

# ВКЛЮЧЕНИЯ В ГРАНИТОИДНЫХ ПОРОДАХ (РЕСТИТОВЫЕ ПАРАГЕНЕЗИСЫ В ГЕРЦИНСКИХ ГРАНИТОИДАХ БОЛЬШОГО КАВКАЗА)

А.В.Окросцваридзе

Геологический институт АН Грузии  
ул. М. Алексидзе, 1/9, 380093 Тбилиси

В статье показано, что в современной петрологии изучение включений в гранитоидных породах имеет большое значение, поскольку в их генезисе кодирована большая петрологическая информация и поэтому они являются важным оружием для изучения генезиса и эволюции гранитоидных пород.

На современном этапе изучения включений выделено три больших генетических типа: 1-ксенолиты, 2- автолиты и 3- реститы.

В данной статье приведены результаты изучения реститов в герцинских гранитоидах Большого Кавказа. Показано, что реститы разных генетических типов изученных гранитоидов резко отличаются друг от друга, но комплементарны с вмещающими породами.

## ENCLAVES IN GRANITOID ROCKS (RESTITE PARAGENESES IN THE HERCYNIAN GRANITOIDS OF THE GREATER CAUCASUS)

A.Okrostsvareidze

Geological Institute of Georgian Academy of Sciences  
M. Alexidze str. 1/9, 380093 Tbilisi

It is shown in the article that the study of enclaves in granitoid rocks is of great importance in modern petrology, because they, due to their specific genesis are the carriers of great petrological information and so are the best means for the investigation of granitoids.

Three genetic types of enclaves are singled out in granitoids: 1-xenoliths, 2-autoliths, 3-restites.

The results of the study of restites of the hercynian granitoids of the Main Range of the Greater Caucasus are given in the article. It is shown, that restites of granitoids in different genetic types abruptly differ from each other but they are complementary of enclosing rocks.

В современной петрологии особое внимание уделяется изучению включений в гранитоидных породах, поскольку выясняется, что в их петрографических, петрохимических, минералогических и изотопных особенностях кодирован весь эволюционный путь вмещающих пород. Таким образом, включения, в силу своих генетических особенностей, несут в себе большую петрологическую информацию и поэтому представляют собой важное оружие в изучении гранитоидов. О большом петрологическом значении включений говорит и тот факт, что известные австралийские петрологи П.В. Чапел и А.Д. Уайт (Chappel, White, 1974) именно по включениям классифицировали гранитоиды на I и S типы. Кроме того, по включениям публикуются монографии (Didier, 1973), многоавторные труды (Didier, Barbarini, 1991) и результатам их исследований посвящаются международные симпозиумы.

К сожалению в нашей стране изучению включений уделялось недостаточное внимание, несмотря на то, что в коллизионных орогенных системах, в таких как, например, Большой Кавказ, их изучение дает значительные результаты. Можно сказать, что мы подходим к этому вопросу с определенной осторожностью и в связи с этим почти не изучаем включения, хотя, было отмечено, именно они являются носителями значительной петрологической информации.

Общий петрографический термин "включения" означает небольшие, различной формы размера части горных пород, отличающиеся своей структурой и составом от вмещающих пород.

Основоположником изучения включений является французский геолог А.Лакруа. Труд, который целиком посвящен включениям, был опубликован в 1893 году. В этой работе

совершенно справедливо включения подразделил на две группы: привнесенные извне и местные. После этого изучение включений в гранитоидных породах приняло регулярный характер. Наиболее интенсивное их изучение началось в 70-х годах, после того как появились более совершенные методы исследований (микрозонд, электронный микроскоп и т.д.). Особое внимание изучению включений уделяет французская и австралийская геологические школы (Didier, 1971; Barbarin, Didier, 1991; P.La Fort, 1991).

На сегодняшний день можно выделить три больших генетических типа гранитоидных включений: 1-ксенолиты; 2-автолиты и 3-реститы.

Из слова ксенолит (xenos-чужой; lithos-камень) видно, что для основной массы породы он является посторонним (чужим) телом, а не ее генетической частью. Таким образом, ксенолит – это включение, которое попало в основную массу породы в результате обрушения в магмовой камере устойчивой кровли, либо оно было захвачено магмой во время ее движения. Исходя из этого, они в большом количестве отмечаются в периферийных и фронтальных частях плутонических пород. Ксенолиты, в силу своего генезиса, могут давать большую информацию, например: существование роговиковых ксенолитов в гранитоидах указывает на то, что они выкристаллизовались из высокотемпературной интрузивной магмы, об этом говорит и присутствие в мелкозернистых фельзовых ксенолитах. Все это означает, что температура между вмещающей породой и вторгшейся в нее магмой была различной. Особенно интересно изучение ксенолитов в вулканических базальтах, что даст возможность получить важную информацию о мантии и коре.

