957) температура (370–420°C) образования березитов Березовского месторождения, видимо, завышена.

Образование пропилитов актинолит–эпидотовой и эпидот–хлоритовой фаций и серпентинизация перидотитов и пироксенитов, а также развитие актинолитизации в пироксенитах происходили при более высоких температурах, чем преобразование пород в листвениты и березиты. Это подтверждается качественными диаграммами минеральных парагенезисов пропилитизированных и лиственитизированных пород (см. рис. 29–33) и экспериментами Джоухенса (Johannes, 1969).

Общая мощность метасоматитов, возникающих при лиственитизации и березитизации, часто измеряется первыми сантиметрами или одним–двумя десятками сантиметров. Это послужило многим исследователям (Коренбаум, 1967; Омельяненко, 1968 и др.) основанием для вывода о незначительном значении в большинстве случаев при образовании метасоматической зональности градиента температуры. При постоянной температуре течение процесса лиственитизации и березитизации предопределяется кислотностью растворов и

активностью CO_2 в них (Омельяненко, 1968; Шербань, Боровикова, 1970). Согласно термодинамическим расчетам (Омельяненко, 1968), pH среды минералообразования изменяется на границе метасоматических зон, увеличиваясь в направлении, обратном увеличению степени гидротермально-метасоматической переработки пород.

Внутренняя зона таких метасоматитов района, как пропилиты кварц-серицитовая фация, березиты, а также кварц-серицитовые послелиственитовые образования, содержат кварц, мусковит (серицит), турмалин. Образование такой минеральной ассоциации наиболее вероятно в условиях слабокислой среды (Бетехтин, 1955; Омельяненко, 1968 и др.). Для березитов (кварц, мусковит, пирит) это подтверждено термодинамическими расчетами, выполненными Б.И.Омельяненко (1968). Рассмотренные данные дают основание полагать, что пропилитизация, лиственитизация, березитизация, образование кварц-серицитовых и существенно кварцевых метасоматитов в районе происходило при воздействии на породы кислых растворов. Это подтверждается, кроме того, возрастанием железистости карбоната, талька, хлорита при лиственитизации, карбоната - при березитизации и эпидота и хлорита - при пропилитизации, а также более интенсивным изменением более основных пород, чем более кислых, при развитии метасоматической зональности на контакте химически контрастных пород. Кислые растворы по мере удаления от раствороподводящих трещин утрачивали кислую реакцию за счет разложения таких минералов, как альбит, карбонат, тальк, серпентин, хлорит, и обогащались в связи с этим кальцием, магнием, железом и некоторыми другими элементами и обеднялись ионами H^+ . На снижение кислотности растворов, например, при переходе от внутренних зон лиственитизации к внешним указывают: уменьшение железистости карбонатов по мере продвижения от зон наибольшего к зонам наименьшего изменения; вынос магния во внутренних зонах метасоматитов; появление хлорита в тальк-карбонатных метасоматитах и образование в некоторых случаях между антигоритовыми серпентинитами и тальк-карбонатными метасоматитами зоны тальк-карбонат-хлоритового состава.

В главе II отмечалось, что на Шульгинском месторождении и Малоистокском рудопоявлении листвениты замешаются более поздними кварц-серицитовыми или почти монокварцевыми метасоматитами. Вполне очевидно, что преобразование лиственитов в названные метасоматиты может происходить при воздействии растворов, более кислых, чем пришедшие с ними в равновесие. На основе сопоставимости абсолютного возраста лиственитов и аполиственитовых кварц-серицитовых метасоматитов можно полагать, что и те и другие образовались из растворов одной стадии отделения от магматического очага. Естественно, однако, что между временем образования лиственитов и временем развития трещиноватости в последних растворах эволюционировали главным образом, видимо, за счет падения температуры. Последнее должно было привести к возрастанию кислотности (Овчинников, Масалович, 1968). По-видимому, при воз-

действии таких растворов повышенной кислотности на участке Капиновского болота в диабазах и андезито-базальтовых порфиритах образовывались не листвениты, что так характерно для рассматриваемого района, а кварц-серицитовые метасоматиты. При воздействии растворов пониженной кислотности, но, судя по расчетам Б.И. Омеляненко (1968), вряд ли щелочных, возникла зональность тех метасоматических колонок по диабазам (Пышминское рудопроявление), во внутренней зоне которых устанавливается альбит, а также зональность колонок по гранитам Шарташского массива, для центральной зоны которой, примыкающей к кварцевой жиле, характерна ассоциация мусковита с кварцем, альбитом и микроклином (Грабежев, 1970), возникающая при рН растворов 4,5–5,7 (Омеляненко, 1968).

Экспериментальными исследованиями показано, что понижение кислотности растворов (от кислых к нейтральным), воздействующих на граниты и некоторые другие породы, приводит к выпадению из состава развивающейся метасоматической зональности внутренних зон метасоматитов (Казичын и др., 1971). Возможно, воздействием растворов пониженной кислотности, но также не щелочных обусловлено образование метасоматической зональности в пироксен-плаггиоклазовых порфиритах Пышминско-Ключевского и Березовского месторождений и в ряде случаев в серпентинитах Пышминско-Ключевского месторождения. Для нее характерно уменьшение количества кварца с возрастанием степени гидротермально-метасоматической переработки пород. Известно, что в области повышенных температур (200–300°C) даже небольшое увеличение щелочности приводит к резкому возрастанию растворимости кварца (Okamoto, Okugo, 1957).

Уменьшение железистости карбоната и количества кварца при замещении зеленых апоультрабазитовых лиственитов их желтыми разностями свидетельствует о том, что оно происходило в условиях щелочной среды (Коренбаум, 1967 и др.).

Березиты Березовского месторождения под воздействием более поздних растворов претерпели гидротермально-метасоматическое изменение, выразившееся в уменьшении количества кварца, увеличении содержания мусковита и развитии кристаллов пирита пентагон-додекаэдрического облика. Очевидно, что такое перерождение могло произойти под воздействием растворов, менее кислых по сравнению с теми, которые вызвали первичную березитизацию. В.А. Попов (1970) считает, что такие кристаллы пирита могут возникать только в условиях щелочной среды. Термодинамические расчеты показали, однако, что парагенезис кварц+мусковит+пирит может приходиться в равновесие со слабокислыми растворами. Кроме того, известно, что на форму кристаллов пирита влияет наличие элементов-примесей в минералообразующей среде и концентрация растворов (Казичын, 1956; Джафаров, 1961; Сазонов, 1972). Если допустить, что парагенезис кварц+мусковит+пирит образуется в щелочной среде, то тем более следует допустить, что в подобной же среде фор-

мируется парагенезис кварц+мусковит(или фуксит)+карбонат+пирит. Из этого следует, что в лиственитах пирит должен быть представлен только кристаллами пентагон-додекаэдрического облика. В действительности же в лиственитах по основным породам такие кристаллы редки - наблюдались автором только на Шульгинском месторождении (Сазонов, 1970), а в лиственитах по ультраосновным породам они, видимо, вовсе отсутствуют.

Растворы, вызвавшие образование березитов и их позднюю слюдитизацию, имели, очевидно, разные источники.

Пропилиты актинолит-эпидотовой и эпидот-хлоритовой фаций, актинолитизированные пироксениты и серпентиниты, являющиеся более ранними и более высокотемпературными образованиями, чем листвениты, формировались, по сравнению с последними, в условиях более щелочной среды. Это доказывается появлением в пропилитах кальцита, образующегося в более щелочных, чем карбонаты рядов доломит - анкерит и магнезит - сидерит, средах (Янатьева, 1955; Тугаринов и др., 1963; Омеляненко, Алехин, 1966; Омеляненко, 1968 и др.). Подтверждением этого служит также более внешнее положение зоны антигоритовых серпентинитов в метасоматических колонках по сравнению с зоной гальк-карбонат-хлоритовых метасоматитов, образовавшейся в условиях нейтральной или близнеустральной среды, исключающей подвижность глинозема.

Многими исследователями (Д.С. Коржинский, 1955, 1957, 1963; Жариков, 1959; Овчинников, Масалович, 1968; Омеляненко, 1968; Лурье, 1969 и др.) показано, что периоду рудообразования свойствен режим щелочных растворов. Д.С. Коржинский и В.А. Жариков объясняют смену кислых свойств растворов щелочными уходом волны кислотных компонентов. По мнению Л.Н. Овчинникова и А.М. Масаловича, смена кислотной стадии минералообразования щелочной обусловлена понижением температуры и связанной с этим деполимеризацией и другими внутренними перестройками растворов.

Оруденение в метасоматитах развивается под воздействием более низкотемпературных, чем при образовании самих метасоматитов (Колтун, 1957; Ермаков, 1970; Моисеенко и др., 1971 и др.), щелочных растворов.

Каким же образом в свете изложенного можно представить охарактеризованное выше (см. главу V) поведение золота в процессе лиственитизации и березитизации, образования кварцевых жил и развития более позднего рудного процесса? Как отмечалось, листвениты и березиты образуются под воздействием кислых, слабо пересыщенных растворов. При pH растворов до 2,5 золото инертно. Если кислотность растворов повышается ($\text{pH} \leq 2,5$), то золото может связываться в комплексный ион с хлором $[\text{AuCl}_4]^-$ и экстрагироваться.

Стадия рудоотложения от стадии образования метасоматитов и кварцевых жил отделена периодом трещинообразования. В трещины, возникавшие в метасоматитах и жилах, поступали щелочные раство-

Таблица 36

Состав газов из газово-жидких включений в минералах лиственитов по тальк-карбонатным породам (Березовское месторождение, шахта 1, гор. 218 м)

Газ	См ³ /кг	Вес. %
Углекислота	0,97	18,4
Водород	2,49	45,7
Азот	1,9	35,9

Анализы выполнены объемно-хроматографическим методом в Лаборатории физической геохимии Института геологии и геохимии УНЦ АН СССР З.Н. Сунгуровой.

ры рудоносной стадии, перенос золота в которых в виде комплекса $[AuCl_4]^-$ невозможен. Такие растворы, как показали эксперименты Н.Г. Тюрина (1966^{1,2}), Севарда (Seward, 1973) и других, могут транспортировать золото в виде комплексов AuS^- , $Au(S_2O_3)^{3-}$ в зависимости от ОВП среды, а также, возможно, в виде каких-то других, пока неизвестных комплексных соединений. Попадая по трещинам и порам в относительно кислые породы (листвениты, березиты и др.) и кварцевые жилы, такие растворы подкислялись; в связи с этим комплексные соединения разрушались. Высвобождающееся золото могло захватываться в качестве механической примеси кристаллизующимся мелкозернистым пиритом (с чем согласуется субмикроскопические размеры золотин в таком пирите и чрезвычайно неравномерное распределение в нем содержания золота) или входить в него изоморфно (Коробушкин, 1970). Оно могло также высаживаться электрохимическим путем (Сахарова, Лобачева, 1967) на мелкозернистом пирите и на кубах раннего пирита, на что указывает повышенное (до 4 г/т) содержание золота в кубах пирита, ассоциирующих с мелкозернистым высозолотоносным пиритом (Сазонов, 1972). Судя по большому количеству элементов-примесей в мелкозернистом золотоносном пирите, рудоносные растворы были сильно пересыщенными. Разрушение их комплексов при попадании в кислую среду происходило очень быстро, с образованием многочисленных центров кристаллизации.

Изложенное вполне удовлетворительно объясняет причину обогащения мелкозернистым золотоносным пиритом узких поясов лиственитов и березитов, примыкающих к золотоносным кварцевым жилам, и большую концентрацию золота в кварц-мусковитовых метасоматитах по сравнению с лиственитами, по которым эти метасоматиты образовались.

Приведенные данные по температуре образования метасоматитов

района дают основание полагать, что растворы, под воздействием которых они образовались, представляли собой жидкость. Сравнение минерального и химического состава лиственитов, березитов и их эдуктов показало, что эта жидкость была обогащена углекислотой, фтором, бором, хлором, сероводородом, а также такими металлогенными элементами, как олово, молибден, цинк, свинец, золото, серебро и другие. Судя по составу газов в газовой-жидких включениях минералов апоультрабазитовых лиственитов, растворы, вызывающие лиственитизацию, были обогащены углекислотой, водородом и азотом (табл. 36).

ПРИЧИНЫ ВЫПАДЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЗОН ИЗ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ КОЛОНОК И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПАРАГОНИТА В ЛИСТВЕНИТАХ

При описании метасоматической зональности было отмечено выпадение в некоторых колонках одной или двух промежуточных зон метасоматитов. Это обусловлено различными причинами: тектоническими и физико-химическими.

