

ЧИСТЯКОВ Алексей Валерьевич

**ПЕТРОЛОГИЯ КРУПНЕЙШЕГО В ЕВРОПЕ
РАННЕПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОГО БУРАКОВСКОГО
РАССЛОЕННОГО ПЛУТОНА ОСНОВНЫХ И
УЛЬТРАОСНОВНЫХ ПОРОД
(ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ)**

Специальность 25.00.04 - петрология, вулканология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва

2004

Работа выполнена в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии Наук (ИГЕМ РАН)

Научный руководитель:

доктор геол.-мин. наук Е.В.Шарков

Официальные оппоненты:

доктор геол.-мин. наук А.В.Гирнис
кандидат геол.-мин. наук Л.Н.Липчанская

Ведущая организация:

Геологический институт Карельского
Научного Центра, г.Петрозаводск

Защита состоится «18» декабря 2004 года в 14 час. _____ мин.
на заседании диссертационного совета Д 002.122.01. в Институте
геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и
геохимии РАН по адресу: 119017, Москва, Старомонетный пер., 35

С диссертацией можно ознакомиться в Библиотеке ИГЕМ РАН,
Москва, Старомонетный пер., 35

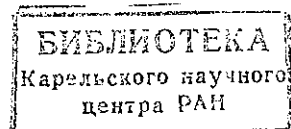
Автореферат разослан «16» ноября 2004 г.

Отзывы, заверенные печатью учреждения, в 2-х экземплярах, просим
направлять по адресу: 119017, Москва, Старомонетный пер., 35,
ИГЕМ РАН, ученому секретарю диссертационного совета
Д 002.122.01 Перову Владимиру Анатольевичу

159877K

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат геол.-мин. наук

В.А.Первов



ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Расслоенные плутоны основных-ультраосновных пород представляют собой интереснейшие природные объекты. В подобных интрузивах магматические горные породы, выступающие в качестве дифференциатов магматического расплава, формируют выдержанные по простиранию слои (расслоенность). Расслоенным плутонам посвящено много работ, однако до сих пор остается много вопросов, связанных с процессами их формирования, и их дальнейшее изучение позволит решить (или приблизиться к решению) таких важных петрологических проблем как становление крупных интрузивных тел, формирование их внутренней структуры как отражение особенностей процесса их затвердевания, конкретные механизмы дифференциации магматических расплавов в интрузивных камерах и т.д. Вместе с тем, расслоенные плутоны представляют и большой практический интерес, являясь крупнейшими месторождениями ряда таких важных рудных месторождений как платиноиды, сульфиды меди и никеля, хромиты и ванадиевые титаномагнетиты. По этим причинам актуальным является комплексное изучение подобных интрузивов с целью выявления особенностей протекания в них рудообразующих процессов. Особый интерес в этом плане представляют расслоенные интрузивы раннего палеопротерозоя, пользующиеся широким развитием на всех докембрийских щитах (Бушвельд, Великая Дайка, Джимберлайн и др.), в том числе и на Балтийском, представляющем собой крупнейшую в мире область развития подобных массивов. На территории России они распространены на Кольском полуострове и в Карелии, где расположен крупнейший в Европе раннепалеопротерозойский Бураковский расслоенный плутон, являющийся характерным представителем подобных образований. В его пределах установлена хромитовая и платинометальная минерализация, что представляет значительный интерес для расширения минерально-сырьевой базы северо-запада России.

Цель и задачи работы. Целью настоящей работы является установление внутреннего строения плутона, механизма его формирования и распределения в нем рудной минерализации, а также состава родоначальных магматических расплавов.

В связи с этим были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) изучение кумулятивной стратиграфии плутона;
- 2) изучение минерального состава пород, модальной и скрытой расслоенности;

3) изучение геохимических и изотопно-геохимических особенностей пород;

4) выявление внутренней неоднородности плутона и установление в его пределах разновозрастных образований;

5) проведение изотопно-геохронологических исследований;

6) изучение положения рудной минерализации в общей структуре плутона;

7) сопоставление Бураковского плутона с другими расслоенными интрузивами Балтийского щита, а также с классическими расслоенными интрузивами других докембрийских щитов.

Научная новизна. В данной работе впервые детально изучена кумулятивная стратиграфия разных участков плутона и показано наличие определенных различий для Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел, образующих Бураковский плутон. Впервые на основе микрозондовых исследований проведено изучение скрытой расслоенности в обоих телах, а также в пределах их боковых краевых групп. Проведено изотопное датирование обоих тел и впервые показана их разновозрастность. На основании минералогических, геохимических и изотопно-геохимических данных впервые установлено, что оба тела произошли за счет однотипных, но не идентичных магм кремнеземистой высокомагнезиальной (бонинитоподобной) серии. Показано, что в формировании каждого из тел значительную роль играли периодические поступления новых порций расплавов из области генерации магм в затвердевающие интрузивные камеры. Впервые в Аганозерском теле выявлены линзообразные тела метасоматических клинопироксенитов с некумулятивными структурами.

Защищаемые положения:

1. Детальное изучение строения и кумулятивной стратиграфии раннепалеопротерозойского Бураковского расслоенного плутона показало, что он образован двумя крупными пространственно сближенными самостоятельными интрузивами (телами) - Аганозерским и Шалозерско-Бураковским, имеющими автономные внутреннее строение и структуры и соприкасающимися своими верхними частями.

2. Впервые показано, что процесс становления Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел осложнялся периодическим поступлением новых порций расплава из области генерации магм в затвердевающие магматические камеры. Об этом свидетельствуют нарушения в кумулятивной стратиграфии тел, наличие перидотитовых горизонтов в габброидных частях разрезов обоих тел, проявление макроритмичности, неустойчивость в развитии скрытой расслоенности.

