

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.242:552.332(268.46)

В.М. МОРАЛЕВ, **М.Д. САМСОНОВ**

**ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВНЕДРЕНИЯ И ПЕТРОЛОГИЯ
РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ДАЕК ПОРЬЕГУБСКОГО ПОЛЯ
(КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ)**

Рассмотрено Порьегубское дайковое поле — один из участков скопления даек в пределах Беломорского дайкового пояса. Специфическая особенность поля состоит в присутствии здесь даек протерозойского (1720 ± 8 млн. лет) и палеозойского (400—360 млн. лет) возрастов. Установлено, что в протерозойских лампроитах ($K/Na > 1$) по направлению от краевой зоны дайки к центральной содержания SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , Nb, Yb, Th, U возрастают, а FeO, MgO, CaO, MnO, V, Cr, Ni, Co снижаются. В палеозойских дайках щелочных базальтов ($K/Na < 1$) все вариации содержаний показывают противоположную направленность трендов. Вероятной интерпретацией полученных данных представляется заключение о внедрении даек древней генерации в геодинамических условиях растяжения, а внедрение палеозойских даек в пределах поля происходило в геодинамических условиях транспрессии.

**Проблема геодинамических условий
внедрения даек**

Геодинамические обстановки, в которых внедрялись дайки щелочных пород Беломорского (или Кандалакшского) дайкового пояса обсуждаются сравнительно недавно. Закономерная приуроченность даек разных возрастов к разломам различных ориентировок и соответственно времени заложения выявлена после получения убедительных данных о нахождении здесь не только палеозойских, но и более древних (определявшихся как рифейские) щелочных пород [6, 15, 17, 18]. Ранее щелочные породы Кандалакшского залива, обычно отождествляемого с одноименным грабеном, так не подразделялись и с начала XX в. они относились к палеозойским, иногда выделялись каледонские и герцинские [8]. В современной литературе наиболее признано представление о принципиальной монокронности палеозойского магматизма Кольской щелочной провинции, датируемого в 380—360 (или 400—360) млн. лет, хотя в пределах этого этапа выделяют несколько фаз внедрения [21]. Некоторые исследователи указывают на наличие в пределах Северо-Атлантической щелочной провинции проявлений более древнего (раннепалеозойского, т.е. около 560 млн. лет) магматизма и принадлежности к нему некоторых даек ранней серии Кандалакшского грабена. Однако это заключение остается недостаточно обоснованным [4].

Совершенно очевидно, что подавляющее количество даек Беломорского пояса принадлежит к среднепалеозойским образованиям Кольской щелочной провинции и лишь небольшая, но компактная группа даек лампроитов порьегубского комплекса является производными значительно более древнего этапа магматизма. Последний был недавно достаточно надежно датирован Rb—Sr и Sm—Nd методами как поздне-раннепротерозойский (1720 ± 8 млн. лет), что позволило определить и время заложения наиболее древних сегментов рифтовой системы Белого моря [11, 13]. Справедливости ради необходимо упомянуть об единичных находках в Беломорском дайковом поясе кварц-карбонатных жил (содержащих свинцово-серебро-цинковую минерализацию) и даек долеритов, относящихся на основании единичных датировок к раннепалеозойским образованиям. Ограниченность находок этих проявлений магматизма и отсутствие надежных определений возраста не позволяют обсуждать специфику геодинамических условий внедрения и вынуждают ограничить анализ двумя главными этапами, относящимися к концу раннего протерозоя и к среднему палеозою.

Единственное место в Беломорском поясе, где дайки обоих этапов могут изучаться в пределах одного, сравнительно небольшого по площади узла — Порьегубское дайковое поле. Правда, необходимо оговориться, что среднепалеозойские щелочные породы представлены здесь единичны-

ми дайками, геодинамические условия формирования которых отличны от условий внедрения аналогичных даек в их участках скопления, где они определялись в последнее время, как условия трансенсии, т.е. растяжения в сдвиговых зонах [14]. Приводимые ниже новые данные позволяют показать, что это заключение не полностью характеризует геодинамическую обстановку внедрения даек среднепалеозойского этапа, и последняя может быть более точно охарактеризована на основании данных о петрогенетических особенностях даек.

