

А. С. Варлаков

## ГЕНЕЗИС БЕРДЯУШСКОГО МАССИВА РАПАКИВИ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

A. S. Varlakov

### GENESIS OF THE BERDYASHKII RAPAKIVI MASSIF (SOUTH URALS)

There are some confirmations that genesis of the Berdyaushskii massif is polygenic-metasomatic. K-Si metasomatism was a very important process in formation of rapakivi, so there are a lot of porphyroblastic ovoids of potash feldspar and quartz in it. It is supposed that zonal structure of the massif from periphery to centre (granite–granite–rapakivi–syenite–rapakivi–syenite) is a result of zonal basalt-orthopyric composition of primary rocks in the massif with metasomatism. In deep parts of the massif in matrix there are paligenic processes with inheritance of ovoids that disappear in some parts and rocks are replaced by medium-grained and coarse-grained granites of magmatic genesis.

Бердяушский массив находится на западном склоне Южного Урала в пределах Башкирского мегантиклинория. Его овальное в плане тело шириной 3.0—3.5 км прослеживается на 10—11 км в северо-восточном направлении согласно с общим залеганием вмещающих рифейских терригенных и карбонатных толщ. На северо-востоке и востоке массив имеет активный контакт с доломитами и аспидными сланцами саткинской свиты, а по западному краю он вдоль разлома граничит с катавскими и зильмердакскими кварцитами и мергелями.

Подробные сведения о строении и петрологических особенностях Бердяушского массива приведены в обстоятельной монографии А. Н. Заварицкого [7], установившего его концентрически зональное и весьма неоднородное строение. Периферия массива сложена преимущественно гранитами-рапакиви, а центральную часть занимают сиениты и сиенит-диориты с переходной фацией к гранитоидам кварцевыми сиенитами и сиенит-рапакиви. В южной приосевой части массива находятся небольшие тела нефелиновых сиенитов. Среди гранитов, кроме рапакиви выделены грубо-среднезернистые и жильные разновидности. Сиениты так же подразделяются на средне- и крупнозернистые и сие-

нит-порфиры с фацией рапакиви. Сиенит-порфиры, по-видимому, образуют магматические дайки, более распространенные нежели зернистые разности. Они секут граниты-рапакиви. Наряду с этим получили широкое распространение ксенолиты «темных меланократовых пород, весьма разнообразных — от диабазов до типичных гибридных диоритовых и сиенито-диоритовых» [7, с. 614], которые «отвечают последовательным стадиям изменения основной породы под действием кислой магмы» (с. 634), «вместо диабазов, и, может быть, габбро возникают меладiorиты» (с. 635). И все же А. Н. Заварицкий [7, с. 631] признает, что «недостаточная ясность соотношений темных меланократовых пород, как диабазов, так и гибридов, с одной стороны, и рапакиви — с другой, является особенностью не только Бердяшского массива». Этот автор рассматривал эволюцию массива в такой последовательности — «интрузия сначала основной, а затем гранитной магмы, образование гибридных пород, возникновение рапакиви — эти процессы... происходили в первый этап формирования Бердяшского штока» (с. 635). Следующий этап заключался во внедрении в центральной части массива сиенитовой интрузии, давшей начало порфировидным и зернистым сиенитам и нефелиновым сиенитам.

Спустя полвека после опубликования в 1937 г. монографии А. Н. Заварицкого, появился ряд работ, посвященных Бердяшскому массиву, в которых рассмотрены вопросы его геологического строения, петрографии, петрохимии, геохимии, изотопии, геохронологии и генезиса [1, 2, 4, 5, 9, 11—15, 17—20].

В. А. Тимесков [18, 19], в течение нескольких лет изучавший Бердяшский массив, рассматривает историю его формирования следующим образом. Образование интрузии дифференцированных габброидов, следом внедрилась гранитная магма, ассимилировавшая предшествующие основные породы с образованием гибридных пород. В результате дифференциации и ассимиляции гранитная магма эволюционировала до сиенитов. Позднее в ходе эволюции глубинного очага внедрились щелочные магмы в том числе ортофириковых и нефелиновых сиенитов. О меланократовых ксенолитах В. А. Тимесков пишет [19, с.5]: «Они вероятно представляют реликты крупных трещинных интрузий основной магмы, интродуцированных и метаморфизированных гранитами». Около 60 % обнаженной части массива приходится на граниты-рапакиви, сменяющиеся к центру массива мелко- и среднезернистыми сиенитами, среди которых встречаются жильные нефелиновые сиениты.

Д. А. Великославинский с соавторами [3], рассматривает образование Бердяшского массива как результат последователь-

ного внедрения гранитно-щелочных дифференциатов базитового очага, из глубинных частей которого сначала поступали ранние основные магмы. Авторы подвергли сомнению обоснованность отнесения Бердяшского массива к формации рапакиви.

