

5. Ручьев А. М. О перспективах выявления благороднометалльных объектов в беломорском комплексе пород // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения Северо-Запада России // Материалы Всероссийской конференции. Петрозаводск, 12-15 ноября 2007 г. // Петрозаводск: Институт геологии КарНЦ РАН, 2007. С. 340-345.

6. Ручьев А. М. Идентификация структурных элементов сдвиговых дислокаций и решение обратной тектонофизической задачи подбором адекватного модельного парагенезиса // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. К 40-летию создания М. В. Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН: Т. 1. – М.: ИФЗ, 2008. С. 94-96.

7. Ручьев А. М. Аллохимический стресс-метаморфизм пород беломорского комплекса Балтийского щита // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. К 40-летию создания М.В. Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН: Тезисы докладов Всероссийской конференции. В 2-х томах. Т. 2. – М.: ИФЗ, 2008. С. 69-71.

8. Ручьев А. М. Сдвиговые структурные парагенезисы верхнекоровых тектонических дислокаций в беломорском комплексе пород Балтийского щита // Связь поверхностных структур земной коры с глубинными // Материалы четырнадцатой международной конференции. Часть 2. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2008. С. 158-161.

9. Ручьев А. М. Новый подход к структурно-парагенетическому анализу рудоконтролирующих зон расланцевания (опыт исследования благороднометалльных объектов на территории Карелии) // Проблемы рудогагенеза докембрийских щитов // Труды Всероссийской научной конференции, посвященной 90-летию юбилею члена-корреспондента РАН Г.И. Горбунова. Апатиты. 17-18 ноября 2008. – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. 2008 д. С. 137-141.

Структурно-парагенетический анализ при исследовании процессов минерагенеза в условиях сдвиговой деформации

Ручьев А. М.

Учреждение Российской академии наук Институт геологии КАР НЦ РАН,
г. Петрозаводск, e-mail: ruchyov@krc.karelia.ru

При изучении тектонического фактора минерагенеза целесообразен структурно-парагенетический анализ геологических объектов. Метод идентификации структурных элементов сдвиговых дислокаций и решения обратной тектонофизической задачи подбором адекватного модельного парагенезиса, специально разработанный для анализа сложнодислоцированных докембрийских образований [3-6], позволяет: выявлять природные сдвиговые парагенезисы трех и большего числа структурных элементов, а также идентифицировать их; вычислять угол скалывания пород в условиях природной деформации; реконструировать пространственную ориентировку потенциальных структурных элементов сдвигового парагенезиса и осей главных нормальных напряжений.

Исходный материал для анализа – данные о пространственной ориентировке плоскостей деформационной анизотропии пород. Их элементы залегания при полевой работе определяются или непосредственным измерением, или рассчитываются по замерам не менее двух линий пересечения искомой плоскости с поверхностью рельефа обнажения. Обязательны систематические наблюдения возрастных соотношений структурных элементов, направления смещения по ним, характера минерального выполнения.

При статистической обработке первичных данных и в дальнейшем для минимизации затрат труда и времени целесообразно применять компьютер и специализированные программы, позволяющие построить, детализировать πS -диаграмму, точно определить координаты статистических максимумов, провести моделирование.

При анализе и интерпретации фактического материала используются составляющие основу тектонофизической модели средней части зоны скалывания [1, 2] сведения об элементах идеализированного сдвигового структурного парагенезиса (ИССП): R - и R' -сколы Риделя формируются на ранней стадии деформации, они ориентированы плоскостями базисных участков под углом скалывания

МИНЕРАГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ

ответствуют. При идентификации статистических плоскостей учитываются полевые наблюдения последовательности формирования реальных структурных элементов и направления смещения по ним. Отсутствие, или недостаток таких сведений резко снижают возможности метода. При идентификации структурных элементов только по данным об их пространственной ориентировке следует иметь в виду, что при отсутствии сведений о трещинах отрыва носителями однозначной и исчерпывающей информации о деформационных условиях являются лишь парагенезисы {RR'L} и {RR'PL}. По парагенезису {RPL} можно оценить величину α_0 , но он не дает сведений о направлениях смещения по сдвиговым плоскостям, что препятствует выбору исходной модели ИССП. Идентификация трехкомпонентных «девяностоградусных» парагенезисов проблематична, только по угловым соотношениям структурных элементов их различить не удастся, для обоснования правомерности использования той или иной расчетной схемы требуются более полные полевые наблюдения.