Геология Порьегубского дайкового поля

Порьегубское дайковое поле (ПДП) — один из узлов скопления даек протерозойских лампроитов, приуроченный к берегам серии вытянутых в северо-западном направлении узких полуостровов запада Порьей и соседних губ — Педуниха и Ильинская (рис. 1). Все заливы (губы) далеко вдаются в Кольский п-ов, что определяет весьма необычный, сильно изрезанный характер береговой линии Кандалакшского залива в районе Порьей губы. Это связывается с тем, что именно здесь из акватории в сторону материка продолжается северо-западное окончание одного из докембрийских сегментов (Онежско-Кандалакшского) рифтовой

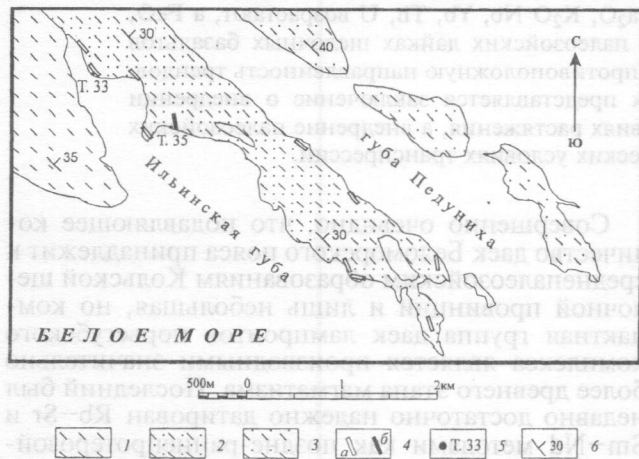


Рис. 1. Геологическая схема Порьегубского дайкового поля: 1 — анортозиты, преимущественно лейкократовые; 2 — габбро-анортозиты, преимущественно мезо- и меланократовые; 3 — гранат-пироксен-амфиболит-плагиоклазовые сланцы и амфиболовые гнейсы (гранулиты); 4 — дайки: а — раннепротерозойских лампроитов (PR₁), б — среднепалеозойских щелочных базальтов (PZ₂); 5 — точки отбора проб; 6 — элементы залегания сланцеватости

системы Белого моря [1, 7, 12]. В пределах ПДП известны 26 даек протерозойских лампроитов и единичные дайки палеозойских щелочных базальтов. И те и другие прорывают анортозиты и габбро-анортозиты юго-восточного окончания Колвицкого массива «автономных» анортозитов, а также кристаллические сланцы кандалакшско-колвицкого комплекса [5]. Дайки лампроитов приурочены к системе трещин северо-западного простирания, параллельного гнейсовидности вмещающих гранулитов и габбро-анортозитов, но с крутым (70—80°) встречным падением на юго-запад. Эта система трещин совпадает с на-

правлением одного из палеорифтов Беломорской системы, а морфологические особенности даек свидетельствуют об их приуроченности к трещинам отрыва, типичным для осевых частей рифтовых зон, характеризующихся условиями растяжения [10]. Дайки палеозойского возраста имеют субмеридиональное и северо-восточное простирания, поперечные по отношению к простираниям вмещающих пород и даек лампроитов. Палеозойские дайки приурочены к трещинам отрыва и скола древней (дорифейской) системы нарушений, реактивированной в палеозое в условиях регионального сжатия, обеспечивающих возможность проникновения магматических расплавов, главным образом в локальных участках трансенсии, где возникали дайковые узлы, и лишь в отдельных случаях между такими участками, в частности, в районе ПДП.

Проведенные специальные исследования трещиноватости в этом районе позволили выявить главные системы трещин, отвечающие важнейшим этапам структурной эволюции района. Основная и наиболее древняя система трещин в докембрийских метаморфических и магматических комплексах прибрежных зон Кандалакшского залива — система продольных (субстратных) и поперечных трещин (с азимутами простирания — северо-запад 310—320° и северо-восток 30—40° соответственно) вместе с сопряженными парами сколовых трещин. Последние, как выяснилось, часто развиты не в одинаковой степени, что свидетельствует о существенной роли сдвиговой компоненты деформации, иногда имеющей разную направленность в смежных участках. Кроме того, выявилась разница в углах между сколовыми трещинами в горизонтах пород различного состава, в частности, в массивных лейкократовых и полосчатых мезо- и меланократовых анортозитах Колвицкого массива. Такие углы в лейкократовых массивных анортозитах оказались менее острыми или тупыми (от 70 до 100°) по сравнению с меланократовыми разностями, где варьируют в интервале 50—70° [12].

Таким образом, данная система трещин могла быть сформирована только в результате деформации уже вполне остывших магматических и метаморфических пород, причем геохронологические данные позволяют определить время развития этой системы. Завершение сфекофенского коллизионного этапа датируется 1920—1900 млн. лет, а продолжительность подъема и эксгумации дислоцированных докембрийских комплексов, судя по времени закрытия U—Pb изотопных систем в сфенах и рутилах из беломорских гнейсов, составляет около 100 млн. лет, охватывая интервал 1850—1750 млн. лет [2].