Р. З. Левковский [14] в своей обобщающей работе, где охарактеризована формация рапакиви, рассматривает Бердяшский массив как многофазную интрузию центрального типа. Первой фазе соответствует внедрение гранитов-рапакиви с многочисленными включениями меланократовых пород. Во вторую фазу сформировались сиенито-диориты выборгитового типа. Однако сиениты и нефелиновые сиениты, занимающие центральную часть массива, образовались, согласно автору, метасоматическим путем. Р. З. Левковский проявляет здесь непоследовательность в своих генетических представлениях, когда наряду с выше приведенными рассуждениями о магматических фазах справедливо подчеркивает решающую роль в создании пород типа рапакиви метасоматических процессов: «Ряд исследователей, в том числе автор, рассматривает генезис пород формации рапакиви с позиций постмагматического преобразования базитового субстрата» [14, с. 161].

А. А. Краснобаев с соавторами [11—13], разделяя представления о магматической природе Бердяшского массива, однако, высказывает несколько отличные взгляды [13, с. 83]: «Петрохимические и изотопно-геохимические данные показывают, что главнейшие серии пород Бердяшского массива (габбро-гранитная и нефелин-сиенитовая) являются производными континентальных мантийных субщелочных базальтовых магм, сформировавшихся (габбро-гранитная серия) в результате магматической дифференциации расплава, очень бедного летучими компонентами». В другой работе подчеркивается, что «все породы Бердяшского массива, начиная от габбро и кончая гранитами и нефелиновыми сиенитами, по данным Rb-Sr изохронного метода оказываются (в пределах точности метода) разновозрастными на уровне  $1348 \pm 13$  млн. лет, с общей величиной первичного отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7034 \pm 7$  [12, с. 6]. Одинаковая датировка всех пород массива подтверждается другими независимыми методами, «что позволяет оценить возраст Бердяшского массива в  $1350 \pm 10$  млн лет» [12, с. 15].

Опираясь на петрохимические данные и распределение в породах РЗЭ, Л. С. Бородин [1] пытается обосновать модель формирования Бердяшского массива, согласно которой все члены серии рапакиви (граниты, сиениты и промежуточные разности)

возникли как интрузивные дифференциаты коровой палингенной магмы мигматит-чарнокитового происхождения. В отношении же базитов считается, «что рапакиви и габброиды являются представителями генетически различных магматических формаций» [1, с. 288]. В более ранней работе утверждается, что «основная масса пород Бердяушского массива образовалась *in situ* в результате кристаллизационной дифференциации общей магмы» [2, с. 1161]. Еще дальше в отрицании генетического единства пород Бердяушского массива пошли Л. А. Ганзеев и З. Т. Катаева [5]. Опирируя петрохимическими материалами, в том числе и данными А. А. Краснобаева с соавторами [11], они поставили под сомнение существование единой габбро-гранитной и щелочной серий. Отношение Rb/Sr для нефелиновых сиенитов дает самостоятельный прямолинейный непрерывный тренд. Такой же характер, но самостоятельное положение занимает Rb/Sr тренд базитов и диоритов, отдельно от гранитов. Авторы, принимая во внимание результаты исследований А. А. Краснобаева с соавторами [11], тем не менее считают, что «несмотря на временную близость и общность глубинного (в данном случае мантийного) источника всех магматических пород Бердяушского массива, их комагматичность не подтверждается» [5, с. 171]. Тем самым, не возражая против исходных изотопно-геохимических данных, Л. А. Ганзеев и З. Т. Катаева не согласны с результатами их интерпретации.

К выводу о гетерогенности пород, слагающих Бердяушский массив пришли Ю. Л. Ронкин и О. П. Лепехина [17, с. 135]: «Наблюдаемые петрохимические и Sr-Nd-Pb изотопные характеристики габброидов, гранитов рапакиви и нефелиновых сиенитов свидетельствуют о гетерогенности исходного субстрата, что позволяет, в конечном итоге, утверждать скорее о значимом различии соответствующих первичных источников, нежели о их генетическом единстве».

Таким образом, хотя перечисленные авторы в целом придерживаются представлений о магматической природе Бердяушского массива, тем не менее высказывают различные суждения о происхождении слагающих его пород, при этом они опираются на сходные изотопно-геохимические данные. Приходится констатировать, что изотопные и тонкие геохимические исследования, игнорирующие прямые наблюдения в обнажениях и образцах пород, не дают однозначных результатов, существенно расходясь в итоговых генетических выводах.

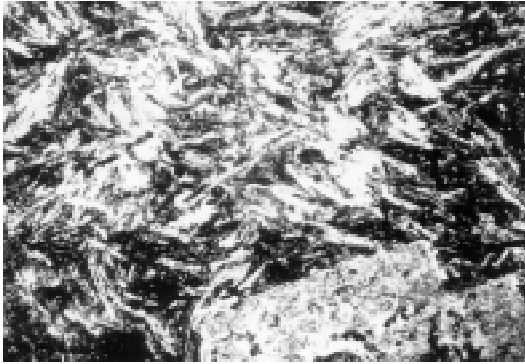


Рис. 1. Реликтовый плагиоклазовый порфирит из ксенолита в гранитах-рапакиви.