3. Согласно полученным геохимическим и изотопно-геохимическим данным, формирование Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел Бураковского плутона происходило за счет однотипных, но несколько различных кремнеземистых высокомагнезиальных расплавов, родоначальных для всей крупной Балтийской палеопротерозойской магматической провинции.

4. Проведенные изотопные исследования подтверждают различия в источниках магм для Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел, в том числе и для дополнительных внедрений расплавов в магматические камеры. Впервые показано, что возрастной интервал между формированием Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел может достигать 50 млн. лет.

Практическая значимость работы.

Предложенная модель строения и развития Бураковского комплекса имеет важное значение как для продолжения поисковых работ в его пределах, так и при поисках рудных хромитовых и платинометальных месторождений в других аналогичных массивах. В дальнейших поисковых работах в самом Бураковском плутоне, необходимо будет учитывать, что он образован по крайней мере двумя самостоятельными интрузивами (телами) со своими особенностями внутреннего строения и вещественного состава. Принципиальным здесь является и то обстоятельство, что возникновение рудных горизонтов определяется не только общими для расслоенных плутонов процессами направленной кристаллизации, но и внедрением дополнительных порций расплава в затвердевающую магматическую камеру. Этот факт существенно осложняет предсказание места появления рудной минерализации в разрезе.

Фактический материал и методы исследования. Основу диссертационной работы составляют результаты личных исследований Бураковского комплекса, проводимых автором начиная с 1992 г. в основном на базе кернового материала Центрально-Карельской экспедиции. В процессе работы было изучено около 3000 петрографических шлифов, в результате чего были отобраны пробы для аналитических исследований, выполнявшихся преимущественно в ИГЕМ РАН. Было выполнено около 800 микрозондовых определений минералов (микроанализатор MS46 «Самеса»), более 200 химических анализов (частично выполненные классическим силикатным методом), 150 анализов на редкие и рассеянные элементы, полученные методом РФА, 50 анализов редкоземельных элементов, выполненных методом ICP-MS. Изохронным Sm-Nd методом определен возраст пород из Ага-

зерского и Шалозерско-Бураковского тел (Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург). В работе также использовались опубликованные результаты аналитических исследований, выполненных другими авторами.

Обработка полученной информации производилась на компьютере с использованием программного пакета "Microsoft Office", а также ряда специализированных разработок геологического и петрологического направления: «Minpet», «PetMin», «Newpet» и др.

Публикации и апробация работы. По теме диссертации опубликовано 15 работ. Материалы диссертации докладывались на российских и международных совещаниях: IX Научных чтениях памяти профессора И.Ф.Трусовой, Москва, 1999 г., VIII и XI сессиях Европейского союза геологических наук, Страсбург, Франция, 1995 и 2001 гг.; Рифтогенез, магматизм, металлогения докембрия. Корреляция геологических комплексов Фенноскандии. Петрозаводск, 1999; Второе Всероссийское петрографическое совещание, Сыктывкар, 2000 г.; Первый Всероссийский Палеовулканологический симпозиум, Петрозаводск, 2001 г.; Мантийные плюмы и металлогения, Петрозаводск, 2002 г.; Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов, Москва, 2002 г.

Структура и объем работы. Диссертация содержит 151 страниц, 45 рисунков, 34 таблиц и состоит из Введения, 9 глав и Заключения. Список использованной литературы включает 106 наименований.

Диссертация содержит следующие разделы:

Глава 1. Геологическое строение района

Глава 2. История изучения Бураковского интрузива.

Глава 3. Геологическое строение Бураковского плутона.

Кумулятивная стратиграфия Бураковского плутона.

Сопоставление разрезов Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел.

Глава 4. Петрографические особенности главных разновидностей пород расслоенных серий Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел.

Глава 5. Скрытая расслоенность

Глава 6. Геохимия

Глава 7. Изотопные исследования.

Глава 8. Оруденение Бураковского расслоенного плутона

Глава 9. Происхождение Бураковского плутона.

Благодарности. Автор выражает огромную благодарность за консультации и практическую помощь в процессе подготовки данной работы научному руководителю диссертации д.г.-м.н. Е.В. Шаркову и заведующему лабораторией Петрографии академику РАН О.А. Богатинову. Автор искренне признателен И.С. Красивской, М.М. Богиной, Т.Л. Гроховской за консультации и всестороннее содействие в проведении работы, а также Г.Н. Муравицкой, Т.М. Марченко и А.И. Якушева за проведенный большой объем аналитических исследований.

Обоснование защищаемых положений

Расслоенные мафит-ультрамафитовые интрузивы раннего палеопротерозоя (Бушвельд, Великая Дайка, Джимберлайн и др.) пользуются широким развитием на всех докембрийских щитах, и особенно - на Балтийском, представляющем собой крупнейшую в мире область развития подобных массивов. Более 20 таких массивов (Мончегорский, Федорово-Панский, Олангская группа и др.) входят в состав крупной Балтийской магматической провинции кремнеземистой высокомагнетизальной (бонинитоподобной) серии. Крупнейшим из них является Бураковский расслоенный плутон в Южной Карелии, результаты комплексного изучения которого представлены в настоящей работе.

Бураковский расслоенный плутон площадью около 720 км² расположен в юго-восточной части Балтийского щита, в пределах Водлозерского блока архейской Карельской гранит-зеленокаменной области. Плутон имеет неправильно-овальную изогнутую в плане форму и в целом вытянут в северо-восточном направлении (рис. 1). Его длина достигает 50 км при ширине 13-17 км. Согласно геофизическим данным, мощность плутона оценивается в 5-7 км. Изучение плутона связано со значительными трудностями, поскольку он практически полностью перекрыт четвертичными отложениями мощностью до 100 м, и поэтому главным методом работы было изучение материалов бурения.