К следующему этапу эволюции разломно-трещинной системы района относятся трещины, непосредственно связанные с заложением рифтовой системы Белого моря. Полученные данные показывают, что именно к этому этапу должно быть отнесено формирование трещин северо-западного простирания, параллельных простиранию вмещающих пород, но с крутым встречным падением на юго-запад, которые частично и заполнялись дайками лампроитов порьегубского комплекса. Поле даек этого комплекса приурочено к осевой

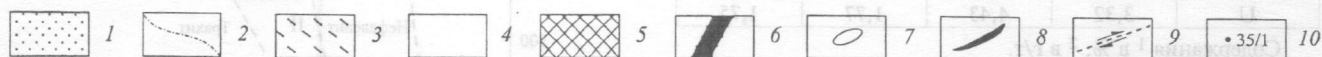
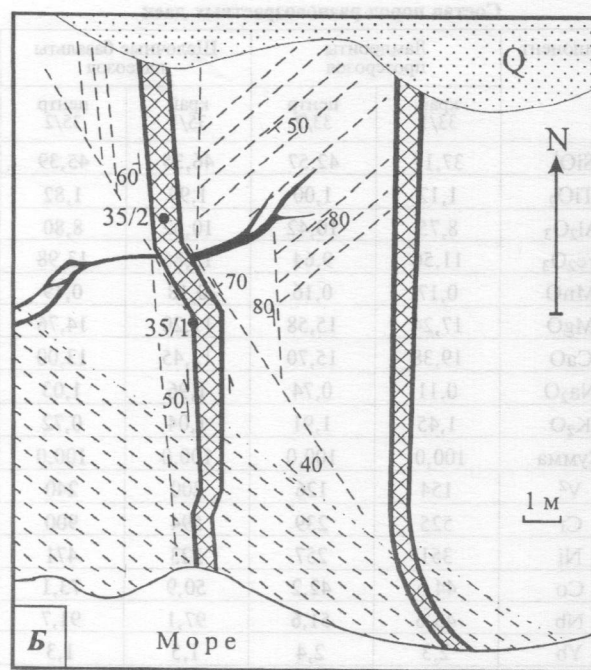
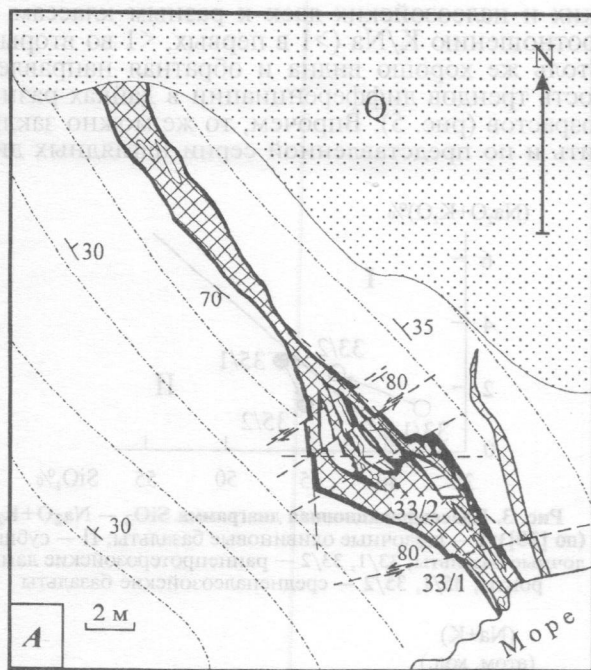


Рис. 2. Схемы строения опробованных даек Порьегубского поля: А — лампроитов, Б — щелочных базальтов; 1 — четвертичные отложения; 2 — лейкократовые гнейсовидно-полосчатые массивные анортозиты; 3 — меланократовые полосчатые анортозиты; 4 — лейкократовые массивные анортозиты; 5 — центральная зона дайки; 6 — краевая зона дайки; 7 — ксенолиты; 8 — кальцитовые жилы; 9 — трещины и знаки смещений; 10 — точки отбора проб

части одного из докембрийских сегментов (Онежско-Кандалакшскому) рифтовой системы Белого моря, где он продолжается на суше. Эта система трещин специфична, так как имеет локальное развитие только в пределах ПДП и не известна в других участках Беломорского дайкового пояса.

Единичные дайки палеозойских щелочных базальтов, известные в ПДП, также как аналогичные дайки на участках, расположенных неподалеку, но за пределами собственно ПДП, приурочены к трещинам более древней постколлизивно-постэкзгумационной системы. Последняя была реактивирована в среднем палеозое в связи с развитием рифтогенеза на Восточно-Европейской платформе, причем существенную роль играли сдвиговые деформации. Соответственно интервалы трансенсии в зонах рифтообразующих разломов явились участками наиболее благоприятными для внедрения магматических тел и возникновения дайковых узлов. Этим же объясняется и редкость нахождения единичных даек палеозойского возраста, в частности, в пределах ПДП, в интервалах между дайковыми узлами.

