

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/291108455>

Two types of lower continental crust in the Northern Baltic shield

Article in *Geochemistry International* · September 2001

CITATION

1

READS

11

1 author:



[Valeriy Romanovich Vetrin](#)

Kola Science Centre, Apatity, Russia

101 PUBLICATIONS 994 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



0226-2019-0052 GI. [View project](#)



Kola Superdeep Borehole (SG-3) Study [View project](#)

ДВА ТИПА НИЖНЕЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

© 2001 г. В. Р. Ветрин

Геологический институт Кольского научного центра РАН
184200 Анапты, ул. Ферсмана, 14,
vetrin@geo.kolasc.net.ru

Поступила в редакцию 31.5.2000 г.

Нижняя континентальная кора остается слабо изученной частью Земли, и минеральный, химический состав, условия метаморфизма, возраст и происхождение слагающих ее пород не постоянны в различных частях континентов [1]. По данным глубинного сейсмического зондирования и геофизического моделирования для земной коры северной части Балтийского щита принята двух- или трехслойная модель строения со сложной мозаично-блоковой структурой коры, отражающей многоэтапность ее тектономагматической и метаморфической переработки. Предполагается, что нижняя часть коры (базальтовый или гранулит-базитовый слой) располагается на глубине 25–30 км от поверхности и по физическим свойствам ($V_p = 6.8–7.3$, $V_s = 3.7–4.2$ км/с, $\sigma = 2.9–3.2$ г/см³) соответствует породам основного-ультраосновного состава [2]. В глубинных частях крупных участков земной коры Балтийского щита мощность гранулит-базитового слоя оценивается в 10–15 км с примерно равными соотношениями в его составе корово-мантийного и собственно гранулит-базитового субслоев, или с преобладанием последнего. Существенное увеличение мощности гранулит-базитового слоя (до 25–30 км) установлено в смежных областях региональных геологических структур Балтийского щита – между эпиархейским Кольско-Беломорским кратоном и раннепротерозойской Свекофеннской окраинно-континентальной областью, а также под Беломорским мегаблоком, игравшим роль приграничной структуры между Кольским и Карельским мегаблоками. Нарастание мощности коры в приграничных структурах сопровождалось уменьшением доли верхних слоев коры, что позволяет предполагать решающую роль процессов мантийного магматизма при образовании нижней коры в рассматриваемых блоках [2].

Нижняя кора региона в зависимости от ее положения в региональных структурах, состава и способа образования подразделена нами на ареальную нижнюю кору, имеющую относительно выдержанную мощность, и межблоковую нижнюю кору варьирующей, но в целом увеличенной

мощности, развитую главным образом в приграничных частях региональных структур.

Одним из вероятных способов образования ареальной нижней коры, объясняющих ее региональную распространенность, был, как представляется, широкомасштабный процесс дифференциации ранней базальтовой коры региона, сопровождавшийся комплиментарным формированием “серых гнейсов” тоналит-трондьемитового состава в верхних частях земной коры. Этими гранитоидами с возрастом 2.9–2.8 млрд. лет в настоящее время сложено не менее 30% площади Мурманской области, и, как предполагается, в позднем архее рассматриваемые гранитоиды были преобладающими породами в современных границах северной части Балтийского щита [3]. О происхождении протолитов позднеархейских тоналит-трондьемитовых гранитоидов региона за счет парциального плавления метаморфизованных основных пород [4, 5] свидетельствуют:

- многочисленные включения амфиболитов, количество которых, так же как и основность вмещающих гранитоидов, увеличивается с увеличением глубины эрозионного среза структур,

- низкое содержание в тоналит-трондьемитовых породах преобладающего количества литофильных элементов-примесей,

- отсутствие фазового строения комплексов “серых гнейсов”, характерного для дифференцированных габбро-диорит-гранодиорит-гранитных серий,

- существенная разница между модельными и U–Pb значениями возраста гранитоидов, достигающая 200–300 млн. лет, а также низкие первичные отношения изотопов стронция (0.7008–0.7020).

