

УДК 551243

## ХИБИНСКО-ЛОВОЗЕРСКАЯ ДВУХЪЯДЕРНАЯ ВИХРЕВАЯ СТРУКТУРА

© 2004 г. А. Л. Кулаковский

Представлено академиком Ю.Г. Леоновым 01.09.2003 г.

Поступило 05.09.2003 г.

Современные представления о структурном контроле локализации крупнейших в мире щелочных Хибинского и Ловозерского массивов ограничиваются, как правило, заключением о приуроченности их к глубинному разлому (Ковдор-Хибины-Контозерской зоне), заложенному в докембрии и подновленному в палеозое. При этом динамическая обстановка палеозойской активизации этой зоны трактуется по-разному: локальный рифтинг на фоне регионального аркообразного изгиба плиты (при обдукции на ее северо-западную окраину пластины норвежских каледонид) [1] или же локальное растяжение в режиме транстенсии при региональном сжатии (регенерация заложенных в рифес палеорифтов) [2]. В последней модели предполагается возникновение у вершин сдвиго-раздвигов участков близкой к кольцевой формы концентрации деформации, к которым и приурочены ("в узлах растяжения") щелочные массивы.

Однако сама уникальность этих массивов позволяет предположить и нетривиальный тип структур, предопределяющих возникновение массивов именно на данном, а не любом ином участке зоны глубинного разлома.

Из анализа геологических карт, геофизических материалов и космоснимков следует, что Хибинский и Ловозерский массивы расположены в остром углу между сближающимися к западу зонами разломов, относящихся к двум системам: упомянутой выше субширотной Ковдор-Хибины-Контозерской и зоной юго-восточного простирания, определяющей позицию и структуру Имандра-Варзугской (Печенга-Имандра-Варзугской по [3]) сутуры (рис. 1). Структурный рисунок в районе массивов характеризуется отчетливыми левосдвиговыми подворотами геологических границ и структурных линий у разломов обеих систем - как в архейских гранитоидах, так и в раннепротерозойских метавулканитах серии Имандра-Варзуга. Эту деформацию, включающую компонен-

ту левых сдвигов по разломам субширотного и юго-восточного простирания, следует отнести, повидимому, к концу раннего протерозоя, учитывая возраст (1.9 млрд. лет [4]) щелочных пород постдеформационной Соустовской интрузии, приуроченной к субширотному разлому. В рамках этого деформационного этапа, по данным структурного и микроструктурного анализа, выделяются две стадии деформации, противоположной по знаку сдвиговой компоненты движений по разломам упомянутых систем. При этом левосдвиговая деформация, следы которой наиболее ярко выражены в современной структуре, относится к более поздней из этих стадий.

С деформацией ранней (главной) стадии связано формирование весьма характерного и повсеместно (в масштабе Прихибинья) проявленного структурного парагенеза, отражающего образование чешуйчатой разломной моноклинали Имандра-Варзугской шовной зоны. Основными элементами этого парагенеза являются складки "течения" в ассоциации со слайдами, дискретные зоны высокотемпературного катаклаза и на микроуровне b-линейность (по амфиболу и клинопироксену), параллельная шарнирам складок. Судя по обычному погружению шарниров и ^-линейности в западных румбах (при юго-юго-западном падении тектонической расслоенности), деформация этой стадии характеризовалась взбросо(надвиго)-правосдвиговой кинематикой.

Отличительной чертой деформации поздней стадии являются левосдвиговые движения по разломам субширотной и юго-восточной ориентировки. Помимо отмеченных выше подворотов геологических границ и структурных линий у этих разломов деформация данной стадии в пределах клиновидного блока, зажато между сходящимися разломами, привела к формированию своеобразной структуры "междвигового вращения", элементы которой в виде локальных складок, сопряженных с кольцевыми разломами сохранились в экзоконтактных зонах щелочных массивов. Такие складки, шириной обычно в первые сотни метров, выглядят как "подвороты" простирания вмещающих пород с приближением к кон-