Результаты исследования петрологии даек

Петрологические и геохимические характеристики даек Беломорского пояса в общих чертах исследованы достаточно хорошо. Наиболее полная, обстоятельная и сводная по дайкам палеозойского возраста, несомненно, — работа Л.С. Бородина, А.В. Лапина и И.К. Пятенко [3], в которой показана принадлежность пород к производ-

ным дифференцированной серии щелочных базальтов, включающей как миллитовые базальты и нефелиниты, так и субщелочные базальты, вплоть до приближающихся к толеитовым. Петрология и геохимия протерозойских лампроитов ПДП детально исследована коллективом авторов [13], также пришедшим к заключению о происхождении пород из единого слабо фракционированного расплава, возникшего при выплавлении из мантийных гранатовых перидотитов. Тем не менее вопрос о возможных различиях в петрогенезисе разновозрастных даек, внедрявшихся, судя по результатам структурного анализа, в различных геодинамических обстановках, оставался открытым, как и существование таких различий. Полагая, что одним из возможных подходов к решению этого вопроса может быть исследование направленности трендов дифференциации внутридайковых тел разных возрастов, проведено опробование краевых и центральных зон представительных даек протерозойских лампроитов и палеозойских щелочных базальтов, расположенных в пределах ПДП в одних и тех же вмещающих породах (габбро-анортозитах) примерно в 1 км одни от других (рис. 2). Краевые фации даек мощностью 10–15 см в обоих случаях макроскопически хорошо отличаются от центральных зон благодаря большей плотности, мелкозернистости и менее заметной порфириковой структуре. Мощности даек вполне соизмеримы — 0,5–0,7 м (2,0–4,0 м в раздуве) для лампроитов и 0,4–0,6 м для щелочных базальтов. Результаты химических анализов пород (пересчитанных на 100%) приведены в таблице.

Состав пород разновозрастных даек

Компонент	Лампроиты протерозоя		Щелочные базальты палеозоя	
	край 33/1	центр 33/2	край 35/1	центр 35/2
SiO ₂	37,17	42,57	46,35	45,39
TiO ₂	1,12	1,00	1,99	1,82
Al ₂ O ₃	8,75	10,42	10,62	8,80
Fe ₂ O ₃	11,56	9,64	13,86	13,98
MnO	0,17	0,16	0,18	0,19
MgO	17,24	15,58	11,20	14,76
CaO	19,38	15,70	12,45	13,00
Na ₂ O	0,11	0,74	1,96	1,03
K ₂ O	1,45	1,91	1,04	0,72
Сумма	100,0	100,0	100,0	100,0
V ²	154	126	200	240
Cr	525	239	594	900
Ni	351	257	223	471
Co	44,6	42,2	50,9	73,1
Nb	43,6	51,6	97,1	91,7
Yb	2,3	2,4	1,5	1,3
Nh	25,7	48,5	9,6	8,9
U	3,32	4,43	1,77	1,75

Содержания ¹ в %, ² в г/т.

На классификационной диаграмме SiO₂—(Na₂O+K₂O) [20] точки составов лампроитов (33/1 и 33/2) попадают в поле щелочных базальтов, причем изменения состава пород от края к центру дайки соответствуют направлению тренда кристаллизационной дифференциации (рис. 3). Можно добавить, что аналогичная тенденция изменения состава лампроитов наблюдается, если учесть анализы пород других даек лампроитов, расположенных на юго-восточном фланге ПДП. В то же время прекрасно видна совершенно противоположная направленность изменения составов пород в дайке палеозойских базальтов, которые попадают в поле субщелочных разностей (точки 35/1 и 35/2). Аналогичная картина еще более выпукло выявляется на диаграмме SiO₂(%)—Na+K(атом. колич.), предложенной Л.С. Бородиным и др. [3] для классификации щелочно-ультраосновных пород Карело-Кольского региона, так как она лучше отображает особенности классификации пород щелочных серий (рис. 4). На диаграмме хорошо демонстрируется принадлежность наиболее недосыщенных кремнеземом разностей краевой зоны дайки к щелочно-ультраосновным составам типа кимберлитов и их переход к более дифференцированным породам типа щелочных пикритов с тенденцией дальнейшего перехода к еще менее основным дифференциатам (который выявляется, если учитывать составы лампроитов других даек порьегубского комплекса), вплоть до щелочных базальтов [16]. Здесь также хорошо видна обратная (по отношению к лампроитам) направленность тренда дифференциации в палеозойской дайке, где вариации идут в сторону роста основности от щелочных к толеитовым базальтам.

Простая, но очень наглядная диаграмма K/Na (атом.колич.)—Na+K(атом.колич.), также предложенная Л.С. Бородиным, исключительно ярко показывает принадлежность пород протерозой-

ских и палеозойских даек к разным классам по соотношению K/Na (>1 в первых, <1 во вторых). Столь же хорошо видна и обратная направленность трендов дифференциации в дайках разных возрастов (рис. 5). Впрочем, то же можно заключить и по представленной серии наглядных диа-

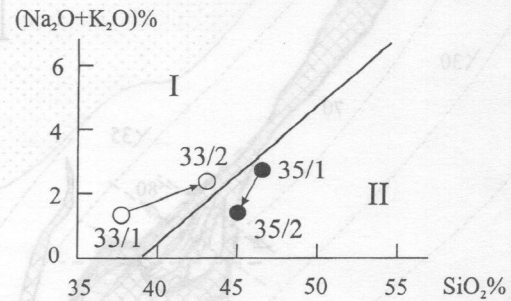


Рис. 3. Классификационная диаграмма SiO₂ — Na₂O+K₂O (по [20]): I — щелочные оливиновые базальты; II — субщелочные базальты; 33/1, 33/2 — раннепротерозойские лампроиты; 35/1, 35/2 — среднепалеозойские базальты

