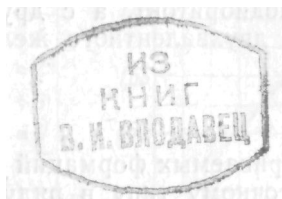


ГЛАВНЫЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ КАК КРИТЕРИИ КОРРЕЛЯЦИИ МАГМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ФОРМАЦИОННОМ АНАЛИЗЕ



Изучение главных породообразующих минералов пород верхнемеловых — третичных plutonic и вулканоплутонических формаций Центральной Камчатки показало, что оптические свойства, химизм и направление эволюции их могут служить достаточно надежными коррелятивными признаками.

Материалы наших исследований показывают, что наиболее перспективным в смысле корреляции магматических образований является изучение полевых шпатов, а среди последних — плагиоклазов. Относительная простота и надежность определения составов плагиоклазов оптическими методами, хорошо разработанная методика оптического определения степени их упорядоченности и, наконец, важное петрогенетическое значение морфологических особенностей кристаллов этого минерала (в частности, обычно широко проявленной зональности) делают плагиоклазы весьма удобным объектом изучения. Наиболее характерной константой калишпатов является угол оптических осей. Появление этого минерала в парагенезисе с плагиоклазами различной основности, а также с тем или иным темноцветным минералом позволяет делать интересные выводы о характере изменения щелочности расплавов.

Использование в целях корреляции магматических образований темноцветных минералов представляет значительно большие трудности в связи со сложностью их химического состава и наличием в каждой группе нескольких рядов минералов, перекрывающихся по оптическим свойствам, но различных по химизму. Однако появление того или иного относительно необычного и редкого минерального вида (например, куммингтонита в формации габбро-плагиогранитов) может служить характернейшим признаком целого ряда магматических образований. Вместе с тем исследование темноцветных минералов позволяет получить интереснейший материал о химизме кристаллизующихся расплавов.

Все же наиболее полную информацию, по-видимому, дает статистическое изучение оптических свойств и химизма парагенетических ассоциаций минералов, а не отдельных минеральных видов.

Детальное исследование породообразующих минералов в вулканоплутонических формациях позволяет найти новые дополнительные признаки корреляции вулканических и плутонических фаций. К числу их помимо давно известного признака — близости минерального состава — относятся: 1) сходство эволюции минералов в плутонической и вулканической фациях; 2) наличие одного и того же или близких структурно-оптических типов калиевых полевых шпатов во всех образованиях формации (интрузивах, эффузивах, метасоматитах); 3) сходство состава и степени упорядоченности интрателлурических генераций плагиоклаза в интрузивных образованиях с составом и степенью упорядоченности

вкрапленников плагиоклаза в комагматичных эффузивах, а также характер распределения составов.

Первые два признака установлены на примере изучения формации габбро-сиенитов — трахиандезитов, где и вулканические и плутонические фации характеризуются направленной эволюцией моноклинных пироксенов — от диопсидовых через более железистые к высококальциевым, что сопровождается изменением оптических свойств минерала в сторону увеличения углов оптических осей и показателей преломления. Высокий и промежуточный ортоклаз-криптопертит четко прослеживается для эффузивных, субвулканических, интрузивных и метасоматических образований этой формации, причем для каждой петрографической разности пород независимо от ее генезиса наблюдается уменьшение величины угла оптических осей в зональных кристаллах от центра к периферии и в более поздних генерациях. Наконец, третий признак был выявлен при анализе состава и степени упорядоченности плагиоклазов в породах формации габбро-гранодиоритов и эффузивных образованиях неогенового (N_1) возраста, которые рассматриваются М. А. Фаворской (Фаворская и др., 1965) как комагматичные.

Сравнение определенных групп признаков для каждого изученного минерала в каждой выделенной формации позволяет убедиться в коррелятивном значении детального изучения порообразующих минералов, а также проследить эволюцию их составов и ассоциаций в ходе становления всего формационного ряда пород. К числу указанных групп признаков относятся: химический состав порообразующих минералов, их морфологические особенности, оптические свойства, парагенетические ассоциации минералов и особенности минерального состава пород. Ниже делается попытка кратко оценить коррелятивное значение каждой выделенной группы признаков.