Само слово автолиты (autos-свой; lithos-камень) указывает на то, что это такие включения, которые образуются в магматических породах в результате протекающих там физико-химических процессов. Они представляют собой куммуляты магмы или продукты ее ранней кристаллизации, которые, в основном, состоят из мафических минералов. Для автолитов характерны куммулятивные структуры.

Термин “рестит” происходит от французского слова “reste”, что означает остаток и подразумевает остаток того продукта или вещества, которое непосредственно принимает участие в формировании магматических пород. В реститах можно выделить две разновидности: анатектические реститовые включения и мафические мелкозернистые включения.

Анатектические реститовые включения представляют собой нерасплавленные остатки материнских (протолитовых) пород (рис.1).

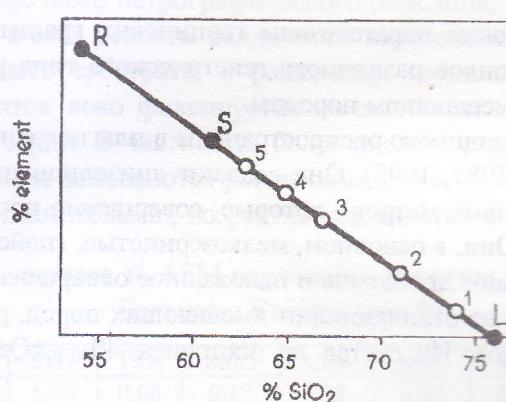


Рис.1. Диаграмма частичного плавления материнских пород (протолитов) (Chappel, White, 1991)

R - реститовая фаза, S - фаза солидуса, L - фаза ликвидуса.

Цифры указывают на различный состав гранитного расплава

Автохтонные реститы часто линзообразной формы, в автохтонном положении имеют структурные элементы вмещающих пород. В аллохтонном положении они часто теряют линзообразные формы и их первичная ориентация нарушена. В изучении этого типа включений большие заслуги принадлежат австралийским геологам Б.В.Чеппелю и А.Т.Уайту (Chappel, 1966; Chapple, White, 1974, 1978, 1991, 1999).

В современной петрологии большой интерес вызывают мафические, мелкозернистые

включения (ММЕ). Как известно, они овальной формы, разных размеров, имеют общие с вмещающими породами петрологические, геохимические и изотопные параметры, но по своим структурным особенностям резко отличаются друг от друга. Определение их происхождения фактически означает установление генезиса вмещающих гранитоидов, но на сегодняшний день не существует аргументированных данных об их генезисе.

Опираясь на петрологические, геохимические и изотопные данные, некоторые авторы не разделяют мнения о мантийном происхождении мелкозернистых мафических включений (Dodge, Kistler, 1990; Fershtater, Borodina, 1991). По их мнению, они когерентны с вмещающими породами и рассматриваются ими как результат рекристаллизации куммулятов в нижних частях зональных магматических камер. Из-за минералогического, геохимического и изотопного равновесия с вмещающими породами эта модель имеет определенные преимущества, но объяснить ею особенности их структурных различий невозможно.

Еще более неприемлемой эта модель стала после того, как экспериментальными данными было установлено, что между включениями и вмещающими породами минералогические, геохимические и изотопные сходства являются результатом минералогического и химического трансверса (Hibbard, 1991; Collins, 1995; Fourcade, Javoy, 1997). Кроме того, в субдукционных зонах нередко верхняя мантия контаминирована в результате вторжения больших масс корового материала, что вызывает сближение геохимических и изотопных данных (Allegre, 1987).

По мнению другой группы ученых существование такого большого количества мафических включений и развитие их на огромных площадях можно объяснить только с точки зрения модели смешения магмы, по которой, исходя из физико-химических условий, существует определенный предел смешения магмы, после которого фельзитовые и мафические составляющие магмы не перемешиваются и поэтому мафические мелкозернистые включения надо рассматривать как остатки основной магмы (Philpotts, 1987; Tegeler, 1995 и др.).

