

БЕЛОМОРСКИЙ ПОДВИЖНЫЙ ПОЯС БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

Расшифровка истории развития подвижных поясов – одна из актуальных задач геологии раннего докембрия, тем более, что подвижные пояса являются результатом взаимодействия литосферных плит и их изучение проливает свет на роль плитной тектоники на ранних стадиях геологической истории Земли. На примере Беломорского подвижного пояса, прошедшего ряд испытанных воздействием различных геодинамических обстановок, продемонстрирован принципиальный подход к расшифровке подвижных поясов, относящихся к складчатым сооружениям наивысшего класса сложности. Согласно предлагаемой методике, во-первых, выявляется продольная структурно-вещественная зональность складчатого пояса. Во-вторых, по структурным и вещественным признакам выявляется шов, по которому соприкасались взаимодействующие плиты, и тем самым устанавливается характер их взаимодействия (субдукция, обдукция, коллизия). Наконец, анализируется характер зональности, развитой по обе стороны от установленного шва, и выявляются особенности каждой зоны. Такой системный подход к анализу раннедокембрийских подвижных поясов позволяет установить индивидуальные особенности исследуемого пояса.

The deciphering of mobile belts is one of urgent problems of the geology of Early Precambrian. Mobile belts are the results of interaction of lithosphere plates. Their investigation can shed light on the role of the plate tectonics early in the geological history of the Earth. By the example of the Belomorian mobile belt the fundamental approach to the deciphering of fold structures of the highest complexity is demonstrated. In accordance to proposed strategy firstly the longitudinal structural-material zonality of the fold belt came to light and secondly from structural and material signs the suture along which interacting plates come into contact with each other is revealed and the character of their interaction (subduction, obduction, collision) establishes. Finally the zonality for the each side of the suture is analyzed and special features of the each zone is revealed. This system approach of analysis of the Early Precambrian mobile belts significantly facilitates the resolving of the problem and makes possible of the establishing of individual features of the belt under investigation.

Введение

В настоящее время подвижными поясами обычно называют крупные полосовидные в плане складчатые сооружения, возникшие на месте зон взаимодействия смежных тектонических плит. Типичным примером подобного сооружения раннедокембрийского возраста, к тому же прошедшего полициклическое развитие, т. е. испытывшего ряд последовательно сменяющих друг друга геодинамических обстановок, является Беломорский подвижный пояс (БПП), относящийся и в структурном, и в вещественном отношении к наиболее сложным раннедокембрийским покровно-складчатым конструкциям. БПП прослеживается в северо-западном направлении от южного окончания Белого моря, где он скрывается под чехлом Восточно-Европейской платформы, до финской границы и далее – в северо-западном направлении, где он перекрывается каледонидами Северной Норвегии.

На смену множеству представлений о природе Беломорского пояса в 1987 г. пришла работа Г. Га-

ала и Р. Горбачева [22], в которой БПП обосновывался как результат субдукции протоокеанической плиты под край Карельского кратона. Это положило начало интерпретации региональной структуры БПП с позиции тектоники литосферных плит. С тех пор новая глобальная тектоника стала прочной основой геодинамических представлений о развитии БПП, хотя отдельные этапы развития подвижного пояса в понимании разных исследователей отличаются существенной спецификой. Но главное состоит в другом. Если до построений Г. Гаала и Р. Горбачева большинство специалистов или целые коллективы исследователей выдвигали собственные концепции развития БПП, в корне отличавшиеся от построений коллег, то после работы [22] большинство геологов, специализирующихся в области раннего докембрия восточной части Балтийского щита, хотя и не отличается полным единомыслием, по существу разрабатывает одну и ту же модель становления и развития Беломорского пояса.

Принципиальное единство представлений о развитии БПП определилось также благодаря

широкому применению современной геохронологии [1–3, 5, 21 и др.], что привело исследователей к заключению о закономерной смене в пределах Беломорского пояса ряда последовательно проявленных геодинамических обстановок и к выяснению роли Хетоламбинской микроплиты в становлении БПП.

БПП на протяжении многих млн лет являлся зоной взаимодействия Карельского кратона и Хетоламбинской микроплиты, которая примерно в интервале 2880–2720 млн лет выступала в роли океанической плиты. Последняя погружалась, строго говоря, не под краевую часть Карельского кратона, а под некоторую промежуточную зону, сложенную тоналитами, в которой никакой ощутимой примеси древнего корового материала не обнаружено [21]. Между тем субдукция Хетоламбинской микроплиты под промежуточную тоналитовую зону привела к становлению БПП. Позднее субдукция сменилась коллизией (2720–2680 млн лет), и только в ходе палеопротерозойского рифтинга (2450–2350 млн лет) Хетоламбинская микроплита, тесно спаянная с Карело-Беломорской плитой, перестала играть роль самостоятельной тектонической массы, располагавшейся, вероятно, между Карельским кратоном и Кольским блоком. Позднее Хетоламбинская плита совместно с Карело-Беломорской вступила в непосредственный контакт и взаимодействие с Кольским блоком и почти полностью была перекрыта гигантским свекофенским Лапландским аллохтоном, перемещавшимся в южном и юго-западном направлениях и сохранившимся сейчас в виде крупных реликтов — собственно Лапландского аллохтона по северо-восточному побережью Кандалакшского залива и Риколатвинского покрова, расположенного к северо-западу — на простирации Кандалакшского залива (рис. 1). Все это резко усложнило структуру БПП. История тектонического развития позволила использовать этот интереснейший геологический объект в роли классической модели развития подвижных поясов раннего докембрия и в идеале облегчить исследование других подвижных поясов подобного класса.

Первое и главное, с чем сталкивается исследователь при изучении подвижного пояса, — это дискретность и в конечном счете гетерогенность отдельных полос, слагающих единое складчатое или покровно-складчатое сооружение, полос, вытянутых субпараллельно простирацию подвижного пояса. Конечно, такая параллельность не выдерживается строго на протяжении всего пояса, что связано с реологической неоднородностью слагающих его образований, неравномерностью проявления дислокационных процессов, прежде всего покровообразования, неправильной формой интрузивных тел и мн. др. причинами. Главная задача — постепенное осмысление этой гетерогенности, по крайней мере после выяснения положения контакта между взаимодействующими плитами и изучения каждой из выделяющихся полос, составляющих в совокупности подвижный пояс.