Химический состав порообразующих минералов. В эту группу признаков входят результаты определения (аналитическим путем и на основании оптических исследований) характерных особенностей составов минералов, по которым определяется железистость, глиноземистость и щелочность темноцветных минералов, а также натровость плагиоклазов и калиевость калишпатов.

Морфологические особенности порообразующих минералов. Сюда относятся результаты наблюдений за формой выделения минералов, а также за зональностью и двойникованием кристаллов (Бородаевская, 1961; Баласанян, 1965; Joseph A. Vance, 1965; Treiber, 1963 и др.). Так, хорошо ограненные кристаллы калиевого полевого шпата характерны для субвулканических образований и метасоматитов, связанных с вулканической фацией формации габбро-сиенитов трахиандезитов, тогда как в породах интрузивной фации той же формации очертания его резко ксеноморфны, а в псевдоморфозах по лейциту выделения калишпата имеют вид радиальнолучистых агрегатов.

Изучение морфологических особенностей зональных кристаллов показало, что характер границ между зонами в одном и том же минерале из пород разных формаций различен и может быть использован в качестве отличительного признака. Так, в породах формаций габбро-плагиогранитов и габбро-сиенитов — трахиандезитов зональность в плагиоклазах проявлена достаточно слабо, количество зон обычно невелико (2—3), границы между ними часто неясны. В плагиоклазах же из пород формаций габбро-гранодиоритов и гранодиорит-порфиров—дацитов зональность резкая, часто периодическая или обратная, число зон велико (до 10—12). Кроме того, в породах формаций габбро-гранодиоритов наблюдались коррозионные границы между центральным ядром и внешними зонами кристаллов плагиоклаза, а в породах формации гранодиорит-

порфи́ров—дацитов обрастание нескольких сросшихся ядер плагиоклаза едиными внешними зонами. Известное значение для корреляции могут иметь и наблюдения за характером двойникования минералов (Treiber, 1963). Так, двойниковое строение кристаллов калиевого полевого шпата наиболее типично для пород первой фазы формации габбро-плагиогранитов, магматических образований формации гранодиорит-порфи́ров — дацитов, а также для субвулканических пород и метасоматитов формации габбро-сиенитов — трахиандезитов, тогда как для остальных изученных магматических образований оно менее обычно.

Особенностью плагиоклазов I фазы формации габбро-гранодиоритов является наличие секторальных двойников и сложных крестовидных сростков кристаллов. Для пироксенов метасоматитов эффузивной фации формации габбро-сиенитов—трахиандезитов обычны структуры типа шахматных прорастаний. Оба указанных типа двойникования не встречаются в плагиоклазах и пироксенах других пород.

Оптические свойства пород образующих минералов. При изучении оптических свойств породобразующих минералов с целью корреляции магматических образований важно правильно отнести их к тому или иному оптическому и структурно-оптическому типу, выделить отдельные генерации, отличающиеся по оптическим свойствам, необходимы также наблюдения за изменением составов и оптических свойств зональных кристаллов, определение степени упорядоченности плагиоклазов и калишпатов и показателей преломления пироксенов, амфиболов и биотитов. Массовые измерения значений углов оптических осей минералов дают возможность установить типичные интервалы изменения $2V$ в калишпатах, пироксенах и амфиболах из разновозрастных магматических образований, что в дальнейшем позволяет их сравнивать. Не менее важной особенностью пород каждой магматической формации является характер изменения составов минералов и их оптических свойств по зонам. Так, в породах формации габбро-плагиогранитов значения $2V$ амфиболов изменяются в сторону увеличения их от центра к периферии зональных кристаллов. Измерение показателей преломления темноцветных минералов позволяет установить пределы изменения их железистости в породах каждой магматической формации. Существенный интерес для корреляции магматических образований представляет определение степени упорядоченности плагиоклазов. Результаты таких определений позволяют сравнивать плагиоклазы одних и тех же составов по их степени упорядоченности.

