

А. И. РУСИН

"ИЗОГРАДА БИОТИТА" В МУСКОВИТ-ХЛОРИТОВЫХ ПАРАГЕНЕЗИСАХ

Подразделение зеленосланцевой фации на хлоритовую и биотитовую зоны (субфации) в бедных СаО породах обычно проводится по изограде биотита. Положение ее в значительной мере зависит от состава пород и в аркозах, полимиктовых метапесчаниках и метапелитах отвечает различным температурам /2/. Самые низкотемпературные и малоглиноземистые биотиты появляются в метапесчаниках, близких к калишпатсодержащим грауваккам, при распаде парагенезиса сидерит + микроклин ("истинная изограда" биотита). С ростом температуры биотиты обогащаются истонит-сидерофиллитовой молекулой за счет реакций со стильпноме-лом, хлоритом и микроклином и становятся устойчивы с мусковит-фенгитовой слюдой. В метапелитах биотиты появляются при более высокой температуре в результате реакции $Chl + Mi = Bt + Phn + Q + H_2O$, обуславливающей возникнове-ние "второй изограды" биотита. Однако образование биотита в биотитовой зоне происходит лишь в породах с низким валовым отношением $Al/(Fe + Mg)$ и умеренной железистостью. В магнезиальных, железистых и титанистых разновидност-ях пород в биотитовой зоне сохраняются парагенезисы: $Phn + Mgst$, $Phn + Mt(Nem)$, $Phn + Chl + Ilm$. В мусковитсодержащих (без калишпата) глиноземистых сланцах в нижней части биотитовой зоны устойчив парагенезис $Chl + Prf$, и лишь вблизи "второй изограды" биотита появляются первые хлоритоиды.

Метаморфические комплексы с неблагоприятными для образования биоти-та составами пород изучались нами на западном склоне Урала (златоустовский,

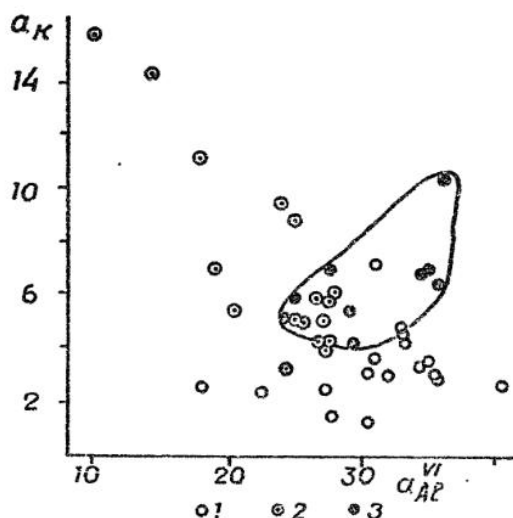
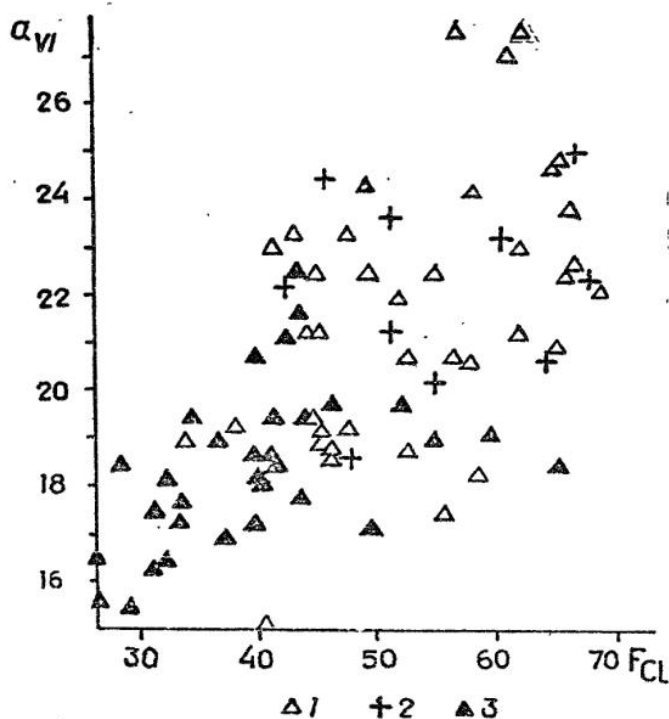


Рис. 1. Соотношение шестерной глиноземистости ($a_{VI} = \frac{Al^{VI}}{Al^{VI} + Mg + Fe + Mn + Ti}$) и общей железистости ($F = \frac{Fe}{Fe + Mg}$) хлоритов.

Хлориты: 1 - зеленосланцевой фации низких давлений; 2 - из зоны биотита; 3 - глаукофансланцевых зон

Рис. 2. Соотношение коэффициентов парагонитовости ($a_K = \frac{Na}{Na + K}$) и фенгитовости ($a_{AI}^{VI} = \frac{Al}{Al^{VI} + Mg + Fe + Mn + Ti}$) мусковит-фенгитов.