С анализатором, увел. 90

Согласно нашим данным, основанным на изучении пород мас-

сива в обнажениях и шлифах, с привлечением литературных материалов, Бердяшский массив имеет палингенно-метасоматическое происхождение. В его пределах широко проявился кремнекисло-калиевый метасоматоз. Гибридные породы, сиенито-диориты, сиениты, сиенит- и граниты-рапакиви в том виде, как они представлены в массиве, следует рассматривать как результат метасоматических преобразований исходных предположительно ортофир-базальтоидных пород (см. ниже). Наиболее наглядным и убедительным свидетельством проявления кремнекисло-калиевого метасоматоза является развитие в многочисленных базитовых ксенолитах (рис. 1) и меланократовых гибридных породах разного состава метабластовых овоидов калиевого полевого шпата и кварца как раздельно, так и совместно в разных количественных соотношениях. При этом метабластовые овоиды в рапакиви и в базитовых останцах (рис. 2) не различаются ни по

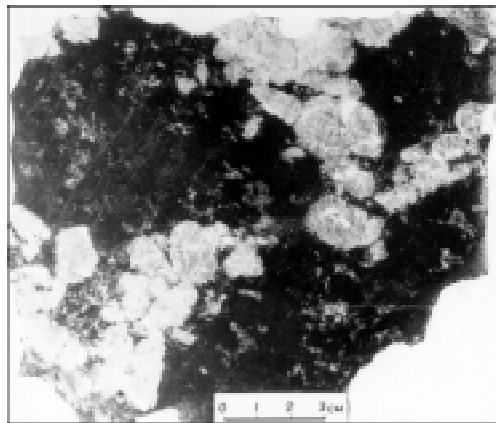


Рис. 2. Развитие метабластовых овоидов калиевого полевого шпата по апопорфиритовой плагиоклаз-роговообманковой породе.

составу, ни по форме и размеру. Соответственно исключается магматический генезис овоидов, а, с другой стороны, сходство их в породах разного состава говорит о единстве происхождения. Очевидно, только метасоматической природой калиевого полевого шпата в гибридных породах можно объяснить недоумение, высказанное А. Н. Заварицким [7, с. 633]: «Количество его непостоянно и нередко выше того, которое можно ожидать в породах столь меланократовых». Во многих гибридных породах «ортоклаз и кварц, если они присутствуют, — пишет далее А. Н. Заварицкий, — кажутся чуждыми породе» [7, с. 633]. А. Н. Заварицкий близко стоял к пониманию роли метасоматических процессов в образовании пород массива, когда писал: «Во вторую стадию более сильного изменения пород мы видим пропитывание ее минеральными элементами гранита: щелочной полевой шпат и кварц развиваются среди плагиоклазово-роговообманковый массы» [7, с. 635].

В статье рассматривается аргументация, свидетельствующая в пользу высказанных представлений. На рис. 3 приведена фотография обнажения, где наблюдается ксенолит диабаз с отдельными метабластами калиевого полевого шпата, находящегося среди сиенит-рапакиви криптовой структуры. Процесс калишпатизации базитов наглядно можно видеть на фотографии образца (рис. 2) и особенно (рис. 4), где метакристаллы калиевого полевого шпата, окруженные прерывистой олигоклазовой каймой, развиваются в промежутках между овальными обломками диабаз и порфирита. В окружении метабластовых овоидов или в виде включений в них наблюдается роговая обманка. Крупный обломок диабаз (правая часть рис. 4) содержит овоиды калиевого полевого шпата, мелкозернистым агрегатом которого так же замещена основная ткань обломка, в которой сохранились пятна



Рис. 3. Развитие метабластовых овоидов калиевого полевого шпата среди обломков диабазов и порфирита (пояснение в тексте).

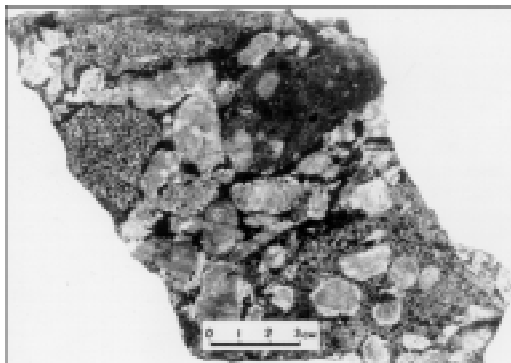


Рис. 4. Реликтовые ксенолиты диабаза с редкими порфиробластами и прожилками калиевого полевого шпата среди сиенит-рапакиви криптовой структуры.

Пояснения в тексте.