Принимая во внимание данные экспериментов по парциальному плавлению основных пород [4, 5 и др.], результаты петролого-геохимических реконструкций [6] и данные геофизического исследования региона, нами предложена модель строения ареальной нижней коры региона, позволяющая объяснить ее гетерогенность и дифференциацию состава по вертикали как результат смешивания

разных пропорций гранитного и реститового материала, образованных при парциальном плавлении (~20%) толеит-базальтовой коры мощностью около 30 км (таблица, рисунок). Состав метабазитового источника (Co) вычислен исходя из составов амфиболитов, образующих ранние включения в "серых гнейсах", и оценка составов реститов (CR) и кристаллизатов (Cs) выполнена с использованием коэффициентов распределения элементов при парциальном плавлении и фракционной кристаллизации, а также методом баланса вещества [6].

Как следует из приведенных данных, наибольший вклад в приведенные оценки состава АНК региона вносили реститы и не подвергавшиеся плавлению метабазальты, составляющие преобладающую часть ее объема. По полученным оценкам вещество АНК приближается к составу оливковых базальтов, и по породообразующим компонентам ареальная нижняя кора наиболее близка составу НК согласно модели А.Б. Ронова и др. [8]. К региональным особенностям состава ареальной НК региона относятся пониженное содержание алюминия и повышенное-железа, что, вероятно, обусловлено особенностями состава исходных метабазальтов.

Протолитами пород межблоковой нижней коры (МНК) Беломорского мегаблока были первично магматические породы состава габбро, габбро-норитов, норитов, габброанортозитов, в настоящее время представленные ксенолитами гранатовых гранулитов, эклогитов и пироксенитов в трубках взрыва и дайках Кандалакшского побережья Белого моря [9]. Их кристаллизация происходила, вероятно, под оливковым контролем из обогащенных легкими редкоземельными элементами расплавов, подъем которых происходил по зонам тектонических нарушений между Сольским и Карельским субкратонами. Рассматриваемый механизм увеличения мощности земной коры путем инъекций мантийного вещества в основание более древней фельзической коры и носящий название андерплейтинга обычно применяется для объяснения более молодого возраста пород межблоковой нижней коры по отношению к верхней коре [10].

Образование части ранних протолитов МНК происходило, вероятно, не раньше 2.8–2.7 млрд. лет назад. Первично интрузивные породы ранних и более поздних протолитов (соответственно ~2.75 и ~2.4 млрд. лет) испытали впоследствии воздействие целого ряда эндогенных процессов: мигматизации, регионального метаморфизма гранулитовой фации (~1.8 млрд. лет), гранитизации (1.7+/-0.02 млрд. лет), внедрения интрузий щелочно-ультраосновных пород герцинского цикла [11, 12]. Локально по зонам дробления в породах нижней коры происходило образование флогопита

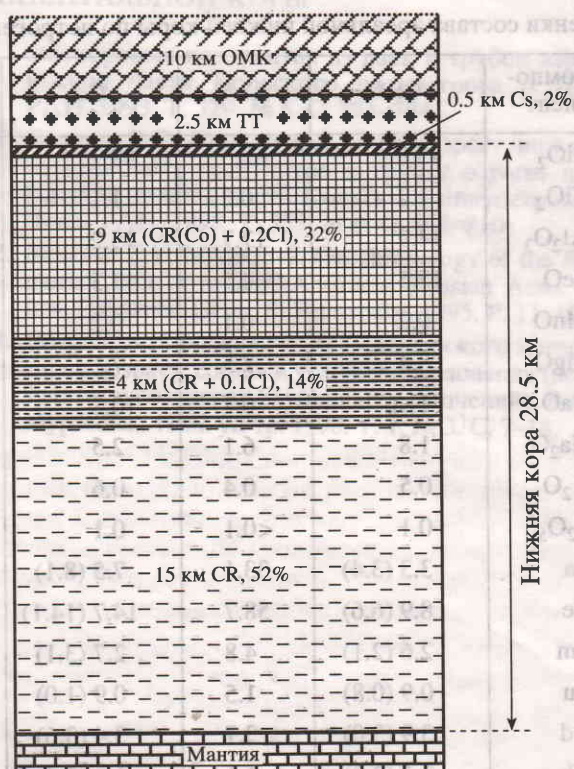


Схема предполагаемого строения позднерехейской коры региона. ОМК – осадочно-метаморфический комплекс. Остальные условные обозначения см. табл. 1.