Особенности минералогического состава. К этой группе признаков относятся особенности минералогического состава магматических образований и состав сосуществующих минералов. Так для минерального состава формации габбро-плагиогранитов характерно, например, то, что биотит в породах ее II фазы — единственный темноцветный минерал. Кроме того, для пород I фазы той же формации характерно присутствие амфибола ряда куммингтонита. Породам формации габбро-сиенитов — трахиандезитов свойственно наличие переходных разностей между рядом обыкновенной роговой обманки и рядом паргасита-феррогастингсита с относительно малыми углами $-2V$. Помимо этого, в них почти полностью отсутствует ромбический пироксен в отличие от магматических образований других гранитоидных формаций.

При изучении минералогических особенностей пород большое внимание необходимо уделять изменению состава и свойств сосуществующих минералов. Например, состав биотитов в ряду гранитоидных формаций (при переходе от более древних к более молодым) изменяется в сторону увеличения их железистости, щелочности и уменьшения глиноземистости; закономерно меняются состав и степень упорядоченности сосуществую-

щего с ним плагиоклаза. Было установлено, что угол оптических осей амфиболов из пород формации габбро-сиенитов — трахиандезитов уменьшается, а $2V$ пироксенов — увеличивается, если в парагенетических ассоциациях с ним находится калишпат; при этом большим значениям — $2V$ калишпатов соответствуют меньшие значения — $2V$ сосуществующих с ним амфиболов и большие значения $+2V$ пироксенов.

Подводя итоги, необходимо отметить, что некоторые из перечисленных характерных признаков по своим числовым значениям обычно частично перекрываются (интервалы составов плагиоклазов и $2V$, значения показателей преломления и т. д.), поэтому только комплексный подход к результатам химических и оптических исследований дает надежные критерии для корреляции магматических образований как внутри формаций, так и между ними. В особенностях состава и оптических свойств породообразующих минералов заключена важнейшая информация об условиях (кристаллизации расплавов, и изучение этих особенностей позволяет сделать целый ряд петрогенетических выводов. Так, статистическое исследование составов плагиоклазов отдельных разновидностей пород каждой формации, характер изменения их при переходе от более ранних образований к более поздним внутри каждой формации, степень упорядоченности плагиоклазов — все это дает достаточно веские основания для суждения о степени равновесности процесса кристаллизации. Изучение зональности плагиоклазов, наличие резких коррозионных границ между внешними зонами и центральными ядрами кристаллов позволяют говорить об этапах кристаллизации магматических расплавов, и, по-видимому, может быть использовано для решения вопроса о наличии или отсутствии промежуточных очагов. Уменьшение глубины формирования интрузивных массивов и связанное с этим увеличение температуры и скорости кристаллизации при переходе от более древних формаций к более молодым отражается в уменьшении степени упорядоченности плагиоклазов и калиевых полевых шпатов, в увеличении числа генераций каждого минерала и появлении среди них интрателлурических образований (это касается также и темноцветных минералов).

Эволюция химизма калиевых полевых шпатов тесно связана с эволюцией химизма пород в пределах каждой формации. Так, в породах формаций габбро-сиенитов—трахиандезитов и габбро-гранодиоритов возрастание относительной роли калия в группе щелочей в конечных дифференциатах сопровождается увеличением роли ортоклазовой составляющей в калиевых полевых шпатах. В породах же формации габбро-плагиогранитов эволюция калишпатов приводит к возрастанию роли альбитовой составляющей в их составе.

Анализ составов пироксенов из пород разных по возрасту формаций показывает, что моноклинные пироксены более древних формаций менее железистые, чем пироксены более молодых. По мнению авторов, причина такого явления заключается в увеличении роли сиалической коры в генезисе исходных расплавов при переходе от более древних образований к более молодым. Клинопироксены, кристаллизующиеся из слабо контаминированных первичных базальтовых магм, существенно кальциево-магниевого. Вместе с тем внутри формаций (как это было показано для формации габбро-сиенитов — трахиандезитов) кальциево-клиноспироксенов зависит от щелочности среды. В более щелочных расплавах происходит кристаллизация клинопироксенов, содержащих большие количества Са.