Выявление контакта между взаимодействующими литосферными плитами

Для выявления контакта между взаимодействующими литосферными плитами в первую очередь надо обратиться к анализу наблюдаемой гетерогенности фанерозойских подвижных поясов. Одна из наиболее распространенных границ между взаимодействующими литосферными плитами фанерозоя — субдукционный трог или преддуговой прогиб. В подвижных поясах фанерозоя преддуговые прогибы обычно сложены пелагическими и гемипелагическими осадками чехла океанической коры, а в раннедокембрийских поясах — обломочным материалом, поступающим с бортов преддугового прогиба, прежде всего с крутого склона, сложенного континентальными образованиями и обращенного в сторону протоокеанической плиты. Сразу следует подчеркнуть, что в раннедокембрийских подвижных поясах никакие элементы рельефа океанического дна (преддуговые прогибы, тем более глубоководные трог) сохраниться не могут. Поэтому задача сводится к реконструкции вещественного состава, сначала к обнаружению обломочного материала, выполняющего преддуговую прогиб. В БПП субдукционный желоб выполнен преимущественно метаграувакками с резко подчиненными прослоями вулканитов кислого—среднего, иногда основного состава [19]. Этот комплекс пород сравнительно небольшой мощности (1–3 км) выделен в Чупинский покров и позволяет провести главную структурную линию Беломорского пояса, определяющую современное положение контакта взаимодействующих плит. Чупинские граувакки залегают на Хетоламбинской микроплите и погружаются на юго-запад под тоналитовую промежуточную зону, отнесенную к Ковдозерскому покрову (рис. 1). По данным Е. В. Бибиковой с соавторами [21], чупинские гнейсы возрастом 2870 ± 30 млн лет относятся к числу самых древних супракрустальных образований БПП. Но если учесть продолжительность субдукции и непосредственный переход ее в позднейшую коллизию (о чем будет сказано ниже), то и субдукционный желоб мог существовать вплоть до рубежа 2720 млн лет. Таков примерно может быть и возраст метаграувакк, завершающих выполнение желоба.

Контакт между взаимодействующими плитами, в данном случае между Хетоламбинской микроплитой и Чупинским покровом, в ряде случаев имеет очень сложную конфигурацию. Для нашей задачи его приходится несколько упрощать, что не приводит к принципиальным ошибкам (рис. 1).

Другая задача, связанная с первой, — выяснение вещественной характеристики взаимодействующих плит, что в большинстве случаев, даже в отрыве от структурной информации, определяет важнейшую характеристику подвижного пояса на раннем этапе его становления. В том случае, когда обе плиты представлены континентальными об-

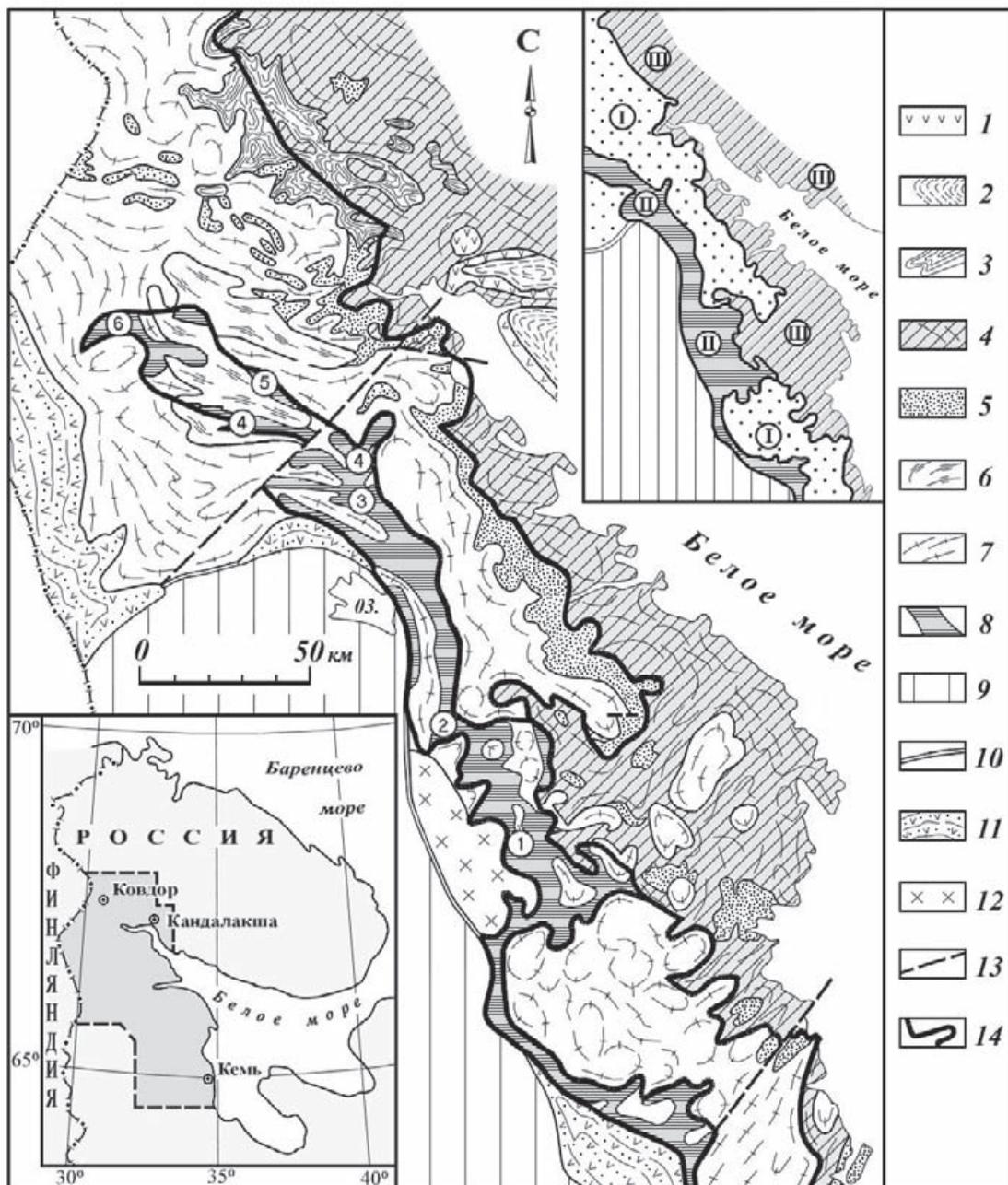


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Беломорского подвижного пояса. На врезке – схема структурно-вещественной полосчатости БПП без протерозойских образований и свекофенских покровов