Тектонические причины в нарушении зональности метасоматических колонок играют двоякую роль. Во-первых, тектонические подвижки могут привести в соприкосновение зоны наибольшего гидротермального изменения (листвениты и березиты) даже непосредственно с исходными породами. Во-вторых, долиственитовые и доберезитовые тектонические подвижки, создавая различного рода зоны тонкого расщепления, дробления и милонитизации, могли формировать "непроницаемые упоры" для гидротермальных растворов, обуславливая своеобразное протекание лиственитизации и березитизации. Если такие растворы, просачиваясь в стороны от подводящей трещины, встречали на своем пути такой непроницаемый упор, то они изменяли породы только в интервале между трещиной и упором. За упором породы оставались неизменными, и в зависимости от степени проявления гидротермального процесса между трещиной и упором они могли оказаться в контакте с метасоматитами различного минерального состава (например, пропициты с лиственитами, кварц-мусковит-альбит-карбонатными метасоматитами и др.):

Влияние физико-химических причин на выпадение промежуточных зон из метасоматической зональности исследовалось на примере метасоматических колонок, возникших при лиственитизации пород С.А. Коренбаумом (1967) и автором (см. главу VI) показано, что при пониженной температуре гидротермального процесса метасоматиты внутренних зон (например, листвениты) могут непосредственно, без образования промежуточных зон, замещать исходные породы.

Присутствие в некоторых апогаббровых лиственитах парагонита в ассоциации с мусковитом (или фукситом) или только парагонита

свидетельствует о том, что при образовании таких метасоматитов химический потенциал в растворах натрия был равен химическому потенциалу калия или превышал его. Одной из возможных причин относительного увеличения концентрации натрия в растворах может быть следующее. Парагонит, как отмечалось выше, развит в апогаббровых лиственитах только на тех участках, где габбро подстилаются серпентинитами. В растворах, вызвавших лиственитизацию серпентинитов, уменьшался химический потенциал калия, шедшего на образование фуксита, и возрастал (относительно) потенциал натрия; естественно, при этом происходило некоторое ошелачивание растворов. При поступлении таких растворов по трещинам в габбро они вызывали лиственитизацию последних. Относительно высокий потенциал натрия в растворах затруднял его вынос из габбро при лиственитизации и способствовал образованию во внутренней зоне лиственитизации парагонита или парагонита в ассоциации с мусковитом (в зависимости от величины $\mu_{\text{Na}_2\text{O}} / \mu_{\text{K}_2\text{O}}$). Более высокая железистость карбоната в апогаббровых лиственитах, находящегося в парагенезисе с мусковитом, чем железистость карбоната, ассоциирующего с парагонитом, видимо, может быть объяснена образованием парагонитсодержащих лиственитов в условиях менее кислой среды по сравнению с их мусковитсодержащими разностями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лиственитизация и березитизация пород района происходила под воздействием кислых, относительно низкотемпературных (не более 340°C), связанных с гранитоидным магматизмом растворов. При воздействии таких растворов развивалась в однородных породах – метасоматическая, а на контактах химически контрастных пород – биметасоматическая зональность. Минеральный и химический состав зон метасоматитов, возникших при воздействии одинаковых растворов, предопределялся главным образом составом исходных пород.

В метасоматических колонках, образовавшихся при лиственитизации и березитизации, по мере продвижения от внешних зон к внутренним отмечается смена сильного основания – кальция более слабыми основаниями – магнием и двухвалентным железом. Это характеризует указанные метасоматические процессы как процессы кислотного выщелачивания.

При лиственитизации и березитизации пород в них развивались хлорит, альбит, калиевые, иногда натриевые слюды, карбонаты, кварц, пирит. Их образование сопровождалось привнесом калия, углекислоты, серы и выносом кремния, натрия (последний в некоторых колонках по габбро привносился). Водород при лиственитизации выносился, а при березитизации привносился.

Отсутствие в метасоматитах внутренних зон интенсивно проработанных метасоматических колонок реликтов минералов исходных пород, прямолинейная зависимость соотношения железистости таких сосуществующих в лиственитизированных породах пар минералов, как карбонат ряда доломит – анкерит и карбонат ряда магнезит – сидерит, хлорит и карбонат, слюда и карбонат, позволяют полагать, что лиственитизация представляет собой процесс, при котором, по Д.С. Коржинскому (1955, стр. 449), “растворы еще способны произвести растворение всех минералов породы” с достижением довольно полного равновесия между сосуществующими минеральными фазами.

Максимальная железистость карбоната характерна для внутренних зон лиственитизированных пород. Она обусловлена образованием таких зон под воздействием растворов с пониженными температурами и pH и высоким химическим потенциалом CO_2 . В условиях высокой активности кислорода и серы формировались маложелезистые карбонаты.

Распределение главных породообразующих компонентов (SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O и др.) в лиственитах, сформировавшихся по породам различного состава, аппроксимируется с нормальным, а элементов-примесей (Cr, Ni, Co, Cu, Ti, Mn, Zn, Pb, V, Sr, Ba, B) – с лог-нормальным законами.

В лиственитах и березитах фиксируются равномерно вкрапленные кубы (иногда пентагон-додекаэдры) пирита, одновременные с ними, а также прожилки и вкрапления мелкозернистого пирита, образовавшиеся позднее этих метасоматитов. Мелкозернистый пирит является основным минералом-концентратом золота, включающим его главным образом в виде субмикроскопических частиц, распределенных крайне неравномерно. Перенос золота в рудную стадию осуществлялся, очевидно, в виде комплексных соединений, устойчивых в щелочной среде, а отложение его обуславливалось распадом таких комплексов при попадании растворов в кислую среду.

Отсутствие в районе золоторудных тел за пределами лиственитов и березитов свидетельствует о бесспорно большом их значении как надежного поискового признака на золото. Степень развития в названных метасоматитах мелкозернистого золотоносного пирита является надежным критерием их золотоносности.

- Андреев Ю.К. Щелочно-амфиболовая минерализация в некоторых эмевиновых массивах Урала. - Труды ИГЕМ АН СССР, 1959, вып. 39.
- Арутюнян Г.С. О лиственитах северо-западной части Севанского хребта. - Изв. АН Арм. ССР, науки о земле, 1967, 20, № 4.
- Белковский А.И. Парагонит из кварцевых жил восточного склона Среднего Урала. - Записки Всес. мин. об-ва, 1966, ч. 95, вып. 6.
- Беллавин О.В., Вагшаль Д.С., Ниренштейн В.А. Шарташский гранитный массив и связь с ним золотого оруденения. - Изв. АН СССР, серия геол., 1970, № 6.
- Бетехтин А.Г. О метаморфических породах, образующихся за счет ультраосновных изверженных пород. - В кн.: Вопросы петрографии и минералогии. Т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1953.
- Бетехтин А.Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. - В кн.: Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М., Изд-во АН СССР, 1955.
- Бок И.И. Листвениты, их особенности, разновидности и условия образования. - Изв. АН Каз. ССР, серия геол., 1956, вып. 22.
- Борнеман-Старынкевич И.Д. Руководство по расчету формул минералов. М., "Наука", 1964.
- Бородаевский Н.И. Уральские листвениты, березиты и родственные им породы. - В кн.: Тезисы докладов I Уральск. петрогр. совещ. Т. 2. Свердловск, 1961.
- Бородаевский Н.И., Бородаевская М.Б. Березовское рудное поле. М., Metallургиздат, 1947.
- Бородаевский Н.И., Панова В.В. Золотоносные листвениты Маралихинского месторождения в Южном Алтае. - Труды ЦНИГРИ, 1958, вып. 25.
- Бородаевский Н.И., Смольников В.Н., Чернышева В.И. Геологическое строение рудного поля Манка (Южный Алтай). - Труды ЦНИГРИ, 1959, вып. 31.
- Гаврикова С.Н., Ларионов А.М. Геологические и физико-химические особенности образования лиственитов Кентерлаусского массива. - Геол. рудн. месторожд., 1970, № 5.
- Гаррис М.А. Геохронологическая шкала Урала и основные этапы его развития в докембрии и палеозое. - Доклады сов. геологов на XX сессии МГК. М., "Наука", 1964.
- Гончаренко А.И. Золотоносные листвениты - новый тип оруденения на севере Кузнецкого Алатау. - Изв. Томск. политехнич. ин-та, 1970, вып. 239.
- Грабежев А.И. О методике пересчета химических анализов гранитоидов и метасоматитов на модалый состав. - В кн.: Геология и полезные ископаемые Урала. Ч. 1. Свердловск, 1969.
- Грабежев А.И. Особенности березитизации гранитоидов Шарташского массива на Среднем Урале. - Труды Ин-та геол. и геохим. УФАИ СССР, 1970, вып. 86.

- Джафаров Ч.Д. Об особенностях морфологии кристаллов пирита из месторождений Нахичеванской АССР. — Записки Всес. мин. об-ва, 1961, ч. 90, № 4.
- Ермаков Н.П. Стадийность рудообразования, изменения пород и явление березитизации. — В кн.: Проблемы петрологии и генетической минералогии. Ч. 2. М., "Наука", 1970.
- Жариков В.А. Геология и метасоматические явления скарново-полиметаллических месторождений Западного Карамазара. — Труды ИГЕМ АН СССР, 1959, вып. 14.
- Заварицкий А.Н. Месторождения медных руд на Урале. — Труды Геол. ком., новая серия, 1927, 1929, ч. 1, 2.
- Иванов С.Н., Нечухин В.М. О соотношении колчеданного оруденения и зеленокаменных изменений рудовмещающих вулканогенных толщ. — Геол. рудн. месторожд., 1969, № 1.
- Иванова В.П. Термограммы минералов. — Записки Всес. мин. об-ва, 1961, ч. 90, вып. 1.
- Казицын Ю.В. О различных морфологических типах пирита. — В кн.: Кристаллография. Вып. 5. М., Металлургиздат, 1956.
- Казицын Ю.В., Рудник В.А. Руководство к расчету баланса вещества и внутренней энергии при формировании метасоматических пород. М., "Недра", 1968.
- Казицын Ю.В., Чернорук С.Г., Дубик О.В. Механизм формирования метасоматической зональности. — В кн.: Экспериментальные исследования минералообразования. М., "Наука", 1971.
- Кашкай М.А., Аллахвердиев Ш.И. Листвениты, их генезис и классификация. Баку, Изд-во АН Азерб. ССР, 1965.
- Копежинская К.Б. Статистический анализ хлоритов и их парагенетические типы. М., "Наука", 1965.
- Коренбаум С.А. Минеральные парагенезисы тальковых месторождений. М., "Наука", 1967.
- Коржинский А.Ф. Гидротермально-измененные породы редкометалльных месторождений Восточной Сибири. М., "Наука", 1967.
- Коржинский Д.С. Очерк метасоматических процессов. — В кн.: Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М., Изд-во АН СССР, 1955.
- Коржинский Д.С. Физико-химические основы анализа парагенезисов минералов. М., Изд-во АН СССР, 1957₁.
- Коржинский Д.С. Режим кислотности послемагматических растворов. — Изв. АН СССР, серия геол., 1957₂, № 12.
- Коржинский Д.С. Соотношения между активностью кислорода, кислотностью и восстановительным потенциалом при эндогенном минералообразовании. — Изв. АН СССР, серия геол., 1963, № 13.
- Коробушкин И.М. О форме нахождения "тонкодисперсного" золота в пирите и арсенопирите. — Докл. АН СССР, 1970, 195, № 5.
- Кузнецов В.А., Тычинский А.А., Шербань И.П. Гетерогенность кварц-карбонатных пород лиственитового облика и связь с ними ртутного оруденения. — Геол. и геофиз., 1962, № 10.
- Кузнецов Е.А. Метод сравнительной дисперсии двупреломления. М., "Недра", 1964.
- Куплетский Б.М. Гранитные интрузии восточного склона Среднего Урала и их редкометальное оруденение. М., Изд-во АН СССР, 1947.
- Курицина Г.А. Геолого-петрографическая характеристика рудовмещающей толщи северной части Красноуральского района. — Труды Горно-геол. ин-та УФАИ СССР, 1958, вып. 33.

