

отложению внутрикоровых их концентраций. Важное значение имеют месторождения железистых кварцитов, комплексных благороднометалльных и сульфидных медно-никелевых руд с минералами платиновой группы, весь набор колчеданных месторождений, часто с Au и Ag, меньшее – золото-рудные, шунгитовые, порфириновые медно-молибденовые, хромитовые, титаномагнетитовые, марганцевые, вольфрамовые и редкометалльные месторождения.

Наиболее продуктивными являются интракратонные структуры бассейнового типа (с неполным циклом развития), в которых локализованы уникальные по запасам железорудные месторождения железо-кремнисто-сланцевой формации, крупные месторождения шунгита, комплексные золото-платиноидные и благороднометалльно-уран-ванадий-редкометалльные месторождения в черносланцевых толщах.

Набор промышленно важных ископаемых в коллизионных структурах полного цикла развития достаточно разнообразен, но главная роль принадлежит сульфидным медно-никелевым с платиноидами месторождениям и сопутствующему титаномагнетитовому и хромитовому орудуению.

Аккреционные пояса окраинного типа характеризуются в основном колчеданной, золоторудной и железо-марганцевой специализацией.

Таким образом, тип зеленокаменных поясов определяет возможность образования в них определенного набора месторождений. Реализация этой возможности зависит от индивидуальных особенностей строения и развития структур. Реальная рудоносность и вероятность выявления месторождений зависит от степени сохранности рудных концентраций в процессе их последующих преобразований – метаморфизма, тектонических деформаций, денудации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 08-05-00577).

Литература

1. Казанский В.И. Эволюция рудоносных структур докембрия. М.: Недра, 1988. 286с.
2. Металлогения рядов геодинамических обстановок раннего докембрия. СПб.: ВСЕГЕИ. 1999. 329 с.
3. Михайлов В.А. Металлогения золота докембрийских зеленокаменных структур (на примере Западно-Африканского кратона). Киев: Киевский университет, 2002. 319 с.
4. Моралев В.М. Характерные черты металлогенеза и тектоническая природа докембрийских зеленокаменных поясов// Проблемы металлогении докембрия. Л.: Наука, 1978. С. 205-211.
5. Некрасов Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. М.: Недра, 1988. 286 с.
6. Соколовский А.К., Федчук В.Я., Корсаков А.К. Геодинамические обстановки формирования зеленокаменных поясов. М.: МГГРУ, 2003. 186с.
7. Уотсон Дж. Рудная минерализация в архейских провинциях // Ранняя история Земли. М.: Мир, 1980. С. 443-454.
8. Card K.D., Poulsen K.H., Robert F. The Archean Superior Province of the Canadian Shield and its Lode Gold Deposits/ The Geology of Gold Deposits: Perspective in 1988 // Econ. Geol. 1989. N6. P. 19-36.
9. Foster R.P., Piper D.P., Archean lode gold deposits in Africa: Crustal setting, metallogenesis and cratonization // Ore Geology Reviews. 1993. P. 303 –347.
10. Fuchter W.A.H., Hodson C.J. Gold Deposits of the North Western Mining Camp, Gwanda Greenstone Belts, Zimbabwe // Proc. Gold. "86 symposium". Toronto: 1986. P. 255-269.

Проблемы происхождения «друзитового комплекса» на примере массивов центральной части Беломорского подвижного пояса

Криволицкая Н.А.¹, Смолькин В.Ф.²

¹ГЕОХИ, г. Москва, e-mail: nakriv@mail.ru

²ГГМ РАН, г. Москва, e-mail: vsmolkin@sgm.ru

Прошло более века со времени открытия новой группы основных-ультраосновных пород с коронитовыми структурами в Западном Беломорье, описываемая в последующем как “беломорские друзиты” или “друзитовый комплекс“. Несмотря на длительную историю изучения комплекса многие

вопросы его происхождения остаются нерешенными или дискуссионными. В последнее десятилетие широко стали применяться современные геохимические, изотопные и экспериментальные методы, которые позволили более обосновано подойти к решению вопросов правомерности выделения единого комплекса, возраста его формирования, геодинамических условий внедрения, генезиса коронитовых (друзитовых) структур, металлогенической специализации и рудного потенциала.