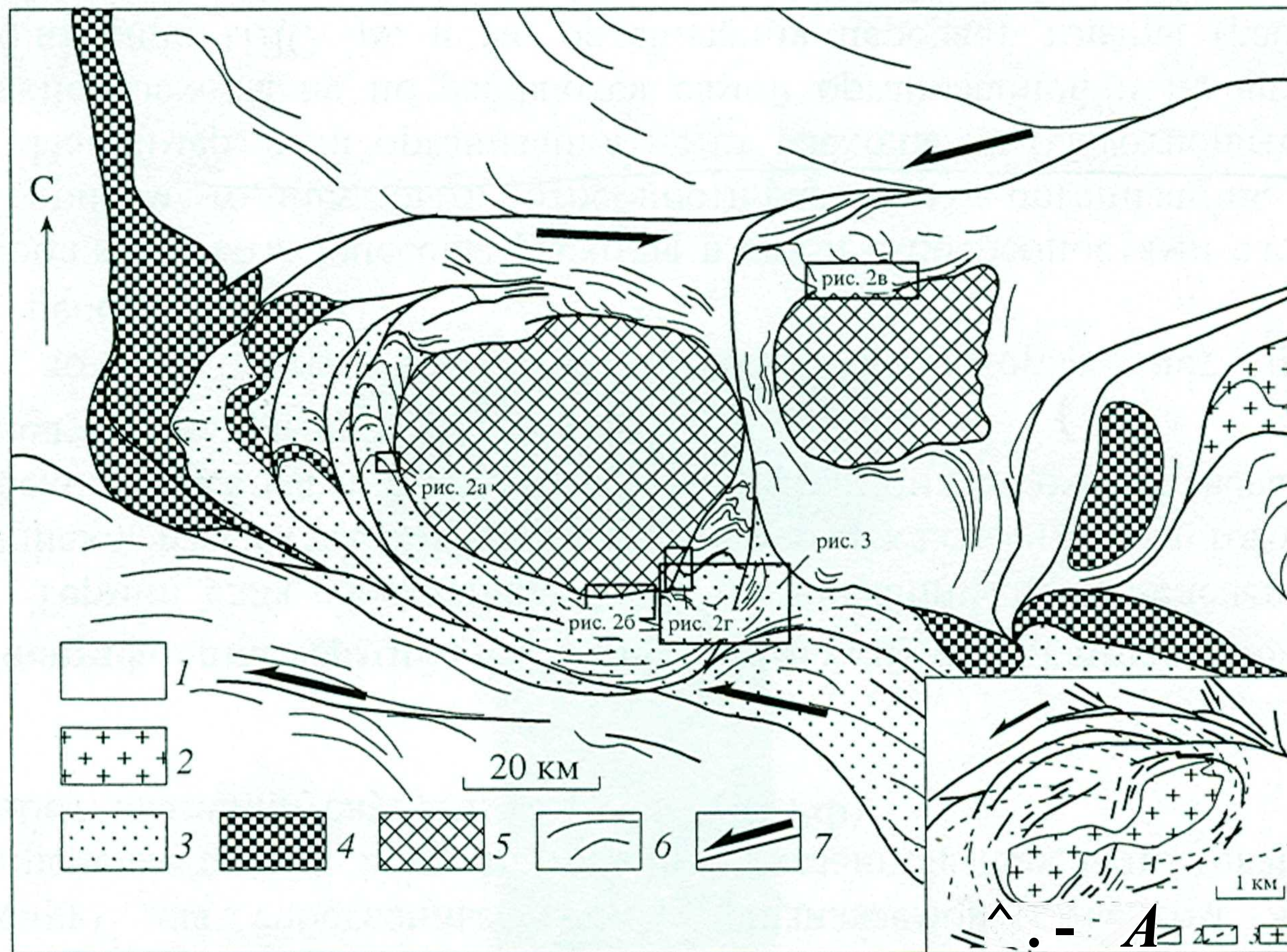


Рис. 1. Структурная позиция Хибинского и Ловозерского массивов. 1,2- архей (/ - гнейсы и мигматиты, 2 - "щелочные граниты\*"); 3>4 - ранний протерозой (3 - метавулканы серии Имандра-Варзуга, 4 - интрузии основных и ультраосновных пород); 5 - щелочные породы Хибинского и Ловозерского массивов; 6 - простирающие породы; 7-основные разломы и направление сдвиговых смещений на поздней стадии раннепротерозойского этапа деформации. На врезке - пример двухъядерной вихревой присдвиговой структуры, Ханьцзян, Китай: 1 - основные разломы, 2 - сланцеватость, 3 - граниты (по [6], с упрощением).