Модельные угловые характеристики наиболее часто встречающихся природных парагенезисов структурных элементов сдвиговых дислокаций

Парагенезис	Угол между элементами ИССП	Идентификационные признаки (при $0^\circ < \alpha_0 < 45^\circ$)	Системы уравнений для вычисления α_0
{RR'L}	$R^{\wedge}L = \pi/4 - \alpha_0$ $R^{\wedge}L = \pi/4 + \alpha_0$ $R^{\wedge}R' = 2\alpha_0$	«асимметричный»; $R^{\wedge}L < 45^\circ$; $45^\circ < R^{\wedge}L < 90^\circ$	$\alpha_0 = \pi/4 - R^{\wedge}L$ $\alpha_0 = R^{\wedge}L - \pi/4$ $\alpha_0 = R^{\wedge}R'/2$
{RPL}	$R^{\wedge}L = \pi/4 - \alpha_0$ $P^{\wedge}L = \pi/4 - \alpha_0$ $R^{\wedge}P = \pi/2 - 2\alpha_0$	«симметричный»; $R^{\wedge}L = P^{\wedge}L < 45^\circ$	$\alpha_0 = \pi/4 - R^{\wedge}L$ $\alpha_0 = \pi/4 - P^{\wedge}L$ $\alpha_0 = (\pi/2 - R^{\wedge}P)/2$
{RR'P}	$R^{\wedge}R = 2\alpha_0$ $R^{\wedge}P = \pi/2 - 2\alpha_0$ $R^{\wedge}P = \pi/2$	«девяностоградусный»; $R^{\wedge}P = 90^\circ$	$\alpha_0 = R^{\wedge}R'/2$ $\alpha_0 = (\pi/2 - R^{\wedge}P)/2$
{R'PL}	$R^{\wedge}L = \pi/4 + \alpha_0$ $P^{\wedge}L = \pi/4 - \alpha_0$ $R^{\wedge}P = \pi/2$	«девяностоградусный»; $R^{\wedge}P = 90^\circ$	$\alpha_0 = R^{\wedge}L - \pi/4$ $\alpha_0 = \pi/4 - P^{\wedge}L$
{RR'PL}	$R^{\wedge}L = \pi/4 - \alpha_0$ $R^{\wedge}L = \pi/4 + \alpha_0$ $P^{\wedge}L = \pi/4 - \alpha_0$ $R^{\wedge}R' = 2\alpha_0$ $R^{\wedge}P = \pi/2 - 2\alpha_0$ $R^{\wedge}P = \pi/2$	«девяностоградусный четырехкомпонентный»; $R^{\wedge}L = P^{\wedge}L < 45^\circ$; $45^\circ < R^{\wedge}L < 90^\circ$; $R^{\wedge}P = 90^\circ$	$\alpha_0 = \pi/4 - R^{\wedge}L$ $\alpha_0 = R^{\wedge}L - \pi/4$ $\alpha_0 = \pi/4 - P^{\wedge}L$ $\alpha_0 = R^{\wedge}R'/2$ $\alpha_0 = (\pi/2 - R^{\wedge}P)/2$
{RR'LT}	См. {RR'L} $R^{\wedge}T = R^{\wedge}T = \alpha_0$ $L^{\wedge}T = \pi/4$	«сорокапятиградусный»; признаки {RR'L}, а также: $R^{\wedge}T = R^{\wedge}T = \alpha_0 < 45^\circ$; $L^{\wedge}T = 45^\circ$	Уравнения {RR'L} $\alpha_0 = R^{\wedge}T = R^{\wedge}T$
{RPLT}	См. {RPL} $R^{\wedge}T = \alpha_0$ $P^{\wedge}T = \pi/2 - \alpha_0$ $L^{\wedge}T = \pi/4$	«сорокапятиградусный»; признаки {RPL}, а также: $L^{\wedge}T = 45^\circ$; $R^{\wedge}T < 45^\circ$; $P^{\wedge}T > 45^\circ$	Уравнения {RPL} $\alpha_0 = \pi/2 - P^{\wedge}T$ $\alpha_0 = R^{\wedge}T$
{RR'PT}	См. {RR'P} $R^{\wedge}T = \alpha_0$ $P^{\wedge}T = \pi/2 - \alpha_0$	«девяностоградусный»; признаки {RR'P}, а также: $R^{\wedge}T = R^{\wedge}T < 45^\circ$; $P^{\wedge}T > 45^\circ$;	Уравнения {RR'P} $\alpha_0 = \pi/2 - P^{\wedge}T$ $\alpha_0 = R^{\wedge}T = R^{\wedge}T$
{R'PLT}	См. {R'PL} $R^{\wedge}T = \alpha_0$ $P^{\wedge}T = \pi/2 - \alpha_0$ $L^{\wedge}T = \pi/4$	«сорокапяти- и девяностоградусный»; признаки {R'PL}, а также: $R^{\wedge}T < 45^\circ$; $P^{\wedge}T > 45^\circ$; $L^{\wedge}T = 45^\circ$	Уравнения {R'PL} $\alpha_0 = \pi/2 - P^{\wedge}T$ $\alpha_0 = R^{\wedge}T$
{R'PT}	$R^{\wedge}P = \pi/2$ $R^{\wedge}T = \alpha_0$ $P^{\wedge}T = \pi/2 - \alpha_0$	«девяностоградусный»; $R^{\wedge}P = 90^\circ$; $R^{\wedge}T < 45^\circ$; $P^{\wedge}T > 45^\circ$; $L^{\wedge}T = 45^\circ$	$\alpha_0 = R^{\wedge}T$ $\alpha_0 = \pi/2 - P^{\wedge}T$