плагноклаз-роговообманкового состава, обладающие более мелкозернистой структурой. Овоиды можно видеть в обломке порфирита (правая верхняя часть рис. 4). В верхней левой части фотографии находится обломок диабаза без овоидов калиевого полевого шпата, но с частично калишпатизированным плагноклазом. Овоиды калиевого полевого шпата в промежутках между обломками ксенолитов соприкасаются непосредственно или разделены только зернами роговой обманки. Отсутствие нестоящей основной массы в породах — характерная особенность метасоматитов с овоидами, размер которых чаще всего 2—4 см независимо от петрографической принадлежности пород, в которых они встречаются. Характерно их пертитовое строение; причем вростки альбита образуют пятнистые и прожилково-сетчатые выделения, т. е. несут признаки метасоматического происхождения. Олигоклазовая кайма наблюдается как в овоидах калиевого полевого шпата, располагающихся в рапакиви, так и кристаллизующихся в диабазах, порфиритах и других меланократовых ксенолитах, т. е. независимо от состава пород. В связи со сказанным приведем замечание А. Н. Заварицкого [7, с. 606]: «Особенно интересны случаи олигоклазовых оболочек около выделения ортоклаза, развивавшихся в ксенолитах метаандезитов, захваченных рапакиви». Олигоклазовая оторочка может состоять из мелких идиоморфных кристаллов или представлять монокристалл. Граница с калиевым полевым шпатом обычно неровная, т. е. проникновение олигоклаза в метабластовый овоид неравномерное. Наряду с этим кайма может отсутствовать или занимать часть поверхности овоида. Образование плагноклазовых оболочек следует объяснять явлениями сопряженного метасоматоза — натрия и кальция, выносимые в ходе калиевого метасоматоза базитов, на поздних ступенях процесса реагируют с вновь образованными метабластами [6]. Метасоматическое развитие овоидов калиевого полевого шпата в базито-

вых породах свойственно другим массивам рапакиви. Так Р. З. Левковский [14, с. 119], характеризуя массив Тасиуссак в Гренландии, пишет: «Примечательно, что основные породы массива, включая долериты, так же содержат мегакристаллы калиевого полевого шпата с плагиоклазовыми оболочками. Последние либо рассеяны по одиночке, либо образуют скопления». А. Н. Заварицкий, описывая образование в меланократовых ксенолитах крупных порфировых выделений розового калиевого шпата с олигоклазовой каймой, отмечал: «Как известно подобное развитие овоидов в ксенолитах метабазита, заключенных в рапакиви, описал Седерхольм» [7, с. 414]. Следовательно, говорить о кристаллизации из расплава как самих овоидов, так и о возникновении маргинационных структур в результате взаимодействия вкрапленников калиевого полевого шпата с магмой, не приходится. Наряду с овоидными метабластами калиевый полевой шпат развивается в виде мелкозернистого агрегата с размером зерен 0.1—0.5 мм среди плагиоклаз-роговообманковой основной ткани.

Темноцветные минералы в метасоматических породах представлены роговой обманкой и биотитом. Характерно, что роговая обманка в большей мере свойственна рапакиви, где она преобладает; в более равнозернистых разностях гранитов роговая обманка вытесняется биотитом, который может быть единственным темноцветным минералом. Это особенно свойственно средне- и крупнозернистым гранитам, не содержащим овоидов и занимающим в основном приконтактные зоны массива.

В гранитах-рапакиви наблюдается несколько форм выделений кварца. Самой характерной и распространенной морфологической разновидностью кварца, встречаемой так же в других массивах формации рапакиви, являются метабластовые округлые, овальные выделения размером от 3—5 мм до 10—15 мм. Бердяушскому массиву свойственны меньшие размеры — 5—8 мм. Морфологически овоидный кварц напоминает высокотемпературную бипирамидальную модификацию, за которую он нередко принимается. В гранитах-рапакиви Бердяушского массива на долю порфировидного овоидного кварца приходится до 80—90 % от всего кварца [20], а в породе его содержание может превышать 50 % объема. А. Н. Заварицкий описал гранит-рапакиви, содержащий около 73 % мелких овоидов кварца, что уже выходит за рамки определения гранита как магматической породы. Овоиды кварца обнаруживаются практически во всех разностях пород, но развитие его ограничивается переходными разновидностями — сиенит-рапакиви и сиенит-диоритами, где его содержание дости-



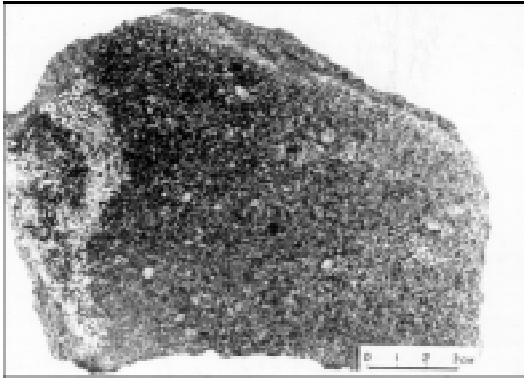


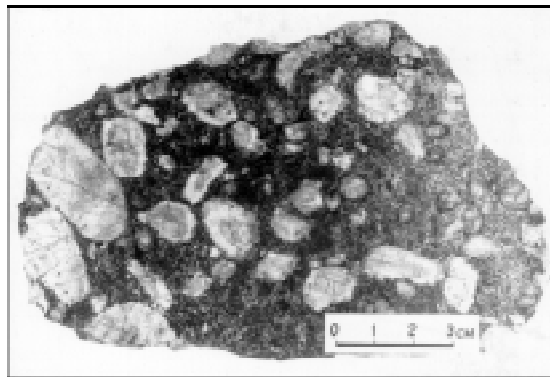
Рис. 5. Диабаз из ксенолита.