К настоящему времени установлено, что “друзитовый комплекс” является гетерогенным и включает в себя различные не только по составу, но и возрасту массивы. Так ранее выделенные В.С.Степановым [1] комплексы габбро-анортозитов, лерцолит-габброноритов и коронитовых габбро, оказались, по данным изотопных анализов, разновозрастными. А коронитовая (друзитовая) структура, которая была одним из главных признаков выделения комплекса, является наложенной, сформированной в течение как позднемагматической стадии, так и этапа регионального метаморфизма в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций [2, 3]. Одним из важных результатов предыдущих исследований является вывод о сопоставимости состава пород лерцолит-габброноритового комплекса и расслоенных интрузий палеопротерозоя Кольского п-ва и Карелии, содержащих месторождения хрома, никеля и ЭПГ, что дало основание для поисков рудных объектов в пределах Западного Беломорья.

Необходимо отметить, что аналитические данные были получены на основе изучения преимущественно массивов Западного Беломорья (о. Вороний, Юдом-Наволоок, Пижостров, мыс Толстик, Романовский, Ковдозерский, Жемчужный и др.), тогда как территориальное распространение массивов значительно шире.

Авторами были изучены массивы, залегающие в центральной части Беломорского подвижного пояса, на юго-западе Мурманской области [4]. Для геохимических исследований использована коллекция из 66 образцов пород, отобранных из 19 массивов, условно относимых к “друзитовому комплексу”, наиболее полно из которых изучены три (Соркайокский, Пойойвский, массивы высоты 403.0 м). Определение содержаний главных породообразующих компонентов выполнено методом XRF (спектрометр “AXIOS Advanced” фирмы PANalytical), редких элементов – ICP-MS (Elan 6100 DRC), минералы исследовались на рентгеноспектральном микроанализаторе EPMA, SX100 фирмы «Cameca». Для сравнительного анализа были дополнительно изучены образцы пород из расслоенных интрузий Кольского п-ва – Мончеплутона, Федорово-Панских тундр, Имандровского комплекса, Карелии – Кивакка и Бураковского плутона, а также из отдельных типовых массивов Западного Беломорья – Ковдозерского, Поньгома, о.Горелый. Используются также опубликованные данные по Мончеплутону, Имандровскому комплексу, Мончетундровскому массиву [5], массивам Кандалакшского залива и губы Домашней Белого моря [6].

Изученные массивы, общим признаком для которых является наличие друзитовой структуры, различаются по размерности, морфологии, внутреннему строению, набору пород и их составу. Среди них выделяются: 1. Крупные пластинообразные или изометрической формы массивы, сложенные относительно слабометаморфизованными лерцолитами, плагиоклазовыми вебстеритами, троктолитами, оливковыми и безоливковыми габброноритами (Соркайокский, Пойойвский, г. Перчатка и др.); 2. Средние по размеру массивы, в строении которых преобладают в различной степени измененные габброиды при подчиненной роли ультрабазитов (массив высоты 403 м, дайки г. Гроб-Тундра и др.); 3. Мелкие тела гранатовых амфиболитов и плагиоамфиболитов (г. Лайст-Тундра и др.).

Породы, слагающие изученные массивы, различаются по своим геохимическим особенностям и образуют три серии: высокомагнезиальную, низкомагнезиальную (или высокожелезистую) и промежуточную (умеренномагнезиальную).

Для высокомагнезиальной серии (содержание $MgO > 20$ мас.%) установлены повышенные концентрации Sr, относительное обогащение легкими редкими элементами, отчетливо проявленная отрицательная Ta-Nb аномалия (Соркайокский массив).

Низкомагнезиальная серия ($MgO < 10$ мас.%) характеризуется повышенными концентрациями Ti и P, субгоризонтальными спектрами распределения редких элементов и слабо проявленной Ta-Nb аномалией (массив высоты 403 м).