- Куруленко Р.С. Распределение главных компонентов вещественного состава в гранитах Шарташского массива. - В кн.: Ежегодник Ин-та геологии и геохимии УНЦ АН СССР, 1969 г. Свердловск, 1970.
- Лазаренко Е.К. Исследование хромсодержащих слюд. - В кн.: Исследование минерального сырья. М., Госгеолтехиздат, 1955.
- Лазаренко Е.К., Квитко И.С. О минералогической номенклатуре и терминологии. - Записки Всес. мин. об-ва, 1972, ч. 101, вып. 4.
- Лайпанов Х.Х., Шер С.Д. К вопросу о метасоматических преобразованиях пород различного состава около золотоносных кварцевых жил. - Тезисы докл. к Межд. геохим. конгрессу. Ч. 2. М., 1971.
- Лурье Л.М. Околорудные изменения и некоторые генетические особенности свинцово-цинкового оруденения Замбаракского месторождения. М., "Наука", 1969.
- Малахов А.Е., Вахромеев С.А., Оларин Ф.Г., Соловьев Ю.С. Пышминско-Ключевское полиметаллическое рудное поле. М., Металлургиздат, 1941.
- Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. М., Физматгиз, 1961.
- Михайлов Н.П., Москалева В.Н. О процессах лиственитизации серпентинитов Казахстана. - Труды ВСЕГЕИ, новая и общая серия, 1956, вып. 19.
- Михайлова Л.В. Признаки золотоносности березитов с глубоких горизонтов Березовского месторождения. - В кн.: Критерии рудоносности метасоматитов. Алма-Ата, Изд-во Каз. ИМС, 1969.
- Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. М., Изд-во АН СССР, 1957.
- Мойсеенко В.Г., Шека С.А., Фатьянов И.И., Иванов В.С. Геохимические особенности распределения золота в породах Тихоокеанского пояса. М., "Наука", 1971.
- Наковник Н.И. Вертикальная зональность продуктов послемагматического метасоматоза и место в ней формации вторичных кварцитов и пропилитов. - Записки Всес. мин. об-ва, 1963, ч. 92, вып. 4.
- Нечеухин В.М., Маркс В.А., Прокин В.А. К методике составления карт метаморфизма в областях с развитым древним вулканизмом. - Труды II Уральского петрогр. совещ., Свердловск, 1969.
- Овчинников Л.Н. К вопросу определения абсолютного возраста рудных месторождений Урала. - Геохимия, 1958, № 6.
- Овчинников Л.Н. Обзор данных по абсолютному возрасту геологических образований Урала. - Труды I Уральского петрогр. совещ., Свердловск, 1963.
- Овчинников Л.Н. Состав и внутреннее строение рудообразующих растворов. - Материалы ко II Конфер. по околорудн. метасоматизму. Л., 1966.
- Овчинников Л.Н., Масалович А.М. Оценка активности водородных ионов в послемагматических растворах. - Докл. АН СССР, 1968, 178, № 1.
- Овчинников Л.Н., Степанов А.И., Краснобаев А.А., Дунаев В.А. Обзор данных по абсолютному возрасту геологических образований Урала. - Труды II Уральского петрогр. совещ., Свердловск, 1969.
- Омельяненко Б.И. О физико-химических условиях процессов околорудного изменения типа березитизации. - В кн.: Метасоматизм и другие вопросы физико-химической петрологии. М., "Наука", 1968.
- Омельяненко Б.И., Алексин Ю.В. О возможных пределах значения рН среды при образовании кальцита в гидротермальных условиях. - Геол. рудн. месторожд., 1966, № 6.

- Омельяненко Б.И., Масыгутов Б.А. Березитизация пород вблизи урановых тел. - Изв. АН СССР, серия геол., 1969, № 10.
- Пирус Г.В., Кузнецов В.А., Волохов И.М. Гипарбазиты Тувы. - Труды Тувинской комплексной экспедиции, 1955, вып. 2.
- Плошко В.В. Лиственитизация и карбонатизация в заключительные этапы формирования Уруштенского магматического комплекса Северного Кавказа. - Изв. АН СССР, серия геол., 1963, № 5.
- Токровская И.В. Цинково-свинцовая лиственитовая формация. - В кн.: Геология и минералогия полиметаллических и медных месторождений Южного Казахстана, Алма-Ата, "Наука", 1968.
- Полов В.А. Относительный возраст и типы березитов Березовского золоторудного месторождения. - В кн.: Метаморфизм горных пород Урала. Изд. Свердловск. горн. ин-та, 1970.
- Рабинович К.Р. Геолого-генетические особенности лиственитов Южного Алтая. - Труды Алтайск. горно.-металлург. НИИ АН Каз. ССР, 1963, 16.
- Ракчеев А.Д. Листвениты из района Карабашских и Кузнецких месторождений. - Сов. геология, 1958, № 5.
- Родионов Д.А. Применение математической статистики для обоснования некоторых петрографических и геохимических выводов. - Сов. геология, 1963, № 3.
- Романов Б.М. Гранитная формация Урала и ее редкометальная металлогения. - Материалы по геол. и полезн. ископ. Урала, 1947, вып. 1.
- Руб М.Г. Особенности вещественного состава и генезиса рудоносных вулканоплутонических комплексов. М., "Наука", 1970.
- Русинов В.Л. Геологические и физико-химические закономерности пропилитизации. М., "Наука", 1972.
- Сазонов В.Н. О пространственном и возрастном взаимоотношении пропилитов и лиственитов в Малоистокском районе (Средний Урал). - В кн.: Ежегодник Ин-та геологии и геохимии УНЦ АН СССР, 1969 г. Свердловск, 1970₁.
- Сазонов В.Н. О зональности лиственитов Шульгинского золоторудного месторождения. - В кн.: Метаморфизм горных пород Урала. Изд. Свердловск. горн. ин-та, 1970₂.
- Сазонов В.Н. О лиственитах Малоистокского района (Средний Урал), залегающих в кварц-серпичитовых сланцах. - В кн.: Ежегодник Ин-та геол. и геохим. УНЦ АН СССР, 1970 г., Свердловск, 1971.
- Сазонов В.Н. Поведение золота при лиственитизации пород Пышминско-Малоистокского района (Средний Урал). - В кн.: Ежегодник Ин-та геол. и геохим. УНЦ АН СССР, 1971 г. Свердловск, 1972.
- Сазонов В.Н. О петрохимическом различии лиственитов, образованных по различным исходным породам. - В кн.: Геосинклинальные магматические формации и их рудоносность. Свердловск, 1973.
- Самарцев И.Т. Новые данные о строении Березовского золоторудного поля (Средний Урал). - Труды ЦНИГРИ, 1967, вып. 68.
- Саркисян Г.А. Роль вмещающих пород при метасоматизме и зональность его продуктов на примере золоторудного месторождения. - В кн.: Метасоматические изменения боковых пород и роль их в рудообразовании. М., "Недра", 1966.
- Саркисян Г.А., Арутюнян Г.С. О генетических типах лиственитизации (на примере северо-восточного побережья оз. Севан). - Изв. АН Арм. ССР, 1968, 46, № 3.
- Сахарова М.С., Лобачева И.К. Электрохимическое исследование процессов отложения золота на сульфидах. - Геол. рудн. месторожд., 1967, 9, № 4.

- Соболев И.Д. Восточно-Уральское поднятие. - В кн.: Геология СССР. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская обл. Т. XII, ч. 1, кн. 2 (геологическое описание). "Недра", 1969.
- Соловьев Ю.С. О лиственитах Пышминско-Ключевского месторождения. - Записки Всес. мин. об-ва, 1947, ч. 76, вып. 3.
- Таланцев А.С. Геотермометрия по парагенетической ассоциации калишпат+мусковит+альбит. - В кн.: Ежегодник Ин-та геол. и геохим. УНЦ АН СССР, 1971 г., Свердловск, 1972.
- Татарский В.Б. Микроскопическое определение карбонатов групп кальцита и арагонита. Л., Гостоптехиздат, 1955.
- Теодорович Г.И., Меламедова В.С. Систематический ход диагностического окрашивания наиболее распространенных безводных карбонатов подгруппы кальцита в прозрачных шлифах. - В кн.: Минералогия и фации битуминозных свит ряда областей СССР. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Трегер В.Е. Таблицы для оптического определения породообразующих минералов. М., Геогелтехиздат, 1958.
- Тугаринов А.И., Наумов В.Б. Физико-химические параметры гидротермального минералообразования. - Тезисы докл. к Межд. геохим. конгрессу. Т. I. М., 1971.
- Тугаринов А.И., Наумов В.Б., Чжань Ень. Экспериментальное воспроизведение щелочно-карбонатного метасоматоза. - Геохимия, 1963, № 6.
- Тюрин Н.Г. Роль ОВП в процессах растворения и осаждения золота. - В кн.: Исследования природного и технического минералообразования. М., "Наука", 1966₁.
- Тюрин Н.Г. Получение искусственного пирита с тонкодисперсным золотом из растворов. - В кн.: Исследования природного и технического минералообразования. М., "Наука", 1966₂.
- Фекличев В.Г. Универсальный теодолитно-иммерсионный метод. М., "Наука", 1967.
- Хоментовский В.В. Геологическое строение и история развития Восточно-Уральского антиклинория на Среднем Урале. М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Хорват В.А. Листвениты Балык-Суйского рудного поля в Таса-Келинском хребте (Северная Киргизия). - Материалы по геологии рудных месторождений Тянь-Шаня. Фрунзе, 1964.
- Хорват В.А. Возрастные взаимоотношения процессов дайкообразования и лиственитизации на Кокпатаасском рудном поле. - Узб. геол. ж., 1970, № 5.
- Чукашева М.Н. Шарташский гранитный массив. - I Уральск, петрогр. совещ. Путеводитель Свердловской экскурсии. Свердловск, 1961.
- Штрунц Х. Минералогические таблицы. М., Госгортехиздат, 1962.
- Щербань И.П. Некоторые черты минералогии и геохимии лиственитов и лиственитизированных пород. - Материалы по генетической и экспериментальной минералогии. Т. 6. Новосибирск, "Наука", 1971.
- Щербань И.П., Боровикова Г.А. Термодинамические данные об условиях образования лиственитов и лиственитизированных пород. - Докл. АН СССР, 1970, 191, № 6.
- Щербань И.П., Широких И.Н. Экспериментальные данные об устойчивости кремнисто-магнезитовой минеральной ассоциации в гидротермальных условиях. - Геол. и геофиз., 1968, № 8.
- Эффендиев Г.Х. О никеленосности ультраосновных пород Азербайджана. Баку, Изд-во АН Азерб. ССР, 1946.

- Янатьева О.К. Растворимость в системе $\text{CaCO}_3 - \text{MgCO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ при различных температурах и давлениях CO_2 . - Ж. обш. хим., 1955, 25, вып. 2.
- Barton P.B. Some limitations of the possible composition of the oreforming fluid.- Econ. Geol., 1957, 52, N 4.
- Batesman J.D. Rock alteration in the Uchi gold area. - Econ. Geol., 1940, N 35.
- Boile R.W. Geochemistry, origin and role of carbon dioxide, water and boron in the Yellowknife gold deposits, North west territories. Canada. - Econ. Geol., 1959, N 54.
- Coose H.C. Kenogami, Round and Larder Lake areas. - Can. Dept. Mines. Geol. Surv., 1922, N 131.
- Damour A. Chemische Zusammensetzung eines grünen Glimmers aus dem hutten District von Sysstert aus Ural. - Zeit. krist., 1915, VII.
- Dass A.S. Wall rock alteration of silver deposits. Cobalt and Gowganga, Ontario (31 M, 41 P). - Pap. Geol. Surv., 1968, N 1.
- Ferguson G., Gannett W. Gold quartz veins of the Alleghany district, California.- Prof. Pap., 1932, 172.
- Finlauson A.M. Problems in the geology of the Hauraki gold field, New. Zeland. - Econ. Geol., 1909, N 14.
- Hurst M.E. Rock alterations and ore deposition at Telluride, Colorado. - Econ. Geol., 1922, N 17.
- Johannes W. An experimental investigation of the system $\text{MgO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$.- Amer. J. Sci., 1969, 267, N 9.
- Junner N.R. The geology of the gold occurrences of Victoria, Australia. - Econ. Geol., 1921, N 16.
- Knopf A. The Mother Lode System of California. - U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., 1949, N 147.
- Okamoto G., Okuro K. Properties of silica in water. - Geochim. et Cosmochim. Acta, 1957, 12, N 1-2.
- Seward T.M. Thio complexes of gold and the transport of gold in hydrothermal ore solutions. - Geochim. et Cosmochim. Acta, 1973, N 3(37), p. 379-399.
- Udubasa G.G. Listvenitele din Banatul de suol (regiunea Eibenthal - Baia Naua).- Stud. sci. cer. geol., geofiz., ser. geol., 1970, 15, N 2.
- Whitmore D.R.E., Berry L.G., Hawley J.E. Chrome micas. - Amer. Min., 1946, 31, N 1-2.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

Химический состав (в вес. %) и формулы серпентинитов, пироксенитов (актинолитизированных) метасоматитов по ним

Компо- ненты	Пышмогорское месторождение (Центральная шахта)				Пышминско-Ключев- ское месторождение (карьер в 2,5 км к юго-востоку от шах- ты Новая)	
	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	39,26	23,28	31,68	26,65	41,58	35,32
TiO ₂	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01	Сл.
Al ₂ O ₃	0,85	0,50	0,40	0,34	0,84	0,40
Cr ₂ O ₃	0,23	0,30	0,17	0,34	0,46	0,34
Fe ₂ O ₃	5,68	7,45	3,62	2,35	5,62	5,00
FeO	2,49	2,19	2,19	2,79	2,72	2,25
Fe	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
MnO	0,11	0,27	0,08	0,22	0,12	0,11
NiO	0,22	0,27	0,22	0,20	0,30	0,19
MgO	37,53	38,65	32,50	30,40	35,45	38,92
CaO	Сл.	1,37	Сл.	0,80	Сл.	0,11
Na ₂ O	0,10	0,10	0,09	0,09	0,05	0,02
K ₂ O	0,05	Сл.	Сл.	0,15	0,05	0,05
P ₂ O ₅	Сл.	0,04	0,01	0,02	0,03	0,03
S	0,01	0,01	0,01	0,16	0,01	Сл.
H ₂ O ⁺	12,69	6,97	1,82	0,32	12,12	10,05
H ₂ O ⁻	0,88	Нет	Нет	0,18	0,95	Нет
CO ₂	0,23	17,92	26,96	34,50	Сл.	6,61
Сумма	100,36	99,35	99,76	99,53	100,31	99,40
d _v	2,63	2,70	2,85	2,90	2,62	2,64
P _o	4,71	3,57	1,38	2,36	5,07	5,38
P _e	1,17	1,00	0,46	0,52	1,25	1,15