Наблюдаются включения редких метабластовых овоидов кварца с роговообманковой оторочкой и перекристаллизованная роговообманково-плаггиоклазовая жилка с мелкозернистым калиевым полевым шпатом (слева).

гает 10—15 %. Он так же встречается в базитовых ксенолитах — диабазах и порфиритах (рис. 5), где по размеру и морфологическим особенностям не отличается от гранитов. В диабазах кварц образует отдельные овоидные включения, наряду с порфиробластическими выделениями калиевого полевого шпата. Характерный пример приведен на рис. 6, где в исходной базитовой породе сохранилась диабазовая структура и развиты порфиробласты овоидов кварца и калишпата. Встречаются породы, где между овоидами находятся мелкозернистые кварц и калиевый полевой шпат. Но часто можно видеть, что овоиды кварца располагаются в промежутках между овоидами калишпата, а мелкозернистая основная масса отсутствует.

Очевидно, овоиды кварца генетически едины независимо от состава вмещающих пород. Они могут иметь резкие границы с

Рис. 6. Порфиробластические овоиды кварца и калиевого полевого шпата (с неравномерно развитой олигоклазовой каймой) в аподиабазовом субстрате.



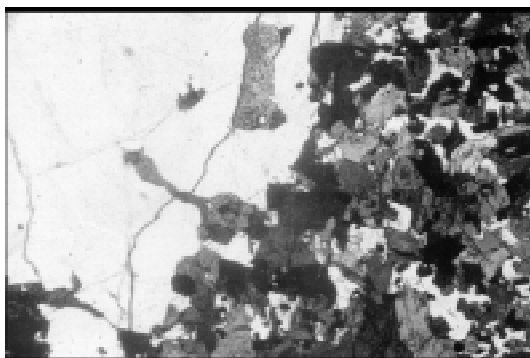


Рис. 7. Овоид кварца с включениями плагиоклаза и роговой обманки среди плагиоклаз-рогово-обманкового агрегата, диабластически прорастаемого тем же монокристаллом кварца (светлые ксеноморфные участки).

С анализатором, увел. 20.

окружением; в диабазах нередко наблюдается роговообманковая кайма шириной 0.3—1.0 мм. Наряду с этим встречаются овоиды, содержащие включения зерен полевых шпатов и роговой обманки, или диабластически прорастающие минералы вмещающей породы, в результате чего овоиды кварца в шлифах гаснут одновременно с окружающей монокристалльной диабластовой каймой (рис. 7). Приведенные данные определенно свидетельствуют о метабластовом происхождении овоидного порфиоровидного кварца. По-видимому, впервые на эту генетическую особенность овоидов кварца обратил внимание Б. А. Мальков [15], изучавший рапакиви Бердяшского, Выборгского и других подобных массивов. Он показал, что порфиоровидные выделения кварца содержат реликты других минералов. Отдельные овоиды имеют субволокнистое строение. Дофинейские двойники в них представлены двойниками роста. Овоиды, будучи низкотемпературной модификацией кварца, не испытали инверсии. Результаты изучения овоидов кварца дали основание автору утверждать, что они не имеют отношения к продуктам кристаллизации магмы, а являются результатом метасоматических процессов, т. е. представляют порфиробласты.

Остальной кварц представлен мелкими ксеноморфными зернами, микропегматитовыми и мермикитовыми срастаниями с микроклином и плагиоклазом и включениями в полевом шпате [7].

А. Д. Шебанов и М. С. Порицкий [20] провели специальное изучение разновидностей кварца из гранитов-рапакиви и других пород Бердяшского и Выборгского массивов. Они выделили три разновидности и генерации кварца: 1) преобладающий порфиоровидный, 2) мелкозернистый ксеноморфный в основной массе и 3) в мермикитовых срастаниях. На основе выполненных исследований комплексом физических методов авторы пришли к выводу,