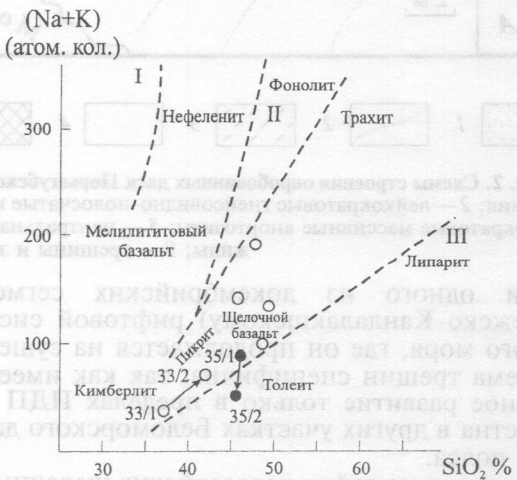


Рис. 4. Классификационная диаграмма SiO₂ — (Na+K)_{атом.колич.} (по [3]): I — щелочно-ультраосновная серия; II — щелочно-базальтоидная серия; III — гранитоидная серия (точки составов см. рис. 3; пустые кружки — точки составов лампроитов других даек ПДП)

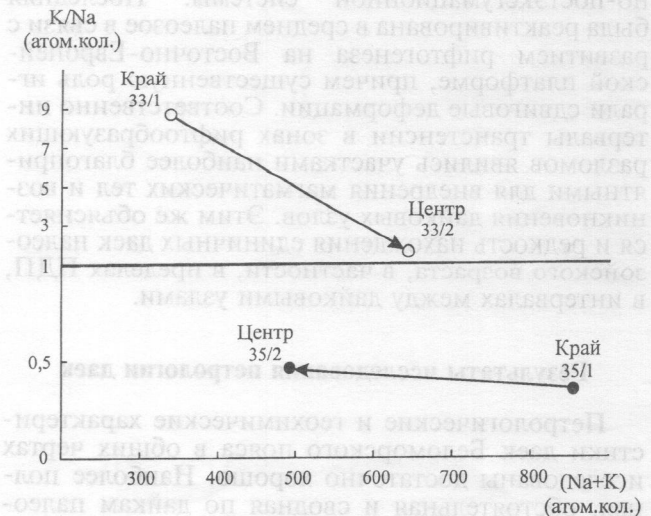


Рис. 5. Диаграмма (K/Na)_{атом.колич.} — (Na+K)_{атом.колич.} (по [3]). Внутридайковые вариации составов лампроитов и щелочных базальтов

грамм трендов дифференциации в обеих изученных дайках практически для всех петрогенных и некоторых других элементов (рис. 6). На этих графиках прекрасно выражены закономерные и устойчивые тенденции изменения содержаний элементов от краевых зон даек к центральным как в протерозойских лампроитах, так и в палеозойских щелочных базальтах такие же, как и взаимно противоположная направленность этих измене-

ний. В целом изменения отображают дифференциацию составов от краевых зон к центральным в сторону увеличения содержаний кислотных (SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , Nb, Yb, Th, U) и уменьшения фемических (Fe_2O_3 , MgO, MnO, V, Cr, Ni, Co) компонентов в протерозойских лампроитах, а в палеозойских щелочных базальтах, наоборот, в сторону уменьшения количеств фемических компонентов в краевой зоне дайки.

