

9. Ушатинский И. Н. Новый тип коллектора углеводородов в осадочных бассейнах//Коллекторы нефти и газа и флюидоупоры. Новосибирск: Наука, 1983. С. 148-149.

10. Цейслер В. М. Введение в тектонический анализ осадочных геологических формаций. М.: Наука, 1977.

11. Наборщиков В. П., Шурубор Ю. В., Селетков В. П., Беклемышев В. С. Основные черты циклического строения нижнепермской терригенной толщи Сылвенской впадины Предуральяского прогиба//Геология, поиски и разведка местор. горюч. полезн. ископаемых: Межвуз. сб. науч. тр./Перм. политехн. ин-т, Пермь, 1978. С. 23-28.

12. Геологические формации: Терминолог. справочник. М.: Недра, 1982. Т. 2.

13. Чувашев Б.И. Динамика развития Предуральяского краевого прогиба//Геотектоника. 1998. № 3. С. 22-37.

Получено 23.01.99.

УДК 551.24

А. С. Флаас (Пермский государственный технический университет)

## ДИНАМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ОРИЕНТИРОВОК МАКРОСТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СКЛАДКАХ ИЗГИБА

В последние десятилетия в структурной геологии появилось новое направление - динамический анализ микроструктурных ориентировок минералов. Имеется ряд дополнительных предпосылок, позволяющих развивать это направление на уровне макроструктурных элементов. На конкретном примере рассматривается методика реставрации палеодинамической обстановки в период образования складок изгиба в вендском комплексе Среднего Урала.

Экспериментальные исследования по деформации горных пород с целью выявления связей между напряжением и характером узора оптической ориентировки минералов, начаты американскими учеными под руководством Ф. Тернера в 1951 году, положили начало динамическому анализу микроструктурных ориентировок минералов. Эксперименты позволили выявить особые динамические направления - ось сжатия и ось растяжения, имеющие строго определенную ориентировку относительно оптических и кристаллографических направлений. Было доказано, что эти оси являются направлениями наиболее близкими к ориентировке действующей силы, вызывающей деформацию.

Наряду с осью сжатия  $S$  и осью растяжения  $T$  динамическое значение в кристаллах имеют также плоскость трансляции или двойникования  $P$  (плоскость скольжения), линию скольжения  $L$  и ось внутреннего вращения  $R_i$  (рис. 1). В кристаллическом агрегате динамические направления располагаются та-

ким образом, что их концентрации контролируются элементами эллипсоида напряжений, который можно отождествить с эллипсоидом деформаций.

На основании обобщения экспериментальных данных А. Н. Казаковым была разработана собственно методика динамического анализа микроструктурных ориентировок для целого ряда оптически и кристаллографически анизотропных минералов /1, 2/.

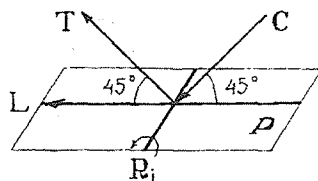


Рис. 1. Пространственные соотношения динамических направлений

Техника исследований при проведении динамического анализа микроструктурных ориентировок минералов весьма трудоемка. Она включает отбор ориентированных образцов для изготовления шлифов и их изучения на федоровском столике. Для всех исследуемых зерен измеряются координаты двух оптических направлений и наносятся на сетку Вульфа. Из их положения вычисляются координаты динамических направлений, для каждого из которых составляются отдельные диаграммы. Представительность диаграмм обеспечивается достаточным количеством исследуемых зерен минерала.

Как показала практика, результаты микроструктурного динамического анализа, несмотря на его колоссальную трудоемкость, могут быть распространены лишь на весьма ограниченный участок исследуемого геологического объекта. В этой связи является весьма актуальным вопрос о поисках иных путей решения аналогичных задач в региональном плане на основе изучения закономерностей пространственной ориентировки *макроструктурных* тектонических элементов.

