

става, связанные с зонами милонитизации и березитизации, сформировались под влиянием низкотемпературных наложенных преобразований.

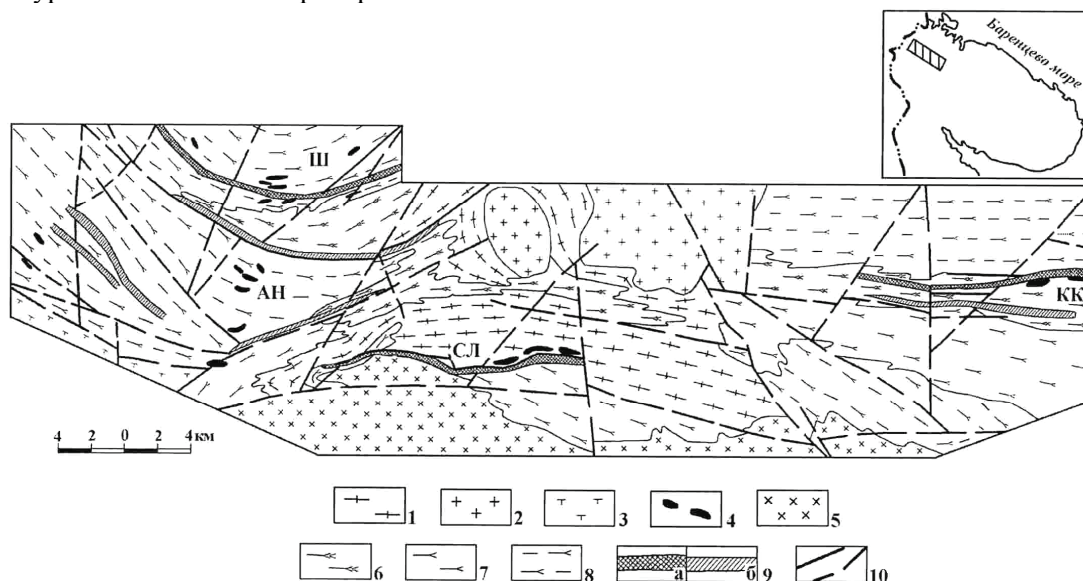


Рис. 2. Геологическая схема Аллареченской структурной зоны с размещением зон развития сульфидсодержащих метасоматитов и колчеданных руд

1 – мигматит-граниты лицко-арагубского комплекса; 2 – лицко-арагубский комплекс монцодиоритов – гранитов; 3 – лапландский комплекс гранулитов; 4 – аллареченский комплекс оливинит-гарцбургитов; 5 – гранодиориты, гнейсо-гранодиориты; 6 – амфиболиты толщи Кеулик-Кенирим; 7 – амфиболиты, амфиболовые гнейсы кольского метаморфического комплекса; 8 – ортогнейсы амфибол биотитовые, биотитовые; 9 – зоны сульфидизации и колчеданные руды: а – преимущественно с Cu, Ni, Pd специализацией, б – с Au, Ag специализацией; 10 – разрывные нарушения
Рудоперспективные площади: АН - Аннамская, Ш – Широкая, СЛ – Солозерская, КК- Кеулик-Кениримская

В пределах этих двух структурных зон выделяются горизонты колчеданных руд, имеющих медь-никель-благороднометальную специализацию, которые наиболее перспективны для выявления комплексного благороднометального оруденения. К таким рудам в Аллареченской зоне следует отнести колчеданное оруденение, развитое на площадях Кеулик-Кенирим, Солозерской и гора Широкая, а в Беломорском подвижном поясе – в Кивгубско-Великоостровской зоне развития колчеданных руд.

Литература

1. Балабонин Н.Л. Минералогия и геохимия колчеданного оруденения (Северо-запад Кольского полуострова). Изд. КФ АН СССР, Апатиты, 1984. 155 с.
2. Миллер Ю.В. Беломорский подвижный пояс Балтийского щита.// Региональная геология и металлогения. 2006. № 27. с. 5-14.
3. Шевченко С.С., Ахмедов А.М., Крупеник В.А., Свешникова К.Ю. Благороднометалльные метасоматиты позднего архея Чупино-Лоухского фрагмента Беломорской подвижной зоны.// Региональная геология и металлогения. 2009. № 37. с. 106-120.

Процессы растяжения и рудогенез в докембрии

Балуев А.С., Терехов Е.Н.

