

ПЕТРОГРАФИЯ

Ф. К. ШИПУЛИН

**О ЗНАЧЕНИИ ГАЗОВО-ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ  
ДЛЯ РАСШИФРОВКИ ИНТРУЗИВНОГО ПРОЦЕССА**

*(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 22 XII 1952)*

При детальном микроскопическом изучении пород одного из нижнетретичных гранитных массивов Дальнего Востока, краткое описание которого недавно опубликовано автором (<sup>1</sup>), было обращено внимание на своеобразный характер распространения и некоторые особенности строения газовой-жидких включений в кварце, и частью в других минералах, из гранитоидов самого массива и вмещающих его пород. Результаты исследования позволяют сделать некоторые выводы в отношении хода процесса формирования гранитной интрузии и потому заслуживают специального рассмотрения.

Гранитный массив имеет форму сложного штока. Краевые его части на отдельных участках сложены гибридными, частью перекристаллизованными гранитами и гранит-порфирами, в которых отчетливо видны минералы двух поколений. Ближе к центру гранит-порфиры фациально переходят в розовато-серые биотитовые граниты. Последние в самом центре штока сменяются крупнозернистыми лейкократовыми, розовыми миаролитовыми, пегматоидными гранитами. Почти в центре массив прорван лакколитообразным телом гранит-порфиров несколько более поздней интрузивной фазы. В последних отмечается эвтектофировая структура и, несмотря на порфировый облик пород, состав из минералов одного поколения.

Граниты в разных участках массива пересечены многочисленными дайками аплитов, которые представляют собой отщепления от гранитной магмы при кристаллизации ее в верхнем структурном ярусе. Вслед за дайками аплитов произошло внедрение сначала даек одинитов, затем спессартитов и, наконец, гибридных гранит-порфиров и гранофилов. Дайки меланократового ряда образовались за счет инъекций магмы из глубинных источников, претерпевшей перегрев в результате подъема, и содержат ксенолиты глубинных пород.

Вмещающие гранитный массив породы представлены условно верхнепалеозойскими песчаниково-сланцевыми отложениями, превращенными вдоль узкой зоны контакта в кварц-биотитовые роговики, и верхнемеловыми — нижнетретичными эффузивными кварцевыми порфирами.

В кварце почти из всех перечисленных пород наряду с твердыми минеральными включениями наблюдается масса очень мелких газовой-жидких включений, имеющих от долей микрона до 6—7  $\mu$  в диаметре. Исследованиями установлено, что количество таких включений на единицу объема кварца, характер их распространения и особенности строения зависят от генетического типа кварца.

В гранит-порфирах краевой фации массива газовой-жидкие включения присутствуют в основном лишь в резорбированных вкраплениях квар-

ца, при этом почти все включения собраны в полоски — следы залеченных трещинок. Кое-где включения приурочены к залеченным трещинкам спайности в кварце, характерной для высокотемпературных его модификаций. Включения имеют чаще шарообразную, реже неправильную неравновесную форму. Объемные соотношения газового пузырька и вмещающей его жидкости колеблются в среднем около 1:20. Число включений, установленное подсчетом на 0,01 мм<sup>2</sup> площади шлифа, достигает 30—40 тыс. на 1 мм<sup>3</sup> кварца. В объемном отношении включения составляют не более 0,01% от объема кварца. В кварце из мелкозернистой основной массы гранит-порфиров газовой-жидкие включения обнаруживаются лишь в редких зернах, не более 1—2 на зерно.

К гранит-порфирам по характеру включений близки вмещающие массивы эффузивные кварцевые порфиры. В них газовой-жидкие включения также довольно обильны в резорбированных вкрапленниках кварца, вынесенных из более глубоких горизонтов коры, однако, в отличие от гранит-порфиров, кварц из основной фельзитовой массы эффузивов полностью лишен таких включений.

Розовые и розовато-серые граниты содержат газовой-жидкие включения в количестве до 150—200 тыс. на 1 мм<sup>3</sup> кварца. Значительная их часть неравномерно рассеяна по зернам кварца или собрана в нечетко обособленные широкие струйчатые полоски, представляющие, видимо, следы залеченных ранних трещинок. Другая, в количественном отношении преобладающая часть наиболее мелких включений собрана в узкие четкие обычно прямолинейные полоски — следы залеченных более поздних трещинок. В объемном отношении включения составляют до 0,2% от объема кварца. Отношение объемов газовых пузырьков к вмещающей жидкости колеблются в пределах от 1:15 до 1:45, в среднем около 1:25.

Кроме кварца, в розовых гранитах обильные газовой-жидкие включения содержат также полевые шпаты, апатит и флюорит. При этом, если для кварца и полевых шпатов по отсутствию форм негативных кристаллов, характеру распространения включений и пр. отчетливо устанавливается их вторичный характер, то в апатите, где нередко видно зональное распределение включений, выявляется их первичный сингенетический характер. По ряду признаков установлено, что апатит принадлежит к наиболее позднемагматическим минералам.

Частью перекристаллизованные гибридные граниты в магматическом кварце содержат такой же комплекс газовой-жидких включений, какой отмечался в розовых гранитах, более же поздний мелко- и среднезернистый роговиковоподобный кварц этих пород почти лишен включений.

Для гранит-порфиров более поздней фазы, состоящих из минералов одного поколения, характерно наличие одинакового комплекса включений как в порфировидных выделениях кварца, так и в его зернах из мелкозернистой или графической основной массы. Число включений колеблется в пределах от 50 до 100 тыс. на 1 мм<sup>3</sup> кварца. Примерно половина их рассеяна в беспорядке по площади зерен кварца, а другая половина собрана в различно направленные узкие полоски. Аналогичная форма распространения включений наблюдается и в аплитах.