Ранее предполагалось, что плутон представляет собой единый интрузив, и современное его строение было принято рассматривать как результат оживления тектонической деятельности в позднем протерозое, когда по разломам сбросо-сдвигового характера произошло поднятие восточной части интрузива. В результате он был расчленен на три главных тектонических блока - Бураковский, Шалозерский и Аганозерский. Соответственно, при реконструкциях внутреннего строения плутона и его генерализованного разреза Аганозерский "блок" рассматривался в качестве представителя нижних частей единого массива, а Шалозерский и Бураковский - как его средние-верхние части.

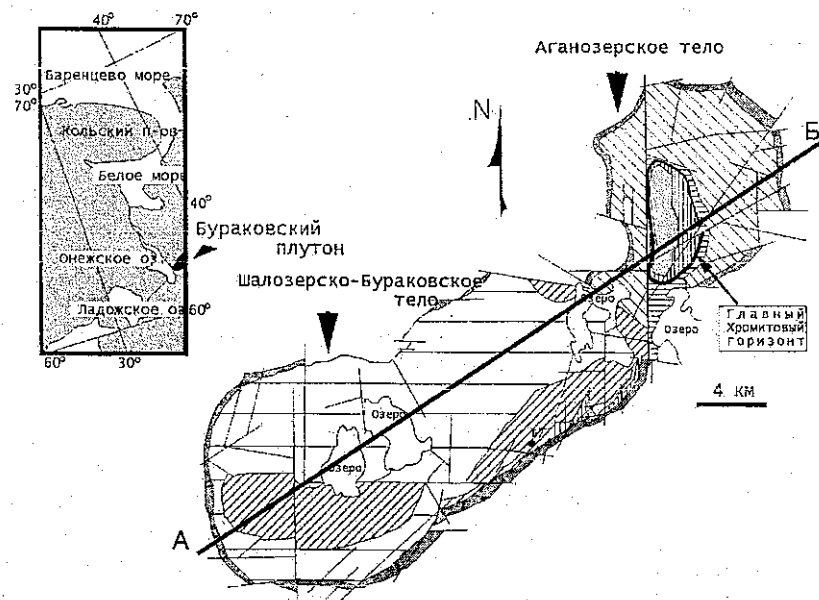


Рис. 1. Геологическое строение Бураковского плутона. Краевые серии (1) и расслоенные (2-7) серии плутона: 2-3 - ультраосновная (2 - дунитовая и 3 - перидотитовая подзоны); 4 - пироксенитовая; 5 - габброноритовая; 6 - пикзитовых габброноритов; 7 - магнетитовых габбронорит-диоритов; 8 - разломы; 9 - местоположение скважины

Вместе с тем, полученные нами новые данные позволили пересмотреть эту точку зрения и показать, что эти «блоки» являются двумя самостоятельными разновозрастными интрузивными телами, образующими на дочетвертичном срезе единый массив.

Первое защищаемое положение:

Детальное изучение строения и кумулятивной стратиграфии раннепалеопротерозойского Бураковского расслоенного плутона показало, что он образован двумя крупными пространственно сближенными самостоятельными интрузивными телами (телами) - Аганозерским и Шалозерско-Бураковским, имеющими автономное внутреннее строение и структуры и соприкасающимися своими верхними частями.

При сопоставлении Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел использовались методы кумулятивной стратиграфии, основанные на сопоставлении парагенезисов минералов кумулюса по сводным разрезам, составленным нами на основании корреляции разрезов скважин по профилям (рис. 2).

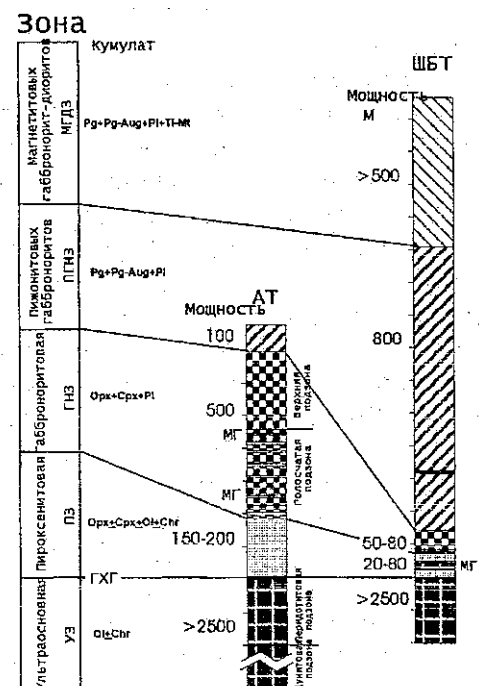


Рис. 2. Генерализованное строение расслоенных серий Аганозерского (АТ) и Шалозерско-Бураковского тел (ШБТ).

Вынесены главные кумулятивные парагенезисы и суммарные мощности выделяемых зон.
МГ - маркирующие горизонты, представленные перидотитами
ГХГ - Главный Хромитовый горизонт

Согласно полученным данным, в строении Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел выделяются краевые и центральные расслоенные серии. Структуры краевых серий ориентированы параллельно контактам, а центральные серии имеют автономное по отношению к контактам строение при преобладающем субгоризонтальном залегании расслоенности (см. рис. 1).