Подытоживая вышесказанное, становится ясным, что в вопросе генезиса мелкозернистых мафических включений существует множество противоречивых мнений. Выяснение этого вопроса потребует еще многих усилий, но включения уже не вызывают у ученых прежнего страха и растерянности.

Что касается герцинских гранитоидов Большого Кавказа, то они богаты включениями различного генезиса. В частности, ксенолитами, реститами и автолитами, детальное изучение которых добавит много новых нюансов в изучение процесса формирования и эволюции отмеченных гранитоидов.

Изученные нами реститовые парагенезисы герцинских гранитоидов Большого Кавказа показали, что реститы гранитоидов различного генетического типа резко отличаются друг от друга, но комплементарны к вмещающим породам.

Реститовые парагенезисы широко распространены в плагиогранитах габбро-плагиогранитовой серии (Окросцваридзе, 1987, 1995). Они создают линзовидные тела различного размера (от первых сантиметров до первых метров), которые совершенно постепенно замещаются вмещающими плагиогранитами. Они, в основном, мелкозернистые, гнейсовидные и как и вмещающие породы испытывают сильное дробление и наложенное окварцевание. По своему минералогическому составу они почти не отличаются от вмещающих пород, разница отмечается только в перераспределении минералов. Их состав не постоянен:  $Pl_{40-70} \pm Q \pm Avg \pm Act \pm Bi_{45-55} \pm Chl \pm Ep \pm Sph \pm Ap \pm Gr \pm Ilm$ .

Реститовые парагенезисы широко распространены в гранитоидах диорит-адамелитовой серии. Как известно, породы этой серии в основном представлены интрузивными телами (Окросцваридзе, 1995).

На периферийных частях интрузивов нередко отмечаются параллельные реститы (рис.2), структурные элементы которых нередко совпадают со структурными элементами вмещающих пород. В центральных частях реститы часто дезориентированы и имеют овальные формы (рис.3).

На контакте реститов с вмещающими породами не отмечается минералогического изменения и минеральный состав реститов определяется вмещающей средой. Например, в кварцевых диоритах их состав следующий:  $Pl_{39-60} \pm Q \pm Hrb \pm Chl \pm Ep \pm Sp \pm Zir \pm Op$ , а в гранодиоритах той же породы:  $Pl_{25-47} \pm Q \pm Hrb \pm Bi_{52-56} \pm Chl \pm Ep \pm Sp \pm Zir \pm Op$ .

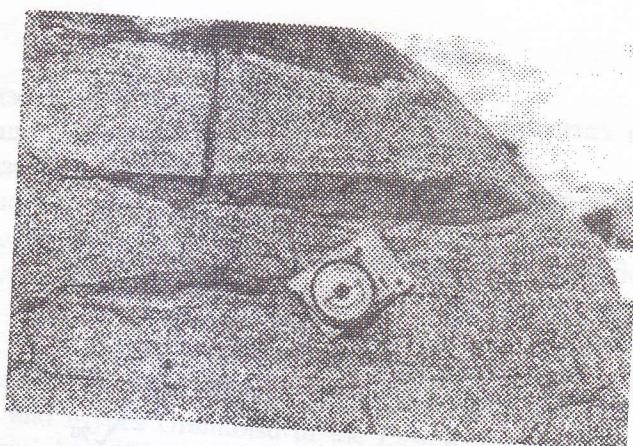


Рис.2. Параллельные реститы на северо-западном контакте Сакенского интрузива

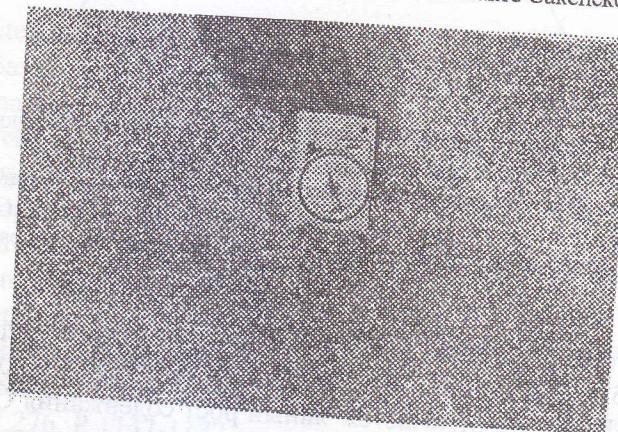


Рис.3. Овальные реститы в центральной части Сакенского интрузива

Реститовые парагенезисы широко распространены также в породах плагиогранит-гравитовой серии. В них они создают мелкозернистые, в основном биотитовые, линзовидные структуры. По своему составу они отвечают метапелитам низких давлений:  $Pl_{25-47} \pm Ksp \pm Bi_{60-65} \pm Sill \pm Gr \pm Chl \pm Mu \pm Ap \pm Zir \pm Op$ .