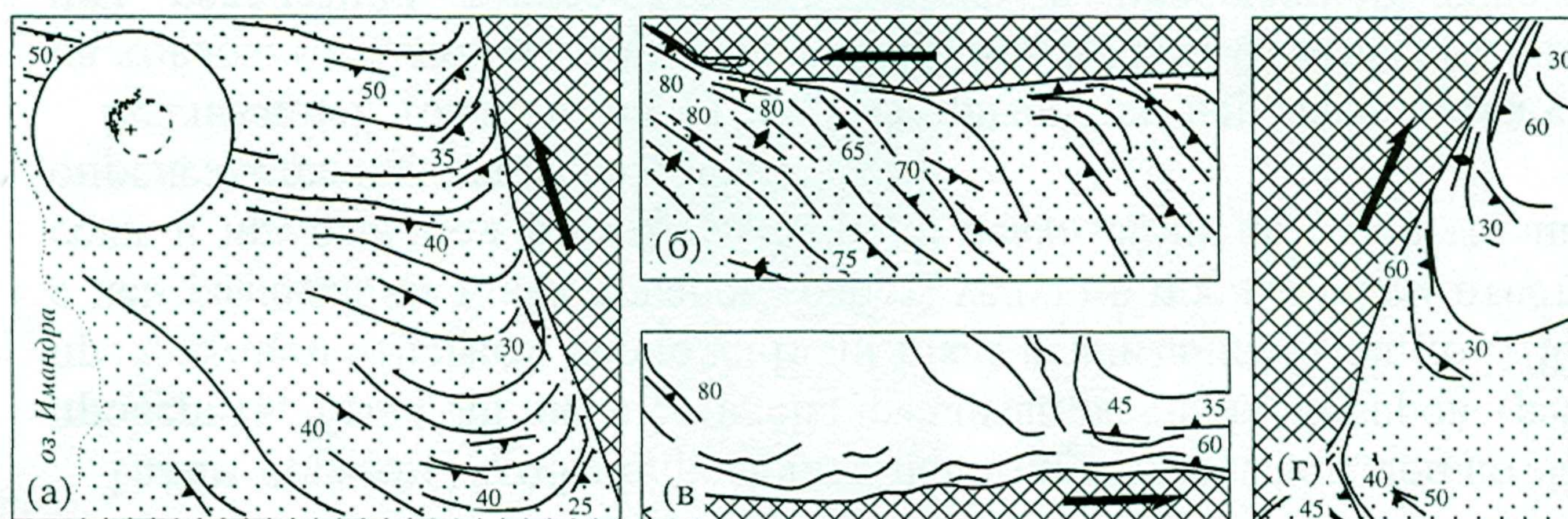


Рис. 2. Крутоосные присдвиговые складки в экзоконтактовой зоне щелочных массивов (в - по материалам М.М. Калинин, 1981), стрелки - направление сдвиговых смещений; круговая диаграмма - рассеяние полюсов тектонической расчлененности в конической складке (проекция на нижнюю полусферу, север вверх).

тактам массивов - так, что вблизи контактов залегание оказывается конформным контактам, даже если на удалении простирающие вмещающих пород ориентировано резко несогласно к линии контакта<sup>4</sup> (рис. 2). Оси этих складок погружаются субвертикально и в зависимости от угла падения пород складки оказываются или цилиндрическими (при угле падения, близком 90°), или коническими (при средних углах падения). Микроструктурный анализ показал, что формирование этих складок сопровождается синдеформационной ре-

кристаллизацией роговой обманки и клинопироксена в метавулканитах серии Имандра-Варзуга, что указывает на высокотемпературные условия деформации данной стадии.

Особенно примечателен тот факт, что за единственным исключением (участок у юго-восточного контакта Хибинского массива) все эти крутоосные складки в экзоконтактовых зонах обоих массивов относятся к "левостороннему" - относительно линий контактов массивов - типу. Такой структурный рисунок свидетельствует о том, что