Геологический институт РАН, г. Москва, e-mail: baluev@ilran.ru , tereh@ilran.ru

Еще до появления «тектоники плит» многие особенности состава и структуры докембрийских комплексов, а именно высокий метаморфизм и интенсивная складчатость, способствовали тому,

что громадное большинство исследователей считали, что важнейшими динамическими событиями, определившими их «лицо», являлись процессы сжатия. Поэтому идеи «тектоники плит», в которой процессы коллизии - сжатия играют важнейшую роль, нашли глубокое понимание среди исследователей докембрия [3,8]. Тектоника это не только одно из направлений геологических исследований, но своего рода философия на основе, которой базируются другие ветви этой науки и, прежде всего минерагения. В рамках «тектоники плит» многие структурные элементы земной коры, традиционные для областей развития докембрия, приобрели новый геодинамический смысл. Так архейские зеленокаменные пояса стали интерпретироваться как островные дуги, подвижные пояса – как коллизионные системы или сутурные зоны, палеопротерозойские троговые системы как реликты палеоокеанов и даже палеорифтовые системы неопротерозойского возраста, по мнению некоторых исследователей, маркируют орогенные пояса [15]. Не трудно заметить, что важнейшим тектоническим режимом для подобных построений является обстановка сжатия. Увлечение «тектоникой плит» для докембрия и, соответственно, идеями сжатия приводят исследователей к весьма парадоксальным выводам. Так, в последние годы было установлено, что верхняя мантия и нижняя кора Кольско-Архангельской щелочно-кимберлитовой провинции задолго до образований палеозойских интрузий, то есть в период 1.9-1.7 млрд. лет назад, была обогащена некогерентными элементами [1]. Именно плавление этой обогащенной мантии и привело к формированию кимберлитов и массивов УЩК. Большое число исследователей – сторонников теории «тектоники плит» считают, что это обогащение произошло за счет субдукции каких-то особенных осадков [2], которые, кстати, в неизменном виде нигде не сохранились. Да и зона палеосубдукции выделяется только по современным наклонным границам геофизическими методами. Для многих памятников пример, когда шунгиты Карелии рассматривались как остатки органической жизни, а некоторые исследователи месторождений графита в метаморфических комплексах Гондваны, часто архейского возраста, пошли ещё дальше и по их мнению гигантские месторождения кристаллического графита образовались над зоной закрытия Мозамбикского океана протерозойского возраста [16]. Схема их образования основана на идеях субдукции океанических осадков с органикой, а где-то на глубине происходит отделение углерода и его вынос на поверхность. Можно ещё долго продолжать примеры, когда в силу тех или иных причин генезис докембрийских месторождений полезных ископаемых ассоциировался с «тектоникой плит» и соответственно с режимом сжатия.

Однако в последние годы появляется всё больше данных о том, что для многих геологических объектов, для образования которых предполагался режим сжатия, совсем не обязательна подобная ситуация. Так, в отношении пологих тектонических зон в глубокометаморфизованных комплексах, которые почти без сомнения рассматривались как тектонические зоны надвигового типа, в настоящее время выяснилось, что отличить их от сбросов в условиях пластичных деформаций практически невозможно [7, 18]. Оказалось, что лежачие складки, которые десятилетиями рассматривались как показатели надвиговой тектоники, в большей мере формируются в обстановке горизонтального растяжения, а не сжатия [17]. До сих пор гранулиты и эклогиты многими исследователями рассматриваются как показатели режима сжатия, тогда как другие, а их число неуклонно растёт, считают, что это совсем не обязательно, а факт их наличия свидетельствует о явлениях андерплейтинга или флюидной продувки в обстановке растяжения [9, 10]. Так Лапландский гранулитовый пояс, скорее всего, является именно таким объектом, а молодые радиологические возраста фиксируют не возраст «океана», а время андерплейтинга и этапы эксгумации глубокометаморфизованных пород [10,11]. Известные во всех складчатых комплексах очковые гнейсы (бластомилониты) с большой долей вероятности отражают условия растяжения, а не сжатия, как считалось ранее. Генеральным направлением эволюции земной коры является процесс гранитизации основных пород, то есть постоянное увеличение объема и несколько парадоксальным выглядит термин «коллизионные граниты». Их классический пример – Гималайские граниты, но на самом деле это граниты А-типа [20] и образовались они в обстановке растяжения. Связана ли эта обстановка с коллизией Индии и Азии, ещё остаётся под вопросом. И, наконец, привычное понятие – «высокобарные минералы» в целом оказалось не совсем правильным, так как известно, что такие минералы как гранат, кианит, силлиманит, корунд и даже алмаз чаще всего образуются на регрессивных этапах развития геологических комплексов [11], то есть отвечают условиям растяжения. Таким образом, идеи, основанные на мо-

делях растяжения, привлекают всё большее число исследователей, особенно тектонистов. Соответственно и многие металлогенические построения должны принципиально меняться при подобной трактовке. Обратит внимание на эти проблемы исследователей других специальностей и, прежде всего металлогенистов – цель данного доклада.