Принципиальная возможность проведения динамического анализа ориентировок макроструктурных элементов вытекает из целого ряда предпосылок, среди которых наиболее важными являются следующие:

1. На основании статистических обобщений установлено, что ориентировка линейных, плоскостных и объемных структурных элементов, обязанных своим происхождением одноактной деформации слоистых горных пород, является весьма устойчивой в пределах значительных по площади участков - *структурно-гомогенных доменов*.

2. Отмечается устойчивая взаимозависимость пространственных ориентировок различных макроструктурных элементов тектонического происхождения, относящихся к одному *структурному парагенезису* - комплексу генетически и пространственно связанных между собой линейных, плоскостных и объемных структурных элементов.

3. Экспериментальные данные по воспроизводству складчатых форм в слоистых средах под воздействием латерального стресса однозначно свидетельствуют о перпендикулярном расположении осевых плоскостей образу-

щихся симметричных складок и их шарниров по отношению к ориентировке приложенной силы /3, 6/.

4. Результаты динамического анализа микроструктурных ориентировок на конкретных складках свидетельствуют о перпендикулярности их шарниров к плоскости *C-T* /1/.

5. Измерения естественных напряжений, проведенные в горных выработках различных пунктов США, Канады, Скандинавии, Египта, Австралии, Ирана, Португалии и стран бывшего СССР, свидетельствуют о 10-20-кратных превышениях горизонтальных напряжений по сравнению с литостатическим давлением. В большинстве случаев напряжения сжатия ориентированы перпендикулярно к простиранию складчатых структур /4/.

6. Асимметричные складки возникают в том случае, когда ось максимального сжатия располагается под углом к плоскостной анизотропии слоистой среды и в процессе деформации значительную роль играет сдвиговая составляющая /3/.

Суммируя эти данные, можно сделать следующий вывод: *ориентировка объемных, плоскостных и линейных элементов конкретного структурного парагенезиса является следствием и вещественным отражением того поля напряжений, в котором они были сформированы*. На этом основании, аналогично определению основных динамических направлений по ориентировке оптических и кристаллографических характеристик минералов в микроструктурном анализе, макроструктурные тектонические элементы могут быть использованы для воссоздания динамических условий процесса деформации.

В сложнислоцированных складчатых областях, претерпевших неоднократные складчатые деформации, каждый последующий этап перестройки приводит к созданию новых парагенезисов, ориентирующихся в пространстве в соответствии с характером поля напряжений, обусловившим эти деформации, и особенностями сформированной ранее анизотропии толщи. Структурные элементы, обязанные своим происхождением предшествующему этапу деформации, могут быть либо уничтожены наложенным процессом, либо испытывают существенную переориентировку и не отражают первичного положения динамических направлений, что в значительной степени усложняет проведение динамического анализа. В такой ситуации динамическому анализу в обязательном порядке должен предшествовать стереогеометрический анализ, на основании которого выделяются этапы деформации и соответствующие им структурные парагенезисы /5/.

Анализ целесообразно начинать с самого молодого структурного парагенезиса, сформированного последним этапом деформации толщи. Для более ранних этапов необходима предварительная реставрация первичного пространственного положения соответствующих парагенезисов либо выбор на площади исследований такого участка, где первичные структурные формы не затронуты повторными деформациями. Рассмотрим один из таких примеров в чернокаменной свите вендского комплекса по разрезу р. Чусовой.

Объектом исследования была выбрана хорошо обнаженная условно симметричная цилиндрическая складка изгиба со скольжением, не испытывавшая, согласно результатам стереогеометрического анализа, наложенных деформаций (рис. 2). Амплитуда складки около полутора метров. Элементы залегания слоистости в крыльях: аз. пад.  $255^\circ \angle 75^\circ$  ( $S_0^1$ ) и аз. пад.  $52^\circ \angle 60^\circ$  ( $S_0^2$ ), ориентировка шарнира - аз. пад.  $340^\circ \angle 25^\circ$  ( $R_1$ ), ориентировка осевой плоскости - аз. пад.  $65^\circ \angle 70^\circ$  (ОП), угол складки  $50^\circ$ .