1–9 – Беломорский подвижный пояс: 1 – реликты сумийских рифтогенных структур, сложенных метаморфизованными андезибазальтами; 2, 3 – свекофенский аллохтон, покровы: 2 – Лапландский (гранулиты основного и среднего состава), 3 – Риколатвинский (тоналитовые гнейсы с согласными телами базитов, ультрабазитов и супракраустальных пород); 4–6 – позднеархейский (Беломорский) аллохтон, покровы: 4 – Хетоламбинская микроплита, нерасчлененная (биотитовые, амфибол-биотитовые, гранатсодержащие биотит-амфиболовые гранито-гнейсы, разновозрастные тоналиты, толеитовые базальты, инъецированные тоналитами, амфиболиты неясного генезиса, в т. ч. графитсодержащие, эклогиты, мраморы); 5 – Чупинский (метаморфизованные граувакки с прослоями вулканитов среднего, кислого, реже основного состава), 6 – Ориярвинский (тоналитовые гнейсы); 7 – Ковдозерский (тоналитовые гнейсы, в ядрах диапировых куполов ремобилизованные); 8 – Тикшозерский островодужный пояс (керетьозерская, хизоваарская, кичанская, каликорвинская, толвандская вулканические серии); 9 – Карельский кратон, нерасчлененный; 10 – предполагаемая граница между Беломорским подвижным поясом и Карельским кратоном; 11 – прогибы на этой границе, выполненные фрагментами свекофенского аллохтона (лопийские, сумийские, ятулийские, людиковийские образования); 12 – чарнокиты топозерского комплекса; 13 – разломы; 14 – границы продольных структурно-вещественных полос БПП. Цифры в кружках – структуры и островодужные вулканические серии: 1 – керетьозерская, 2 – хизоваарская, 3 – кичанская, 4 – каликорвинская, 5, 6 – алакуртинская, толвандская.

На врезке структурно-вещественные полосы: I – Чупинско-Ковдозерская, II – Тикшозерская, III – Хетоламбинская

разованиями, мы имеем дело с коллизионной обстановкой, если же (наиболее частый случай) одна из плит континентальная (например, Карельский кратон), а другая выступает в роли океанической и соответственно поддвигается под кратон, то следует говорить о субдукционной обстановке. Для раннедокембрийских, особенно архейских образований характерна глубокая переработка первичного материала, и океаническая природа такой плиты может быть далеко не очевидной. Поэтому для выяснения геодинамической обстановки необходимо изучение вещества и характера вещественных преобразований.

Все элементы аллохтона, оформившиеся на субдукционном этапе становления БПП, включая образования Хетоламбинской микроплиты, расланцовываются и сминаются в крупные (или гигантские) лежащие складки, которые периодически по простиранию подвижного пояса меняют не только направление падения пород на обратное, но и последовательность залегания элементов аллохтона на противоположное [10]. Элементы аллохтона и крупные лежащие сжатые или изоклинные складки — главные структуры, определившие деформационное состояние БПП после позднеархейской субдукции.

Ковдозерский тектонический покров

Ковдозерский покров совместно с Чупинским слагает первую структурно-вещественную полосу, непосредственно примыкающую с юго-запада к главной структурной линии БПП. Ковдозерский покров весьма однороден по вещественному составу и сложен преимущественно мелко- и тонкозернистыми тоналито-гнейсами с незначительной примесью биотита и магнетита. В то же время он занимает особое место в структуре Беломорского пояса. Строго говоря, хорошо картируется только северо-восточная граница покрова, в то время как со всех других сторон граница распространения покрова намечается предположительно. Залегание ковдозерских тоналитов в тектоническом покрове сомнения не вызывает, поскольку под них погружаются чупинские граувакки, но насколько далеко они проникают в юго-восточном направлении и соответственно определяют покровную структуру ковдозерских тоналитов, остается неясным. В южной и центральной частях БПП можно предполагать, что Тикшозерский зеленокаменный пояс, слагающий вторую структурно-вещественную полосу, залегает на Ковдозерском покрове, но в северо-восточной части БПП, где Тикшозерский пояс выклинивается, исчезают даже косвенные соображения о границах распространения покрова. Зато вдоль преддугового трога, в полосе шириной в несколько десятков километров, критерии для выделения Ковдозерского покрова сомнений не вызывают. Для такого утверждения имеются два типа доказательств. Во-первых, антиформные структуры, отчетливо проявленные в пределах самого Чупинского трога, например, Серякская ан-

тиформа. Там, где шарниры антиформ воздымаются, из-под тоналитов Ковдозерского покрова выступают чупинские метаграувакки. Наиболее крупное тектоническое окно, сложенное чупинскими метаграувакками, — Североковдозерское. Оно является непосредственным продолжением Серякской антиформы и прослеживается по простиранию более чем на 10 км. Гораздо чаще в поле развития Ковдозерского покрова встречаются специфические тектонические окна, связанные со свекофенскими диапировыми куполами [8]. Они выносятся на поверхность чупинские граувакки. С некоторыми из них связаны проявления слюдоносных пегматитов с возрастом 1800 млн лет. Таким образом, Ковдозерский покров подстилается образованиями Чупинского покрова, которые залегают на сравнительно небольшой глубине и в любой благоприятной ситуации обнажаются в многочисленных тектонических окнах.

Все эти факты, на первый взгляд укладывающиеся в традиционную схему, противоречат представлению о субдукции Хетоламбинской микроплиты под край Карельского кратона, поскольку изотопно-геохронологические признаки кратона в промежуточной тоналитовой зоне отсутствуют. Для объяснения этого явления были сделаны специальные траверсы через Ковдозерский покров от Тикшозерского островодужного пояса (в районе оз. Кичаны) до Чупинского покрова (в районе Тупой губы Ковдозера). Изотопно-геохимические исследования, выполненные на основе полученного материала, показали, что массовое тоналитообразование по изотопному возрасту значимо не отличается от возраста субдукции и могло происходить путем выплавления из обогащенных магнийем субдуцированных базальтов в связи с повышенной степенью парциального плавления мантийного вещества в условиях высокого теплового потока [12]. В этих условиях какие-либо признаки корового вещества в тоналитах, связанных с субдукцией, отсутствуют. Наконец, массовое тоналитообразование и субдукция при названных условиях могли иметь причинно-следственные связи. Что касается Карельского кратона, то он, хотя и являлся участником рассматриваемого тектонического процесса, оказался пространственно оторванным от зоны субдукции полосой тоналитов шириной порядка 60–80 км.