В составе расслоенных серий снизу вверх по разрезам ранее были выделены зоны [Ганин и др., 1995]: Ультраосновная, Пироксенитовая, Габброноритовая, Пижонитовых габброноритов и Магнетитовых габбронорит-диоритов. В соответствии со сменой зон снизу вверх в целом наблюдается следующая смена кумулятов: $Ol \pm Chr \rightarrow Opx + Cpx \pm Ol \pm Chr \rightarrow Opx + Cpx + Pl \pm Ol \rightarrow Pig + Pig-Aug + Pl \rightarrow Pig + Pig-Aug + Pl + Ti-Mt$. Однако, нами при детальном изучении кумулятивных парагенезисов разрезов двух тел был выявлен целый ряд существенных отличий. Установлено, что в пределах Шалозерско-Бураковского тела мощности Пироксенитовой и Габброноритовой зон существенно сокращены, а в составе последней практически не наблюдаются горизонты тонкого ритмичного переслаивания, широко проявленные в аналогичной зоне Аганозерского тела (Полосчатая подзона). Значительную часть разреза Шалозерско-Бураковского тела составляют породы зон Пижонитовых габброноритов и Магнетитовых габбронорит-диоритов, последняя из которых отсутствует в Аганозерском теле, разрез которого заканчивается пижонитовыми габброноритами (см. рис. 2). Практически во всех породах Аганозерского тела, в отличие от Шалозерско-Бураковского, клинопироксен преобладает над ортопироксеном. Кроме того, в пределах Пироксенитовой зоны Аганозерского тела получили широкое развитие пижонит-авгитовые клинопироксениты с некумулятивными гранобластовыми зубчатыми структурами, формирование которых связывается с субсолидным метасоматозом, тогда как в аналогичной зоне Шалозерско-Бураковского тела наблюдаются типичные кумулятивные пироксениты.

Таким образом, выявленные различия в характере кумулятивной стратиграфии позволяют говорить о том, что в Бураковском плутоне мы имеем дело с двумя самостоятельными интрузивами: Аганозерским и Шалозерско-Бураковским. Это подтверждается и геолого-геофизическими данными: Аганозерский "блок" представляет собой самостоятельное воронкообразное тело, а Шалозерский и Бураковский «блоки» образуют единое тело лополитообразной формы (см. рис. 1). Кроме того, тела по разному ориентированы в пространстве - Аганозерский "блок" вытянут в субмеридиональном, а Шалозерско-Бураковский - в северо-восточном направлении.

Второе защищаемое положение:

Впервые показано, что процесс затвердевания Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел осложнялся периодическим поступлением новых порций расплава из области генерации магм в кристаллизующиеся магматические камеры. Об этом свидетельствуют нарушения в кумулятивной стратиграфии, наличие периодитовых горизонтов в габброидных частях разрезов обоих тел, проявление маккоритмичности, неустойчивость в развитии скрытой расслоенности.

В разрезах расслоенных серий обоих тел выше Ультраосновной зоны на нескольких стратиграфических уровнях (см. рис. 2) в нарушение общей последовательности смены кумулятов по разрезам наблюдаются выдержанные горизонты ультрабазитов, выделяемые как маркирующие. Обычно мощность данных горизонтов невелика и составляет первые метры, редко - первые десятки метров, и в разных телах они располагаются на разных стратиграфических уровнях. Однако в юго-восточной части Шалозерско-Бураковского тела в единственной глубокой (>1500 м) скважине (скв. 67, рис. 3) такой верхний ультрабазитовый горизонт имеет мощность в несколько сотен метров, и в разрезе данной скважины можно выделить два крупных мегаритма, в каждом из которых повторяется последовательность смены пород от ультрабазитов через пироксениты к габброноритам.

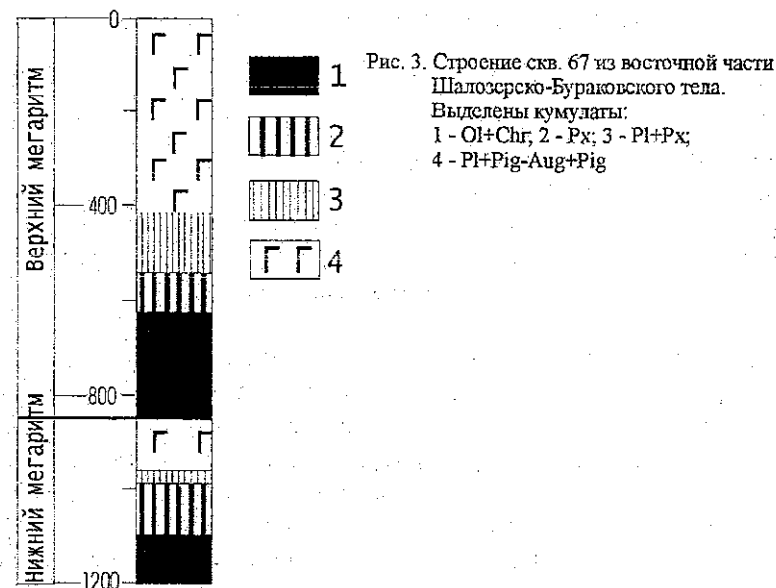


Рис. 3. Строение скв. 67 из восточной части Шалозерско-Бураковского тела. Выделены кумуляты: 1 - $Ol+Chr$; 2 - Px ; 3 - $Pl+Px$; 4 - $Pl+Pig-Aug+Pig$

Породы, слагающие маркирующие горизонты, представлены, главным образом, пойкилитовыми перидотитами, т.е. это оливин-хромшпинелевые кумулаты с высоким (до 40 объемных процентов) содержанием интеркумулятивных пироксенов и редко - плагиоклаза. Эти породы существенно обогащены литофильными и редкоземельными элементами относительно пород Ультраосновной зоны. Состав кумулятивных фаз в них также существенно более железистый (рис. 4). Перидотитовые маркирующие горизонты нарушают общую последовательность смены кумулатов при процессе кристаллизации расплавов и все полученные данные указывают на то, что эти горизонты сформировались при дополнительных внедрениях новых порций расплавов в затвердевающие камеры обоих тел Бураковского плутона.