Обильно развитые штрихи скольжения на хорошо обнаженной плоскости слоистости замерялись в обоих крыльях. В целях наиболее объективного отражения интенсивности их развития замеры производились вдоль линий, параллельных шарниру и равноудаленных одна от другой, с подсчетом количества штрихов на единицу длины каждой линии. По "занозистости" штрихов однозначно установлено смещение вышележащего слоя к замку складки в том и другом крыле.

При нанесении всех данных на сетку Вульфа проекции линий скольжения образовали прерывистый пояс, контролируемый дугой большого круга, с двумя четко выраженными максимумами, лежащими на проекциях плоскостей слоистости крыльев складки. Поскольку слоистость и штрихи являются в данном случае реальным вещественным отражением плоскостей и линий скольжения, мы можем, опираясь на известные теоретические положения, дать динамическую интерпретацию ориентировки структурных элементов в складке.

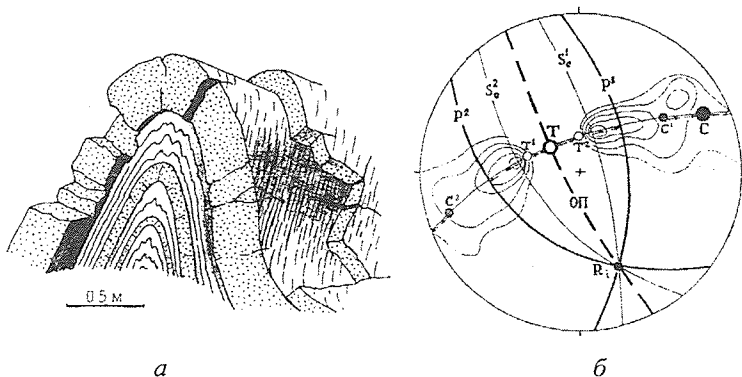


Рис. 2. Динамическая интерпретация ориентировок структурных элементов в складке изгиба: а - зарисовка складки; б - определение динамических направлений  $T^1$ ,  $T^2$ ,  $C^1$ ,  $C^2$ , в крыльях ( $S_0^1$  и  $S_0^2$ ) складки и реальной ориентировки осей  $T$  и  $C$ . В изолиниях - проекции штрихов скольжения; ОП - осевая плоскость складки

Дуга, контролирующая рассеивание штрихов скольжения, располагается строго перпендикулярно шарниру складки, т.е. является следом плоскости  $C-T$ . В смежных крыльях оси вращения  $R_1^1$  и  $R_1^2$  имеют противоположные направления вращения. Они перпендикулярны линиям скольжения, параллельны шарниру складки и проецируются в одну точку  $R_i$ .

Определение ориентировки оси сжатия и оси растяжения производится раздельно по каждому крылу в зависимости от положения соответствующих максимумов проекций линий скольжения с учетом их полярности.

В результате проведенных операций главные динамические направления в юго-западном крыле ( $S_0^1$ ) характеризуются следующим пространственным положением:

ось сжатия  $C^1$  - аз. пад.  $235^\circ$ ,  $\angle 25^\circ$ ;

ось растяжения  $T^1$  - аз. пад.  $110^\circ$ ,  $\angle 50^\circ$ .

В северо-восточном крыле ( $S_0^2$ ):

ось сжатия  $C^2$  - аз. пад.  $75^\circ$ ,  $\angle 8^\circ$ ;

ось растяжения  $T^2$  - аз. пад.  $185^\circ$ ,  $\angle 62^\circ$ .

Таким образом, установленная ориентировка главных динамических направлений в каждом крыле складки различна. Более того, оси сжатия не перпендикулярны осевой плоскости складки, а оси растяжения не лежат в этой плоскости, т.е. ориентировка установленных динамических направлений противоречит, на первый взгляд, как экспериментальным данным, так и теоретическим положениям.