На этом фоне особого внимания заслуживает контакт Ковдозерского покрова с погружающимися под него чупинскими гнейсами. Первичные морфологические признаки сместителя, имеющие длительную структурно-метаморфическую историю, к сожалению, полностью утратились и не дают возможности судить о предполагаемой специфике субдукционного процесса. Практически мы наблюдаем обычный процесс залечивания сместителя разновозрастными образованиями. В данном случае к ним относятся непродатированные продукты ультраметаморфизма, диориты (2730 млн лет [23]), поздние тоналиты и гиперстеновые граниты (2728 млн лет [4]), габбро-нориты (2692 млн

лет [7]), поздние диориты (2657 млн лет [7]) и трондьемиты (2528 млн лет [7]). Эти и другие, еще детально не изученные породы свидетельствуют о чрезвычайно активной контакте на протяжении длительного времени. Обращает на себя внимание, что перечисленные новообразования приурочены к контакту Ковдозерского покрова с чупинскими граувакками и практически отсутствуют на контакте чупинских образований с породами Хетоламбинской микроплиты. Создается впечатление, что главный сместитель совпадал с кровлей Чупинского покрова, который гораздо теснее был связан с Хетоламбинской микроплитой, чем с Ковдозерским покровом. Впрочем, существуют и иные данные и соображения, свидетельствующие об обратном, о чем будет сказано ниже.

Система вулканических поясов (островных дуг)

Система островодужных вулканических поясов слагает вторую, краевую структурно-вещественную полосу БПП и прослеживается практически непрерывно вдоль всей окраины БПП, начиная от Лехтинской структуры, расположенной на стыке Карельского кратона с БПП через керетьозерскую, хизоваарскую, кичанскую, каликорвинскую, толландскую, алаккуртинскую вулканические серии (цифры в кружках 1–6 на рис. 1). Бросается в глаза, что все островодужные пояса приурочены к юго-западной окраине БПП. Это значит, что подвиг Хетоламбинской микроплиты, локально (или повсеместно?) перекрытой чупинскими граувакками, затягивавшимися в зону поддвига под промежуточную тоналитовую зону, осуществлялся с северо-востока на юго-запад. Сам состав и строение перечисленных вулканических серий является ярким подтверждением субдукционной геодинамической обстановки на ранней стадии становления БПП [16]. Поскольку возраст вулканических серий, а точнее, известково-щелочных вулканитов, завершающих, как правило, разрез перечисленных серий, сопоставляется с возрастом субдукции, то время проявления последней, по-видимому, определяется вулканическими сериями керетьозерской (2880–2820 млн лет [1]), хизоваарской (2820–2780 млн лет [1]), а также каликорвинской, датированной только по нижней части разреза (2775 млн лет [17]), и кичанской, датированной только по андезитах верхней части разреза (2720 млн лет [6, 16]). Таким образом, островодужные вулканические серии практически формировались во всем возрастном интервале от 2880 до 2720 млн лет, а это значит, что субдукция была непрерывной или ступенчатой, но так или иначе занимала весь названный интервал. Большинство вулканических серий Тикшозерского пояса пространственно сближено и, по заключению Е. В. Бибиковой и др., аккрецировано [1]. Этот вывод нашел подтверждение и развитие и в наших исследованиях. Нами не только установлены две дополнительные вулканические островодужные серии – кичанская и каликор-

винская, но и расшифрованы конкретные структурные соотношения между ними на северном берегу оз. Кичаны (рис. 2). Нижняя часть каликорвинской серии примерно на 1 км надвинута с севера на образования кичанской вулканической серии и образует с ней и подстилающими тоналитами совместную сжатую синформу. Все это создавало бы иллюзию совершенно согласных соотношений обеих серий, если бы образования Кичанской серии не подходили под острым углом к западному крылу упомянутой синформы. Кроме того, уместно напомнить, что с Каликорвинской структурой связан целый клубок противоречивых интерпретаций. Сначала Ю. В. Миллер, Р. И. Милькевич, Т. А. Мыскова, В. А. Глебовицкий единогласно рассматривали ее как выход Чупинского покрова [11, 15, 18]. Сейчас, когда получен возраст каликорвинских образований (2775 млн лет), тот же вещественный состав рассматривается как островодужный, хотя известково-щелочной характер верхней подсерии пока что только предполагается, а возраст чупинских пород, как и субдукция, оказался растянутым во времени и не может влиять на генетическую природу комплекса. Между тем, все многочисленные разрезы Каликорвинской структуры [11, 15, 18] демонстрируют выдвигание супракрystalльных образований из-под окружающих тоналитов, т. е. структуру, характерную для тектонических окон. Это связано, по-видимому, с продолжающейся субдукцией и новообразованными тоналитами, которые перекрыли ранее сформированные супракрystalльные породы. К тому же вещественная характеристика нижней, толеитовой части разреза каликорвинского комплекса и положение Каликорвинской структуры в составе Тикшозерского пояса делают высказанные предположения об островодужной природе комплекса достаточно обоснованными.

Все это свидетельствует, во-первых, об асинхронности субдукции (а тектонические окна — тоже форма проявления этого процесса), во-вторых, о его длительности и непосредственном переходе в коллизионную обстановку [9]. Действительно, позднеархейская коллизия характеризуется выдвиганием Хетоламбинской микроплиты на уже оформившуюся в значительной степени Беломорскую покровно-складчатую структуру, что хорошо видно в Энгозерском секторе БПП (рис. 3). Образования Хетоламбинской микроплиты перекрыли тоналиты Ковдозерского покрова и локально надвинулись на керетьозерскую вулканическую серию Тикшозерского пояса. Эта картина наблюдается на современном эрозионном срезе и изучена А. И. Слабуновым [20]. В то же время есть все основания полагать, что на более высоких гипсометрических уровнях, в настоящее время эродированных, Хетоламбинская плита перекрывала значительно большие территории, и в частности весь Тикшозерский островодужный пояс. На поверхности Хетоламбинской микроплиты в многочисленных реликтовых синформах (их гораздо больше, чем показано на рис. 3)