Изучение составов минералов с помощью микронзонда выявило сложный характер скрытой расслоенности по разрезам обоих тел плутона. При общей тенденции к снижению магнезиальности темноцветных минералов (оливина и пироксенов) и уменьшению основности плагиоклаза вверх по разрезам обоих тел, впервые выявлен неустойчивый состав темноцветных минералов по разрезам выделяемых зон (см. рис. 4), а также существенные вариации составов плагиоклаза иногда даже в пределах одного образца с проявлением в изученных зернах прямой и обратной зональностей. Подобная картина нарушений скрытой расслоенности наряду с присутствием перидотитовых горизонтов подтверждает наличие дополнительных внедрений расплава (или расплавов) в затвердевающие камеры интрузивов.

Третье защищаемое положение

Согласно полученным геохимическим и изотопно-геохимическим данным, формирование Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел Бураковского плутона происходило за счет однотипных, но несколько различных, кремнеземистых высокомагнезиальных расплавов, родоначальных для всей крупной Балтийской палеопротерозойской магматической провинции.

В результате проведенных нами комплексных геохимических исследований пород обоих тел было установлено, что все породы Бураковского плутона интрузива (особенно породы верхней части расслоенной серии Шалозерско-Бураковского тела) обогащены по сравнению с толеитами срединно-океанических хребтов литофильными элементами (Rb, Ba), а габброиды - также легкими РЗЭ при пониженных содержаниях тяжелых РЗЭ и Ti; содержания последнего значительны только в магнетитовых габброноритах из верхней зоны Шалозерско-

Бураковского тела. Наблюдаются однотипные тренды корреляции для обоих тел ряда главных элементов с MgO (отрицательные для железистости, суммы щелочей и Al_2O_3 , рис. 5), характерные и для пород других крупных расслоенных интрузивов Балтийской магматической провинции (например, Мончегорского комплекса).

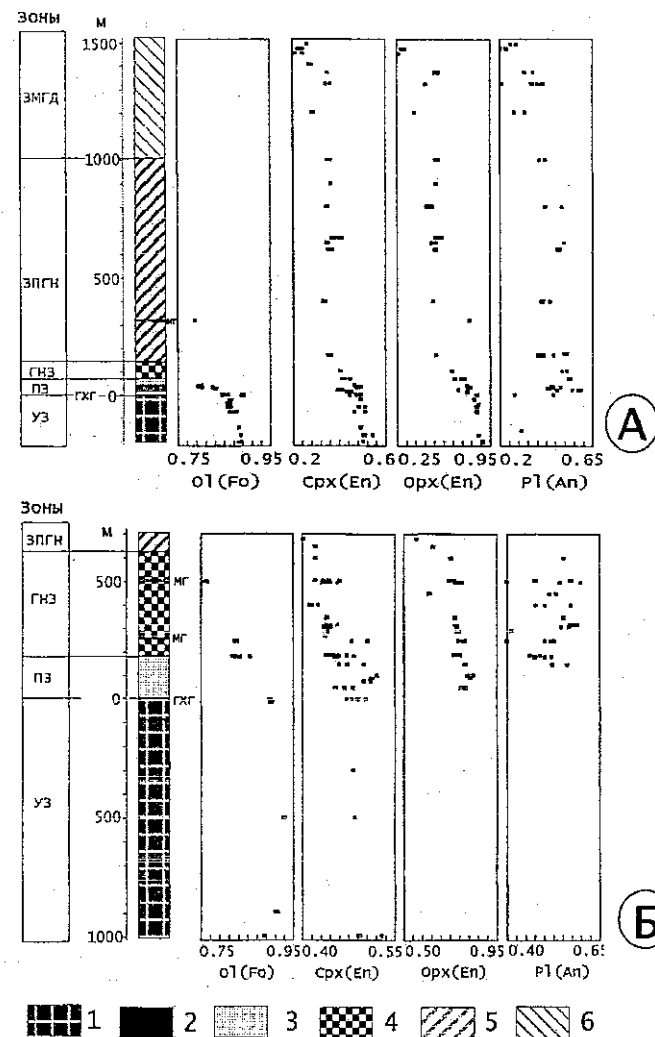


Рис. 4. Изменение составов оливина, пироксенов и плагиоклаза по разрезам расслоенных серий Шалозерско-Бураковского (А) и Аганозерского (Б) тел Бураковского плутона. Выделены главные кумулятивные парагенезисы: 1 - Ol+Chr, 2 - Chr+Ol (TХГ), 3 - Cpx+Opx+Ol+Chr, 4 - Pl+Cpx+Opx, 5 - Pl+Pig+Aug, 6 - Pl+Pig+Pig-Aug+Mt.