что самым ранним является ксеноморфный кварц из основной массы пород, имеющий магматическое происхождение, а порфиroidный кварц представляет позднюю генерацию, возникшую при 500—650 °С в пневматолитовый этап в условиях перекристаллизации раннего ксеноморфного кварца. «Порфиroidные выделения кварца в ассоциирующих с рапакиви габброидах и сиенитах, некоторых жильных породах гранитного ряда обязаны своим появлением метасоматическим процессам под воздействием гранитов-рапакиви на эти породы» [20, с. 88]. Но метасоматоз и перекристаллизация — разные явления, и А. Д. Шебанов и М. С. Порицкий все же пришли к заключению: «Весь порфиroidный кварц в габброидах, аплитах и гранитах отвечает одному и тому же процессу» [20, с. 88], а выполненные ими исследования «указывают на полигенность гранитов-рапакиви, сложность и многообразие явлений при их формировании как горной породы» [20, с. 89]. Порфиroidный кварц как метабластовое образование, конечно, имеет во всех породах одинаковое происхождение и по отношению к мелкозернистому ксеноморфному кварцу основной массы является более ранним. Его кристаллизация протекала впереди фронта развития магматического процесса (палигенезиса). То же самое следует сказать и о метабластах калиевого полевого шпата. Однако калишпатизация протекала более интенсивно, опережая кремнистый метасоматоз.

Присутствие овоидов порфиroidного калиевого полевого шпата наряду с овоидами кварца в гранитах-рапакиви, и развитие их в сиенит-диоритах, ксенолитах диабазов и других меланократовых породах свидетельствует о том, что овоиды образуются как передовой фронт кремнисто-калиевого метасоматоза базитовых пород, в последующем наследуясь формирующимися гранитами-рапакиви. В тыловой части порфиробластеза метасоматический процесс переходит в палингенез, в результате чего между овоидами кристаллизуется мелкозернистый кварц-полевошпатовый агрегат с другими минералами.

Возникшие ранее порфиробласты кварца и калишпата в ходе развития метасоматоза сохраняются в мелкозернистой кварц-полевошпатовой массе. Кремнистый метасоматоз ограничен нижними горизонтами массива, где сформировались граниты-рапакиви. Количество порфиробластических овоидов кварца вверх по разрезу постепенно уменьшается, и породы через кварцевые сиенито-диориты переходят в сиениты-рапакиви. В этой переходной зоне пользуются наибольшим развитием реликтовые ксенолиты диабазов и других базитов, в которых встречаются порфиробласты овоидов кварца и калишпата. Промежу-

точный продукт процесса — палингенно-метасоматические граниты-рапакиви сочетают метабластические овоиды кварца и калишпата и мелкозернистую кварц-полевошпатовую основную массу с роговой обманкой и биотит магматического генезиса. Эти породы сменяются на глубину однородными средне- и крупнозернистыми гранитами, в которых роговая обманка вытесняется биотитом. Они представляют собой палингенные чисто магматические образования, которые можно видеть в приконтактных частях массива.

Что же касается причин возникновения крупных метабластовых овоидов, то, принимая во внимание примеры других массивов рапакиви, можно предположить, что этому способствует меланократовый субстрат, подвергающийся метасоматозу. Сходное мнение высказал В. А. Тимесков, считая «гибридизацию» необходимым фактором для происхождения рапакиви» [19, с. 17]. Переход сиенит-рапакиви в равнозернистые мелко- и крупнозернистые разновидности с одновременным исчезновением меланократовых ксенолитов, по-видимому, свидетельствует о смене вверх по разрезу подвергающегося калиевому метасоматозу субстрата базитового состава более кислыми породами. Проблема генезиса нефелиновых сиенитов остается открытой; скорее всего они имеют метасоматический генезис, механизм которого, однако, пока не ясен.

Таким образом, мы подошли к проблеме, что представлял собой исходный субстрат Бердяшского массива, подвергшегося метасоматозу, и каково его положение в тектоно-магматической эволюции региона.

С. Н. Иванов [8] и В. П. Парначев с соавторами [16] показали, что в рифее территория западного склона Южного Урала развивалась в условиях платформенного рифтогенного геодинамического режима. К востоку от Бердяшского массива располагается кувашская грабеновая структура, слагающая северную часть Шатакской рифтогенной осадочно-вулканогенной серии, которая с перерывами прослеживается на расстоянии 270 км вдоль Зюраткульского разлома. Вулканиты шатакской серии представлены бимодальным липарит-базальтовым комплексом [16]. В нижней части Кувашской свиты залегает Кусинская габбро-диабазовая интрузивная залежь, а выше находятся Губенские палингенно-метасоматические гранитоиды, сформировавшиеся в условиях метасоматических преобразований кварцевых порфиров кувашской свиты. Южнее находится Рябиновский массив микропегматитовых гранитов, комагматичных Кусинской интрузии. Как и Бердяшский массив, отмеченные гранитоиды имеют

сходный абсолютный возраст 1350 млн лет [9]. В пределах средних частей Шатакской рифтогенной структуры выделяются жерловые фации вулканитов, развиты дайки и интрузивные залежи диабазов, габбро-диабазов и габброидов, мощность которых достигает 270 м.