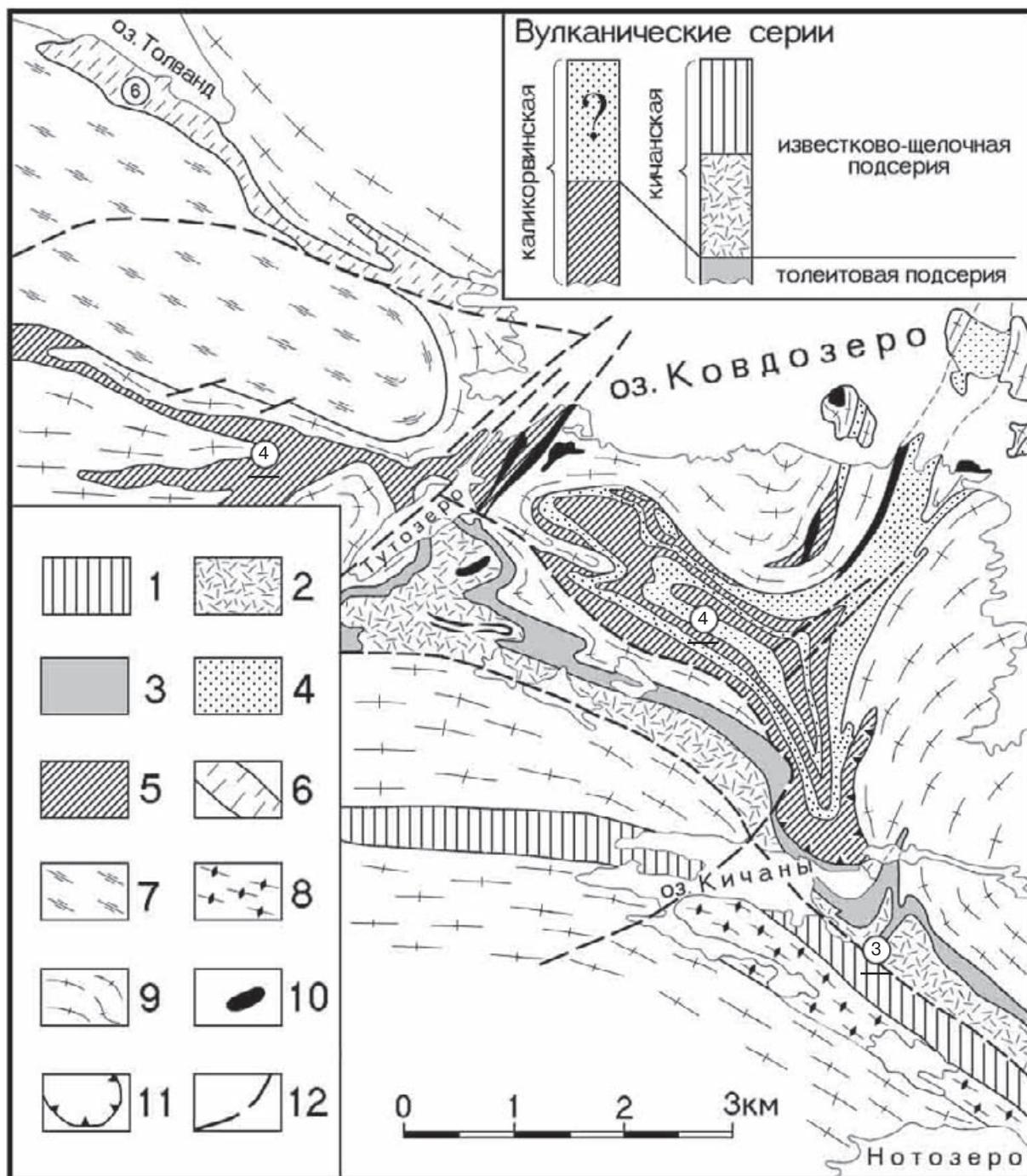


Рис. 2. Схематическая карта северной части Тихозерского зеленокаменного пояса. Сост. Ю. В. Миллер с исполз. материалов Р. И. Милькевич, А. Б. Львова и А. И. Слабунова

1–3 — Кичанская вулканическая серия: 1–2 — верхняя подсерия (1 — метаморфизованные туфы андезидаци- тов с телами базальтов и андезибазальтов известково-щелочной серии, 2 — метаморфизованные андезидаци- товые и андезитовые туфы), 3 — нижняя подсерия — толеитовые базальты с редкими линзами пироксенитов и перидотитов; 4–5 — каликорвинская вулканическая серия (4 — верхняя подсерия — метаграувакки преимуще- ственно за счет разрушения дацитов известково-щелочной серии, 5 — нижняя подсерия — метабазальты толе- итотые, реже коматиитовые, с немногочисленными прослоями вулканитов среднего–кислого состава извест- ково-щелочной серии); 6 — толвандская вулканическая серия, нерасчлененная: базальты и андезибазальты, вул- каниты среднего–кислого состава известково-щелочной серии; 7 — Ориярвинский покров — тоналитовые гнейсы; 8 — позднеархейские рассланцованные граниты; 9 — тоналитовые гнейсы Ковдозерского покрова(?); 10 — селетские друзиты; 11 — надвиговый контакт; 12 — разломы и разломные контакты. Цифры в кружках — вулканические серии (соответствуют цифрам на рис. 1)