Приложение I (окончание)

Компоненты	Пышминско-Ключевское месторождение (карьер в 2,5 км к юго-востоку от шахты Новая)			Березовское месторождение (шахта № 1, гор. 218 м)	
	7	8	9	10	11
SiO ₂	34,00	35,62	22,98	41,00	23,20
TiO ₂	0,01	0,01	Сл.	0,05	0,13
Al ₂ O ₃	0,45	0,58	0,47	0,62	14,55
Cr ₂ O ₃	0,22	0,17	0,13	0,02	0,15
Fe ₂ O ₃	2,26	1,30	2,80	3,70	0,76
FeO	3,48	3,48	4,01	3,78	6,42
Fe	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
MnO	0,05	0,08	0,14	0,06	0,19
NiO	0,20	0,14	0,14	0,16	0,07
MgO	30,00	27,45	31,66	36,54	26,58
CaO	0,11	0,11	0,11	0,45	6,64
Na ₂ O	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05
K ₂ O	0,05	0,05	0,05	0,05	Сл.
P ₂ O ₅	Сл.	0,01	Сл.	0,02	0,02
S	"	0,01	0,02	0,02	0,02
H ₂ O ⁺	1,67	1,13	0,85	10,07	9,32
H ₂ O ⁻	Нет	Нет	0,16	0,12	0,08
CO ₂	27,91	29,27	36,83	4,12	11,22
Сумма	100,46	99,46	100,45	100,83	99,40
d _v	2,92	3,15	2,85	2,69	2,76
P _o	7,05	2,17	3,72	4,61	3,83
P _e	1,14	1,42	1,80	1,53	0,96

Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой. Расположение точек взятия образцов в метасоматических колонках показано на рис. 2.

1,5 - хризотилловый серпентинит; 2, 6, 10 - антигоритовый серпентинит карбонатизированный и оталькованный; 11 - тальк-карбонат-хлоритовый метасоматит; 15 - актинолитизированный пироксенит; 16 - карбонат-хлоритовый метасоматит; 7, 12 - тальк-карбонатный метасоматит; 3, 8, 13 - кварц-карбонатный метасоматит (се-

Березовское месторождение (шахта № 1, гор. 218 м)			Пышминско-Ключевское месторождение (квер- шлаг из шахты Новая, гор. 390 м)		
12	13	14	15	16	17
44,16	34,62	27,92	37,68	38,10	28,98
0,02	0,02	0,02	0,30	0,06	0,15
0,85	0,52	0,50	11,43	4,94	5,56
0,28	0,30	0,16	0,10	0,48	0,26
1,00	3,05	1,53	1,52	1,25	0,55
2,79	2,34	2,92	9,63	7,30	7,01
Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
0,13	0,17	0,31	0,12	0,14	0,17
0,18	0,14	0,21	0,02	0,06	0,06
26,08	30,53	28,84	15,40	24,40	18,51
4,80	2,29	2,06	9,06	3,72	7,93
0,05	0,07	0,05	0,58	0,08	0,05
0,05	Сл.	0,21	2,80	0,23	1,55
Сл.	"	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
0,02	"	0,30	0,01	0,10	0,01
3,17	2,25	0,51	5,00	3,00	1,20
Нет	Нет	0,14	Нет	Нет	Нет
15,75	23,51	33,74	5,63	16,62	28,14
99,33	99,81	99,68	99,28	100,48	100,13
2,80	2,89	2,86	2,73	2,79	2,86
4,11	3,34	2,05	-	-	-
0,62	0,52	0,31	-	-	-

рый лиственит); 4,9,14,17 - фуксит-кварц-карбонатный метасоматит (зеленый лиственит).

Здесь и в следующих таблицах: Fe - количество железа, связанное с серой в пирите; d_v - объемный вес; P_0 - общая пористость; P_e - эффективная пористость; l - расстояние точек взятия образцов от кварцевой жилы; прочерк означает, что компонент, физическая константа не определялись.

Приложение II

Химический состав (в вес. %) и формулы тальк-карбонатных

Компо- ненты	Березовское месторождение (шахта № 1, гор. 218 м, магазин 22)				
	18	19	20	21	22
SiO ₂	40,22	48,34	43,18	29,38	33,48
TiO ₂	0,01	0,01	Сл.	Сл.	0,02
Al ₂ O ₃	0,43	0,52	1,20	0,31	0,68
Cr ₂ O ₃	0,29	0,17	0,13	0,23	0,18
Fe ₂ O ₃	1,90	1,45	1,40	2,74	2,86
FeO	4,80	2,38	2,80	4,23	3,10
Fe	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
MnO	0,11	0,08	0,08	0,27	0,05
NiO	0,20	0,14	0,18	0,13	0,20
MgO	23,02	22,10	23,45	28,18	30,53
CaO	0,11	Сл.	Сл.	0,11	Сл.
Na ₂ O	0,05	0,05	0,10	0,10	0,07
K ₂ O	0,05	0,10	0,45	0,05	0,05
P ₂ O ₅	0,04	0,02	Сл.	0,02	Сл.
S	0,03	0,03	0,07	0,20	0,01
H ₂ O ⁺	2,61	0,98	0,66	0,24	1,76
H ₂ O ⁻	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
CO ₂	25,44	23,02	25,43	33,32	26,26
Сумма	99,31	99,39	99,13	99,51	99,25
d _v	3,00	2,90	2,79	2,97	2,93
P _o	3,85	3,97	5,42	6,60	4,56
P _e	0,56	0,58	1,06	1,30	0,50

Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой и Н.С. Федулова. Расположение точек взятия образцов в метасоматических колонках показано на рис. 2. 18,22,26 - тальк-карбонатная порода; 19,23,27 - кварц-карбо-

пород и метасоматитов по ним

Пышминское рудопроявление

канавы 4988 ^а			канавы 4988 ^б		
23	24	25	26	27	28
33,06	32,62	26,20	35,31	30,37	29,51
0,02	Сл.	0,01	0,08	0,10	0,10
0,15	0,42	0,55	0,99	0,60	1,05
0,06	0,25	0,85	0,21	0,27	0,29
2,37	2,11	2,47	2,70	2,89	4,09
2,42	2,32	3,85	1,88	3,59	0,79
Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	2,23
0,11	0,09	0,14	0,06	0,10	0,56
0,19	0,16	0,18	0,10	0,17	0,15
31,02	29,05	30,78	27,42	20,94	20,05
Сл.	Сл.	Сл.	10,48	10,28	8,45
0,07	0,10	0,07	0,03	0,03	0,03
0,05	0,05	0,21	0,04	0,09	0,32
0,01	0,02	Сл.	0,01	0,01	0,02
0,01	0,01	0,05	0,02	0,02	2,56
1,24	0,79	0,29	3,76	1,74	2,44
Нет	0,06	0,12	0,03	0,06	Нет
29,38	31,21	34,42	17,09	29,30	27,71
100,16	99,26	100,19	100,21	100,56	100,35
2,94	2,95	2,96	2,66	2,80	2,86
4,55	4,54	4,43	6,01	5,72	3,38
0,50	0,46	0,38	0,52	0,46	0,36

натный метасоматит (серый лиственит); 20,24,25,28 - фуксит-кварц-карбонатный метасоматит (зеленый лиственит); 21 - существенно карбонатный (с кварцем и фукситом) метасоматит (желтый лиственит).

Приложение III

Химический состав (в вес. %) габбро (пропилитизированных) и

Компо- ненты	Шульгинское месторождение (южный фланг, Центральная шахта)				
	29	30	31	32	33
SiO ₂	49,12	40,42	42,72	41,68	29,35
TiO ₂	0,43	1,22	1,08	0,81	0,27
Al ₂ O ₃	15,52	13,33	11,84	11,24	12,31
Cr ₂ O ₃	0,04	0,03	0,03	0,04	0,22
Fe ₂ O ₃	2,46	2,67	1,21	0,54	1,32
FeO	5,67	8,47	7,79	6,12	5,50
Fe	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
MnO	0,04	0,11	0,11	0,17	0,10
NiO	0,01	Сл.	Сл.	Сл.	0,06
MgO	9,05	8,20	8,62	7,46	16,20
CaO	11,27	8,98	8,40	10,25	5,51
Na ₂ O	2,68	2,56	2,80	1,84	0,31
K ₂ O	0,10	0,20	0,15	1,12	3,06
P ₂ O ₅	0,04	0,08	0,08	0,01	Сл.
S	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
H ₂ O ⁺	3,10	3,70	3,40	2,36	2,26
H ₂ O ⁻	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
CO ₂	Сл.	10,30	11,07	15,95	23,31
Сумма	99,54	100,28	99,31	99,60	99,80
d _v	2,98	2,72	2,84	2,75	2,89
P _o	4,49	5,23	3,73	5,82	2,83
P _e	0,60	0,87	1,02	1,02	0,82

Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой и Н.С. Федулова. Расположение точек взятия образцов в метасоматических колонках показано на рис. 4.

	Березовское месторождение				
	скв. 12Г			скв. 2520	
34	35	36	37	38	39
71,82	53,43	37,30	34,23	52,40	40,88
0,15	0,60	0,11	0,10	0,45	0,18
18,23	13,75	18,86	22,28	14,73	16,19
0,18	0,03	0,04	0,01	0,06	0,08
0,32	1,68	1,28	0,78	1,16	0,10
0,05	5,58	4,72	1,59	4,80	3,30
Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
0,01	0,11	0,05	0,04	0,09	0,05
Сл.	0,01	0,08	0,02	0,01	0,01
0,54	8,30	13,52	6,08	10,03	6,56
0,05	9,30	7,08	11,55	10,00	10,39
0,35	3,49	0,53	2,70	3,37	2,57
5,00	0,24	0,09	0,60	0,06	0,81
0,03	0,05	0,01	0,01	Сл.	0,11
0,01	0,03	0,04	0,03	"	0,05
2,47	2,37	6,65	2,86	2,33	2,11
Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Сл.	0,75	9,36	16,24	0,14	16,42
99,21	99,72	99,72	99,12	99,63	99,81
2,52	2,85	2,58	2,80	2,87	2,81
8,70	6,57	9,79	1,75	-	-
1,17	0,63	1,27	0,48	-	-

29,35,38,40 - пропилитизированное габбро; 30-32,36,41,42 - кварц-мусковит-альбит-хлорит-карбонатный метасоматит; 33 - кварц-мусковит-карбонатный метасоматит (лиственит); 34 - кварц-серицитовый метасоматит; 37 - кварц-парагонит-карбонатный метасо-

Приложение III (окончание)

Компоненты	Пышминско-Ключевское месторождение (скв. 1585)			
	40	41	42	43
SiO ₂	44,78	37,48	36,76	34,05
TiO ₂	0,86	0,24	0,14	0,21
Al ₂ O ₃	18,01	7,55	16,91	18,30
Cr ₂ O ₃	0,03	0,03	0,01	Сл.
Fe ₂ O ₃	4,31	0,50	0,73	2,74
FeO	6,65	8,01	4,61	3,73
Fe	Нет	Нет	Нет	1,18
MnO	0,13	0,18	0,11	0,08
NiO	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
MgO	6,50	11,93	7,32	5,40
CaO	12,14	11,67	10,07	11,02
Na ₂ O	0,89	0,23	1,48	1,72
K ₂ O	0,10	0,16	2,76	2,55
P ₂ O ₅	0,10	0,01	0,02	0,01
S	0,05	0,02	0,01	1,35
H ₂ O ⁺	4,13	3,29	3,08	2,56
H ₂ O ⁻	0,14	Нет	Нет	0,02
CO ₂	1,45	17,86	15,61	16,34
Сумма	100,27	99,16	99,62	101,26
d _v	2,98	2,95	2,81	3,05
P _o	1,32	1,06	2,32	0,81
P _e	0,60	0,59	1,09	0,37

матит (лиственит); 39 - кварц-парагонит-карбонатный (с фукситом) метасоматит (лиственит); 43 - кварц-мусковит-парагонит-карбонатный метасоматит (лиственит).