Причина такого несоответствия заключается в том, что наиболее интенсивное развитие штрихов скольжения на крыльях симметричной складки происходит на той фазе ее становления, когда крылья расположены под  $45^\circ$  к направлению действующей силы, т.е. угол складки равен  $90^\circ$ . В нашем примере он составляет  $50^\circ$ . Очевидно, после фазы максимального развития штрихов скольжения складка претерпела дополнительное сжатие, что исказило пространственное соответствие установленных дополнительных ориентировок динамических направлений с реальным полем напряжений.

Для установления действительной динамической обстановки следует развернуть в соответствующих направлениях вокруг оси  $R_i$  оси  $T^1$  и  $T^2$  до их совмещения с осевой плоскостью складки. На этот же угол доворачиваются оси  $C^1$  и  $C^2$ , которые также совпадут и будут отвечать ориентировке главного стресса -  $C$  (см. рис. 2). Таким образом, реальная ось сжатия  $C$  в период образования рассматриваемой складки имела ориентировку аз. пад.  $245^\circ$ ,  $\angle 8^\circ$ , а ось растяжения  $T$  - аз. пад.  $140^\circ$ ,  $\angle 62^\circ$ .

Поясовое расположение частных значений динамических направлений  $L$ ,  $T$  и  $C$  характеризует естественное непостоянство их пространственных взаимоотношений со стабильной ориентировкой действующих сил в связи с постепенным изменением наклона плоскости  $P$  (слоистости) относительно стресса в ходе деформации.

1. Казаков А. Н. Методическое руководство по динамическому анализу микроструктурных ориентировок карбонатов. Л.: Наука, 1967.
2. Казаков А. Н. Динамический анализ микроструктурных ориентировок минералов. Л.: Наука, 1987.
3. Методы моделирования в структурной геологии / В.В. Белоусов, А.В. Вихерт, М.А. Гончаров и др. М.: Недра, 1988.
4. Давления и механические напряжения в развитии состава, структуры и рельефа литосферы: Материалы к совещ. Ленингр. НТГО. Л.: ВСЕГЕИ, 1969.
5. Флаас А. С. Геометрические принципы выделения этапов деформации в сложнослюжированных комплексах//Принципы и методы изучения структурной эволюции метаморфических комплексов. Л. : Наука, 1978. С. 112 - 117.
6. Paterson F. A., Weiss L. E. Experimental deformation and folding in phyllite // Bul. Geol. Soc. Amer., 1966. Vol. 77. P. 343 - 374.

Получено 18.01.99.

УДК 553.98.041

**И. А. Козлова (Пермский государственный технический университет)**

## **ИСТОРИКО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СЕВЕРО-ВОСТОКА ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ**

Рассмотрены генетические аспекты процесса нефтегазообразования в отложениях верхнедевонско-турнейской нефтегазоматеринской толщ (НГМТ). На основе моделей эволюции погружения этих толщ проводится анализ историко-генетических факторов и указывается степень их влияния на процесс формирования скоплений нефти и газа в разных геоструктурных зонах.

Особенности структурно-фациального развития исследуемой территории в раннепалеозойскую эру обусловили формирование здесь платформенной структуры особого типа – Камско-Кинельской системы впадин. Впоследствии положение ее депрессионных и бортовых частей явилось основным фактором, контролирующим размещение местоскоплений нефти и газа /1/.

Известно, что нефтегазоносность любой территории диагностируется большим количеством факторов, отражающих условия генерации, миграции, аккумуляции и консервации УВ. Для автора большой интерес представляет генетическая сторона процесса нефтегазообразования, основу которой составляет осадочно-миграционная теория формирования скоплений флюидов.

Некоторые историко-генетические критерии, используемые при качественной и количественной оценке перспектив нефтегазоносности, общеизвестны