Как показали Л. А. Маракушев и И. А. Татарин (1965), глиноземистость биотитов может служить достаточно надежным критерием щелочности глубинных гранитоидов, а для приповерхностных гранитоидов и эффузивов — также и показателем температуры их образования. При этом повышение щелочности, равно как и температуры их образования, способствует снижению содержания алюминия в слюдах и связы-

ванию его в плагиоклазах. Судя по имеющемуся в нашем распоряжении фактическому материалу, для биотитов магматических образований Центральной Камчатки роль температурного фактора куда более существенна, чем роль щелочности, в связи с гипабиссальными условиями становления интрузий. Так, в общем ряду интрузивных образованиях от верхнего мела до плиоцена щелочность серий пород уменьшается (см. ч. II гл. IV), так же как глиноземистость биотитов (см. рис. 43), хотя при одинаковой температуре их образования следовало бы ожидать обратной картины. В то же время при переходе от более древних формаций к более молодым глубина становления интрузивных образований уменьшается вплоть до появления субвулканических приповерхностных интрузий в формации гранодиорит-порфиров—дацитов. Температура кристаллизации биотитов при этом возрастает, что и вызывает снижение их глиноземистости. Аналогичное уменьшение глиноземистости наблюдается при сравнении биотитов интрузивной и эффузивной фации формации гранодиорит-порфиров — дацитов.

Подобный же характер изменения глиноземистости устанавливается и для амфиболов изученных магматических образований (см. табл. 25 и рис. 38). В то же время расчет нормативных составов плагиоклазов средних типов пород показывает, что содержание анортитовой составляющей возрастает в сторону более молодых формаций, т. е. увеличивается их глиноземистость и уменьшается щелочность. Таким образом, процессы эволюции темноцветных минералов (биотитов и амфиболов) и плагиоклазов в условиях повышения температур их образования идут в противоположных направлениях.

Изучение химического состава и показателей преломления биотитов в породах верхнемеловых-третичных магматических формаций Центральной Камчатки показало, что железистость, вычисленная по данным химических анализов и определенная на диаграмме В. С. Соболева (1950) по показателям преломления, не совпадает. При одинаковой железистости показатели преломления биотитов в изученных магматических образованиях выше, чем в гранитоидах, биотиты из которых изучались В. С. Соболевым. Подобные же отклонения отмечались ранее на Урале Л. В. Малаховой (1963).

На наш взгляд, наблюдающиеся различия могут быть объяснены гипабиссальными условиями становления плутонических образований данного формационного ряда и могут указывать на иную степень упорядоченности биотитов по сравнению с теми биотитами, которые были использованы В. С. Соболевым при построении диаграммы. С другой стороны, В. С. Соболевым было показано, что при одинаковой железистости показатель преломления биотитов, содержащих большее количество летучих (особенно фтора), снижается. Можно предположить, следовательно, что изученные нами биотиты содержат меньше летучих, чем биотиты, использованные В. С. Соболевым. Такое предположение находится в соответствии с гипабиссальными условиями становления интрузий, кристаллизация которых происходит, по-видимому, в системах, приближающихся к открытым.

Установлено также несовпадение железистости амфиболов, определенной по химическим анализам и показателям преломления, с железистостью, установленной по величине угла оптических осей. Может быть и здесь отклонения обусловлены различной степенью упорядоченности амфиболов, а величина их $-2V$ в какой-то мере отражает ее.

Подводя итог, необходимо сказать, что в дальнейшем основной задачей исследования главных породообразующих минералов магматических образований Центральной Камчатки будет парагенетический анализ с использованием данных, полученных по химизму, оптическим свойствам, степени упорядоченности минералов и особенностям химического состава разновозрастных горных пород.