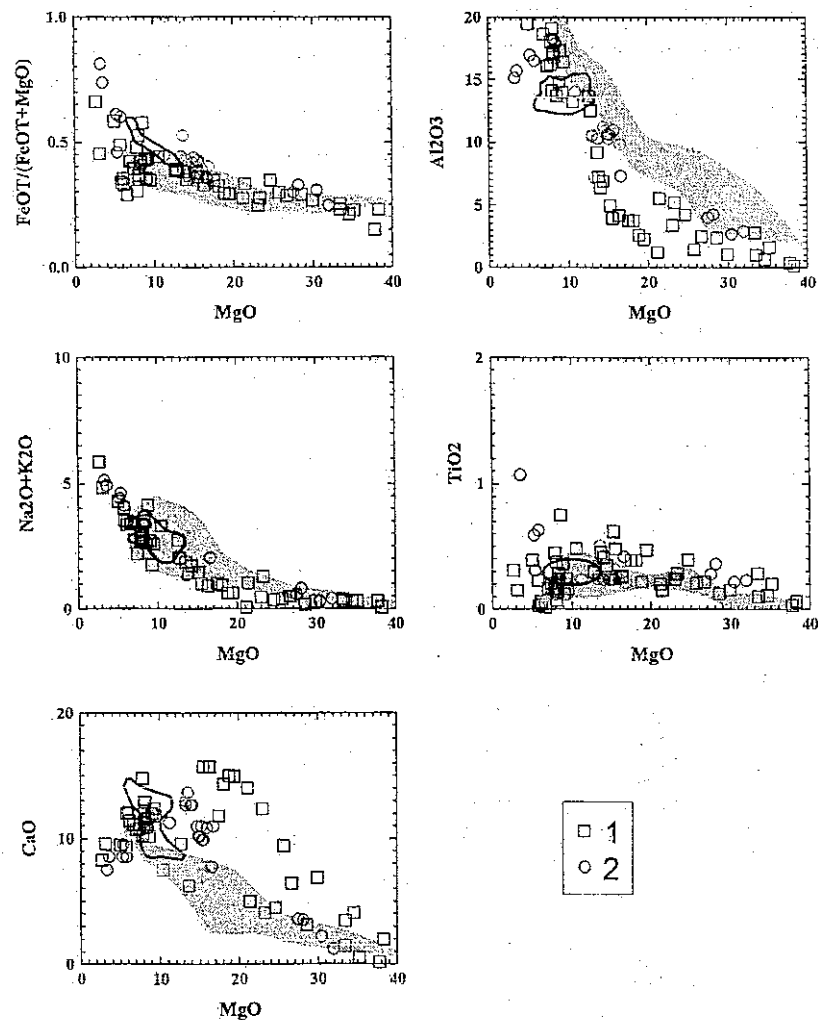


Рис. 5. Зависимость содержаний окислов от MgO в породах расслоенных серий Аганозерского (1) и Шалозерско-Бураковского тела (2).

Вынесено поле составов пород Мончегорского расслоенного плутона (данные автора); жирной линией обведено поле высоко-Са бонинитов Изу-Бонинской дуги

Распределения РЗЭ (нормированы к хондриту) показывают накопление РЗЭ в породах вверх по разрезам обоих тел, а также рост в этом же направлении обогащенности легкими РЗЭ относительно тяжелых (рис. 6). Так, в ряду от ультраосновных кумулятов низов разреза к габброидам его верхней части наблюдается закономерное увели-

чение суммарных концентраций РЗЭ: в Аганозерском теле от 2.5 г/т до 29 г/т, в Шалозерско-Бураковском - от 10 г/т до 72.8 г/т. В этом же направлении происходит последовательное обогащение легкими РЗЭ, что отчетливо иллюстрируется возрастанием отношения Ce/Yb в Аганозерском теле от 4.5 до 21.6, в Шалозерско-Бураковском - от 13.7 до 49.2. Близкие спектры наблюдаются и в эффузивах свиты Ветреный Пояс, рассматриваемых как предполагаемые вулканические аналоги Бураковского плутона.

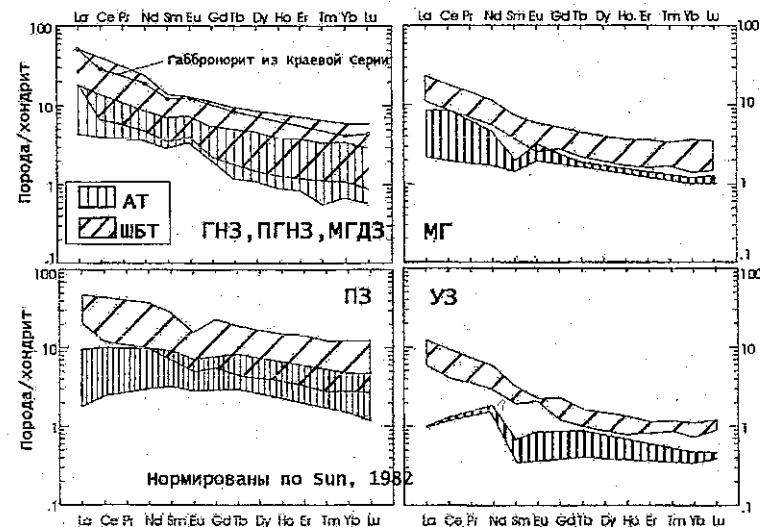


Рис. 6. Спектры распределения РЗЭ в породах Аганозерского (АТ) и Шалозерско-Бураковского (ШБТ) тел. Выделены зоны расслоенных серий: ультраосновная (УЗ), пироксенитовая (ПЗ), габбро-норитовая (ГНЗ), пиконитовых габбро-норитов (ПГНЗ) и магнетитовых габбро-норит-диоритов (МГДЗ), отдельно - перидотиты маркирующих горизонтов (МГ).

Проведенное нами изучение содержаний главных, редких и редкоземельных (РЗЭ) элементов в породах Бураковского плутона позволило установить, что исходные расплавы обоих тел этого плутона относятся к кремнеземистой высокомагнезиальной (бонинитоподобной) серии. Практически аналогичный характер спектров наблюдается и в современных высоко-кальциевых бонинитах Изу-Бонинской дуги.

Вместе с тем, сравнение содержаний РЗЭ в породах из аналогичных зон расслоенных серий обоих тел плутона позволило выявить существенную обогащенность этими элементами пород Шалозерско-Бураковского тела относительно пород Аганозерского тела (см. рис. 6). Проведенная ранее (Берковский и др., 2000) статистическая обра-

ботка химических анализов также показала значимое различие между аналогичными породами этих тел по железистости и содержанию SiO_2 . Таким образом, полученные геохимические данные подчеркивают происхождение Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел за счет однотипных, но несколько различных расплавов.

Четвертое защищаемое положение:

Проведенные изотопные исследования подтверждают различия в источниках для Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел, а также внедрение дополнительных расплавов в магматические камеры. Впервые показано, что возрастной интервал между формированием Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел может достигать 50 млн. лет.