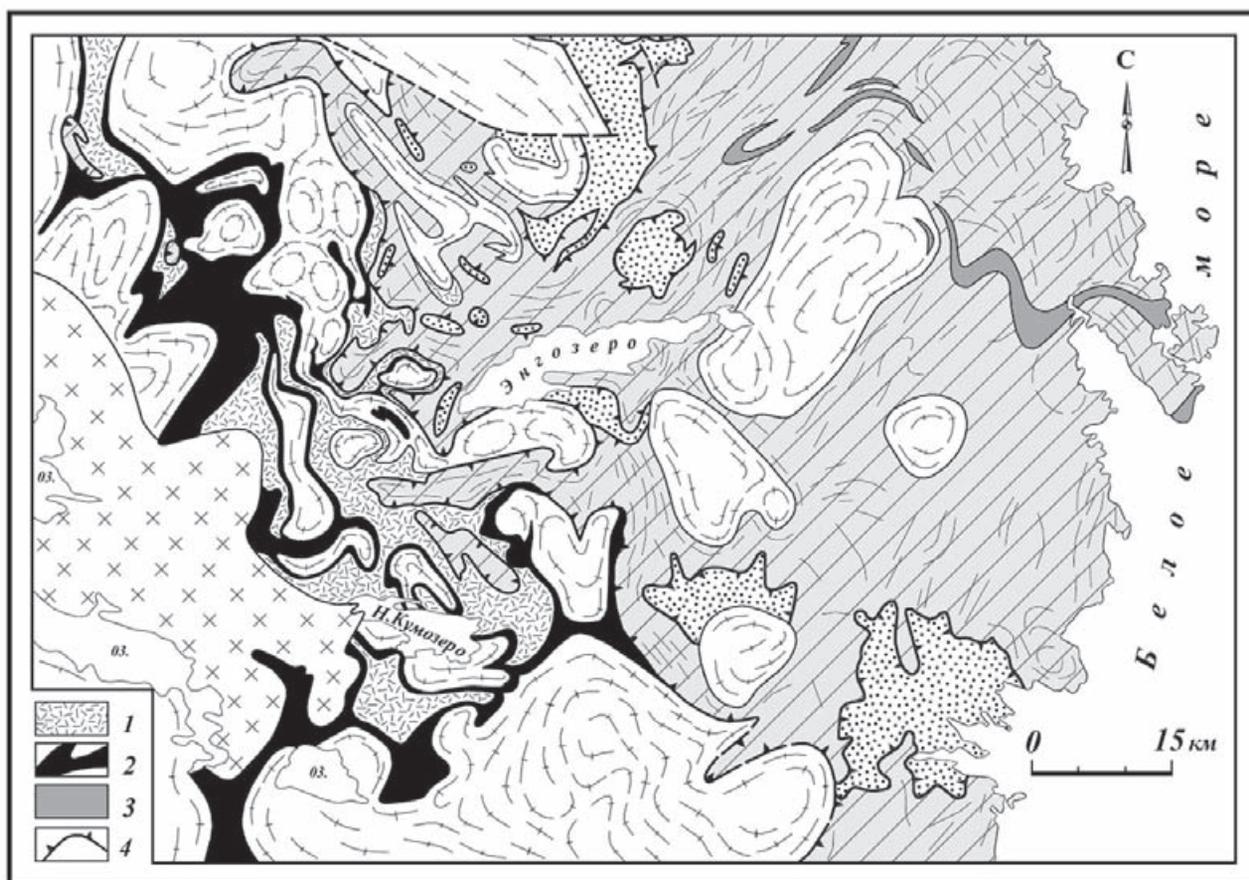


Рис. 3. Схематическая геологическая карта Энгозерского сектора Беломорского подвижного пояса. Сост. по материалам А. И. Слабунова, В. С. Степанова, Н. В. Горлова и др. с исполз. карт магнитных аномалий в проекции А. Н. Берковского

1–2 — Тикшозерский зеленокаменный пояс (сверху вниз): 1 — хаттомозерская свита — преимущественно сланцы по 2 — хаттомозерская свита — преимущественно сланцы по вулканитам среднего–кислого состава известково-щелочной серии, 2 — верхнекумозерская свита — метаморфизованные толеитовые, реже коматиитовые базальты; 3 — мафические зоны в составе Хетоламбинской микроплиты — метаморфизованные толеитовые, реже коматиитовые базальты с согласными телами метадiorитов, многочисленными дайками ультрабазитов, редкими согласными телами гранат-биотитовых гнейсов; 4 — сместители, разделяющие покровы. Остальные усл. обозн. см. к рис. 1

без видимых признаков несогласия залегают чупинские метаграувакки.

Надвинутые хетоламбинские образования нарушили установившееся гравитационное равновесие, привели к росту многочисленных диапировых куполов, направленных на восстановление нарушенного равновесия, а новообразованные граниты, проявившиеся в ядрах этих куполов, дали возраст 2720 млн лет [3], т. е. тот же самый возраст, что и вулканиты верхней части разреза кичанской вулканической серии. Это значит, что Хетоламбинская микроплита в ходе позднеархейской коллизии расщепилась на две пластины, из которых нижняя продолжала поддвигаться под тоналиты Ковдозерского покрова и привела к формированию кичанской вулканической серии, а верхняя одновременно принимала активное участие в коллизионном процессе, формировании диапировых куполов, новообразовании гранитов, в метаморфизме. В частности, Хетоламбинская (предпо-

ложительно протоокеаническая) плита надвигалась на тоналиты Ковдозерского покрова, т. е. формально осуществлялась обдукция. В данном случае все перечисленные и, на первый взгляд, противоречивые процессы следует рассматривать как различные формы осуществления коллизионной обстановки. В другой части БПП, к западу и северо-западу от Ковдозера, в ходе позднеархейской коллизии выдвинулся еще один существенно тоналитовый Ориярвинский покров (рис. 1, 2).

Немаловажно, что в результате выдвигания Хетоламбинской микроплиты в пределах Энгозерского сектора БПП (см. врезку на рис. 1, рис. 3) нарушилась последовательность залегания макрополосчатости БПП (третья структурно-вещественная полоса надвинулась на первую и частично на вторую структурно-вещественные полосы), что послужило несомненным аргументом в пользу покровной структуры Беломорского пояса. Эту же важнейшую закономерность можно сформулиро-

вать и иначе. Если структурно-вещественные комплексы, относящиеся к одной или разным геодинамическим обстановкам, например, чупинские граувакки и вулканические серии Тикшозерского островодужного пояса, в одних разрезах подвижного пояса пространственно разобщены, а в других пространственно совмещены и создают иллюзию непрерывного согласного разреза, то это бесспорный признак покровной структуры подвижного пояса. Так, например, в Энгозерском секторе БПП керетьозерская вулканическая серия без видимого несогласия перекрывается хетоламинскими образованиями, на которых тоже «согласно» залегают чупинские граувакки, венчающие якобы сквозной разрез супракрусталльных пород. При обосновании покровной структуры БПП уже формулировались признаки тектонических покровов [14]. Но они в большинстве, взятые изолированно, оставались спорными. В отличие от них рассмотренный признак однозначен. Это важно подчеркнуть, поскольку некоторые геологи до сих пор отрицают покровную структуру БПП.

Хетоламинская микроплита

Хотя в пределах Хетоламинской микроплиты и есть отдельные тектонические пластины, ни одна из них не прослеживается на значительные расстояния. Поэтому Хетоламинскую плиту рационально рассматривать как нерасчлененную раннедокембрийскую толщу, слагающую единую структурно-вещественную полосу.

Эта толща по своему составу гораздо разнообразнее, чем Ковдозерский покров. В ее строении принимают участие биотитовые, амфибол-биотитовые, иногда гранатсодержащие биотит-амфиболовые гранито-гнейсы, разнообразные и, вероятно, разновозрастные тоналиты. Значительно распространены толеитовые базальты и метагабброиды, инъецированные тоналитами. В виде редких включений встречаются тела графитсодержащих гранатовых амфиболитов, эклогитов, мраморов. На этом фоне отчетливо выделяются немногочисленные так называемые мафические зоны, сложенные толеитовыми, реже коматиитовыми базальтами, чередующимися с диоритами, прорванные многочисленными дайками ультрабазитов. Иногда в ассоциации с базитами встречаются согласные тела гранат-биотитовых гнейсов. Мафические зоны локально подвергаются интенсивной мигматизации.