Как видно из этого краткого петрографического описания, гранитоиды различного генетического типа включают в себя реститы различного парагенезиса, что точно указывает на их формирование из различного субстрата, в различных геодинамических и РТ условиях. В составах описанных реститов ясно фиксируется их эволюция от габбро-плагиогранитовой к плагиогранит-гравитовой серии. В частности, более кислым становится плагиоклаз, авгид-роловообманковые парагенезисы замещаются роговообманково-биотитовыми, а роговообманково-биотитовые - биотито-силиманитовыми, возрастает железистость биотита и т.д.

#### Средние химические составы и AFM параметры реститов герцинских гранитоидов Большого Кавказа, вес.%

№	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$TiO_2$	$MnO$	$CaO$	$MgO$	$K_2O$	$Na_2O$	A	F	M
1	52,90	15,28	4,32	6,75	0,66	0,17	7,22	5,88	0,63	3,25	17,9	54,6	27,5
2	55,54	16,36	3,56	5,69	0,82	0,32	6,97	4,53	2,06	2,37	26,9	481	25,0
3	59,90	7,51	3,41	3,27	0,74	0,10	2,85	3,25	3,68	2,80	41,4	377	20,9

1-реститы гранитоидов габбро-плагиогранитовой серии (N=15); 2-реститы гранитоидов диорит-адамеллитовой (N=12); 3- реститы гранитоидов плагиогранит-гранитовой серии (N=13).

Химическое и петрохимическое изучение реститов показало, что они представляют собой алоги вмещающих пород (таблица; рис.4). Из AFM диаграммы ясно видно, что реститы занимают поля вмещающих пород. Реститы габбро-плагиогранитовой серии занимают толеитовые поля, реститы плагиогранит-гранитной серии - известково-щелочные поля, а реститы диорит-адамеллитовой серии - переходные между ними поля, хотя основная масса все же попадает в известково-щелочные поля.

алюминия ( $M_1$ ,  $M_2$ ). Как известно, один из способов выделения королей гранитоидов – это на основе структурных особенностей различия в гранитоидах фактически отсутствует установление гранитоидов не существует гранитоидов.

Однако на геологической карте Большого Кавказа разделено множество марок (Bridge, Kiefer 1990; Pergament 1991), которые выделяют в рассматриваемом секторе различные минеральные частицы и зоны гранитоидного разнообразия с высоким содержанием алюминия, объясняют же особенности

Было бы интересно узнать, что же происходит с гранитоидами в различных зонах Большого Кавказа, чтобы угадать, что же происходит с гранитоидами в различных зонах Большого Кавказа.

Рис.4. AFM диаграмма для реститов герцинских гранитоидов Большого Кавказа  
Марка ТВ - средний состав толеитовых базальтов

1-реститы гранитоидов габбро-плагиогранитовой серии; 2-реститы гранитоидов диорит-адамеллитовой серии; 3-реститы гранитоидов плагиогранит-гранитовой серии; 4-средний состав гранитоидов габбро-адамеллитовой серии;  
5-средний состав гранитоидов диорит-адамеллитовой серии; 6-средний состав гранитоидов плагиогранит-гранитной серии

Комплементарно ведут себя в реститах и вмещающих гранитоидах содержания редких элементов. Как видно из рис. 5, их вариации имеют одну и ту же направленность, что указывает на их генетическое единство. При этом отмечается явный рост содержания Cr и Pb и уменьшение Ni и Cu от габбро-плагиогранитовых реститов до плагиогранит-гранитовых.

Таким образом, суммируя приведенный выше фактический материал, можно заключить, что изученные нами реститы представляют собой остатки тех субстратов (протолитов), по которым развивались гранитоиды. Основываясь на этом мы предполагаем, что субстрат габбро-плагиогранитовой серии был базитовый, субстрат плагиогранит-гранитовой серии был пелитовый, а субстрат диорит-адамеллитовой серии был смешанный.