Приложение IV

Химический состав (в вес. %) и формулы диабазов
(пропилитизированных) и метасоматитов по ним

Компо- ненты	Шульгинское месторождение (скв. 254)					
	44	45	46	47	48	49
SiO ₂	48,80	46,06	45,16	42,84	41,10	95,50
TiO ₂	1,18	1,65	1,68	1,27	1,40	Сл.
Al ₂ O ₃	13,35	12,78	12,05	11,97	13,72	0,15
Cr ₂ O ₃	0,05	0,03	0,03	0,02	0,04	Сл.
Fe ₂ O ₃	4,74	6,59	1,91	2,04	1,44	2,85
FeO	5,76	7,86	10,28	8,70	9,07	0,22
Fe	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
MnO	0,04	0,18	0,11	0,16	0,17	0,03
NiO	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
MgO	6,63	7,54	5,85	5,55	4,35	0,15
CaO	13,36	8,40	8,46	7,14	6,90	0,11
Na ₂ O	2,92	1,48	2,60	2,04	1,30	0,10
K ₂ O	0,05	0,05	0,10	0,69	2,36	0,05
P ₂ O ₅	0,07	0,10	0,18	0,13	0,16	0,03
S	0,01	Сл.	0,06	0,01	0,01	0,02
H ₂ O ⁺	1,81	4,71	4,00	1,64	2,08	0,85
H ₂ O ⁻	Нет	0,30	Нет	Нет	Нет	Нет
CO ₂	0,72	2,48	7,13	16,30	15,40	Сл.
Сумма	99,49	100,21	99,60	100,50	99,50	100,06
d _v	3,25	2,97	2,70	2,90	2,93	2,46
P _o	3,56	3,94	4,03	3,92	5,48	9,45
P _e	0,39	0,59	0,52	0,28	0,41	2,61

Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой и Н.С. Федулова. Расположение точек взятия образцов в метасоматических колонках показано на рис. 7.

Приложение IV (окончание)

Компоненты	Шульгинское месторождение (скв. 253)				Березовское место гор. 145 м, очист	
	50	51	52	53	54	55
SiO ₂	46,47	36,31	38,79	53,17	47,36	48,32
TiO ₂	1,14	1,88	1,12	1,38	1,95	1,72
Al ₂ O ₃	13,91	13,48	11,71	12,31	11,88	13,25
Cr ₂ O ₃	0,03	0,03	0,02	0,05	Сл.	0,01
Fe ₂ O ₃	2,47	1,98	1,05	1,12	2,65	1,54
FeO	7,54	8,69	8,44	6,31	11,65	10,59
Fe	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
MnO	0,15	0,11	0,30	0,05	0,08	0,11
NiO	0,02	0,02	0,01	0,01	Сл.	Сл.
MgO	7,25	6,04	4,05	3,48	7,35	4,06
CaO	10,48	10,43	11,66	5,30	8,90	8,98
Na ₂ O	2,74	1,91	0,48	0,37	3,25	2,32
K ₂ O	0,09	0,48	2,76	3,29	0,35	1,60
P ₂ O ₅	0,11	0,28	0,14	0,14	0,16	0,13
S	0,03	0,04	0,04	0,08	0,04	0,04
H ₂ O ⁺	3,44	2,13	1,38	1,26	3,50	3,72
H ₂ O ⁻	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
CO ₂	4,08	16,06	17,81	11,11	0,25	3,00
Сумма	99,95	99,87	99,76	99,43	99,37	99,39
d _v	2,83	2,81	2,87	2,82	3,08	2,89
P _o	0,35	1,75	2,05	2,42	1,28	1,37
P _e	0,17	0,48	0,63	1,08	0,71	0,66

44,45,50,54,55,59 - диабаз пропилитизированный; 46,51,56 - кварц-мусковит-альбит-хлорит-карбонатный метасоматит; 47,57 - кварц-мусковит-альбит-карбонатный метасоматит; 48,52,58,60 - кварц-

рождение (шахта № 4,
ная выработка)

Малоистокское рудопроявление
(карьер на горе Лысой)

56	57	58	59	60	61
40,28	41,85	42,32	45,50	37,67	96,23
1,49	2,22	1,60	2,39	1,48	0,03
10,79	10,87	9,87	12,23	11,87	0,62
Сл.	0,01	Сл.	0,02	0,01	Сл.
1,88	0,82	1,52	4,67	2,27	0,95
9,83	10,96	5,92	9,94	6,96	0,20
Нет	Нет	0,81	Нет	Нет	Нет
0,27	0,23	0,32	0,20	0,11	0,01
Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	0,01	Сл.
5,47	5,30	5,95	6,77	6,56	0,30
9,56	7,02	8,85	6,98	10,03	Сл.
3,04	2,64	0,15	1,99	0,19	0,07
1,12	1,60	3,35	0,08	2,16	0,30
0,11	0,18	0,15	0,24	0,14	Сл.
0,05	0,22	0,93	0,03	0,03	0,01
1,70	1,44	1,55	4,53	1,24	0,57
Нет	0,30	Нет	0,25	Нет	Нет
13,66	14,36	16,66	4,26	19,25	Сл.
99,25	100,02	99,95	100,08	99,98	99,29
2,81	2,86	2,83	2,72	2,83	2,48
3,77	2,72	3,74	2,83	4,23	9,49
0,48	0,66	0,31	0,60	1,33	1,44

мусковит-карбонатный метасоматит (лиственит); 49,61 - существенно кварцевый метасоматит (кварцит); 53 - серицитизированный и окварцованный аподиабазовый лиственит.

Приложение V

Химический состав (в вес. %) и формулы пироксен-плаггиоклазо

Компо- ненты	Пышминско-Ключевское месторождение (Ново-Западная рудная зона, гор. 390 м)				
	62	63	64	65	66
SiO ₂	43,64	42,25	41,42	40,26	29,45
TiO ₂	0,80	0,64	0,55	0,86	0,73
Al ₂ O ₃	13,69	13,95	11,68	16,05	15,85
Cr ₂ O ₃	0,06	0,08	0,06	0,02	0,07
Fe ₂ O ₃	3,92	2,17	2,00	1,73	2,87
FeO	7,86	8,73	9,91	7,94	8,62
MnO	0,09	0,09	0,11	0,08	0,11
NiO	0,02	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
MgO	10,84	9,33	8,78	5,57	8,22
CaO	9,64	8,20	7,60	6,89	8,17
Na ₂ O	1,92	2,16	0,18	3,12	0,51
K ₂ O	0,89	1,32	1,64	1,64	3,75
P ₂ O ₅	0,15	0,16	0,17	0,18	0,17
S	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04
H ₂ O ⁺	4,24	4,71	4,22	3,02	2,39
H ₂ O ⁻	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
CO ₂	2,64	5,79	11,18	12,37	18,76
Сумма	100,41	99,59	99,52	99,74	99,71
d _v	3,16	2,74	2,75	2,75	2,86
P _o	1,86	2,14	2,13	2,48	2,59
P _e	0,24	0,98	0,96	0,93	0,89

Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой. Расположение точек взятия образцов в метасоматических колонках показано на рис. 11.

62,63,67,68 - пропилитизированный порфирит; 64,69 - кварц-

вых (пропилитизированных) порфиров и метасоматитов по ним

Березовское месторождение
(шахта № 660, гор. 162 м)

67	68	69	70
48,76	48,28	41,40	27,48
0,76	0,66	0,15	0,10
14,10	14,20	13,49	12,43
0,06	0,07	0,07	0,07
3,98	3,19	0,78	0,84
7,85	6,86	7,23	6,76
0,15	0,16	0,16	0,19
0,01	0,01	0,01	0,01
9,68	9,89	8,11	8,54
10,82	10,84	8,63	13,70
2,03	1,96	1,10	0,41
0,93	1,15	2,14	4,76
0,17	0,18	0,16	0,15
0,04	0,01	0,01	0,01
1,00	1,80	2,80	0,80
Нет	Нет	Нет	Нет
0,13	1,26	13,62	24,26
100,47	100,52	99,86	100,51
3,09	3,08	2,97	3,00
-	-	-	-
0,32	0,34	0,59	0,37

альбит-мусковит-хлорит-карбонатный метасоматит; 65 - кварц-мусковит-альбит-карбонатный метасоматит; 66,70 - кварц-мусковит-карбонатный метасоматит (лиственит).

Приложение VI

Химический состав (в вес. %) и формулы диорит-порфиров,

Компо- ненты	Березовское месторождение (шахта № 4, гор. 220 м, жила 354-1)			Пышминское рудо (скв. 263)
	71	72	73	74
SiO ₂	59,76	57,40	55,32	65,84
TiO ₂	0,09	0,55	0,55	0,32
Al ₂ O ₃	14,46	14,02	13,89	13,92
Cr ₂ O ₃	Сл.	Сл.	Сл.	0,01
Fe ₂ O ₃	0,77	1,43	1,96	0,97
FeO	2,56	Сл.	0,20	2,82
Fe	0,25	1,79	2,34	Нет
MnO	0,06	0,11	0,23	0,10
NiO	0,01	0,01	Нет	0,01
MgO	3,76	3,26	3,10	1,82
CaO	4,37	4,69	5,29	4,05
Na ₂ O	5,58	2,28	0,20	4,06
K ₂ O	1,98	5,35	4,91	1,71
P ₂ O ₅	0,23	0,27	0,29	0,38
S	0,29	2,05	2,68	0,08
H ₂ O ⁺	0,80	0,60	1,20	1,09
H ₂ O ⁻	Нет	Нет	Нет	Нет
CO ₂	4,09	6,55	7,39	2,15
Сумма	99,06	100,36	99,55	99,33
d _v	2,68	2,73	2,77	2,62
P _o	-	-	-	-
P _e	1,55	0,98	0,64	-
l	3,00	0,15	0,05	0,80

Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой и Н.С. Федулова.

71 - обр. 411, альбитизированный и хлоритизированный диорит-порфирит; 72,75 - обр. 406, XXIII-ГП, карбонат-кварц-альбит-мусковитовый метасоматит; 73 - обр. 405, карбонат-кварц-мусковитовый

плаггиогранит-, гранит-порфиров и метасоматитов по ним

проявление	Березовское месторождение			
	шахта № 1, гор. 218 м		шахта № 4, гор. 220 м	
75	76	77	78	79
59,30	69,50	68,00	69,63	65,00
0,42	0,25	0,26	0,22	0,25
15,96	15,14	15,53	14,83	14,22
Сл.	-	-	-	-
2,10	0,47	1,25	0,80	3,92
2,46	0,98	0,04	1,62	0,11
Нет	0,36	2,34	0,00	4,03
0,14	0,06	0,02	0,04	0,05
Сл.	-	-	-	-
1,05	0,64	0,64	0,42	0,72
4,80	1,79	0,34	1,45	0,61
2,28	3,92	0,20	4,23	0,21
3,25	3,74	4,90	4,07	4,71
0,21	-	-	-	-
0,08	0,41	2,68	0,03	4,62
1,72	1,13	2,39	1,20	2,33
0,07	Сл.	0,04	0,05	0,01
5,36	1,20	Сл.	0,93	0,18
99,20	99,59	98,63	99,52	100,97
2,72	2,67	2,77	2,61	2,72
-	0,97	0,52	1,62	1,45
-	-	-	-	-
0,10	0,10	0,03	0,12	0,05

метасоматит (березит); 74 - обр. XXIV-ГП, альбитизированный и хлоритизированный плаггиогранит-порфир; 76 - обр. 36-6, альбитизированный и мусковитизированный гранит-порфир; 77,79 - обр. 36-1, 91-1, кварц-мусковитовый метасоматит (березит); 78 - обр. 91-8, альбитизированный гранит-порфир.

Приложение VII

Химический состав (в вес. %) и формулы гранит-порфиров, те этих пород (Березовское месторождение)

Компо- ненты	Гранит-порфиты и метасоматиты по ним				
	80	81	82	83	
SiO ₂	70,54	71,30	60,80	34,84	
TiO ₂	0,22	0,24	0,26	0,29	
Al ₂ O ₃	14,55	15,66	17,80	14,20	
Cr ₂ O ₃	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	
Fe ₂ O ₃	0,72	0,72	0,84	0,21	
FeO	0,52	0,48	1,22	4,50	
MnO	0,02	Нет	0,03	0,06	
NiO	Сл.	"	Нет	0,01	
MgO	0,35	1,36	4,54	17,50	
CaO	1,45	0,59	0,59	0,38	
Na ₂ O	4,55	0,88	0,24	0,08	
K ₂ O	4,22	5,15	6,20	5,19	
P ₂ O ₅	0,08	0,09	0,09	Сл.	
S	0,09	0,03	0,02	0,01	
H ₂ O ⁺	0,60	1,40	1,30	1,20	
H ₂ O ⁻	Нет	Нет	Нет	Нет	
CO ₂	1,37	1,63	5,39	21,04	
Сумма	99,28	99,53	99,32	99,51	
d _v	2,74	2,72	2,72	3,08	

Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой. Расположение точек взятия образцов в метасоматической колонке показано на рис. 14.