Мафические зоны обычно имеют ширину в несколько сот метров, иногда превышают 1 км и прослеживаются по простиранию на многие десятки, иногда на первые сотни километров. В отличие от прочих элементов строения БПП, Хетоламинская плита существенно меняет состав по простиранию пояса. Если на широте Ковдозера она сложена преимущественно поздними тоналитами, биотитовыми, биотит-амфиболовыми гранатсодержащими гнейсами, другими существенно лейкократовыми породами, то уже к югу от Чупинской губы постепенно начинают преобладать

меланократовые разновидности пород и, в частности, толеитовые базальты и метагаббро, инъецированные тоналитами, ультрабазиты, различные амфиболиты неясного генезиса. Мафические зоны только подчеркивают общий мафический облик преобладающих пород и занимают в этом вещественном ансамбле определенную структурную позицию: они залечивают ослабленные зоны и разрывы, субсогласные с доминирующей складчатостью, и ориентированы под различными углами к трогу, отделяющему Хетоламинскую микроплиту от остальной части Беломорского пояса. При этом наиболее мощные мафические зоны своими северо-западными окончаниями упираются в трог (или по крайней мере очень близко к нему подходят), тогда как противоположные, юго-восточные окончания располагаются в десятках километров от трога (на рис. 1 мафические зоны не показаны). Другими словами, внутренняя складчато-разрывная структура Хетоламинской микроплиты, подчеркнутая мафическими зонами, автономна относительно остальной части БПП. Соответственно на границе Хетоламинской микроплиты и трога, маркирующегося Чупинским покровом, фиксируется крупнейшее структурное несогласие Беломорского пояса. Конечно, многочисленные совместные структурно-метаморфические переработки сильно исказили названные закономерности. Тем не менее они читаются непосредственно на мелкомасштабной геологической карте, но с трудом фиксируются или вообще не фиксируются даже на крупных детально закартированных участках.

В настоящее время тоналиты Хетоламинской микроплиты в районе п-ова Толстик дали возрасты 2741 ± 43 [3] и 2759 ± 6 млн лет [5], но есть основания полагать, что значительно развиты и более древние разновидности тоналит-трондьемитового магматизма. Самая древняя датировка для мафической зоны получена Е. В. Бибиковой с соавторами [2] по прослою гнейсов, соответствующих по составу риодацитам, — 2878 ± 13 млн лет. Из сказанного следует, что Хетоламинская микроплита в настоящее время представляет собой сочетание разновозрастных и гетерогенных образований, и выделение из них пород, принадлежащих ей изначально, — сложная и трудоемкая задача. И все-таки можно предполагать, что первоначально она представляла собой океаническую микроплиту, впоследствии интенсивно переработанную многочисленными наложенными преобразованиями. Об этом свидетельствует прежде всего та роль, которую она сыграла в становлении БПП.

Важнейшие методические итоги исследования Беломорского подвижного пояса

Важнейший вывод, сделанный коллективом Беломорской группы ИГГД РАН в итоге многолетних исследований БПП, сводится к тому, что в раннем докембрии тектоника литосферных плит

функционировала и, в частности, определяла причины становления и историю развития архейских подвижных поясов. Вне тектоники плит мы оказались бы беспомощными перед набором фактов, полученных нами и многими нашими предшественниками, в т. ч. и теми, кто не разделяет наших теоретических представлений.

Крайне эффективный прием, который мы всячески пропагандируем, — изучение и анализ продольной мегаполосчатости подвижного пояса, позволил провести границу между Хетоламинской микроплитой и смежной с нею частью Карельского кратона, т. е. главную структурную линию подвижного пояса, и выявить важнейшие характеристики пояса, выражающиеся, в частности, в его асимметрии. Именно резко асимметричное строение пояса — смещение Тикшозерского пояса к юго-западному его борту — находит наиболее полное объяснение с позиции становления кровно-складчатого сооружения в результате субдукции Хетоламинской микроплиты и перекрывающего его Чупинского покрова в юго-западном направлении под промежуточные тоналиты в направлении Карельского кратона.

Более того, асимметричное строение пояса подводит к выводу о пространственной разобщенности Хетоламинской микроплиты и Карельского кратона, в процессе которой Хетоламинская микроплита испытала некоторое автономное развитие на стадии, предшествовавшей становлению БПП. Действительно, складчато-разрывные деформации, определившие структурный план Хетоламинской микроплиты, не нашли отражения в остальной части БПП, в т. ч. и в чупинских граувакках, которые, по-видимому, отлагались на хетоламинских образованиях, ранее дислоцированных по автономному структурному плану. По существу на этой стадии реализовался косой подвиг Хетоламинской микроплиты под тоналиты промежуточной зоны. А в процессе автономного развития Хетоламинской микроплиты заложились мафические зоны, «утяжелившие» Хетоламинскую плиту и способствовавшие ее погружению под «легкие» тоналиты промежуточной зоны.

Обращает на себя внимание, что несмотря на сложное полициклическое развитие в БПП сохранились важнейшие элементы древнейшей субдукционной обстановки: чупинские гнейсы, выполняющие шов между взаимодействующими плитами, система островодужных вулканических поясов, объединенных (аккретированных) в Тикшозерский пояс, а в пределах Хетоламинской микроплиты мафические зоны, имеющие, с нашей точки зрения, непосредственное отношение к субдукции.

Установлено, что главный сместитель, по которому Хетоламинская микроплита погружалась под промежуточную тоналитовую зону, по крайней мере с начала коллизии совпадал не с кровлей Хетоламинской микроплиты, а с кровлей Чупинского покрова. Под кровлей в данном случае понимается не стратиграфическая кровля, а поверхности, изначально ограничивающие сверху

названные элементы аллохтона. Именно к границе Чупинского и Ковдозерского покровов приурочены разновозрастные продукты ультраметаморфизма и тела разнообразных интрузивных пород, маркирующих главный сместитель. Можно предположить, что первоначально главный сместитель совпадал с кровлей Хетоламинской микроплиты, а позднее, после определенной перестройки, связанной с началом субдукции, скачкообразно перешел на энергетически более выгодный уровень аллохтонного сооружения, тогда как древний сместитель был перекрыт чупинскими граувакками. Этим можно объяснить отсутствие интрузивных образований, залечивающих сместитель, древнее диоритов возрастом 2730 ± 10 млн лет, тогда как субдукция проявилась гораздо раньше. По-видимому, более древние интрузивные породы, связанные с изначальной позицией главного сместителя, оказались перекрытыми чупинскими образованиями, как и сам древний сместитель.

Особого внимания заслуживает промежуточная зона между Карельским кратоном и Хетоламинской микроплитой, не несущая следов корового вещества. В этом отношении она является заведомым отклонением от обычной субдукционной ситуации. По-видимому, благоприятные условия для массового выплавления тоналитов, синхронного самой субдукции, — обогащение магнием субдуцированных базальтов и повышенная степень парциального плавления мантийного вещества в условиях высокого теплового потока — реализовались в природе далеко не часто.