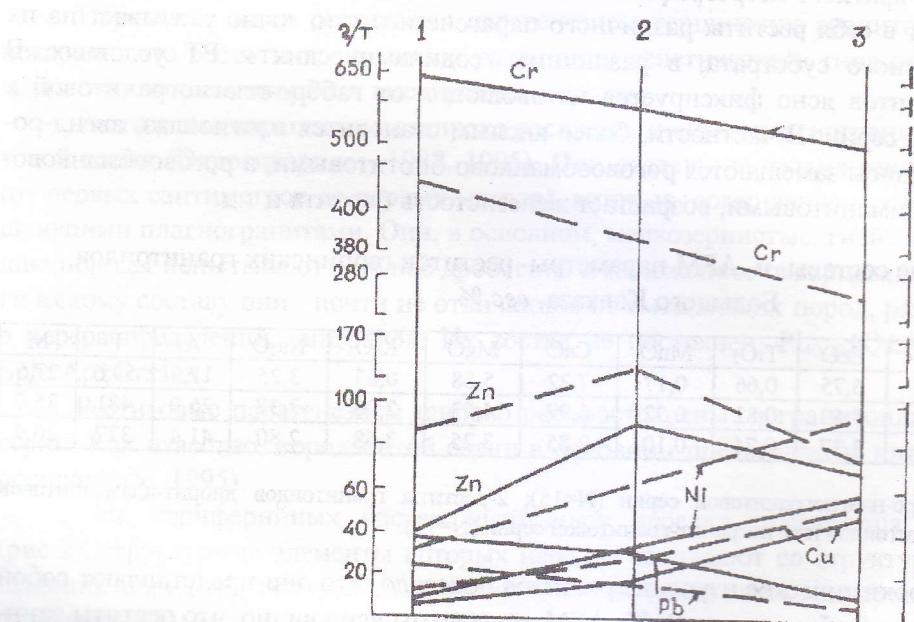


Рис. 5. Вариационная диаграмма Cr, Ni, Cu, Pb и Zn для герцинских гранитоидов Большого Кавказа и их реститов  
1 - плагиогранит-гранитная серия; 2- диорит-адамеллитовая серия; 3- габбро-плагиогранитовая серия  
Непрерывными трендами отмечены содержания редких элементов в гранитоидах, а прерывистыми - в их реститах

## Литература

- Окрисцваридзе А.В. О герцинских гранитоидных реститах юго-западной части Большого Кавказа //Сообщ. АН ГССР. 1989. Т.136. N2. С.377-380.
- Окрисцваридзе А.В. Петрология герцинских гранитоидных серий Большого Кавказа //Автореф. доктор. дисс. Тбилиси.1995.С.56.
- Chappel B.W., White A.J.R. Two contrasting Granite types// Pacific Geol. 1974.8.
- Chappel B.W., White A.J.R. Enclaves and Granite Petrology. Elsvier. Amsterdam.1991.P.113-145.
- Chappel B.W., White A.J.R. and Wyborn D. The importance of residual source material (restite) in granite petrogenesis// J.Petrol. 1987.28. P.1111-1138.
- Collins W.J. S and I-types Granitois of the Eastern Lachland Fold Belt: Three Component Mixing, Not Restite Unmixing. The Origin of Granitoids and Related Rocks. III Hutton Symposium. 1995. P.37-38.
- Didier J. Granites and their Enclaves. Elsvier. Amsterdam. 1973. 393 p.
- Didier J. and Barbarini B. Enclavse and Granite Petrology. Elsvier. Amsterdam.1991.P.545-550.
- Didier J. The main types of Enclaves in the Hesrian Granitoids of the Massif Central, France. Enclave and Granite Petrology. Elsvier. Amsterdam. 1991.P.334-366.
- Hutton J. Theory of the Earth with illustrations. Edinburge. 1795. 117 p.
- Metcalf R.V., Danielson L.R., Camin M.C. Role a mafic magmatism in the genesis of intermediate I-type granitoid suites: Miocene Mt Perkins pluton, Arizona. The Origin of Granites and related Rocks. Forth Hutton Symposium. 1999. P.32.
- Tegeler J.L. Petrology and Geochemistry of Mafic Enclaves in Granitoids. The Origin of Granites and related Rocks. III Hutton Symposium. 1995. P.143.
- Philpotts A.R. Silicate liquid immiscibility: its probable extent and petrogenetic significance. Am. J. of Scien. 1987. V.276. P.1147-1177.