80 - обр. 37(0) - альбитизированный и мусковитизированный гранит-порфир; 81 - обр. 37(8) - альбит-кварц-мусковитовый ме-

тальк-карбонатных пород и метасоматитов, образовавшихся на контак-

Тальк-карбонатные породы и метасоматиты по ним				
84	85	86	87	88
36,32	38,58	38,42	36,04	33,10
0,22	0,03	0,03	0,02	0,03
12,66	2,30	0,78	0,46	0,41
Сл.	0,37	0,29	0,29	0,34
0,35	0,08	0,04	0,27	1,31
4,43	5,20	5,12	3,39	4,80
0,04	0,05	0,02	0,12	0,07
0,06	0,22	0,22	0,17	0,20
17,93	24,17	24,71	25,22	33,25
0,70	0,27	0,16	5,18	0,38
0,10	0,05	0,05	0,05	0,08
4,68	0,78	0,24	Нет	Нет
0,02	Сл.	Сл.	"	"
0,03	0,09	0,04	0,04	0,01
1,20	1,10	1,05	0,80	1,60
Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
21,33	26,84	27,28	27,64	23,90
100,07	100,13	98,45	99,69	99,48
2,86	3,04	2,85	2,81	2,94

тасоматит; 82 - обр. 37(7), анкерит-кварц-мусковитовый метасоматит; 83,84 - обр. 37(6), 37(6), кварц-мусковит-брейнеритовый метасоматит; 85,86 - обр. 37(3), фуксит-кварц-карбонатный метасоматит; 87 - обр. 37(1), кварц-карбонатный (с тальком) метасоматит; 88 - обр. 37(A), тальк-карбонатная (с кварцем) порода.

Приложение VIII

Химический состав (в вес. %) и формулы пропилитизированных пироксен-плаггиоклазовых порфиров, альбитофиринов и метасоматитов, образовавшихся на контакте этих пород (Пышминско-Ключевское месторождение, Вторая Западно-Ключевская зона, горизонт 302 м)

Компо- ненты	Порфириды и метасоматиты по ним			Альбитофиры и мета- соматиты по ним	
	89	90	91	92	93
SiO ₂	47,60	41,42	40,33	72,08	71,83
TiO ₂	0,72	0,19	0,70	0,19	0,18
Al ₂ O ₃	14,19	13,54	16,11	14,13	15,07
Fe ₂ O ₃	3,28	0,83	1,78	1,38	0,90
FeO	6,92	7,25	7,89	1,05	0,56
MnO	0,08	0,15	0,11	0,01	0,07
MgO	9,90	8,12	5,61	0,79	0,37
CaO	10,63	8,60	6,85	1,15	0,78
Na ₂ O	1,96	1,10	1,76	4,90	4,39
K ₂ O	1,12	2,15	3,00	2,22	2,14
P ₂ O ₅	0,16	0,15	0,17	0,07	0,06
S	Сл.	0,01	0,01	0,05	0,09
H ₂ O ⁺	1,80	2,80	3,06	0,85	2,11
H ₂ O ⁻	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
CO ₂	1,22	13,57	12,30	0,96	0,36
Сумма	99,58	99,88	99,68	99,83	98,91
d _v	3,10	2,96	2,76	2,62	2,65

Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории УТГУ под руководством Г.Ф. Вьюновой. Расположение точек взятия образцов в метасоматической колонке показано на рис. 16.

89 - обр. 25-ПР, пропилитизированный пироксен-плаггиоклазовый порфирит; 90 - обр. 24-ПР, кварц-альбит-мусковит-хлорит-карбонатный метасоматит; 91 - обр. 23-ПР, кварц-мусковит-карбонатный (с альбитом) метасоматит; 92 - обр. 3-ПР, серицит-кварц-альбитовый (с карбонатом) метасоматит; 93 - обр. 17-ПР, пропилитизированный альбитофир.

Приложение IX

Результаты химического анализа раствора карбонатов из лиственитизированных и исходных пород в 2%-ной [HCl]

№ метасоматической колонки	№ пробы	Расстояние от кварцевой жилы, м	Содержание элементов, мг/л				Атомные количества элементов	
			Ca	Mg	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Ca	Mg
1 (по серпентинитам)	94	0,8	180,0	500,2	Нет	3,7	0,00449	0,02057
	95	0,65	2620,0	1049,2	227,9	28,6	0,06537	0,04314
	96	0,30	1800,0	1122,4	50,5	13,2	0,04491	0,04615
	97	0,02	420,0	1525,0	351,5	18,9	0,01048	0,06271
	98	0,80	100,0	73,2	Нет	2,9	0,00250	0,00301
2 (по габбро)	99	0,60	420,0	1525,0	351,5	18,9	0,01048	0,06271
	100	0,35	2060,0	866,2	580,3	11,8	0,05140	0,03561
	101	0,15	340,0	1988,6	1464,1	15,6	0,00848	0,08177
3 (по диабазам)	102	5,80	500,0	109,8	223,2	17,6	0,01248	0,00451
	103	4,10	1380,0	1061,4	953,3	11,6	0,03443	0,04364
	104	1,80	1580,0	817,4	1364,8	24,0	0,03942	0,03361
	105	0,30	1400,0	878,4	1534,5	35,2	0,03493	0,03612
4 (по порфиритам)	106	2,20	360,0	134,2	Нет	3,3	0,00898	0,00552
	107	1,40	200,0	122,0	33,6	8,8	0,00409	0,00502
	108	1,25	260,0	85,4	184,1	4,4	0,00649	0,00351
	109	0,07	860,0	622,2	892,8	11,0	0,02146	0,02558

Приложение IX (окончание)

№ метасоматической колонки	№ пробы	Расстояние от кварцевой жилы, м	Атомные количества элементов		Пересчет на чистые карбонаты			
			Fe ²⁺	Mn ²⁺	CaCO ₃	MgCO ₃	FeCO ₃	MnCO ₃
1 (по серпентинитам)	94	0,8	-	0,00007	17,87	81,85	-	0,28
	95	0,65	0,00407	0,00052	57,73	38,11	3,60	0,46
	96	0,30	0,00090	0,00024	48,70	50,05	0,99	0,26
	97	0,02	0,00628	0,00034	13,12	78,58	7,87	0,43
	98	0,80	-	0,00005	44,96	54,14	-	0,90
2 (по габбро)	99	0,60	0,00628	0,00034	13,13	78,57	7,87	0,43
	100	0,35	0,01037	0,00021	52,66	36,49	10,63	0,22
	101	0,15	0,02617	0,00028	7,27	70,07	22,42	0,24
	102	5,80	0,00399	0,00032	58,60	21,17	18,73	1,50
3 (по диабазам)	103	4,10	0,01704	0,00021	36,12	45,78	17,88	0,22
	104	1,80	0,02440	0,00045	40,27	34,34	24,93	0,46
	105	0,30	0,02743	0,00064	35,24	36,44	27,67	0,65

4	106	2,20	-	0,00006	61,68	37,91	-	0,41
(по порфирирам)	107	1,40	0,00060	0,00016	46,33	46,61	5,57	1,49
	108	1,25	0,00329	0,00008	48,54	26,25	24,61	0,60
	109	0,07	0,01596	0,00020	33,95	40,48	25,25	0,32

Анализы выполнены в Институте геологии и геохимии УНЦ АН СССР Л.Е.Пермяковой.

Пробы метасоматической колонки 1 растворялись при нагревании до 40-60°C, пробы остальных колонок - при температуре 20°C. Растворялась карбонатная фракция 0,15 мм. Полноту растворения контролировали по стабилизации веса остатка и кривым нагревания до 1000°C, снимавшимся при высокой чувствительности.

94 - пр. 10, антигоритовый серпентинит карбонатизированный и оталькованный; 95 - пр. 11, тальк-карбонат-хлоритовый метасоматит; 96 - пр. 12, тальк-карбонатный метасоматит; 97 - пр. 14, фуксит-кварц-карбонатный метасоматит (лиственит); 98 - пр. 29, пропилитизированное габбро; 99, 100, 103 - пр. 30, 32, 56, кварц-мусковит-альбит-хлорит-карбонатный метасоматит; 101 - пр. 33, кварц-мусковит(и фуксит)-карбонатный метасоматит (лиственит); 102 - пр. 55, пропилитизированный диабаз; 104 - пр. 57, кварц-мусковит-альбит-карбонатный метасоматит; 105, 109 - пр. 58, 66, кварц-мусковит-карбонатный метасоматит (лиственит); 106, 107 - пр. 62, 63, пропилитизированный пироксен-плаггиоклазовый порфирит; 108 - пр. 64, кварц-мусковит-хлорит-карбонатный метасоматит. Колонки 1 и 3 - Березовское месторождение; 2 - Шульгинское месторождение; 4 - Пышминско-Ключевское месторождение.

Приложение X

Межплоскостные расстояния карбонатов из лиственитизированных пород

Доломит							
110		111		112		113	
l	d	l	d	l	d	l	d
3	3,68	6	3,68				
10	2,91	10	2,89	10	2,89	10	2,90
1	2,66	4	2,68	4	2,66	1	2,67
4	2,54	4	2,56	8	2,56	4	2,55
4	2,40			8	2,42	4	2,43
7	2,20	6	2,20	8	2,20	6	2,20
8	2,07	7	2,06	4	2,09	3	2,09
4	2,01	4	2,01	7	2,01	5	2,01
8	1,802	7	1,804	7	1,800	9	1,800
8	1,781	7	1,782			9	1,783
2	1,566	1	1,567	3	1,569	1	1,568
4	1,540	6	1,540	5	1,542	6	1,540
3	1,491	4	1,490	5	1,493	4	1,493
2	1,467	3	1,463	5	1,466	4	1,468
4	1,409	2	1,406	4	1,409	3	1,408
6	1,382	3	1,387	7	1,386	7	1,390
6	1,334	3	1,337	5	1,336		
2	1,293	2	1,293	5	1,294	5	1,295
2	1,270	1	1,270	5	1,263	5	1,269
2	1,238	1	1,238	6	1,233	4	1,238
2	1,197	1	1,199	4	1,193	4	1,197
5	1,167	1	1,163	5	1,169		
		1	1,137	2	1,141	1	1,141
		1	1,121	3	1,121	3	1,125
		4	1,108	7	1,108	7	1,111
3	1,094	4	1,092	5	1,097	3	1,098
5	1,069	6	1,067	5	1,064	1	1,062

Дифрактограммы сняты на дифрактометре УРС-50И А.Н. Айзикович (УТГУ), Б.Ф. Рыбалко (Институт Уралмеханобр) и автором. Условия съемки: l - 8 ма, V - 35 кв, скорость записи 1 град/мин, излучение железное, нефльтрованное, шель перед счетчиком 0,25 мм.

110, 116 - обр. XXVI-П, лиственит по тальк-карбонатным породам (Пышминское рудопоявление, канава 4988); 111, 117, 119 - обр. VII-ШМ, 56^a-ШМ, алогаббровский лиственит (Шульгинское мес-

Анкерит				Брейнерит			
114		115		116		117	
I	d	I	d	I	d	I	d
3	3,68	5	3,71				
10	2,89	10	2,91				
1	2,67	4	2,70	10	2,76	9	2,75
				4	2,54	4	2,56
2	2,39	7	2,41	4	2,33	1	2,32
4	2,20	8	2,21	8	2,10	7	2,12
3	2,07			4	1,946	3	1,944
3	2,013	7	2,015	2	1,883	2	1,880
4	1,859	6	1,858				
7	1,795	10	1,794	9	1,707	9	1,703
		1	1,573				
4	1,542	6	1,542	3	1,513	4	1,510
4	1,465	5	1,469	3	1,491	4	1,490
				4	1,409	2	1,407
3	1,389	6	1,392				
		5	1,334	3	1,358	1	1,354
				6	1,343	3	1,337
1	1,279	4	1,277	2	1,254	4	1,254
3	1,244	3	1,243	2	1,197	4	1,199
4	1,175	5	1,173	5	1,180	6	1,182
				5	1,167	1	1,163
3	1,135			5	1,069	1	1,067
		5	1,128	2	1,054		
		7	1,110				

торожение, южный фланг, отвал шахты); 112 - обр. 12Г/45,5, кварц-альбит-хлорит-карбонатный апогаббровый метасоматит (Березовское месторождение, северный фланг, скв. 12Г, гл. 45,5 м); 113 - обр. 253/99,6, аподиабазовый листвениит (Шульгинское месторождение, скв. 253, гл. 99,6 м); 114 - обр. 253/117,2, кварц-альбит-мусковит-карбонатный аподиабазовый метасоматит (Шульгинское месторождение, скв. 253, гл. 117,2 м); 115 - обр. XI-

Приложение X (окончание)

Сидерит		Мезитит				Кальцит	
118		119		120		121	
l	d	l	d	l	d	l	d
4	3,60	2	3,555	6	3,57	1	3,83
7	3,35	8	3,35	10	3,34	6	3,34
10	2,79	10	2,758	8	2,76	10	3,03
5	2,59	5	2,525	8	2,54	1	2,73
4	2,33	5	2,326	5	2,36	5	2,50
7	2,12	6	2,11	7	2,13	7	2,28
3	1,967	5	1,947	4	1,948	7	2,08
2	1,894	5	1,887	2	1,888	8	1,911
		4	1,778	3	1,772	9	1,869
8	1,732	8	1,711	4	1,716	1	1,765
		2	1,557	3	1,552	1	1,674
		2	1,519			1	1,626
		2	1,502	7	1,500	5	1,598
6	1,496	4	1,493	4	1,494	6	1,521
4	1,423	5	1,413	2	1,412	2	1,470
		6	1,379	6	1,384	5	1,439
		5	1,363			4	1,418
2	1,352	5	1,342	6	1,343	2	1,337
		5	1,263	2	1,268	3	1,293
						3	1,231
						5	1,177
						6	1,150
3	1,090					3	1,138
5	1,072					1	1,060
						9	1,044
						2	1,033
						7	1,009

PR, апорпорфиритовый лиственит (Пышминско-Ключевское месторождение, шахта Новая, гор. 390 м); 118 - обр. 1711/267,5, апорпорфиритовый лиственит (Пышминско-Ключевское месторождение, скв. 1711, гл. 267,5 м); 120 - обр. 303/26,1, аподиабазовый лиственит (Малюкостокское рудопроявление, скв. 303, гл. 26,1 м); 121 - обр. 51-БР, прожилковое обособление карбоната в апосерпентиновом листвените (Березовское месторождение, шахта № 1, гор. 218 м).