Условия локализации и возраст Бердяушского массива позволяют говорить о его связи с рифтогенными процессами и проводить аналогию с шатакской серией, которой свойственна бимодальность состава продуктов вулканизма. В соответствии со сказанным В. П. Парначев с соавторами [16, с. 90] пишут: «Детальные петрологические и радиохронологические исследования шатакских и бердяушских магматитов позволили установить их новозрастность (1350 млн. лет) и принадлежность части основных и кислых членов Бердяушского массива к малоглубинной габбро-гранитной (базальт-липаритовой) серии. Указанное обстоятельство позволяет предположить их генетическую общность, в основе которой лежат рифтогенные тектоно-магматические процессы». Согласно тем же авторам, «во всех структурах вулканическая деятельность начиналась с излияния толеитовых базальтовых лав, подводящими каналами для которых служили, скорее всего линейные трещинные системы» [16, с. 87]. В Бердяушской грабеновой структуре начальный базальтоидный магматизм, очевидно, сменился ортофировым. Таким образом, наблюдаемая зональность в строении Бердяушского массива обусловлена зональной неоднородностью состава исходных пород, слагавших массив до проявления метасоматических процессов, т. е. является унаследованной. Меланократовые гибридные породы и ксенолиты базитов, сохранившиеся в переходной средней части массива, и сравнительно однородный сиенитовый состав его центральной части, могут свидетельствовать о существенно базитовом и ортофировом исходном составе соответствующих частей массива.

Кремнекислый метасоматоз пространственно ограничен нижними горизонтами массива, где развиты базиты, и по масштабам уступает калиевому метасоматозу, при котором сформировались сиениты-рапакиви и равнозернистые сиениты центральной части массива, где кремнекислый метасоматоз затухает. Метасоматический процесс естественно следовал снизу вверх. Смена в этом направлении гранитов-рапакиви и кварцевых диорит-сиенитов сиенитами-рапакиви и зернистыми сиенитами свидетельствует о том, что калишпатизация и порфиробластез кварца — процессы однонаправленные, но независимые, а калишпатизация имела более интенсивный и продолжительный характер. Развитие

в центральной части массива равнозернистых сиенитов без овоидов калишпата и кварца, может быть объяснено сменой состава субстрата, подвергавшегося метасоматозу. Как отмечалось ранее, зона перехода гранитов-рапакиви сиенитовыми породами характеризуется резкой неоднородностью состава и обилием многочисленных базитовых ксенолитов и угловатых тел меланократовых гибридов. Присутствие здесь базитов наряду с породами промежуточного состава и побудило А. Н. Заварицкого выделить гибридный тип пород диоритового и сиенит-диоритового состава, как продуктов взаимодействия гранитной и щелочной магм с базитами. Характерно следующее наблюдение А. Н. Заварицкого о локализации ксенолитов [7, с. 397]: «Областью развития гранитов почти точно ограничено и распространение меланократовых диоритов– и габброподобных пород, а так же отдельных выходов диабазов», и далее в «Бердяушском массиве мы не наблюдаем диабазов среди сиенитов и нефелиновых сиенитов» (с. 382). В. А. Тимесков так же отмечает, что гибридные породы «особенно многочисленны в зонах переходов от гранитов к сиенитам рапакиви» [17, с. 6]. Напрашивается естественное предположение, что процессам формирования гранитов и сиенитов предшествовал ортофир-базитовый магматизм, и Бердяушский массив имел дву-членное строение — нижняя часть базальтоидного состава, а верхняя — ортофирная. В соответствии с этим базитовая часть подверглась кремнисто-калиевому метасоматозу, а ортофирная только калиевому. Базитовый субстрат оказывается благоприятным для возникновения овоидов калиевого полевого шпата и кварца, что и привело к созданию здесь гранитов-рапакиви. По ортофирам в условиях калиевого метасоматоза возникли мелко и среднезернистые сиениты. Заключительные фазы кварцевого и калишпатового порфиробластеза приурочены к границе базитового горизонта с ортофирным, где и наблюдаются останцы базитов и частично переработанных (гибридных) исходных базитовых пород. Генезис Бердяушского массива может быть представлен следующим образом. В ходе рифейского рифтогенного развития западного склона Урала одновременно с грабеновой машакской осадочно-вулканогенной серией возникла сходная Бердяушская структура, в нижней части которой сформировались базальтоиды с дайками диабазов и габброидов, а в верхней с перерывом излились ортофиры. Вслед за становлением вулканогенных толщ поступали калиево-кремнекислые флюиды, приведшие к кристаллизации метабластовых овоидов калиевого полевого шпата и кварца в нижней базитовой части массива, субстрат которой был благоприятен для роста крупных метабластовых выделений и,

соответственно, для возникновения рапакиви. Кремнекислый метасоматоз в основном ограничен базитовой частью исходной толщи, а калиевый метасоматоз охватил и ортофиновый горизонт массива. Но из-за более кислого состава субстрата метасоматоз здесь носил обычный характер, и создавались зернистые сиениты. Неравномерность проникновения флюидов и начальная неоднородность субстрата привели к обилию блоков гибридных меланократовых и переходных пород, ксенолитов исходных базитов, сосредоточенных в зоне перехода гранитов-рапакиви к сиенитам, что может свидетельствовать о нахождении здесь нечеткой границы исходных базальтоидов и ортофинов. В глубинных и, в частности, приконтактных частях массива наблюдается развитие кварц-полевошпатового агрегата с биотитом, отражающим процессы палингенеза. Граниты здесь равнотермические средне- и крупнозернистые.