Проведенные нами изотопно-геохимические исследования для пород из всех зон обоих тел показали, что изотопные отношения в породах обоих тел характеризуются первичным стронциевым отношением 0.7037-0.7044 и отрицательными значениями величины ϵ_{Nd} в интервале от -3 до -2, что указывает на незначительную степень контаминации мантийными расплавами верхнекоровых пород. В то же время, перидотиты маркирующих горизонтов характеризуются относительно высокими величинами ϵ_{Nd} (-1.3 - для Шалозерско-Бураковского и -2.3 - для Аганозерского тел) и более низкими первичными стронциевыми отношениями (0.7019 и 0.7032 - соответственно). Это подтверждает наши представления о том, что данные горизонты сформировались при дополнительных внедрениях мантийных расплавов.

Для двух пижонитовых габброноритов, отобранных из соответствующих зон обоих тел плутона были построены Sm-Nd минеральные изохроны (рис. 7). Для образца из Аганозерского тела наклон изохроны отвечает возрасту 2372 ± 22 млн. лет ($\epsilon_{\text{Nd}} = -3.22 \pm 0.13$), тогда как для образца из Шалозерско-Бураковского тела Sm-Nd изохронный возраст равен 2433 ± 28 млн. лет ($\epsilon_{\text{Nd}} = -3.14 \pm 0.14$). Он практически совпадает с полученной ранее датировкой U-Pb методом по циркону (2449 ± 1.1 млн. лет, Semenov et al, 1996) из габброноритов этого тела. Таким образом, согласно этим данным, Аганозерское тело примерно на 50 млн. лет моложе Шалозерско-Бураковского. Наблюдаемые относительно широкие вариации изотопных характеристик могут указывать на некоторые различия в составе плавящихся субстратов при формировании исходных расплавов для Аганозерского и Шалозерско-Бураковского тел. Существование различий в источниках также показали и результаты Pb-Pb изотопных исследований.

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Бураковский плутон является перспективным на целый ряд полезных ископаемых, включая хром, магний, никель, железо, титан, ванадий, платиноиды и золото. Основные перспективы связаны с хромитовым оруденением. В обоих телах на границе Ультраосновной и Пироксенитовой зон выделяются выдержанные хромититовые горизонты мощностью от 0.5 до 5 м, сложенные обогащенными хромшпинелидами пойкилитовыми перидотитами, чередующимися с собственно хромититами. Наиболее мощным является Главный хромитовый горизонт (см. рис. 1). По полученным результатам микрозондового изучения содержание Cr_2O_3 в хромшпинелидах по разрезу этого горизонта в Аганозерском теле снижается снизу вверх от 55 до 49 мас.%, тогда как в Шалозерско-Бураковском теле в аналогичном горизонте хромшпинелиды содержат лишь 42-50 мас.% Cr_2O_3 . В ближайшее время планируется начать разработку Аганозерского месторождения, прогнозные запасы руд которого составляют около 250 млн.т. при бортовом содержании Cr_2O_3 - 10%.

С ультраосновными зонами связаны перспективы на силикатное никелевое и магниевое оруденение. Ванадий и титан концентрируются в Шалозерско-Бураковском теле в верхней зоне Магнетитовых габбронорит-диоритов, где выделены маломощные горизонты титаномagnetитовых руд.

Особый интерес представляет платинометальная минерализация. Выявляются три типа сингенетической платинометальной минерализации. Первый тип связан с накоплением платиноидов при формировании хромититовых горизонтов в ультраосновной зоне. Второй тип - малосульфидная пентландит-халькопирит-пирротитовая минерализация, наиболее проявленная в пределах Пироксенитовой и Габброноритовой зон Аганозерского тела. Третий тип минерализации связан с сульфидсодержащими габброидами краевых серий. Минеральные формы платиноидов представлены преимущественно висмутотеллуридами платины и палладия. При этом в первом типе преобладает платина, а во втором - палладий. Представляет интерес и эпигенетический тип платинометальной минерализации, связанный с субмеридиональными разломами. С разломами связаны и проявления золоторудной минерализации. Таким образом, Бураковский плутон является высокоперспективным в отношении выявления в ходе целенаправленных поисковых работ месторождений хрома, никеля, титана, платиноидов и золота. Особый интерес в этом отношении может представлять Шалозерско-Бураковский интрузив, имеющий наиболее

БИБЛИОТЕКА

Карельского научного
центра РАН

полный разрез расслоенной серии, но при этом относительно слабо изученный.

Заключение.

Формирование Бураковского плутона происходило в течение длительного интервала времени и по существу он представлял собой долгоживущий магматический центр. Последовательно, с интервалом около 50 млн. лет произошли внедрения крупных порций расплавов, обеспечивших формирование Шалозерско-Бураковского и, позже, Аганозерского тел. Несмотря на свою геохимическую родственность составы этих расплавов несколько различались, о чем свидетельствует относительная обогащенность РЗЭ, SiO_2 и повышенная железистость пород Шалозерско-Бураковского тела. В процессе затвердевания в кристаллизующиеся камеры поступали дополнительные порции расплавов, которые вовлекались в конвективные течения и смешивались с имевшимся в камере эволюционированным расплавом. Такие дополнительные внедрения, очевидно, приводили как к изменению состава расплава в интрузивных камерах, так и увеличивали их размеры. В первом приближении составам родоначальных расплавов могут соответствовать составы эндоконтактовых габброидов, в которых наблюдаются высокие содержания SiO_2 (до 56 мас.%) и MgO (8-10 мас.%) при очень низком TiO_2 (< 0.7 мас.%), что является основными геохимическими характеристиками бонинитоподобных магм.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Шарков Е.В., Богатиков О.А., Пчелинцева Н.Ф., Коптев-Дворников Е.В., Семенов В.С., Гроховская Т.Л., Николаев Г.С., Чистяков А.В. Перспективы платиноносности раннепротерозойского Бураковского расслоенного интрузива в Южной Карелии. // в кн. Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов. т. II, кн. 2. М.: Геоинформмарк, 1995, с. 10-19.