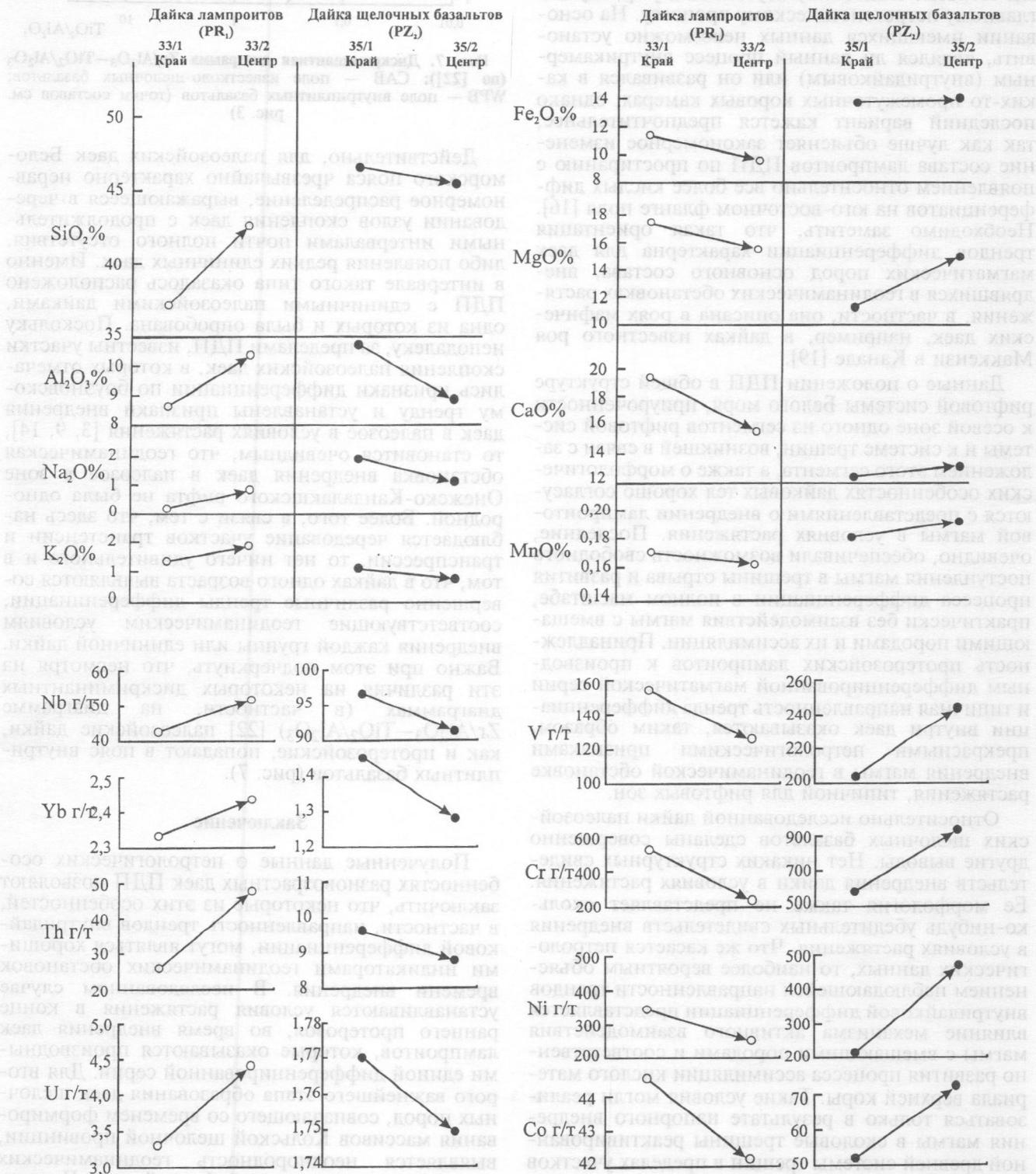


Рис. 6. Диаграммы внутридайковых трендов дифференциации петрогенных компонентов и малых элементов для даек лампроитов и щелочных базальтов

Обсуждение результатов и геодинамическая интерпретация

Полученные петрологические данные о внутреннем строении дайки лампроитов так же, как и об общих тенденциях изменения состава пород этой группы в пределах ПДП [16], свидетельствуют о главенствующей роли дифференциации магмы согласно типичному боуэновскому тренду как главному петрогенетическому процессу. На основании имеющихся данных невозможно установить, являлся ли данный процесс внутрикамерным (внутридайковым) или он развивался в каких-то промежуточных коровых камерах, однако последний вариант кажется предпочтительнее, так как лучше объясняет закономерное изменение состава лампроитов ПДП по простирацию с появлением относительно все более кислых дифференциатов на юго-восточном фланге поля [16]. Необходимо заметить, что такая ориентация трендов дифференциации характерна для даек магматических пород основного состава, внедрившихся в геодинамических обстановках растяжения, в частности, она описана в роях мафических даек, например, в дайках известного роя Маккензи в Канаде [19].

Данные о положении ПДП в общей структуре рифтовой системы Белого моря, приуроченности к осевой зоне одного из сегментов рифтовой системы и к системе трещин, возникшей в связи с заложением этого сегмента, а также о морфологических особенностях дайковых тел хорошо согласуются с представлениями о внедрении лампроитовой магмы в условиях растяжения. Последние, очевидно, обеспечивали возможность свободного поступления магмы в трещины отрыва и развития процесса дифференциации в полном масштабе, практически без взаимодействия магмы с вмещающими породами и их ассимиляции. Принадлежность протерозойских лампроитов к производным дифференцированной магматической серии и типичная направленность тренда дифференциации внутри даек оказываются, таким образом, прекрасными петрологическими признаками внедрения магмы в геодинамической обстановке растяжения, типичной для рифтовых зон.