Очевидно аналогичный механизм образования рапакиви свойственен и другим массивам, отличие которых от Бердяшского массива заключалось в их более глубинных условиях становления, вследствие чего кремне-калиевому порфиробластезу подвергались интрузивные базиты.

Одинаковые результаты изотопной геохимии и определений возраста разных пород Бердяшского массива объясняются не дифференциацией единой базальтоидной магмы, а явлениями нивелировки и наследования в ходе единого метасоматического процесса исходных вулканитов.

## Литература

1. *Бородин Л. С.* Рапакиви Бердяшского массива, Южный Урал: петрология и распределение редкоземельных элементов // *Петрология*. 1997. Т. 5. № 3. С. 278—290.
2. *Бородин Л. С., Дзянхуа Ю, Синлин Цянь.* Петрохимия и вопросы генезиса рапакиви-сиенитовых комплексов (Бердяш, Южный Урал и Миюнь, северная часть Северо-Китайской платформы) // *Геохимия*. 1992. № 8. С. 1160—1171.
3. *Великославинский Д. А., Биркис А П., Богатиков О. А. и др.* Анортозит-рапакиви гранитная формация. Л.: Наука, 1978. 296 с.
4. *Великославинский Д. А., Тимесков В. А., Великославинский С. Д.* Сопоставление овоидных рапакиви Бердяшского плутона и плутонов формации анортозитов-рапакиви // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* 1981. № 10. С. 19—30.
5. *Ганзеев А. А., Катаева З. Т.* Соотношение нефелиновых сиенитов с гранитами рапакиви в Бердяшском массиве // *Докл. АН СССР*, 1984. Т. 279. № 1. С. 170—172.

6. *Жариков В. А., Омеляненко В. И.* Классификация метасоматитов // Метасоматизм и рудообразование. М.: Наука. 1978. С. 9—28.
7. *Заварицкий А. Н.* Петрография Бердяшского плутона. Избранные труды. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР. 1958. С. 347—666.
8. *Иванов С. Н.* О байкалидах Урала и природе метаморфических толщ в обрамлении эвгеосинклиналей: Препринт. Свердловск, 1979. 77 с.
9. *Краснобаев А. А.* Основные итоги и проблемы геохронологического изучения Урала // Доордовикская история Урала. Общие вопросы. Свердловск: УНЦ АН СССР. 1980. С. 28—39.
10. *Краснобаев А. А., Бородина Н. С.* Геохимические особенности, генезис и возрастная корреляция рифейских гранитоидов и липаритовых порфиров Златоустовского района (Южный Урал) // Вопросы петрологии гранитоидов Урала. Сборник 1. Свердловск: УФ АН СССР. 1970. С. 124—153.
11. *Краснобаев А. А., Ферштатер Г. Б., Степанов А. И. и др.* Петрология и рубидий — стронциевая геохронология Бердяшского массива рапакиви (Южный Урал) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1981. № 1. С. 21—38.
12. *Краснобаев А. А., Бибикина Е. В., Степанов А. И. и др.* Геохронология и генезис Бердяшского массива (Урал) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1984. № 3. С. 3—23.
13. *Краснобаев А. А., Холоднов В. В., Степанов А. И.* Происхождение пород Бердяшского массива // Исследования по петрологии и металлогении Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР. 1986. С. 76—84.
14. *Левковский Р. З.* Рапакиви. Л.: Недра, 1975. 223 с.
15. *Мальков Б. А.* К проблеме кварца в рапакивиобразных гранитах и гранитах рапакиви // Тезисы докл. 2-го Уральского петрогр. совещания. Т. 4. Свердловск, 1966. С. 85—87.
16. *Парначев В. П., Ротарь А. Ф., Ротарь З. М.* Среднерифейская вулканогенно-осадочная ассоциация Башкирского мегантиклинория (Южный Урал). Свердловск. 1986. 105 с.
17. *Ронкин Ю. Л., Лепихина О. П.* Петрогенезис Бердяшского массива: петрохимические и Sr, Na, Pb изотопные ограничения // Проблемы петрогенезиса и рудообразования. Тез. докл. чтений А. Н. Заварицкого. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 1998. С. 133—135.
18. *Тимесков В. А.* Новые данные по геологии и петрографии Бердяшского плутона // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1979. № 8. С. 27—36.
19. *Тимесков В. А.* Геолого-петрографическая характеристика Бердяшского плутона и место и время появления гранитов рапакиви // Магматические комплексы Среднего и Южного Урала. Свердловск, 1982. С. 3—20.
20. *Шебанов А. Д., Порицкий М. С.* Морфология, свойства и генерации кварца в гранитах рапакиви // Зап. Всерос. мин. об-ва. 1993. № 4. С. 77—89.