2. Sharkov E.V., Bogatikov O.A., Grokhovskaya T.L., Chistyakov A.V., Ganin V.A., Grinevich N.G., Snyder G.A. and Taylor L.A. Petrology and Ni-Cu-Cr-PGE mineralization of the largest mafic pluton in Europe: the early Proterozoic Burakovsky layered intrusion, Karelia, Russia // Intern. Geol. Rev., 1995, v. 37, p. 509-525.

3. Higgins S.J., Snyder G.A., Mitchell J.N., Taylor L.A., Sharkov E.V., Bogatikov O.A., Grokhovskaya T.L., Chistyakov A.V., Ganin V.A., and Grinevich N.G. Petrology of the early Proterozoic Burakovsky layered intrusion, southern Karelia, Russia: mineral and whole-

rock major-element chemistry // Canad. J. Earth Science, 1997, v. 34, p. 390-406.

4. Чистяков А.В., Суханов М.К., Богатиков О.А., Гриневич Н.Г., Гроховская Т.Л., Лапунов С.М., Шарков Е.В. Особенности распределения редких и редкоземельных элементов в Бураковском расслоенном интрузиве (Южная Карелия) // Докл. РАН, 1997, т. 356, № 3, с. 376-381.

5. Гроховская Т.Л., Шарков Е.В., Тевелев А.В., Смолькин В.Ф., Чистяков А.В., Лапутина И.П., Муравицкая Г.Н. Петрология расслоенного интрузива горы Генеральской, Кольский полуостров // Петрология, 1999, т. 7, № 5, с. 539-558.

6. Чистяков А.В. Аганозёрский и Шалозёрско-Бураковский блоки Бураковского расслоенного плутона (Карелия): особенности строения и состава. // в кн. Тез доклады на IX научных чтениях памяти профессора И.Ф. Трусковой «Проблемы магматической и метаморфической петрологии», Москва, 14-15 апреля 1999, с. 56.

7. Богина М.М., Красивская И.С., Шарков Е.В., Чистяков А.В., Гриневич Н.Г. Жильные граниты Бураковского расслоенного плутона, Южная Карелия // Петрология, 2000, т. 8, № 4, с. 409-429.

8. Богина М.М., Красивская И.С., Шарков Е.В., Чистяков А.В. Образование жильных гранитов в процессе становления Бураковского расслоенного плутона (Южная Карелия, Россия) // Петрография на рубеже XXI века. Итоги и перспективы. Материалы Второго Всероссийского петрографического совещания, 27-30 июля 2000 года. Т. 2. Сыктывкар. Геопринт, 2000, с. 239-242.

9. Чистяков А.В., Богатиков О.А., Гроховская Т.Л., Шарков Е.В., Беляцкий Б.В., Овчинникова Г.В. Бураковский расслоенный плутон (Южная Карелия) как результат пространственного совмещения двух интрузивных тел: петрологические и изотопно-геохимические данные // Доклады РАН, 2000, т. 372, № 2, с. 228-235.

10. Чистяков А.В., Гроховская Т.Л., Муравицкая Г.Н. Скрытая расслоенность в раннепротерозойском Бураковском расслоенном плутоне (Южная Карелия): новые данные // в сб. Геология и геоэкология Фенноскандинавского щита, Восточно-Европейской платформы и их обрамления. Материалы XII молодежной конференции памяти К.О. Кратца СПб, 2001. С. 118.

11. Шарков Е.В., Смолькин В.Ф., Чистяков А.В., Красивская И.С. Два типа главных вулканоплутонических ассоциаций палеопротерозоя Балтийского щита. // в сб. Палеовулканология, Вулканогенно-осадочный литогенез, гидротермальный метаморфизм и рудообразо-

вание докембрия. Материалы Первого Всероссийского палеовулканологического симпозиума. Петрозаводск, 2001г. С.64-65.

12. Шарков Е.В., Богатиков О.А., Смолькин В.Ф., Чистяков А.В., Красивская И.С. Происхождение крупных расслоенных интрузивов (на примере раннепалеопротерозойской крупной изверженной провинции кремнеземистой высокомагнезиальной серии, Балтийский щит) // в кн. Мантийные плюмы и металлогения. Материалы международного совещания., Петрозаводск, 4-7 сентября 2002 г. Петрозаводск-Москва, 2002, с.281-284.

13. Ширяев А.В., Чистяков А.В., Шарков Е.В. Петрология друзитового комплекса Беломорья (Балтийский щит)// в кн. Проблемы магматической и метаморфической петрологии. Тезисы докладов на XII научных чтениях памяти проф. Трусовой И.Ф. 17-18 апреля 2002. М., 2002. С.33-34.

14. Chistyakov A.V., Sharkov E.V., Grokhovskaya T.L., Bogatikov O.A., Muravitskaya G.N., Grinevich N.G. Petrology of the Europe-largest Burakovka early Paleoproterozoic layered pluton (Southern Karelia, Russia) // Russian Journal of Earth Sciences, 2002, v.4, No 1.

<http://www.agu.org/WPS/rjes/pass.word:rjes@wdcb.ru>

15. E.V.Sharkov, V.A.Ganin, N.G.Grinevich, T.L.Grokhovskaya, E.V.Koptev-Dvornikov, V.N.Loginov, G.S.Nikolaev, V.S.Semenov, N.F.Pchelintseva, A.V.Chistyakov. Geology of the Largest in the Europe the Early Proterozoic Burakovsky Layered Intrusion in Southern Karelia, Russia // Abstracts Oral and poster presentation European union of geosciences EUG 8 9-13 april 1995, Strabourg (France) p.308.