Относительно исследованной дайки палеозойских щелочных базальтов сделаны совершенно другие выводы. Нет никаких структурных свидетельств внедрения дайки в условиях растяжения. Ее морфология также не представляет сколько-нибудь убедительных свидетельств внедрения в условиях растяжения. Что же касается петрологических данных, то наиболее вероятным объяснением наблюдающейся направленности трендов внутридайковой дифференциации представляется влияние механизма активного взаимодействия магмы с вмещающими породами и соответственно развития процесса ассимиляции кислого материала верхней коры. Такие условия могли реализоваться только в результате напорного внедрения магмы в сколовые трещины реактивированной древней системы трещин в пределах участков транспрессии (т.е. сдвига со сжатием), которые, очевидно, разделялись участками транстенсии, где возникали узлы даек палеозойского возраста.

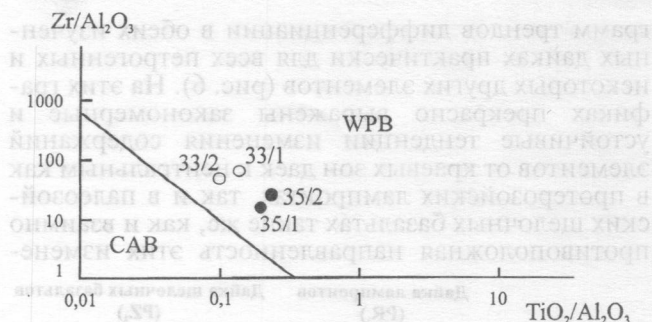


Рис. 7. Дискриминантная диаграмма Zr/Al_2O_3 — TiO_2/Al_2O_3 (по [22]): CAB — поле известково-щелочных базальтов; WPB — поле внутриплитных базальтов (точки составов см. рис. 3)

Действительно, для палеозойских даек Беломорского пояса чрезвычайно характерно неравномерное распределение, выражающееся в чередовании узлов скопления даек с продолжительными интервалами почти полного отсутствия, либо появления редких единичных даек. Именно в интервале такого типа оказалось расположено ПДП с единичными палеозойскими дайками, одна из которых и была опробована. Поскольку неподалеку, за пределами ПДП, известны участки скопления палеозойских даек, в которых отмечались признаки дифференциации по боуэновскому тренду и устанавливаются признаки внедрения даек в палеозое в условиях растяжения [3, 9, 14], то становится очевидным, что геодинамическая обстановка внедрения даек в палеозое в зоне Онежско-Кандакшского рифта не была однородной. Более того, в связи с тем, что здесь наблюдается чередование участков транстенсии и транспрессии, то нет ничего удивительного и в том, что в дайках одного возраста выявляются совершенно различные тренды дифференциации, соответствующие геодинамическим условиям внедрения каждой группы или единичной дайки. Важно при этом подчеркнуть, что несмотря на эти различия на некоторых дискриминантных диаграммах (в частности, на диаграмме Zr/Al_2O_3 — TiO_2/Al_2O_3) [22] палеозойские дайки, как и протерозойские, попадают в пояс внутриплитных базальтов (рис. 7).

Заключение

Полученные данные о петрологических особенностях разновозрастных даек ПДП позволяют заключить, что некоторые из этих особенностей, в частности, направленность трендов внутридайковой дифференциации, могут являться хорошими индикаторами геодинамических обстановок времени внедрения. В исследованном случае устанавливаются условия растяжения в конце раннего протерозоя, во время внедрения даек лампроитов, которые оказываются производными единой дифференцированной серии. Для второго важнейшего этапа образования даек щелочных пород, совпадающего со временем формирования массивов Кольской щелочной провинции, выявляется неоднородность геодинамических условий внедрения вдоль рифтовой зоны. Чередование участков транстенсии и транспрессии обуславливало в это время резко выраженную нерав-

номерность распределения (количества и сближенности) даек и различную направленность трендов внутридайки дифференциации. Последняя может изменяться от нормальной кристаллизационной дифференциации со слабым или незаметным влиянием процессов ассимиляции в краевых частях даек (в участках трансенсии) до ярко проявленной ассимиляции кислого корового материала краевыми зонами дайковых тел (в участках трансессии).

Вторым важным следствием может считаться вывод о возможности использования петрологи-

ческих критериев для распознавания неоднородности геодинамических обстановок в рифтовых зонах, которым иногда незаслуженно приписываются характеристики исключительно зон растяжения. Это может быть особенно полезно при исследовании пространственного размещения проявлений внутриплитного магматизма в условиях ограниченных возможностей структурных наблюдений и наличия дайковых узлов или единичных тел магматических пород.