Для промежуточной (умеренномагнезиальной) серии (MgO 10-20 мас.%) типичными являются горизонтальные спектры распределения редких земель, иногда деплетированные, без Ta-Nb аномалии (дайки г. Гроб-Тундра).

По своим особенностям высокомагнезиальная серия уверенно сопоставляется с сериями пород, слагающими массивы лерцолит-габброноритового состава Западного Беломорья и расслоенные интрузивы – Мончеплутон, Бураковский плутон, Кивакка. Одним из аналогов низкомагнезиальной серии могут быть массивы клинопироксенит-верлитовой формации, залегающие за пределами Беломорского подвижного пояса. Промежуточная серия сопоставима с вулканическими и субвулканическими породами основного состава пурначской и кукшинской свит (сумий), слагающими нижние части разреза Имандра-Варзугской зоны. Последняя представляет собою центральную и восточную части Печенгско-Варзугской палеорифтогенной системы.

На основе ранее выполненного анализа геолого-петрологических данных, результатов U-Pb анализа циркона и Sm-Nd анализа породообразующих минералов выделены две группы расслоенных интрузий и комагматических им даек: более ранняя (2530-2470 млн. лет) Кольская, и более поздняя (2450-2430 млн. лет) Финско-Карельская [7]. Крупные массивы габбро-анортозитов, для которых установлена генетическая связь с расслоенными интрузиями, также являются разновозрастными, сформированными в пределах 2505-2467 млн. лет (Главный хребет) и 2462-2444 млн. лет (Лапландско-Колвицкий гранулитовый пояс). Синхронно со второй группой внедрялись бескорневые интрузии лерцолит-габброноритов и габбро-анортозитов (“друзитовый комплекс”) Западного Беломорья – 2460-2434 млн. лет. Более молодыми являются дайки и малые интрузии гранатовых габбро (коронитых габбро) – 2110 млн. лет.

Для изученных объектов дополнительно выполнены изотопные исследования: Sm-Nd анализ породообразующих минералов (оливин, клино- и ортопироксен, плагиоклаз), отобранных из массивов Соркайокский и Пойойвский, и SIMS SHRIMP-II для цирконов из массивов Пойойвского и г. Крутая-Восточная. Анализы были выполнены в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ. Аналитические данные приведены в [8].

Sm-Nd изохронный возраст, определенный по мономинеральным фракциям из 5 проб, оказался близким для обоих массивов и соответствует 2490 ± 35 млн. лет (СКВО=3.2). Отличительной их особенностью является деплетированный характер мантийного источника ($\epsilon_{Nd} = +0.9$).

В исследованных пробах были обнаружены два типа цирконов – древние и молодые, которые различаются по форме, внутреннему строению, спектру элементов и возрасту. Древние цирконы имеют сглаженные (оплавленные) формы, часто содержат более темные ядра. Их возраст колеблется в пределах 2756-2737 млн. лет, который характеризует архейский возраст пород вмещающей рамы. Более молодые цирконы имеют длиннопризматическую форму, они слабо окрашены в розовые тона, не содержат ядер и внутреннюю зональность. Полученный возраст данных цирконов оказался близким для двух массивов: 2406.5 ± 4.6 (Пойойвский) и 2407.8 ± 8.0 (г. Крутая-Восточная). Вопрос, соответствуют ли полученные данные возрасту кристаллизации магматического расплава, остается пока открытым.

Выводы.

Интрузивные массивы “друзитового комплекса” центральной части Беломорского подвижного пояса являются по своим петрографическим и геохимическим особенностям неоднородными. Массивы, сложенные лерцолитами, вебстеритами, оливиновыми габброноритами и габброноритами, отвечающие высокомагнезиальной серии, близки как к аналогичным эталонным массивам Западного Беломорья, так и к расслоенным интрузивам перидотит-пироксенит-габброноритовой формации палеопротерозоя Кольского п-ва и Карелии. Состав родоначальной для них магмы был в значительной степени изменен в следствии процессов контаминации веществом коры.