Приложение XI

Межплоскостные расстояния слюд из лиственитизированных и пропилитизированных пород

Мусковит				Фуксит	
122		123		124	
l	d	l	d	l	d
4	10,0	3	10,07	3	10,08
				1	7,12
				2	5,54
5	5,01	2	5,02	5	5,01
5	4,54	3	4,53	1	4,25
				2	3,90
				4	3,64
4	3,49	4	3,52	3	3,56
10	3,34	7	3,35	10	3,33
				3	3,211
8	2,92	4	3,07	3	3,000
8	2,86	7	2,86	2	2,860
				2	2,794
				3	2,563
8	2,56	5	2,59	4	2,490
5	2,36	4	2,33	5	2,200
				2	2,134
7	2,13	7	2,12	10	1,994
		6	2,005	3	1,870
				2	1,733
6	1,651	6	1,650	6	1,647
2	1,599	2	1,599	1	1,604
7	1,500	6	1,496	2	1,523
				2	1,452
				2	1,426
				1	1,375
6	1,347	2	1,352	3	1,350
				2	1,338
7	1,301	6	1,301		
2	1,243	3	1,247		
2	1,224				
4	1,113				
		3	1,046		

Дифрактограммы сняты на дифрактометре УРС-50И. Условия съемки: $I = 8 \text{ ма}$, $V = 35 \text{ кв}$, скорость записи 1 град/мин, излучение железное, нефльтрованное, щель перед счетчиком 0,25 мм. Дифрактограммы мусковитов, фукситов и парагонита сняты автором, дифрактограмма биотита заимствована у И.А. Шербака (неопубликованные данные).

122 - обр. 303/26,1, аподиабазовый лиственит (Малоистокское рудопоявление, скв. 303, гл. 26,1 м); 123 - обр. XI-ПР, апо-

Приложение XI (окончание)

Фуксит		Парагонит		Биотит	
125		126		127	
l	d	l	d	l	d
3	10,06	4	9,66	10	10,51
3	7,16	1	5,34	3	5,18
3	5,52	5	4,85	4	4,63
4	4,99	1	4,47	3	4,04
3	4,28	5	3,54	6	3,73
2	3,93	10	3,21	9	3,40
4	3,67	3	3,067	5	3,08
3	3,56	5	2,821	7	2,83
10	3,33	5	2,690	9	2,66
3	3,212	6	2,529	4	2,54
3	3,000	4	2,427	7	2,46
3	2,360	3	2,350	3	2,29
2	2,79	1	2,240	8	2,18
3	2,565	3	2,182	8	2,02
3	2,490	4	2,124	3	1,851
4	2,197	2	2,070	1	1,745
1	2,128	10	1,922	8	1,678
8	1,986	1	1,844	9	1,542
3	1,824	3	1,818	1	1,482
1	1,735	2	1,768	3	1,439
6	1,653	3	1,680	8	1,369
1	1,602	3	1,634	4	1,331
2	1,522	5	1,611	3	1,314
2	1,452	2	1,541	2	1,294
2	1,424	1	1,523	3	1,262
2	1,374	7	1,481	3	1,258
3	1,349	1	1,414		
2	1,338	4	1,376		
		3	1,303		
		1	1,278		

порфириновый лиственит (Пышминско-Ключевское месторождение, шахта Новая, гор. 390 м); 124 - обр. 54-БР, апогаббровый лиственит (Шульгинское месторождение, южный фланг, отвал шахты); 125 - обр. 20, лиственит по тальк-карбонатным породам (Березовское месторождение, шахта № 1, гор. 218 м); 126 - обр. 37, апогаббровый лиственит (Березовское месторождение, северный фланг, скв. 12-г, гл. 40,7 м); 127 - обр. 107-А, пропилитизированный порфирит (Пышминско-Ключевское рудное поле, Балтымская рудная зона).

Приложение XII

Межплоскостные расстояния хлорита из кварцевого (с хлоритом) прожилка в лиственитизированных порфиритах (Пышминско-Ключевское месторождение)

Исследованный хлорит *		Хлорит по В.И. Михееву (1957) (железисто-магнетитовый)		Исследованный хлорит *		Хлорит по В.И. Михееву (1957) (железисто-магнетитовый)	
I	d	I	d	I	d	I	d
8	14,2	9	14,0	7	1,894	3	1,890
10	7,11	10	7,1	4	1,831	1	1,830
9	4,74	9	4,69	6	(1,713)	2	1,720
9	3,56	10	3,53	5	(1,662)	2	1,670
8	2,85	5	2,83	4	1,576	4	1,573
2	(2,73)	3	2,69	10	1,550	7	1,552
9	2,59	2	2,61	8	1,573	5	1,517
8	2,48	5	2,46	5	1,476	1	1,479
8	2,40	5	2,39	6	1,420	5	1,424
8	2,28	3	2,28	7	1,394	5	1,395
2	(2,09)	1	2,08	7	1,331	1	1,333
9	2,01	5	2,01	6	1,301	1	1,301

* По И.А. Шербаку (неопубликованные данные).

Дифрактограмма снята на дифрактометре УРС-50И. Условия съемки: I = 8 ма, V = 35 кв, скорость записи 1 град/мин, излучение железное, нефльтрованное, щель перед счетчиком 0,25 мм.

Химический состав хлорита, для которого снята дифрактограмма, приведен в табл. 28 (№ 14).

Приложение XIII

Межплоскостные расстояния актинолита из пропильтизированного пироксен-плаггиоклазового порфирита (Пышминско-Ключевское месторождение)

Исследованный актинолит*		Актинолит по В.И. Михееву (1957)		Исследованный актинолит*		Актинолит по В.И. Михееву (1957)	
l	d	l	d	l	d	l	d
8	8,14	10	8,28	8	1,507	9	1,507
4	4,98	1	4,95	1	(1,468)	3	(1,468)
3	4,55	1	4,58	10	1,436	10	1,432
1	3,92	3	3,92	1	1,396	1	(1,398)
6	3,44	6	3,42	6	1,361	8	1,359
3	3,25	6	3,28	4	1,335	7	1,334
9	3,11	9	3,14	5	1,308	7	1,305
4	(2,98)	4	(2,97)	6	1,293	8	1,292
2	(2,81)	5	(2,79)	3	1,278	6	1,275
10	2,72	10	2,71	2	1,266	4	1,266
6	2,60	6	2,59	1	1,230	2	1,231
7	2,54	8	2,54	5	1,198	5	1,196
1	(2,39)	2	(2,40)	1	(1,186)	2	(1,188)
8	2,31	7	2,32	3	(1,160)	4	(1,158)
8	2,15	8	2,15	3	1,148	3	1,148
7	2,01	7	2,00	3	1,121	4	1,125
4	1,887	3	1,881	1	1,111	2	1,111
3	1,809	5	1,806	5	1,079	3	1,081
1	(1,743)	3	(1,742)	2	1,072	4	1,074
2	1,689	5	1,679	1	1,059	3	1,060
8	1,647	8	1,642	10	1,046	10	1,046
2	1,615	3	1,614	1	1,037	-	-
8	1,580	8	1,576	8	1,030	8	1,030

* По И.А. Шербаку (неопубликованные данные).

Дифрактограмма снята на дифрактометре УРС-50И. Условия съемки: $l = 8$ ма, $V = 35$ кв, скорость записи 1 град/мин, излучение железное, нефльтрованное, щель перед счетчиком 0,25 мм.

Приложение XIV

Элементы-примеси (в 0,0п%) в пиритах из лиственитов, березитов и кварцевых жил (по данным приближенно-количественного спектрального анализа)

№ пробы	Характеристика пирита	Cr	Ni	Co	Cu	Sn	Mo
27-ШМ	Мелкозернистый пирит из прожилка в аподиабазовом листвените	0,0	1,0	0,10	1,0	0,0	0,0
28-ШМ	То же	0,0	0,5	0,03	3,0	0,1	0,0
29-ШМ	"	0,0	1,0	0,05	3,0	Сл.	0,0
30-ШМ	"	0,0	0,7	0,07	3,0	0,1	0,0
60-ШМ	Мелкозернистый пирит из кварцевых жил, локализованных в аподиабазовых лиственитах	0,0	0,5	0,03	3,0	Сл.	0,0
61-ШМ	"	0,0	0,5	0,03	3,0	"	0,0
62-ШМ	То же	0,0	0,7	0,07	3,0	0,1	0,01
83 ^a -ШМ	Пентагон-додекаэдры пирита (до 0,3 см) из аподиабазового лиственита	0,0	10,0	10,0	0,1	0,0	0,0
83 ^б -ШМ	То же	0,0	10,0	10,0	0,2	0,0	0,0
31-ШМ	Мелкозернистый пирит из прожилков, секущих апогаббровый лиственит	0,5	0,5	0,3	7,0	0,1	0,0
32-ШМ	То же	0,0	0,5	0,3	2,0	0,0	0,0
33-ШМ	"	0,5	0,7	0,03	3,0	Сл.	0,0
34-ШМ	"	0,0	1,0	0,1	10,0	"	0,0
82 ^a -ШМ	Пентагон-додекаэдры пирита (0,1-0,3 см) из апогаббрового лиственита	0,0	10,0	3,0	0,2	0,0	0,0
82 ^б -ШМ	То же	0,5	1,0	0,1	1,0	0,0	0,0
26-ШМ	Кубы пирита (до 0,3 см), из аподиабазового лиственита	0,0	0,3	0,7	10,0	0,0	0,03
25-ПР	Кубы пирита (до 0,4 см), из лиственита по тальк-карбонатным породам	0,7	1,0	1,0	30,0	Сл.	0,03
37-МИ	Кубы пирита (до 0,3 см), из аподиабазового лиственита	0,0	0,7	3,0	2,0	0,0	0,0
40-МИ	То же	0,3	0,7	2,0	1,0	0,0	0,0
38-МИ	"	0,0	0,5	0,3	1,0	0,0	0,0
39-МИ	"	0,0	0,2	1,0	3,0	0,0	0,0
35-МИ	Кубы пирита (до 0,3 см), из кварцевой жилы, секущей лиственит	Сл.	1,0	0,3	1,0	0,0	Сл.

Приложение XIV (продолжение)

№ пробы	Характеристика пирита	Bi	As	Zn	Pb	Ag	B	Отношение Co:Ni
27-ШМ	Мелкозернистый пирит из прожилка в аподиабазовом листвените	0,0	0,0	0,3	3,0	0,03	0,03	0,1
28-ШМ	То же	0,3	5,0	0,7	30,0	0,1	0,03	0,06
29-ШМ	"	0,3	5,0	0,7	10,0	0,1	0,0	0,05
30-ШМ	"	0,2	5,0	0,5	10,0	0,07	0,09	0,1
60-ШМ	Мелкозернистый пирит из кварцевых жил, локализованных в аподиабазовых лиственитах	0,2	5,0	0,3	10,0	0,07	0,01	0,06
61-ШМ	"	0,2	5,0	0,7	10,0	0,07	0,03	0,06
62-ШМ	То же	0,3	0,0	0,3	10,0	0,1	0,03	0,1
83 ^a -ШМ	Пентагон-додекаэдры пирита (до 0,3 см) из аподиабазового лиственита	0,0	10,0	0,7	0,0	0,0	0,0	1,0
83б-ШМ	То же	0,0	30,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0
31-ШМ	Мелкозернистый пирит из прожилков, секущих апогаббровый лиственит	0,1	3,0	1,0	10,0	0,07	0,0	0,6
32-ШМ	То же	0,1	0,0	0,3	3,0	0,07	0,0	0,6
33-ШМ	"	0,0	3,0	0,5	5,0	0,07	0,03	0,04
34-ШМ	"	0,3	3,0	0,7	10,0	0,05	0,0	0,1
82 ^a -ШМ	Пентагон-додекаэдры пирита (0,1-0,3 см) из апогаббрового лиственита	0,0	30,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,3
82 ^b -ШМ	То же	0,0	10,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1
26-ШМ	Кубы пирита (до 0,3 см), из аподиабазового лиственита	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	2,3
25-ПР	Кубы пирита (до 0,4 см), из лиственита по тальк-карбонатным породам	0,0	0,0	0,7	0,05	0,01	0,0	1,0
37-МИ	Кубы пирита (до 0,3 см), из аподиабазового лиственита	0,0	5,0	0,5	0,1	Сл.	0,03	4,3
40-МИ	То же	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	2,9
38-МИ	"	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,6
39-МИ	"	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	5,0
35-МИ	Кубы пирита (до 0,3 см), из кварцевой жилы, секущей лиственит	0,0	0,0	0,7	0,0	Сл.	0,03	0,3

Анализы выполнены в Центральной спектральной лаборатории УТГУ под руководством А.И. Вершининой.