и амфибола с возрастом 1.85; 1.0; 0.44–0.33 млрд. лет из мантийных флюидов с повышенным содержанием легкого изотопа гелия ($^3\text{He}/^4\text{He}$ соответственно 0.33, 0.76–0.81 и 0.3–1.7, Е-6 [9]). Приведенные цифры возраста находятся в соответствии с временем проявления главных эндогенных процессов, установленных при изучении земной коры Беломорского мегаблока в позднем архее, раннем протерозое и палеозое: 2.8; 2.74–2.72; 2.7–2.6; 2.45; 1.95–1.75; 1.8; 1.1–0.9; 0.6; 0.4; 0.38–0.36 млрд. лет [13]. Наиболее интенсивно проявленным процессом преобразования протолитов был гранулитовый метаморфизм пород, происходивший при $T = 0.6; 0.4; 0.38 - 0.36$ млрд. лет [13]. Наиболее интенсивно проявленным процессом преобразования протолитов был гранулитовый метаморфизм пород, происходивший при $T = 850-1050^\circ\text{C}$ и $P = 12-18$ кбар, что превышает величины давлений и температур, установленные для большинства областей распространения гранулитов (<12 кбар), и определялось, по-видимому, большей глубиной формирования рассматриваемых пород [14].

По сравнению с породами нижней коры Западной Европы [10] породы МНК Беломорского мегаблока характеризуются целым рядом особенностей состава: отсутствием пород первично осадочного генезиса, наличием высокобарных минеральных ассоциаций, широким проявлением про-

Оценки состава ареальной нижней коры по петрогенным (мас. %) и редким (г/т) элементам

Компонент	CR*	Cs*	Co	Cl	АНК1	АНК2	1	2	3
SiO ₂	45.8	62.3	49.7	67.2	47.7	48.8	52.4	54.4	48.69
TiO ₂	1.2	0.2	1.1	0.6	1.1	1.1	0.8	1.0	1.12
Al ₂ O ₃	14.9	17.7	15.2	16.9	15.1	15.2	16.5	16.1	17.74
FeO	15.5	4.5	13.3	3.6	14.4	13.8	8.2	10.6	10.81
MnO	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1		0.22
MgO	8.4	2.5	7.1	1.6	7.8	7.4	7.1	6.3	6.7
CaO	11.6	6.2	10.2	4.4	10.9	10.6	9.5	8.5	11.69
Na ₂ O	1.8	6.1	2.5	4.1	2.1	2.2	2.7	2.8	2.71
K ₂ O	0.5	0.4	0.6	1.3	0.6	0.6	0.6	0.28	0.07
P ₂ O ₅	0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		0.25
La	3.3 (3.4)	33.1	7.5 (8.1)	21	5.6	6.7	9	11	
Ce	8.9 (6.6)	58.7	14.7 (14.1)	38.1	12.8	14.3	21	23	
Sm	2.6 (2.1)	4.8	2.7 (3.1)	3.1	2.7	2.7	2.8	3.17	
Eu	0.9 (0.8)	1.5	0.9 (1.0)	0.8	0.9	0.9	1.1	1.17	
Gd	3.9 (3.0)	3.7	3.4 (3.6)	1.9	3.7	3.6	3.1	3.13	
Yb	2.1 (2.2)	1.1	1.9 (2.4)	0.6	2.0	1.9	1.5	2.2	
Sr	140 (48)	437	179 (131)	679	216	226	349	230	
Y	33 (19)	20	26 (21)	9	31	29	16	19	
Zr	56 (38)	113	65 (72)	106	61	63	69	70	
Ni	95 (105)	50	86 (161)	24	89	86	88	135	
Co	40 (46)	14	36 (51)	10	37	36	37	35	

* CR и Cs – соответственно рестит и кристаллизат при выплавлении тоналит-трондьемитовых расплавов, Co – метабазитовый источник, Cl – не дифференцированные гранитоиды тоналит-трондьемитового состава [6]. Оценки состава ареальной нижней коры (АНК) в зависимости от содержания реститового материала: АНК1 = 0.52CR + 0.14(0.9CR + 0.1Cl) + 0.32(0.8CR + 0.2Cl) + 0.02Cs (реститовая модель), АНК2 = 0.52CR + 0.14(0.9CR + 0.1Cl) + 0.32(0.8Co + 0.2Cl) + 0.02Cs (реститово-амфиболитовая модель).