Выявлено, что минералы гранитов в результате катаклаза и перекристаллизации в твердом состоянии полностью или почти полностью теряют газовой-жидкие включения, причем кварц в большинстве случаев «очищается» не только от газовой-жидких, но и от твердых минеральных включений. Полевые шпаты в результате этого теряют «пелитовую муть», в составе которой существенная роль принадлежит включениям жидкости. Одновременно ортоклаз переходит в решетчатый микроклин.

В роговиковом кварце из контактово-метаморфизованных песчаниково-сланцевых пород газовой-жидкие включения отсутствуют.

В поздних дайковых породах, содержащих вкрапленники кварца, включения присутствуют в огромных количествах, при этом большая часть их неравномерно рассеяна по площади зерен, а меньшая сосредоточена в ясно различимых залеченных трещинках. Число включений местами достигает, в расчете на 1 мм<sup>3</sup> кварца, 250—300 тыс. Соотношение объемов газа и жидкости достигает 1:5—1:10, но нередко, как и обычно, снижается до 1:20—1:25. Формы включений часто неравновесные. В кварце из основной массы гибридных гранит-порфиров включения очень редки и отличаются малыми размерами.

Анализ особенностей распространения и строения газовой-жидких включений позволил прийти к выводу, что эти включения в кварце образовались за счет проникших в него по трещинкам флюидных растворов на относительно поздней, но еще магматической стадии кристаллизации пород, когда после выделения части твердой фазы в остаточном расплаве, вероятно, появилась обособленная летучая фаза. Захват флюидов не был одноактным, а совершался многократно на протяжении конечных этапов застывания магмы, в результате чего более ранние трещинки успели уже «залечиться» и микровключения «растеклись» от них в стороны, в то время как более поздние трещинки только образовывались. Доказательствами обогащения конечных порций расплава свободной летучей фазой являются также сингенетические включения в апатите, наличие миаролитовой структуры в некоторых гранитах и присутствие в ряде гипабиссальных порфировых пород, особенно из даек, обильных мелких пустот в форме газовых пузырей, вокруг которых в основной массе пород обнаруживается флюидальная текстура.

Изучение геологической обстановки, в которой протекал процесс формирования интрузии, выяснение истории ее становления и характера распространения газовой-жидких включений в разных минералах и из различных пород позволили сделать заключение о том, что развитие интрузивного процесса протекало в условиях переменного и временами высокого насыщения магматического расплава свободной летучей фазой. Последняя, появившись на относительно поздних этапах кристаллизации магмы, вероятно еще в глубинном магматическом бассейне, в тех или иных количествах сохранялась в системе на протяжении всего сложного и противоречивого процесса формирования интрузии до самых конечных стадий затвердевания пород и некоторое время даже после этого.

Однотипный характер распространения включений в кварце из различных порфировых пород, нередко сохраняющих неравновесные формы, позволяет считать, что вскоре после появления включений в выпавших ранних кристаллах кварца в магматическом расплаве в глубинных условиях вся система обычно перемещалась в верхние горизонты коры и при этом испытывала некоторый перегрев. Этот факт в совокупности с рядом других данных дает основание предположить, что способность магмы к интрузивному процессу находилась в зависимости в основном от наличия в ней свободной летучей фазы, а не от тектонической обстановки и вообще условий среды. Летучая фаза обеспечивала интенсивность конвекционных потоков в магме и перенос тепловой энергии (ср. с кипением воды), повышала внутреннее давление в магме и ее растворяющую способность в отношении вмещающих пород, снижала температуру плавления и вязкость магмы и пр. Устремляясь в верхние части магматического бассейна, она обуславливала также наиболее активное продвижение магмы в этом направлении.

Материалы исследования показывают, что магма приобрела активность вслед за появлением в ней обособленной летучей фазы, возникновение которой явилось качественным скачком в развитии всей системы. Процесс развития интрузии и, в частности, ее продвижение через вмещающие породы путем их растворения и частичного вытеснения (раздвигания) происходил до тех пор, пока внешнее давление не стало мень-

ше давления летучей фазы в магме. В этих условиях, т. е. достигнув близповерхностных горизонтов коры, система превратилась в открытую и, потеряв значительную часть летучей фазы, подверглась переохлаждению, что последовало за недавним перегревом, вследствие падения давления. В результате произошла относительно быстрая и полная кристаллизация сначала самых внешних, а затем и более глубоких частей интрузии, которая сопровождалась сложными процессами дифференциации магмы. По мере затвердевания эндоконтактных зон интрузии проницаемость ее стенок постепенно уменьшалась. Это обусловило накопление летучей фазы в конечных порциях расплава внутри магматического очага и вызвало замедление темпов кристаллизации. В итоге остаточные порции дифференцированного наиболее кислого расплава вновь приобрели способность к активному интрузивному процессу, что и видно на примере внедрения в только что застывшие граниты в центре массива дополнительной интрузии гранит-порфиров.

Рассматривая интрузивный процесс в целом, следует признать, что он протекал на основе развития магматической системы в результате преимущественно взаимоотношений между летучей фазой, первоначально растворенной в магме и начавшей обособляться на определенном этапе ее постепенного охлаждения и остаточным магматическим расплавом причем ведущей стороной процесса являлась летучая фаза.

В соответствии с принципами материалистической диалектики признается, что геологическая среда в целом представляла условие развития магматического процесса, а не его причину, как считают ученые механистического направления. В отдельные стадии интрузивного процесса среда обуславливала лишь то или иное частное его направление и форму проявления через обеспечение ведущей роли то одних, то других внутренних факторов системы.

Институт геологических наук Академии наук СССР  
и Дальневосточный филиал Академии наук СССР  
им. В. Л. Комарова

Поступило  
3 XII 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Ф. К. Шипулин, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1950).