С момента появления на Земле хрупкой коры, основным структурным элементом растяжения верхних частей её оболочки явились сбросы. Именно благодаря эволюции сбросов можно объяснить появление на поверхности глубокометаморфизованных пород, без какой либо существенной эрозии и соответственно решить вопрос о главном парадоксе докембрия – широчайшем развитии на поверхности Земли глубокометаморфизованных пород. Само по себе быстрое появление глубинных пород на поверхности или вблизи её за счет сбросов предопределяет два геологических явления, которые в значительной мере могли определить направление эволюции Земли. Так, породы лежащего крыла сброса по мере движения к поверхности подвергаются процессам изотермической декомпрессии, что приводит к повсеместному развитию метасоматитов и частичному плавлению, что способствует развитию метаморфических ядер (кольцевых и «вихреподобных» по форме структур) на заключительных этапах эволюции сбросовых зон [7, 18, 19]. В свою очередь глубинные зоны земной коры и мантии при декомпрессии теряют флюиды, что усиливает эффект этого плавления. Естественно, чем глубже в земную кору проникает сброс, тем более глубинные породы могут подняться к поверхности и тем больше эффект декомпрессионных явлений: плавления и метасоматических преобразований. Именно большей глубиной проникновения сбросов по мере охлаждения коры и верхней мантии можно объяснить эволюцию в истории Земли главнейших магматических формаций от «серых гнейсов» и коматиитов в докембрии до щелочных пород в фанерозое.

Идеи, в которых процессы растяжения коры реализуются посредством эволюции пологих сбросов, когда за счет явлений декомпрессии выделяется большое количество разнообразных флюидов, позволяют с принципиально новых позиций трактовать генезис многих типов как обычных горных пород, так и несущих полезные ископаемые. Известно, что большинство рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых образовалось при магматических и метасоматических процессах, которые маркируют обстановки растяжения. Остановимся на некоторых примерах, хорошо известных авторам доклада.

В Карелии, в ятулии известно большое количество проявлений аркозовых песчаников с кварцевой галькой, которые ассоциируются с толеитовыми базальтами [6]. Считается, что песчаники образовались за счет выветривания в стабильных континентальных обстановках и многократного перемыывания, а вулканы, с позиций традиционных взглядов в данной ситуации, оказываются вроде бы и лишними. Изучение современных зон активного воздымания, приуроченных к лежащим крыльям сбросов показывает, что в них чрезвычайно широко развиты явления тектоно-кессонного эффекта, когда монолитные граниты или гранито-гнейсы, моментально, по геологическим понятиям, превращаются в минеральную дресву, которая сползая по склону, образует осадочную полосчатость. То же можно сказать и про генезис галек, когда они формируются за счет процессов десквамации, которые типичны для поднятых плечей рифтов. Соответственно тектоническая и металлогеническая оценка этих явлений будет совершенно иной, чем в случае формирования континентальных осадочных формаций, а взаимосвязь обломочных пород и вулканитов в рифтовых системах является вполне закономерной. Пегматиты и основные метасоматиты часто с корундами широко развиты как в Беломорском подвижном поясе [11], так в других аналогичных структурах Мира, например редкометальные пегматиты в Мозамбикском поясе (Альто-Лигонии) [4]. До сих пор многие исследователи рассматривают их как коллизионные зоны [3,8], хотя при взгляде на эти структуры с позиций горизонтального растяжения многие особенности тектоники, стратиграфии и металлогении становятся более понятными. Так, еще памятна дискуссия о существовании гранитов, которые могли образовать пегматиты в Беломорском, Мозамбикском подвижных поясах и многих других подобных структурах. Многолетняя разработка этих пегматитов показала отсутствие их связи с подобными гранитами и именно моделью растяжения можно объяснить как сам генезис подобных поясов, так и их минерагению. Согласно этой модели пегматиты, также как и другие метасоматиты, образовались под влиянием декомпрессионных флюидов в момент вывода глубинных пород к поверхности [11], а не отвечают стадии «ультраметаморфизма», для которой, естественно, подразуме-