Приложение XIV (продолжение)

№ пробы	Характеристика пирита	Cr	Ni	Co	Cu	Sn	Mo
36-МИ 17-ПК	Кубы пирита (до 0,3 см), из кварцевой жилы, секущей лиственит	0,0	0,3	1,0	3,0	0,0	0,0
19-ПК	Кубы пирита из апопор- фиритового лиственита	0,3	0,7	50,0	100,0	0,0	0,0
	Мелкозернистый пирит из прожилков, секущих апо- порфиритовый лиственит	Сл.	0,7	50,0	30,0	0,0	0,1
16-ПК	То же	0,0	0,3	20,0	1,0	0,0	0,3
18-ПК	"	0,0	0,5	30,0	100,0	0,0	0,0
80 ^а -БМ	Пентагон-додекаэдры пи- рита (до 1,5 см), из березитов.	0,0	1,0	0,5	3,0	0,0	0,0
80 ^б -БМ	То же	0,0	0,7	0,3	3,0	0,0	0,0
81 ^а -БМ	Мелкозернистый пирит из прожилков, секущих березит	0,0	0,2	0,3	10,0	0,3	0,0
81 ^б -БМ	То же	0,0	0,5	0,03	10,0	0,07	0,0

Приложение XIV (окончание)

№ пробы	Характеристика пирита	Bi	As	Zn	Pb	Ag	B	Отноше- ние Co:Ni
36-МИ 17-ПК	Кубы пирита (до 0,3 см), из кварцевой жилы, секущей лиственит	0,0	3,0	0,5	0,1	0,0	0,03	3,3
17-ПК	Кубы пирита из апопор- фиритового лиственита	0,0	3,0	0,3	0,0	0,0	0,0	71,4
19-ПК	Мелкозернистый пирит из прожилков, секущих апо- порфиритовый лиственит	0,0	10,0	0,0	0,0	0,01	0,03	71,4
16-ПК	То же	0,0	5,0	1,0	0,0	0,03	0,09	66,6
18-ПК	"	0,0	3,0	1,0	0,0	0,03	0,0	60,6
80 ^а -БМ	Пентагон-додекаэдры пи- рита (до 1,5 см), из березитов	0,0	5,0	0,5	0,0	0,03	0,0	0,5
80 ^б -БМ	То же	0,0	2,0	0,5	3,0	0,05	0,0	0,4
81 ^а -БМ	Мелкозернистый пирит из прожилков, секущих березит	0,5	10,0	5,0	0,1	0,1	0,0	1,5
81 ^б -БМ	То же	0,3	10,0	5,0	0,5	0,3	0,09	0,06

Примечание. Буквенные индексы около номеров проб обозначают: ШМ-Шульгинское месторождение, ПР-Пышминское рудопроявление, ПК-Пыш-минско-Ключевское месторождение, БМ-Березовское месторождение; МИ-Малоистокское рудопроявление.

Приложение XV

Железистость (f, атомн.%) сосуществующих в лиственитизированных породах карбонатов рядов магнетит - сидерит и доломит - анкерит

№ минеральной пары	Карбонат ряда доломит - анкерит		Карбонат ряда магнетит - сидерит		Месторождение, рудопроявление
	f	способ расчета f	f	способ расчета f	
1	0,5	По величине No	1,5	По величине No	Березовское, обр. 37
2	3,0	То же	3,5	То же	Пышмогорское, обр. 200
3	2,0	"	4,0	"	Березовское, обр. 12 ^a
4	2,0	"	8,0	"	" обр. 36 ^a
5	4,5	По химическому составу (табл. 22, № 1)	11,0	"	Пышминское, обр. 28
6	2,0	По величине No	11,5	"	Пышминско-Ключевское, обр. 119-ПР
7	8,0	По химическому составу (табл. 22, № 2)	13,0	"	Пышмогорское, обр. 4
8	8,5	По величине No	14,0	По величине No	Пышминское, обр. 14 ^a
9	4,0	То же	12,5	То же	Березовское, обр. 14
10	3,0	"	13,0	"	Пышминско-Ключевское, обр. 16-ПР
11	4,0	"	15,0	"	Пышминское, обр. 28 ^a
12	5,0	"	24,0	"	Пышминско-Ключевское, XX-ПР

13	10,0	"	30,0	"	Шульгинское, обр. 54 ^а
14	11,0	"	31,0	"	" обр. 37 ^б
15	8,0	"	34,0	По химическому составу (табл. 23, № 1)	" обр. 34
16	13,0	"	35,0	По величине No	" обр. 33 ^а
17	16,5	"	35,5	То же	" обр. 33 ^б
18	13,0	"	37,0	"	" обр. 33 ^в
19	15,0	"	52,0	"	Пышминско-Ключевское, обр. 70
20	12,0	"	49,0	"	" обр. 70 ^а
21	20,5	По химическому составу (табл. 25, № 5)	56,0	По химическому составу (табл. 25, № 6)	" обр. 66
22	12,0	По величине No	62,0	По химическому составу (табл. 24, № 4)	Шульгинское, обр. 47
23	20,0	То же	69,0	По величине No	" обр. 254/95
24	23,0	"	79,5	То же	Березовское, обр. 31 ^а
25	22,0	"	84,0	"	Пышминско-Ключевское, обр. XI ^а
26	22,0	"	92,5	"	То же

Минеральные пары: 1-12 - из лиственитизированных ультраосновных пород; 13-18 - из лиственитизированных габбро; 19-21, 25, 26 - из лиственитизированных пироксен-плагиоклазовых порфиритов; 22-24 - из лиственитизированных диабазов.

Приложение XVI

Железистость (f , атомн.%) карбоната и хлорита, сосуществующих в лиственитизированных и березитизированных породах

№ минеральной пары	Карбонат		Хлорит		Месторождение, рудопроявление
	f	способ расчета f	f	способ расчета f	
1	3,0	По величине N_0	19,0	По величине N_m	Пышминско-Ключевское, обр. 18
2	5,0	То же	23,4	По химическому составу (табл. 28, № 1)	Березовское, обр. 11
3	3,5	По химическому составу (табл. 22, №13)	23,6	По химическому составу (табл. 28, № 2)	Пышминско-Ключевское, обр. 7
4	6,5	По величине N_0	25,5	По величине N_m	" " обр. XIII-ПР
5	7,0	То же	32,0	То же	Березовское, обр. 411
6	9,5	"	33,5	"	" обр. 411 ^a
7	8,0	"	34,5	"	Шульгинское, обр. 30 ^a
8	10,5	"	35,8	"	Березовское, обр. 75
9	8,5	"	37,8	"	Шульгинское, обр. 51 ^a
10	9,0	"	39,0	"	" обр. 51 ^a
11	14,0	"	45,0	"	" обр. 45 ^a
12	14,0	"	49,0	По химическому составу (табл. 28, № 12)	Пышминско-Ключевское, обр. 64
13	11,0	"	49,0	По величине N_m	" " обр. 64 ^a
14	14,0	"	52,0	То же	Малоистокское, обр. XI-III
15	18,0	"	57,0	"	Березовское, обр. 56

Минеральные пары: 1-4 - из лиственитизированных ультраосновных пород; 5,6 - из березитизированных диорит-порфиритов; 7,11 - из лиственитизированных габбро; 8,12,13 - из лиственитизированных пироксен-плагиоклазовых порфиритов; 9,10,14,15 - из лиственитизированных диабазов. В первых четырех минеральных парах карбонат из ряда магнезит - брейнерит, в остальных парах карбонат из ряда доломит - анкерит.

Приложение XVII
Железистость (t, атомн. %) карбоната и слюды, сосуществующих в лиственитизированных породах

№ минеральной пары	Карбонат		Слюда		Месторождение, рудопроявление
	f	способ расчета f	f	способ расчета f	
1	3,0	По величине No	44,5	По данным анализа на окислы, определяющие f	Пышмогорское, обр. 202
2	5,0	По химическому составу (табл. 23, № 3)	57,6	По химическому составу (табл. 26, № 18)	Березовское, обр. 37
3	6,5	По величине No	63,7	По химическому составу (табл. 26, № 19)	Березовское, обр. 37 ^B
4	3,0	По химическому составу (табл. 22, № 6)	69,7	По химическому составу (табл. 26, № 1)	Пышминско-Ключевское, обр. 9
5	6,0	По величине No	67,6	По химическому составу (табл. 26, № 8)	Шульгинское, обр. 54
6	6,0	По химическому составу (табл. 22, № 9)	74,9	По химическому составу (табл. 26, № 2)	Березовское, обр. 20
7	28,0	По величине No	72,7	По химическому составу (табл. 26, № 15)	Пышминско-Ключевское, обр. 64
8	53,5	То же	69,2	По данным анализа на окислы, определяющие f	Березовское, обр. 70 ^A
9	60,0	"	66,1	По химическому составу (табл. 26, № 14)	Пышминско-Ключевское, обр. 65
10	62,0	По химическому составу (табл. 24, № 4)	66,4	По химическому составу (табл. 26, № 12)	Шульгинское, обр. 47
11	76,0	По величине No	64,1	По химическому составу (табл. 26, № 11)	Малоистокское, обр. 10-ЛГ
12	84,0	То же	63,3	По химическому составу (табл. 26, № 10)	Березовское, обр. 58

Минеральные пары: 1,4,6 - из лиственитизированных ультраосновных пород; 2,3,5 - из лиственитизированных габбро; 7-9 - из лиственитизированных пироксен-плагиоклазовых порфиритов; 10-12 - из лиственитизированных диабазов. Карбонат в 1, 4, 6, 8-12 минеральных парах представлен разностью из ряда магнетит - сидерит, в остальных парах - разностью из ряда доломит - анкерит. Слюда в 1,4-6 минеральных парах - фуксит; во 2 и 3 - парагонит; в остальных минеральных парах - мусковит.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.	3
Глава I. КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОЛОГИИ РАЙОНА И ЕГО МЕСТО- РОЖДЕНИЙ.	5
Краткий геологический очерк района.	-
Месторождения полезных ископаемых.	12
Глава II. МЕТАСОМАТИТЫ И ИХ ЗОНАЛЬНОСТЬ.	15
Условия локализации и возраст гидротермально-измененных пород.	-
Зональность лиственитизированных пород.	18
Зональность березитизированных пород.	33
Зональность на контактах химически разнородных пород.	37
Глава III. ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ПОРОД В ПРОЦЕССЕ ИХ ЛИСТ- ВЕНИТИЗАЦИИ И БЕРЕЗИТИЗАЦИИ.	44
Изменение состава пород при лиственитизации.	-
Изменение состава пород при березитизации.	59
Изменение состава разнородных пород при развитии в их кон- тактах лиственитизации и березитизации.	63
Глава IV. МИНЕРАЛЫ ЛИСТВЕНИТИЗИРОВАННЫХ И БЕРЕЗИТИ- ЗИРОВАННЫХ ПОРОД И СООТНОШЕНИЕ ИХ ЖЕЛЕЗИСТОСТИ	69
Характеристика минералов.	-
Соотношение железистости минералов.	96
Глава V. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕТАСОМАТИТОВ С КВАРЦЕВЫ- МИ ЖИЛАМИ И ПОВЕДЕНИЕ ЗОЛОТА В ПРОЦЕССЕ ГИДРО- ТЕРМАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ.	99
Взаимоотношения пропилитов, лиственитов и березитов с квар- цевыми жилами.	-
Золоторудная минерализация лиственитов и березитов и пове- дение золота в гидротермальном процессе.	102
Глава VI. НЕКОТОРЫЕ ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ПАРАГЕНЕЗИСЫ ПРОПИЛИТИЗИРОВАННЫХ И ЛИСТВЕНИТИЗИРОВАННЫХ ПОРОД.	103
Сравнение лиственитов по пороодообразующим окислам.	-
Сравнение лиственитов по элементам-примесям.	107
Парагенезисы пропилитизированных пород.	110
Парагенезисы лиственитизированных пород.	114
Глава VII. ГЕНЕЗИС ЛИСТВЕНИТОВ, БЕРЕЗИТОВ И ДРУГИХ МЕ- ТАСОМАТИТОВ.	121
Происхождение и свойства растворов, вызвавших метасомати- ческие преобразования.	-
Причины выпадения некоторых промежуточных зон из мета- соматических колонок и условия образования парагонита в лиственитах.	128
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	130
ЛИТЕРАТУРА.	131
ПРИЛОЖЕНИЯ.	137

1 р. 18 к.

1432