1 - зона хлорита; 2 - зона биотита низких давлений; 3 - глаукофансланцевые зоны

кваркушский и др.). При достаточной распространенности глиноземистых прослоев (златоустовский комплекс) проблем с выделением зоны биотита не возникает и нижняя ее граница проводится по первому появлению хлоритсидов. В златоустовском комплексе первые биотиты с высоким содержанием истонит-сидерофильного компонента (80-90%) обнаружены нами лишь в середине ставролитовой фации (ставролит-хлоритовая зона). В кваркушском комплексе прослои глиноземистых пород чрезвычайно редки и картирование "изограды биотита" по первому появлению хлоритоида практически исключено. В связи с этим была предпринята попытка эмпирического определения параметров "изограды биотита", на основе систематического площадного изучения составов сосуществующих белых слюд и хлоритов.

Кваркушский комплекс интересен тем, что здесь проявлен низкотемпературный зональный метаморфизм андалузитового типа, связанный с континентальным и рифтовым растяжением земной коры, и коллизионный глаукофансланцевый метаморфизм высоких давлений [5]. Температурные условия андалузитового метаморфизма

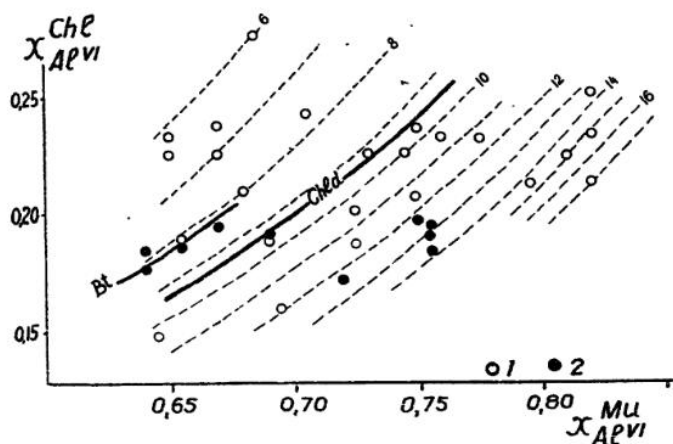
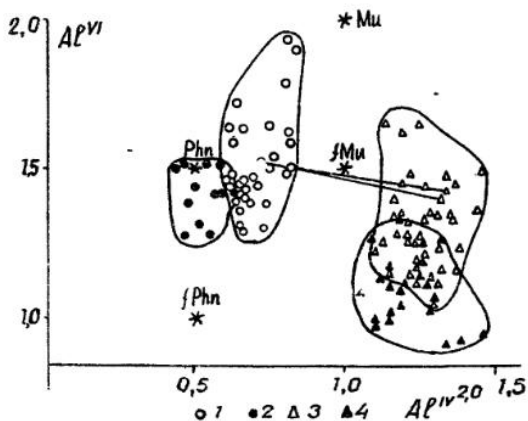


Рис. 3. Соотношение Al^{VI} и Al^{IV} в сосуществующих мусковит-фенгитах и хлоритах.

1, 3 - зеленосланцевая фация низких давлений: 1 - мусковит-фенгиты, 3 - хлориты; 2, 4 - глаукофансланцевые зоны: 2 - фенгиты, 4 - хлориты. Линиями соединены точки мусковит-фенгитов и хлоритов из образований с прослоями хлоритоидсодержащих метapelитов

Рис. 4. Соотношение шестерной глиноземистости ($X_{Al}^{ChI} YI = \frac{Al^{VI}}{Al^{VI} + Fe + Mg + Mn + Ti}$) сосуществующих белых слюд и хлоритов.

1 - из зонального комплекса низких давлений, 2 - комплекс высоких давлений. Штриховыми линиями и цифрами отмечены по данным химических анализов

соответствует хлоритовой и биотитовой (хлоритоидной) зонам, а глаукофанового - достигают зоны граната. Минеральные ассоциации в метapelитах зонально го комплекса представлены альбитом, кварцем, белыми слюдами, хлоритом, стильп-номеланом, карбонатом и реже хлоритоидом ($F = 74-85\%$), парагонитом (23% мусковитового минала). В метабазитах, кроме отмеченных минералов, присутствует актинолит и эпидот ($F = 27-30\%$). В зонах глаукофанового метаморфизма также широко развиты парагенезисы белых слюд с хлоритом, альбитом, кварцем и иногда кросситом. В метабазитах вместе с актинолитом и голубыми амфиболами (кросситом, Са-кросситом, винцитом) встречаются клиноцоизит, низкоглиноземистый биотит (10-30% истонит-сидерофиллитовой молекулы, $F = 35-44\%$) и гранат ($Pyr_{2-5} Alm_{53-65} Spess_{1-5} Gros_{28-35}$; $F = 93-96\%$).