валась обстановка сжатия. Отмечено, что многие блоки земной коры, испытавшие тектоническое поднятие, содержат или окружены породами с аномально высокими содержаниями глинозема [11, 13], то есть, очевидно, что при декомпрессии, в силу ряда причин, подвижность глинозема существенно возрастает и формируются высокоглиноземистые метасоматические образования. Вероятно, это происходит и с другими химическими элементами, например хромом или платиноидами, но не образующими столь эффективные породы как глинозем (корундиты, кианититы, бокситы и т.д.). В этой связи интересно соотношение Al_2SiO_5/Al_2O_3 в минералах. Повышение давления приводит к переходу $Al_2SiO_5 \rightarrow Al_2O_3$, что сопровождается уменьшением объема. При понижении давления происходит обратная реакция с выделением тепла: $Al_2O_3 \rightarrow Al_2SiO_5$, а алюминий становится удобным партнером для комплексных соединений с летучими [12]. Реальным флюидом, способным формировать кислые метасоматиты и вынести из исходных пород такие элементы как: Al, Ti, Fe, Mg, Mn, PЗЭ, P, Zr, Y и переотложить их в виде мафических метасоматитов, может быть водородная смесь, где важную роль играют газы типа аулана (AlH_3) [5]. При подъеме глубинных пород меняется состав флюидов и они становятся более окисленными. В этот период формировались пегматиты, граниты и мусковитсодержащие породы. Основные компоненты, а также Au, Cu, Cr, Ni, V на этом этапе выносились в вышележащие комплексы и на поверхность.

В последние годы повышенное внимание уделяется «месторождениям несогласия» [14]. Ранее подобные месторождения относили к стратиформному типу. Так, вблизи основания разрезов крупных синформ или прогибов рифтового типа, выполненными неопротерозойскими осадками, известны крупные и гигантские месторождения урана и драгоценных металлов. Характерной особенностью этих месторождений является длительность их эволюции и наличие рудных залежей ниже контакта фундамента с отложениями собственно рифта или прогиба. Одной из причин мобилизации рудных компонентов из пород фундамента также могут быть явления декомпрессии, характерные для сбросовых зон. Таким образом, некоторые новые тектонические построения основанные, прежде всего, на моделях растяжения земной коры посредством реализации механизма простого сдвига (сброса) позволяют с принципиально новых позиций рассматривать как саму структуру месторождений полезных ископаемых, так и источник рудного вещества. При этом вопросы, связанные с изучением процессов мобилизации вещества при декомпрессии горных пород различной эффективной вязкости, остаются практически не изученными.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 09 05 00 812 и Программы № 10 ОНЗ РАН.

Литература

1. Арзамасцев А.А. Роль докембрийских плюм-литосферных процессов в образовании палеозойской Кольской щелочной провинции. В кн.: «Петрология и рудоносность регионов СНГ и Балтийского щита». Матер. Совещ. «Петрография XXI века». Апатиты. 2005. Т.3 С. 30-31.
2. Архангельская алмазонасная провинция (геология, петрография, геохимия и минералогия) / Под ред. О.А.Богатинова. М.: Изд-во МГУ. 1999. 524 с.
3. Балаганский В.В., Глазнев В.Н., Осипенко Л.Г. Раннепротерозойская эволюция СВ Балтийского щита: Террейновый анализ // Геотектоника. 1998. № 2. С. 16-28.
4. Балуев А.С. Кольцевые структуры в южной части Мозамбикского пояса и их роль в размещении пегматитовых месторождений // Изв. Вузов. Геология. 1989. № 2. С. 3-13.
5. Ларин В.Н. Гипотеза изначально гидридной Земли. М.: Недра. 1975. 137 с.
6. Негруца В.З. Докембрийская формация кварцевых конгломератов Балтийского щита. Апатиты, 1990. 150 с.
7. Склиров Е.В., Мазукабзов А.М., Мельников А.И. Комплексы метаморфических ядер кордильерского типа. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГМ. 1997. 182 с.
8. Слабунов А.И. Геология и геодинамика архейских подвижных поясов (на примере Беломорской провинции Фенноскандинавского щита). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008, 296 с.
9. Русин А.И. Общие вопросы геодинамического контроля метаморфизма // Метаморфизм и геодинамика. Мат. Межд. научн. конф. Екатеринбург. 2006. С. 104 – 108.
10. Терехов Е.Н. Лапландско-Беломорский подвижный пояс как пример корневой зоны палеопротерозойской рифтовой системы // Литосфера. 2007. №6. С.15-39.