1–3 – составы нижней коры: 1 – нижняя кора платформ и щитов [7], 2, 3 – средний состав нижней коры соответственно [1, 8]. В скобках приведены результаты определения редкоэлементного состава CR и Co методом баланса вещества.

цессов мигматизации, гранитизации и щелочного метасоматоза, что в значительной степени было обусловлено большой мощностью и длительностью существования земной коры северо-восточной части Балтийского щита.

Автор благодарен О.М. Туркиной за полезное обсуждение результатов изучения состава ареальной нижней коры региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора, ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
2. Сейсмологическая модель литосферы Северной Европы: Баренц. регион, ч. 1. Апатиты: КНЦ РАН, 1998. 237 с.
3. Бельков И.В., Батиева И.Д., Ветрин В.Р. Древнейшая кора Балтийского щита: состав, возраст и генетические особенности. Геология докембрия. Труды 27 МГК, т. 5. М.: Наука, 1984. С. 92–99.
4. Rapp R.P., Watson E.B. Dehydration melting of metabasalt at 8–32 kbar: implications for continental growth and crustal-mantle recycling // J. Petrol. 1995. V. 36. P. 891–931.
5. Жариков В.А., Ходоревская Л.И. Плавление амфиболитов: составы сосуществующих минералов // Докл. РАН. 1995. Т. 342. № 2. С. 222–225.
6. Vetrin V.R., Turkina O.M., Nordgulen. Surface analogues of "grey gneiss" among the Archaean rocks in the Kola Superdeep Borehole (experience from petrologic-geochemical modelling of lower crust composition and conditions of formation of tonalite-trondhjemite rocks). Apatity, 1999. 82 p.
7. Rudnick R.L., Fountain D.M. Nature and composition of the continental crust: a lower crustal perspective // Reviews of Geophysics. 1995. V. 33. № 3. P. 267–309.

8. *Ронов А.Б., Ярошевский А.А., Мигдасов А.А.* Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. М.: Наука, 1990. 182 с.
9. *Ветрин В.Р., Калинин М.М.* Реконструкция процессов внутрикорового и корово-мантийного магматизма и метасоматоза. Апатиты: КНЦ РАН, 1992. 108 с.
10. *Kempton P.D., Downes H., Sharkov E.V. et al.* Petrology and geochemistry of xenoliths from the Northern Baltic Shield: Evidence for partial melting and metasomatism in the lower crust between an Archaean terrane // *Lithos*. 1995. V. 36. P. 157-184.
11. *Неймарк Л.А., Немчин А.А., Ветрин В.Р., Сальникова Е.Б.* Sm-Nd и Pb-Pb изотопные системы в нижнекоровых ксенолитах из даек и трубок взрыва южной части Кольского полуострова // *Докл. РАН*. 1993. Т. 329. № 6. С. 781-784.
12. *Ветрин В.Р., Немчин А.А.* U-Pb-возраст цирконов из ксенолита гранулитов в трубке взрыва на о. Еловом (южная часть Кольского полуострова) // *Докл. РАН*. 1998. Т. 359. № 6. С. 808-810.
13. *Bibikova E.V.* MAEGS-9. Geochronology of the Belomorian Belt: a review. Abstracts. Russian Acad. Sci. Inst. Precamb. Geol., St.Petersburg. 1995. P. 11-12.
14. *Ветрин В.Р.* Нижняя кора Беломорского мегаблока: ее возраст, состав и условия образования (по результатам изучения глубинных включений). *Вестн. Мурманск. техн. ун-та*. 1998. Т. 1. № 3. С. 7-18.