Решение обратной тектонофизической задачи – определение ориентировки осей главных нормальных напряжений, отвечающих природному структурному парагенезису, достигается моделированием соответствующего ему ИССП. Моделирование включает: построение диаграммы элементов ИССП и осей главных нормальных напряжений сжатия при вычисленном α_0 (удобен исходный вариант при вертикальном положении оси σ_2 и меридиональной ориентировке плоскости L -скола, рис. В); преобразование (поворот) модельной диаграммы до совмещения проекции выбранного на ней структурного элемента с проекцией одноименного на статистической диаграмме, при этом проекции оси σ_2 и линии пересечения плоскостей, соответствующих статистическим максимумам, должны совпасть (рис. Г-Ж). При моделировании проверяется правильность идентификации структурных элементов природного парагенезиса. Адекватность модели качественно оценивается степенью совмещения проекций элементов анализируемого (рис. Б) и идеализированного (рис. Ж) структурных парагенезисов при «сложении» диаграмм (рис. З). Ориентировка осей главных нормальных напряжений определяется по приемлемой модельной диаграмме.

Последовательность деформационных событий реконструируется с учетом возрастных соотношений структурных элементов, принадлежащих различным парагенезисам.

С учетом возможностей, которые дает метод, он применим для решения следующих задач.

Корреляция процессов структурообразования и металло-, минеро-, петрогенеза. Выделение и идентификация парагенезисов структурных элементов позволяет обоснованно согласовывать макро- и микроскопические наблюдения, создает базу, необходимую для детального изучения связи деформационных и вещественных преобразований горных пород.

Разработка структурно-возрастных шкал. Каждый сдвиговый парагенезис структурных элементов соответствует отдельному эпизоду деформации, шкалы, отражающие их последовательность, оцениваются как максимально детальные и наиболее реалистично характеризующие природные особенности исследуемого объекта.

Получение исходных данных для геометризации поисково-разведочных объектов. Рассмотренный метод анализа сдвиговых дислокаций дает объективную информацию об их структуре и ее развитии. Он позволяет определить среднестатистическую ориентировку структурных элементов, например, потенциальных минерализованных трещин отрыва, или плоскости главного сдвига, то есть ответить на важный вопрос о простираии и падении рудоконтролирующей или рудоподводящей зоны в целом, даже если ее границы не вскрыты.

Реконструкция полей палеонапряжений. Опыт работ показывает, что почти на каждом участке расланцованных (кливажированных) горных пород можно получить данные, необходимые и достаточные для решения обратной тектонофизической задачи.

Литература

1. Гинтов О. Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: «Феникс», 2005. 572 с.
2. Гинтов О. Б., Исай В. М. Тектонофизические исследования разломов консолидированной коры. - Киев: Наук. думка, 1988. 228 с.
3. Ручьев А. М. Структурный анализ сдвиговых дислокаций // Новые идеи в науках о Земле // VIII международная конференция. Доклады. Т. 1. S-1. М., 2007. С. 298-301.
4. Ручьев А. М. Идентификация структурных элементов сдвиговых дислокаций и решение обратной тектонофизической задачи подбором адекватного модельного парагенезиса // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. К 40-летию создания М. В. Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН: Тезисы докладов Всероссийской конференции. В 2-х томах. Т. 1. – М.: ИФЗ, 2008 а. с 94-96.
5. Ручьев А. М. Сдвиговые структурные парагенезисы верхнекоровых тектонических дислокаций в Беломорском комплексе пород Балтийского щита // Связь поверхностных структур земной коры с глубинными // Материалы четырнадцатой международной конференции. Часть 2. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2008 в. С. 158-161.
6. Ручьев А. М. Новый подход к структурно-парагенетическому анализу рудоконтролирующих зон расланцевания (опыт исследования благороднометалльных объектов на территории Карелии) // Проблемы рудогенеза докембрийских щитов // Труды Всероссийской научной конференции, посвященной 90-летию юбилею члена-корреспондента РАН Г.И. Горбунова. Апатиты. 17-18 ноября 2008 г. – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. 2008 д. С. 137-141.