Для двух массивов получен Sm-Nd изотопный возраст (2490 ± 35 млн. лет), отличный от опубликованных данных для массивов Западного Беломорья. Это может свидетельствовать об обнаружении ранее неизвестной, более древней группы, внедрение которой происходило до заложения палеорифтогенных систем, выполненных палеопротерозойскими осадочно-вулканогенными комплексами.

Массивы, сложенные породами низкомагнезиальной серии (высокожелезистые габбро, метагаббро и гранатовые метагаббро) сформированы из магм, значительно менее контаминированных коровым материалом. Возможным их аналогом являются массивы клинопироксенит-верлитовой формации, эпизодически встречающиеся в других районах Кольского региона. Родоначальные расплавы, судя по повышенным содержаниям Ti, P и щелочей, имели субщелочную тенденцию, что может быть обусловлено увеличением глубин магмагенерации или метасоматической подготовкой субстрата выплавления магм.

Массивы промежуточной серии, сложенные габброидами и сильно метаморфизованными породами, имеют, по-видимому, вулканическое и субвулканическое происхождение. Наибольшее сходство они проявляют с толеитовыми базальтами суммийского возраста, представленными амфиболитами, слагающими нижнюю часть разреза Имандра-Варзугской зоны (пурначская и кукшинская свиты).

Полученные результаты подтверждают вывод о том, что отнесение магматических пород к единому “друзитовому комплексу” на основании только их структурных особенностей представляется не правомерным и требует корреляции с учетом современных геохимических и изотопных данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 07-05-01007).

Литература

1. Степанов В.С. Основной магматизм докембрия западного Беломорья. Л.: Наука. 1981. 216 с.
2. Lobach-Zhuchenko S.B., Arestova N.A., Chekulaev V.P. et al. Geochemistry and petrology of 2.40-2.45 Ga magmatic rocks in the north-western Belomorian Belt, Fennoscandian Shield, Russia // Precambrian Res. 1998. № 92. P. 223-250.
3. Ларикова Т.Л. Формирование друзитовых (коронарных) структур вокруг оливина и ортопироксена при метаморфизме габброидов Северного Беломорья, Карелия // Петрология. 2000. Т. 8. № 4. С. 430-448.
4. Кривоуцкая Н.А., Смолькин В.Ф., Свирская Н.М. и др. Геохимические особенности массивов друзитового комплекса центральной части Беломорского подвижного пояса. 1. Распределение главных и редких элементов в породах // Геохимия, 2009 (в печати).
5. Смолькин В.Ф., Нерадовский Ю.Н., Федотов Ж.А. и др. Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение. В 2-х частях. Апатиты. 2004 .
6. Шарков Е.В., Ляхович Вл.В., Леднева Г.В. Петрология раннепротерозойского друзитового комплекса Беломорья на примере Пижостровского массива, Северная Карелия // Петрология. 1994. Т.2. № 5. С. 511-531.
7. Смолькин В.Ф. Петрология, изотопный возраст и оруденение расслоенных интрузий раннего протерозоя Балтийского щита // Петрология магматических и метаморфических комплексов. М-лы V ежегодной всеросс. конференции, 25-27 ноября 2005 г. Томск. 2005.
8. Кривоуцкая Н.А., Беляцкий Б.В., Смолькин В.Ф., Свирская Н.М. Геохимические особенности массивов друзитового комплекса центральной части Беломорского подвижного пояса. II. Исследование самарий-неодимовой изотопной системы в породах и уран-свинцовой системы в цирконах // Геохимия, 2009. (в печати).

Модели формирования стратиформных месторождений в верхнедокембрийских интракратонных депрессионно-рифтогенных бассейнах

Крупенин М.Т.

Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, e-mail: krupenin@igg.uran.ru

Модели формирования стратиформных месторождений в верхнедокембрийских интракратонных депрессионно-рифтогенных бассейнах рассмотрены на примере типовой области развития отложений рифея (Башкирский мегантиклинорий, Южный Урал). В понятие модели включены вопросы источников рудного вещества, параметры флюидной миграции, механизмы рудоотложения (карбонатный метасоматоз, жильные залежи выполения, эксгальационно-седиментогенное барит-полиметаллическое оруденение).