Наиболее распространенные минералы (белые слюды и хлориты) характеризуются значительной изменчивостью составов, зависящей от многих факторов /4/. Попытки раздельного их использования для выделения разнотемпературных зон, основанные на часто встречающихся в литературе заключениях о связи тех или иных параметров с температурой, не дали положительных результатов. Так, общая железистость хлоритов оказалась более зависимой от состава пород, а шестерная глиноземистость - от давления, чем от температуры (рис. 1). Хлориты хло-

ритовой и биотитовой зон низкого давления кваркушского комплекса имеют железистость 30–70%, а отношение Al^{VI} к сумме катионов шестерной координации изменяется от 17 до 28% вне зависимости от температуры. Последний параметр явно понижается в хлоритах повышенных давлений (9–20%). Нельзя провести определенную границу хлоритовой и биотитовой зон, используя такие характеристики, как парагонитовость и фенгитовость мусковит-фенгитов (рис. 2), хотя известная общая тенденция противоположного изменения этих параметров при возрастании температуры в зеленосланцевой фации /2/ подтверждается и нашими данными. Однако и в этом случае максимальная насыщенность натрием мусковит-фенгитов в парагенезисе с альбитом в комплексах высокого и низкого давления при равных температурах оказывается различной. Предлагаемые в работе /1/ вероятные оценки температур по содержанию натрия в фенгитах требуют внесения поправки на режим давления.

Анализ сопряженного изменения содержания алюминия в четверной и шестерной координациях в сосуществующих мусковит-фенгитах и хлоритах (рис. 3) четко выявляет большую информативность белых слюд. В глаукофансланцевых зонах они выделяются большей кремнеземистостью ($Si = 3,4-3,5$ ф.е.) и принадлежат к ряду фенгит-феррифенгит. Увеличение феррифенгитового минерала в них сопряжено с некоторым возрастанием Al^{VI} в хлоритах. В зональном комплексе низкого давления белые слюды характеризуются промежуточными составами в рядах феррифенгит-фенгит и феррифенгит-ферримусковит в хлоритовой зоне и с повышением температуры приближаются к мусковиту. При этом граница хлоритовой и биотитовой зон ("Изограда биотита"), устанавливаемая по парагенезисам из образцов с хлоритоидсодержащими прослоями, должна проводиться по конноде $Phn - fMn$. Четкой закономерности изменения с возрастанием температуры составов хлоритов как будто не наблюдается, и хлориты из разных зон могут содержать одинаковое количество шестерного алюминия. Можно предположить, что на реакции обменного равновесия оказывает влияние наличие или отсутствие в породах гематита (ильменита), либо в отдельных случаях анализировались неравновесные пары. Однако рассмотрение шестерной глиноземистости белых слюд и хлоритов выявляет закономерное изменение коэффициентов распределения с температурой (рис. 4). Мусковит-хлоритовые парагенезисы с $K_D^{Al^{VI}} = 9,5-10$ в комплексах низких давлений могут сопоставляться с изоградой хлоритоида, близкой по температуре "второй изограде" биотита. В глаукофансланцевых зонах в тех же парагенезисах при $K_D^{Al^{VI}} = 8$ появляется умеренно железистый низкоглиноземистый биотит. Таким образом, нижняя граница биотитовой зоны в $Mu-Phn + Chl + Ab + Q \pm Hem (Ilm)$ парагенезисах должна проводиться при значениях коэффициента распределения шестерного алюминия между мусковит-фенгитом и хлоритом от 8 до 10, что и будет соответствовать "изограде биотита" в комплексах различных давлений. Проверка этого заключения по мусковит-хлоритовым парагенезисам зеленосланцевой фации златоустовского и белорецкого комплексов, с составом и пород, более благоприятными для выделения хлоритовой и биотитовой зон, подтверждает его правильность. Эти данные позволяют усомниться в точности градуировки мусковит-хлоритового палеотермометра /3/, занижающего абсолютные температуры не менее чем на 100°C. В то же время, проведенные исследования открывают новые возможности для расчленения зеленосланцевой фации на темпе-

ратурные зоны в умеренно насыщенных калием титанистых, высоко- и низкожелезистых метапелитах на основе количественной оценки коэффициента распределения шестерного алюминия между сосуществующими мусковит-фенгитами и хлоритами.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Д у к Г.Г. Зеленосланцевые пояса повышенных давлений (Горный Алтай). Л.: Наука, 1982.

2. К о р и к о в с к и й С.П. Фации метаморфизма метапелитов. М.: Наука, 1979.

3. К о т о в Н.В. Мусковит-хлоритовый палеотермометр // Докл. АН СССР. 1975. Т.222, № 3. С.701-704.

4. Р у с и н А.И., Н и к и ф о р о в О.В. Сосуществующие белые слюды и хлориты в комплексах высокого и низкого давления (плато Кваркуш, Северный Урал) // Региональная минералогия Урала. Свердловск, 1990. С.114-115.

5. Р у с и н А.И., Н и к и ф о р о в О.В., Я к о в л е в а О.М. Проблемы метаморфизма зоны сочленения Урала и Тимана // Ежегодник-1988 / Институт геологии и геохимии УНЦ АН СССР. Свердловск, 1989. С.56-58.