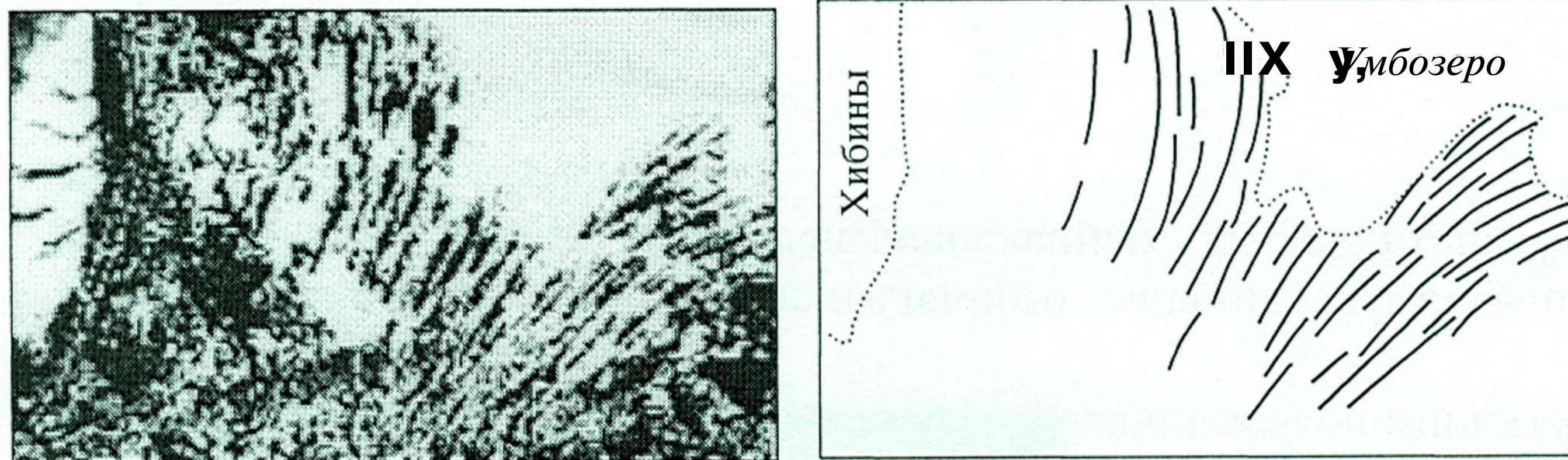


Рис. 3. Веерная структура в метавулканитах серии Имандра-Варзуга к юго-востоку от Хибинского массива: фрагмент космоснимка № 407210010401093722210 [www.spotimage.fr] и схема дешифрирования.

расположенные в остром углу между двумя левыми сдвигами два крупных, ограниченных кольцевыми разломами блока (контуры которых в настоящее время примерно совпадают с линией контакта Хибинского и Ловозерского массивов) в ходе левосдвиговых движений по разломам субширотного и юго-восточного простирания вращались по часовой стрелке. Важно подчеркнуть, что вращались не сами массивы - оба массива только наследуют позицию "ядер" вращения, что следует из наблюдений по соотношению контактов щелочных пород со структурой вмещающих метаморфитов.

Соотношение контактов массивов с вмещающими породами имеет ярко выраженный двойственный характер, и выводы, которые можно сделать о характере этого соотношения, прямо зависят от масштаба наблюдения. Существование в экзоконтактовых зонах упомянутых выше крутоосных цилиндрических или конических складок ("подворотов" залегания вмещающих пород у контактов массивов) определяет - в относительно мелком масштабе (on a map scale) - преимущественно согласный или субсогласный характер контактов обоих массивов. Подобные взгляды на характер контактов массивов высказывались и ранее, хотя и крайне редко (М.М. Калинин относительно Ловозерского массива, И.С. Ожинский [5] о западном контакте Хибинского массива). Однако в масштабе образца или небольшого обнажения контакты щелочных пород нередко оказываются секущими относительно плоскостных структур вмещающих пород, на чем и основано господствующее среди исследователей представление о секущих в целом контактах обоих массивов. Это кажущееся противоречие снимается, если предположить, что контакты массивов примерно совпадают с кольцевыми разломами, ограничивающими "ядра" древней (докембрийской) структуры вращения.