Исследования проведены при поддержке РФФИ, проект № 01-05-64190.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Балух А.С., Моралев В.М., Глуховский М.З., Пржиалговский Е.С., Терехов Е.Н. Тектоническая эволюция и магматизм Беломорской рифтовой системы // Геотектоника. 2000. №5. С. 30—43.
2. Бибикова Е.С., Клаессон С., Глебовицкий В.А., Седова И.С., Ручьев А.М. Изотопное датирование сфекофенского этапа преобразования Беломорского пояса Балтийского щита // Геохимия. 2001. № 10. С. 1116—1119.
3. Бородин Л.С., Лапина В., Пятенко И.К. Петрология и геохимия даек щелочно-ультраосновных пород и кимберлитов. М.: Наука, 1976. 244 с.
4. Булах А.Г., Иваников В.В. Проблемы минералогии и петрологии карбонатитов. Л.: Наука, 1989. 350 с.
5. Журавлев В.А. Лампроиты Беломорского мобильно-метаморфического пояса // Тез. докл. межд. Конф. «Беломорский подвижный пояс. Геология, геодинамика, геохронология». Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1997. С. 37.
6. Иваников В.В., Рухлов А.С. Дайковые серии Кандакшского грабена: петрографическая номенклатура и генетическая систематика // Вестник СПбГУ. 1996. Сер. 7. В. 2. С. 128—137.
7. Константиновский А.А. Рифейский Онежско-Кандакшский грабен Восточно-Европейской платформы // Геотектоника. 1977. № 3. С. 38—45.
8. Кухаренко А.А., Орлова М.П., Булах А.Г., Багдаров Э.А., Римская - Корсакова О.М., Нефедов Е.И., Ильинский Г.А., Сергеев А.С., Абакумова Н.Б. Каледонский комплекс ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова и Северной Карелии. (Геология, петрология, минералогия и геохимия). М.: Недра, 1965. 768 с.
9. Моралев В.М., Балух А.С., Ларин Н.В., Пржиалговский Е.С., Терехов Е.Н. Геохимия РЗЭ и зональность размещения щелочных пород Беломорского дайкового пояса как свидетельства пропагации Кандакшского палеорифта // Геохимия. 2002. № 2. С. 499—512.
10. Моралев В.М., Васильева Т.И., Самсонов М.Д. Морфологические особенности даек Беломорского пояса как показатели геодинамических условий внедрения // Проблемы магматической и метаморфической петрологии. Тез. докл. на XI научных чтениях памяти проф. И.Ф. Трусовой. М.: МГГА. 2001. С. 26—27.
11. Моралев В.М., Самсонов М.Д. Когда началась тектоническая эволюция рифтовой системы Белого моря? // Тез. 7-й Междун. конф. по тектонике плит имени Л.П. Зоненшайна. М.: Научный мир, 2001. С. 200—201.
12. Моралев В.М., Самсонов М.Д. Формирование трещиноватости в габбро-анортозитах Колвицкого массива на Кольском полуострове // Изв. вузов. Геология и разведка. 2002. № 3. С. 15—22.
13. Никитина Л.П., Левский Л.К., Лохов К.И., Беляцкий Б.В., Журавлев В.А., Лепехина Е.Н., Антонов А.В. Протерозойский щелочно-ультраосновной магматизм восточной части Балтийского щита // Петрология. 1999. Т. 7. № 3. С. 252—275.
14. Пржиалговский Е.С., Моралев В.М., Балух А.С., Ларин Н.В., Терехов Е.Н. Новые данные о структурном контроле даек среднепалеозойских щелочных пород Беломорского пояса // Изв. вузов. Геология и разведка. 1996. № 5. С. 3—10.
15. Проскуряков В.В., Увадьев Л.И. Лампроиты восточной части Балтийского щита // Изв. АН СССР. Серия геолог. 1992. № 8. С. 65—75.
16. Самсонов М.Д. Петрология лампроитов Порьегубского дайкового поля и геодинамические условия их формирования (Кандакшский залив Белого моря). Современные вопросы геохимии. М.: Научный мир, 2003. С. 442—445.
17. Увадьев Л.И. Рифейский щелочной магматизм в зоне Кандакшского грабена // ДАН АН СССР. 1980. Т. 254. № 6. С. 1435—1436.
18. Увадьев Л.И., Путинцева В.В. Кандакшские дайковые комплексы щелочных ультраосновных пород // Новое в геологии северо-запада РСФСР. М.: Недра, 1988. С. 92—102.
19. Gibson I.Z., Sinha M.N., Fahring W.F. The Geochemistry of the Mackenzie Dyke Swarm, Canada. mafic dyke swarms / Ed. Halls H.C. and Fahring W.F. Geol. Assoc. of Canada Spec. Pap. 34. Canada. 1987. P. 109—121.
20. Irvine T.N., Baragar W.R.A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. J. Earth Sci. 1971. V. 8. N 5. P. 523—548.
21. Kramm U., Kogarko L.N., Kononova V.A., Vartiainen H. The Kola Alkaline Province of the CIS and Finland: Precise Rb-Sr ages define 380—360 Ma ages range for all magmatism // Lithos, 1993. V. 30. P. 33—44.
22. Muller D., Rock N.M.S., Groves D.I. Geochemical discrimination between shoshonitic and potassic volcanic rocks in different tectonic settings: a pilot study. Mineral. Petrol. 1992. V. 46. № 4. P. 259—289.

Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН
Рецензент — В.М. Цейслер