

Ю. А. БИЛИБИН

**ДИССОЦИАЦИЯ МОЛЕКУЛ В МАГМАТИЧЕСКОМ РАСПЛАВЕ, КАК
ФАКТОР ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ МАГМЫ**

*(Представлено академиком А. *Н. Заварицким 10 VII 1939)*

О состоянии молекул в магматическом расплаве имеется очень мало фактических данных. Некоторые логические умозаключения помогают разобраться в этом вопросе. Известно, что с повышением температуры сложные химические соединения имеют тенденцию распадаться на более простые. При очень высоких температурах могут существовать лишь окислы и свободные элементы. Логично предположить, что в магме мы имеем то же явление: с повышением температуры магматического расплава происходит диссоциация сложных минеральных молекул на более простые. С другой стороны, нельзя допустить, что эта диссоциация происходит в момент перехода кристаллического минерала в расплав, т. е., что в магме все молекулы диссоциированы. Если бы это было так, то процесс кристаллизации и дифференциации магмы всегда приводил бы к сильно щелочным остаточным расплавам, что фактически наблюдается лишь в сравнительно редких случаях. Последнее обстоятельство указывает, что в момент кристаллизации основного плагиоклаза, авгита и роговых обманок молекулы альбита и ортоклаза находятся в магматическом расплаве в уже ассоциированном состоянии. Соотношения между некоторыми другими минералами подтверждают вероятность такой картины.

Мы можем считать, что температуры плавления и диссоциации минерала в общем случае не совпадают. По соотношению этих температур можно разбить минералы на три группы:

1) температура диссоциации выше температуры плавления; минерал плавится конгруентно;

2) температура начала диссоциации ниже температуры плавления; отдельные минералы или сочетания минералов, возникающие при диссоциации, расплавляются при температуре диссоциации; минерал плавится инконгруентно;

3) температура начала диссоциации ниже температуры плавления; все минералы и их сочетания, возникающие при диссоциации, плавятся выше температуры диссоциации; минерал диссоциирует в твердом состоянии и из магматических расплавов не кристаллизуется (гроссуляр).

Если для отдельных минералов температуры плавления и диссоциации совпадают, то при изменении термодинамической обстановки (например, давления) эти температуры могут стать различными. Поэтому такие минералы не заслуживают выделения в самостоятельную группу. Логично пред-

положить, что для минералов, плавящихся конгруентно, температурный интервал между плавлением и началом диссоциации может быть очень различным: одни минералы при повышении температуры диссоциируют вскоре после плавления, другие долго остаются в расплаве в недиссоциированном состоянии.

Общая формула безводных магматических минералов может быть изображена так: $mA \cdot nB \cdot p \text{SiO}_2$, где A —окислы, отвечающие ионам с низким потенциалом (Na_2O , K_2O , CaO и др.), B —окислы, отвечающие ионам со средним потенциалом (MgO , FeO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 и др.), а m , n и p —целые числовые коэффициенты, обычно небольшие. При частных значениях m , n и p , равных нулю, мы от этой общей формулы (тип полевых шпатов) переходим к более простым формулам (типы волластонита, гиперстена, перовскита, корунда, кварца). При избытке окислов B они комбинируются друг с другом, давая минералы типа альмандина ($n_1 B_1 \cdot n_2 B_2 \cdot p \text{SiO}_2$) и типа шпинели ($n_1 B_1 \cdot n_2 B_2$). Подгруппа B_1 отвечает более основным окислам, подгруппа B_2 более кислым.

Упрощение молекул при их диссоциации в магматическом расплаве сводится к двум главнейшим типам:

1) потеря некоторого количества кремнекислоты при сохранении типа химической формулы минерала (гиперстен—оливин, ортоклаз—лейцит) или при упрощении ее (силлиманит—корунд);

2) распад молекул типа полевых шпатов на более простые соединения (диссоциация эгирина).

Так как окислы A и кремнекислота химически более активны, чем окислы B , то последние при диссоциации освобождаются с возникновением из молекул типа полевых шпатов молекул типа волластонита. Именно так протекает диссоциация эгирина; при диссоциации гроссуляра также освобождается молекула волластонита. Кристаллизация при высоких температурах шпинели из расплавов, отвечающих смеси анортита и оливина, также указывает, что молекула анортита при этих температурах диссоциирована на волластонит и свободный глинозем. Освобождающиеся при диссоциации молекул типа полевых шпатов окислы B охотно комбинируются друг с другом в молекулы типа шпинели, весьма устойчивые при высоких температурах.