Направление вращения ядер (по часовой стрелке), установленное по знаку крутоосных складок, кинематически согласуется с характером (левосторонним) сдвиговых движений по раз-

ломам субширотной и юго-восточной ориентировки на поздней стадии раннепротерозойского этапа деформации. Упомянутый обратный знак этих складок у юго-восточного контакта Хибинского массива (рис. 2г), видимо, отражает сложную кинематическую картину (включающую встречные движения в отдельных тектонических линзах) в "межъядерном" пространстве, где на космоснимках видна веерная структура (рис. 3) сопряжения ядра вращения с расположенной южнее зоной левого сдвига юго-восточного простирания. Генетически Хибинско-Ловозерская докембрийская структура вращения относится к классу связанных со сдвигами "двухъядерных вихревых структур", детальное описание и математическое моделирование которых выполнил З. Зенг [6]. Интересно отметить, что в этой работе среди примеров подобных структур фигурируют как структуры с интрузиями в "ядрах" (рис. 1, врезка), так и без оных.

Однако рассматривать ядра вихревой структуры в качестве структур, непосредственно контролирующей позицию палеозойских щелочных массивов, нельзя. Между докембрийской стадией левосдвиговой деформации с возникновением двухъядерной вихревой структуры и становлением массивов фиксируется еще один эпизод деформации, с которым связано формирование весьма своеобразных структур, которые: а) наследуют позицию ядер вихревой структуры, б) собственно и контролируют локализацию массивов.

Деформация данного эпизода, по всей видимости, носила локальный характер, и проявление ее было ограничено в первом приближении объемом ядер древней вихревой структуры. Структуры, возникшие в ходе этой деформации сохраняются по преимуществу внутри самих массивов - прежде всего в породах останцов-скиалитов (в Хибинском массиве крупнейшим из них является ийолит-уртитовая дуга) и в какой то степени в виде теневых (палимпсестовых) структур нефелиновых сиенитов. В остайцах-скиалитах эти структуры слагают парагенез конической зоны скалывания (с субвертикальным погружением оси и



малым вершинным углом), каркасом которой является система сколов Риделя, где Главные сколы (Y) ориентированы субвертикально, вторичные синтетические сколы (R) характеризуются средними углами падения к центру массива, а антитетические сколы (R') субгоризонтальны [7]. Аналогичный структурный рисунок можно заметить и в хорошо известных (очень четко сформулированных в [8]) закономерностях строения самих нефелиновых сиенитов: сочетании субвертикальных цилиндрических поверхностей контактов отдельных пластин (тел) нефелиновых сиенитов (в том числе и контакта всего массива) с полого или под средними углами падающими к центру массива плоскостными структурами (трахитоидностью, флюидалностью и т.п.). Формирование конических зон скалывания на месте ядер докембрийской структуры вращения, видимо, непосредственно предшествовало и частично перекрывалось во времени со становлением щелочных комплексов Хибинского и Ловозерского массивов. Деформационная обстановка становления этих конических зон скалывания - при субвертикальной ориентировке оси сжатия - исключает возможность интерпретации динамического режима этого палеозойского эпизода в Ковдор-Хибины-Контозерской зоне как сдвигового (или сдвиго-раздвигового в модели [2]) и скорее согласуется с представлениями об аркогенном рифтинге [1].

Таким образом, структурная позиция палеозойских Хибинского и Ловозерского массивов была predeterminedена еще в докембрии, с возникновением в ходе сдвиговой деформации двухъядерной вихревой структуры. С палеозойской активизацией (в режиме аркогенного рифтинга?) последней связано формирование на месте ядер этой структуры конических зон скалывания, контролировавших становление щелочных массивов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградов Л.Н., Митрофанов Ф.П.* Тектоника платформ: Современные данные и идеи. М: Наука, 1993. С. 3-5.
2. *Балуев А.С., Моралев В.М., Глуховский М.З. и др.* // Геотектоника. 2000. № 5. С. 30-43.
3. *Миц М.В., Глазнев В.И., Конилов А.И. и др.* Ранний докембрий северо-востока Балтийского щита. М.: Науч. мир, 1996. 277 с.
4. *Пушкарев Ю.Д., Кравченко Э.В., Шестиков Г.И.* Геохронологические реперы докембрия Кольского полуострова. М.: Наука, 1978. 135 с.
5. *Ожинский И.С.* // Изв. Лен. геол. Треста. 1936. № 3(12). С. 3-14.
6. *Zeng Z.X.* // Acta geol. Sin. 1990. V. 3. Iss. 4. P. 345-362.
7. *Кулаковский А.Л.* Структурные парагенезы и их ансамбли. М.: Геос, 1997. С. 77-78.
8. *Галахов А.В.* Петрология Хибинского щелочного массива. Л.: Наука, 1975. 256 с.