11. Терехов Е.Н. Особенности распределения РЗЭ в корундсодержащих и других метасоматитах периода подъема к поверхности метаморфических пород Беломорского пояса (Балтийский щит)// Геохимия. 2007. № 4. С. 411-428.
12. Фации метаморфизма // Под ред. В.С. Соболева. М.: Недра. 1970. 432 с.
13. Щербакова Т.Ф., Терехов Е.Н. Геохимическая характеристика глиноземистых плагиогнейсов: к вопросу о происхождении кианитсодержащих пород Беломорского пояса // Геохимия. 2004. № 6. С. 611-631.
14. Alexandre P., Kyser K., Thomas D., Polite P., Marlat J. Geochronology of unconformity-related uranium deposits in the Athabasca Basin, Saskatchewan, Canada and the integration in the evolution of the basin // Miner Deposita. 2009. 44. P.41- 59
15. Bogdanova S., Gorbatshev R., Grad M., et. all. EUROBRIDGE: new insight into the geodynamic evolution of the European Craton // Geol. Society, London, Memorr. 32. P.599-625
16. Dissanayake C.B., Chandrajith R. Sri Lanka – Madagascar Gondwana Linkage: Evidence for a Pan-African Mineral Belt // The journal of Geology. 1999, V.107. P. 223-235.
17. Froitzheim N. Formation of the recumbent folds during synorogenic crustal extension (Austroalpine nappes, Switzerland) // Geology. 1992. V. 20. № 10. P. 923-926.
18. Talbot C.J. and Ghebreab W. Red Sea detachment and basement core complexes in Eritrea // Geology. 1997. № 7. P. 655-658.
19. Wernike B., Axen G. On the role of isostasy in the evolution of normal fault systems //Geology. 1988. V. 16. № 9. P. 848-851.
20. Zeitler P., Chamberlain C. Petrogenetic and tectonic significance of young leuco-granites from the northwestern Himalaya, Pakistan // Tectonics. 1991. V. 10. № 4. P. 729-741.

Природные коксы в залежах максовитов (Карелия, Заонежский полуостров)

Бискэ Н.С.

Учреждение Российской академии наук Институт геологии
Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск,
e-mail: Biske@krc.karelia.ru

Коксоподобные максовиты, или природные «коксы», выявлены в залежах максовитов на контактах с магматическими телами основного состава. Максовиты [1] представляют собой пелитоморфные породы с содержанием шунгитового вещества смешанного типа (первично-осадочного и миграционного) от 10 до 45%; стратиграфически приурочены к верхней подсвите заонежской свиты людиковия нижнего протерозоя. Природные коксы наблюдаются на различных шунгитоносных горизонтах среди максовитов разного состава. В результате регионального метаморфизма зеленосланцевой фации органическое вещество (ОВ) в породах заонежской свиты было преобразовано до антрацитовой стадии углефикации, что способствовало стиранию различий между коксами и породами, не испытавшими контактового воздействия. Обзор публикаций наряду с наблюдениями автора позволил выделить характерные структурно-текстурные особенности коксоподобных максовитов: столбчатую (призматическую) отдельность, высокую пористость, а также комплекс признаков пластичного состояния органической массы (облекание минеральных зерен, флюидальность и т.п.).

Столбчатая отдельность является основным определяющим признаком каменноугольных коксов. Согласно [8], «пальчиковый уголь» представляет собой природный кокс в виде небольших гексагональных столбиков, образующийся вблизи интрузии магматических пород. Флюидальная текстура, свойственная коксоподобным максовитам, свидетельствует о прохождении ими пластического состояния. Известно [6], что часть углей обладает спекаемостью, т.е. при нагревании в интервале температур от 350 до 500°C переходит в пластическое состояние и спекается при температуре 500-600°C, образуя твердый пористый продукт полукокк, преобразующийся в кокс при дальнейшем повышении температуры. С увеличением стадии метаморфизма угля интервал пластичности смещается в область более высоких температур. Коксование сопровождается выделением летучих продук-