Диссоциация молекул в магматическом расплаве влияет на дифференциацию магмы и состав возникающих дифференциатов двояким путем.

1. Отдельные составные части легко диссоциирующих молекул могут выделиться из магмы на ранних стадиях кристаллизации с обогащением расплава остальными составными частями. Инконгруентное плавление и связанные с ним реакционные отношения минералов входят сюда, как частный случай (кристаллизация оливина вместо гиперстена и лейцита вместо ортоклаза с обогащением расплава кремнекислотой). Повидимому, довольно легко диссоциирует в расплаве молекула нефелина. При этом глинозем на более ранних стадиях кристаллизации может войти в состав плагиоклаза, авгита или роговой обманки. Остаточный расплав обогащается Na_2SiO_3 , что может повести к возникновению на последних стадиях кристаллизации эгирина и даже ниобо- и цирконосиликатов натрия.

Все базальтоидные магмы, в том числе и щелочные, за исключением некоторых очень редких типов, содержат достаточное количество глинозема для полного насыщения натрия и даже частичного насыщения кальция. Следовательно возникновение эгирина обусловлено избыточным удалением глинозема в процессе дифференциации. В трахидолеритах нередко можно наблюдать сочетание основного плагиоклаза вкрапленников с эгирином в основной массе, тогда как в условиях совершенного равновесия они несовместимы. Это может быть объяснено только тем, что в момент

кристаллизации плагиоклаза нефелин находился в диссоциированном состоянии. Так как возникновение эгирина происходит очень легко при дифференциации щелочных базальтоидных магм и лишь с трудом при дифференциации щелочноземельных, то можно вывести заключение, что молекула нефелина диссоциирует в расплаве значительно легче молекулы альбита.

2. В глубинных магматических очагах, где магма до начала ее кристаллизации находится при очень высокой температуре, несомненно, имеет место диссоциация молекул. При охлаждении краевых частей очага здесь может начаться ассоциация некоторых определенных молекул. Тем самым однородность состава магмы нарушается и, аналогично принципу Сорэ, должна начаться диффузия ассоциированных молекул внутрь очага и диссоциированных частей тех же молекул к его периферии. Если бы скорость диффузии всех компонентов была одинакова, то конечный результат процесса был бы равен нулю. При различной скорости диффузии химическая однородность магмы может быть нарушена. Естественно ожидать, что наибольшей скоростью диффузии будут обладать наиболее подвижные, наиболее легкоплавкие составные части диссоциированных молекул. Именно ими должна быть обогащена периферическая часть магматического очага, тогда как середина его будет обогащена прочими составными частями диссоциированных молекул. Так как окислы *B* склонны давать более тугоплавкие соединения и вообще менее подвижны, а окислы *A* дают более легкие легкоплавкие соединения и являются более подвижными, то естественно ожидать концентрации окислов *A* вблизи периферии, т. е. возникновения здесь более богатой щелочами магмы.

Для возможности такого процесса необходимо соблюдение следующих условий:

а) скорость остывания магматического очага должна заключаться в определенных пределах; слишком быстрое остывание сведет до минимума самый процесс диффузии, а слишком медленное остывание сведет до минимума влияние различных скоростей диффузии;

б) температура диссоциации данного соединения должна лежать в пределах температур охлаждающегося магматического очага;

в) скорость диффузии различных составных частей диссоциированных молекул должна быть достаточно различной.

Повидимому, эти условия хорошо соблюдаются в некоторых глубинных очагах трахибазальтовой магмы. Ассоциация молекулы лейцита при охлаждении таких очагов в докристаллизационный период (молекула отроклаза ассоциирует значительно позднее) вызывает значительное обогащение их периферических частей K_2SiO_3 с возникновением здесь оболочки лейцито-базальтовой магмы. Последовательность интрузий в месторождениях лейцитовых пород и химические особенности последних вполне удовлетворительно объясняются подобного рода предположением.

Поступило
15 VII 1939