Специфическая, но не исключительная особенность позднеархейской коллизии — расщепление Хетоламинской микроплиты и одновременное проявление субдукции, обдукции, коллизии, которые по сути представляют собой различные формы проявления коллизийной геодинамической обстановки. Наконец, интересная особенность БПП — выдвигание в ходе свекофеннской коллизии гигантского Лапландского аллохтона, сейчас преимущественно эродированного, а некогда перекрывавшего большую часть БПП и оставившего на наблюдаемой подпокровной структуре специфический след: расплющенные прямые складки, диапировые купола, опрокинутые в юго-западном направлении, т. е. в направлении перемещения Лапландского аллохтона.

Рассмотренный на примере БПП системный анализ раннедокембрийских подвижных поясов не только не огрубляет результаты исследования, но наоборот, ставит перед геологом целый ряд вопросов, на которые он вынужден искать ответы, и в результате приводит к наиболее полной и всесторонней характеристике изучаемого объекта.

1. Бибилова Е.В., Самсонов А.В., Щупанский А.А. и др. Хизоваарская структура Северо-Карельского зеленокаменного пояса как аккреционная островная дуга позднеархей: изотопно-геохронологические и петрологические данные // Петрология. 2003. Т.11. № 3. С. 289–320.

2. Бибикова Е.В., Слабунов А.И., Богданова С.В. и др. Ранний магматизм Беломорского подвижного пояса. Балтийский щит: латеральная зональность и изотопный возраст // Петрология. 1999. Т. 7. № 2. С. 115–140.
3. Бибикова Е.В., Слабунов А.И., Кирилова Т.И. и др. U-Pb-возраст цирконов из пород Керетской гранит-зеленокаменной системы в зоне сочленения Карельской и Беломорской структур Балтийского щита // Докл. РАН. 1995. Т. 343. № 4. С. 517–521.
4. Глебовицкий В.А., Зингер Т.Ф., Беляцкий Б.В. О возрасте гранулитов Западно-Беломорского пояса и покровообразования в нем // Докл. РАН. 2000. Т. 371, № 1. С. 63–64.
5. Каулина Т.В., Богданова М.Н. Основные этапы развития Северо-Западного Беломорья: U-Pb изотопные данные // Литосфера. Минск. 2000. № 12. С. 85–98.
6. Левченко О.А., Милькевич Р.И., Миллер Ю.В. и др. U-Pb изотопный возраст метаандезитов верхней части разреза супракrustальных образований северной части Тихозерского зеленокаменного пояса (Северная Карелия) // Докл. РАН. 2003. Т. 389. № 3. С. 378–381.
7. Лобач-Жученко С.Б., Бибикова Е.В., Другова Г.М. и др. Геохронология и петрология магматического комплекса Тупой губы Северо-Западного Беломорья // Петрология. 1993. Т. 1. № 6. С. 657–677.
8. Миллер Ю.В. Необычные пликативные формы в покровно-складчатой структуре Беломорского подвижного пояса // Геотектоника. 1997. № 4. С. 80–89.
9. Миллер Ю.В. Соотношение позднеархейских субдукции и коллизии, проявленных в Беломорском подвижном поясе // Эволюция тектонических процессов в истории Земли. Мат-лы 37-го совещания МТК. Новосибирск. Филиал «Гео». 2004. Т. 2. С. 18–21.
10. Миллер Ю.В. Тектоника области сочленения Беломорского подвижного пояса и Карельского кратона // Геотектоника. 2002. № 4. С. 14–28.
11. Миллер Ю.В., Глебовицкий В.А., Мыскова Т.А. и др. Новые данные о составе, структурной позиции и геохронологической значимости Чупинского покрова Беломорского подвижного пояса // Докл. РАН. 1999. Т. 366. № 3. С. 379–382.
12. Миллер Ю.В., Львов А.Б., Мыскова Т.А., Богомолов Е.С., Пушкарев Ю.Д. Поиски древней континентальной коры в области сочленения Карельского кратона с Беломорским подвижным поясом: изотопно-геохимический подход // Докл. РАН. 2003. Т. 389. С. 345–348.
13. Миллер Ю.В., Львов А.Б., Мыскова Т.А., Милькевич Р.И. Позиция раннепротерозойских друзитов в покровно-складчатой структуре Беломорского подвижного пояса // Вестник СПбГУ. Сер. 7. Вып. 4 (№ 28). С. 63–71.
14. Миллер Ю.В., Милькевич Р.И. Покровно-складчатая структура Беломорской зоны и ее соотношение с Карельской гранит-зеленокаменной областью // Геотектоника. 1955. № 6. С. 80–93.
15. Миллер Ю.В., Мыскова Т.А., Милькевич Р.И. Супракrustальные образования тектонических окон краевой части Карельского кратона, бассейн Ковдозера (Северо-Западное Беломорье) // Геотектоника. 2002. № 4. С. 13–28.
16. Милькевич Р.И., Миллер Ю.В., Глебовицкий В.А. и др. Толеитовый и известково-щелочной магматизм в северной части Тихозерского зеленокаменного пояса: геохимические признаки субдукционной обстановки // Геохимия. 2003. № 12. С. 1262–1274.
17. Мыскова Т.А., Глебовицкий В.А., Матуков Д.И. и др. U-Pb изотопный возраст метадацитов Каликорвинской структуры Беломорья. Мат-лы второй Российской конференции по изотопной геохронологии 25–27 ноября 2003 г. СПб., ИГГД РАН. С. 331–332.
18. Мыскова Т.А., Глебовицкий В.А., Миллер Ю.В. и др. Супракrustальные толщи Беломорского подвижного пояса: первичный состав, возраст и происхождение // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2003. Т. 11, № 6. С. 3–19.
19. Мыскова Т.А., Милькевич Р.И., Львов А.Б., Миллер Ю.В. Происхождение чупинских гнейсов Беломорья в свете новых литолого-геохимических данных // Литология и полезные ископаемые. 2001. № 6. С. 653–664.
20. Слабунов А.И. Верхнеархейская Керетская гранит-зеленокаменная система Карелии // Геотектоника. 1993. № 5. С. 61–74.
21. Bibikova E.V., Glebovitsky V.A., Claesson S. et al. New isotopic data on the protolith age and evolutionary stages of the Chupa formation, Belomorian belt // *Geochem. International*. 2001. Vol. 39. Suppl. 1. P. 512–517.
22. Gaal G., Gorbatschev R. An outline of the Precambrian evolution of the Baltic Shield // *Precambrian Res.* 1987. Vol. 35. № 1–2. P. 15–72.
23. Miller Yu. V., Bibikova E.V., Glebovitsky V.A. Tectonic evolution of the Belomorian Mobile belt: structural analysis and geochronology // *Abstracts EUG 9. Strasbourg*, 23–27 March 1997. P. 360.