

УДК 551.24.02

Экспериментальная тектоника и полевая тектонофизика: Сб. науч. тр. / АН УССР. Ин-т геофизики им. С.И.Субботина; Чекунов А.В. (отв. ред.). - Киев: Наук. думка, 1991. - 356 с. - ISBN 5-12-001738-X.

В сборнике представлены результаты методических, экспериментальных и теоретических тектонофизических исследований, проводившихся в различных лабораториях и исследовательских геолого-геофизических организациях при координирующей роли секции "Экспериментальная тектоника и структурная геология" Междуведомственного комитета при АН СССР и Научного совета АН УССР по проблеме "Тектоносфера Украины".

Для широкого круга геологов и геофизиков.

Ответственный редактор А.В.Чекунов

Утверждено к печати ученым советом

Института геофизики им. С.И.Субботина АН УССР

Редакция литературы о Земле

Редактор Л.Д.Прокопенко

Э 1803000000-104 292-90
М221(04)-91

ISBN 5-12-001738-X

© Институт геофизики им.С.И.Субботина АН УССР, 1991

УДК 551.24.02

С.И.Шерман

Институт земной коры СО АН СССР, Иркутск

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕКТОНИКИ

Даны анализ современного состояния экспериментальной тектоники, обзор главных достижений в области физического и математического моделирования. Для повышения эффективности экспериментальных исследований и их использования в геодинамике, геотектонике, а также в практических вопросах рудной геологии намечены основные проблемные задачи: дальнейшая разработка теории подобия в приложении к тектоническим экспериментам, введение в нее собственно геологических критериев-комплексов; разработка методики и проведения комплексных экспериментов для параллельного и одновременного исследования структурообразования в литосфере и синхронно протекающих процессов; постановка опытов в условиях повышенных температур и давлений и другие более частные задачи.

Проблемы экспериментальной тектоники определяются общими задачами, стоящими перед геотектоникой. В настоящее время геотектонические исследования охватывают все более глубокие сферы Земли и вовлекают в анализ богатый комплекс синхронно протекающих геологических процессов: деформации и напряжения, движения коры, разрушение среды и сейсмичность, вулканизм и гидротермальную деятельность. Инструментальные средства, используемые в тектонике и геофизике, пока не позволяют непосредственно наблюдать формы деформаций и разрушений материала на глубинах в десятки и более километров, а длительность формирования структур настолько велика, что делает принципиально невозможным изучение их динамики в натуре и корреляцию с развитием других синхронных процессов. Общая тенденция развития геотектоники корректирует и главные задачи, стоящие перед экспериментальной тектоникой. Они требуют введения дополнительных методических средств в экспериментальную тектонику, чтобы с ее помощью "заглянуть" в глубь пространства и "сократить время свершения", и, следовательно, сделать возможными наблюдения над сложными тектоническими явлениями и дать весомый материал для прогноза структурообразования и парагенетически связанных с ними событий.

© С.И.Шерман, 1991

ISBN 5-12-001738-X. Эксперим. тектоника и полевая тектонофизика. Киев, 1991.

приобретают новую индексацию: $R'_A = R_{pp}$, $T'_A = T_{pp}$, $P'_A = P_{pp}$ в парагенезисе правого сдвига по СВ разломам. Последнее отвечает разрывам, имеющим компоненту растяжения и допускает трактовку унаследования современными простираниями пластов конседиментационных элементов крупными сдвиговыми зонами. Этот, второй вариант интерпретации более полно отвечает представлениям о приразломном характере участков седиментации железистых пород и, по нашему мнению, является предпочтительным. Замеры элементов структуры месторождений, приуроченных к СВ разломам (см. рисунок, в), целесообразнее рассматривать не самостоятельно, а совместно с аналогичными данными по месторождениям, связанным с СВ разломами (см. рисунок, а).

Проведенный анализ пространственного положения элементов структур месторождений и рудопроявлений центральной части Белоцерковско-Одесской зоны позволяет сделать ряд выводов:

1. Развитая сеть внутриблоковых разломов исследуемого района Украинского щита подчиняется латеральным закономерностям вторичного структурообразования сдвиговых зон, аналогичным известным моделям структурообразования в сдвиговых зонах по С.С. Стоянову [5].

2. Разломная сеть представляется как парагенезис зон крупных долгоживущих СВ, С и СВ разломов архейско-протерозойского фундамента, кинематически проявлявшихся на отдельных этапах как правые и левые сдвиги.

3. Разломная сеть формировалась в течение нескольких (не менее 6) этапов и приспособлена к полям напряжений различной ориентировки. Внутриблоковые разломы каждого последующего этапа, унаследовав геометрию предшествующих разломов, могут отличаться кинематическими характеристиками.

4. Тектоническая позиция структур железорудных месторождений и рудопроявлений центральной части Белоцерковско-Одесской зоны описывается латеральными структурными парагенезисами сдвиговых зон крупных, прежде всего СВ, разломов, конформных юго-западной границе Украинского щита.

1. Бухер У. Деформации в орогенических поясах // Земная кора. - М.: ИЛ, 1957. - С. 351-378.
2. Гзовский М.В. Основные вопросы тектонофизики и тектоники Байджансайского антиклинория. Ч. 3-4. - М.: Изд-во АН СССР, 1963. - 544 с.
3. Калыев Г.И., Глевасский Е.Б., Димитров Г.Х. Палеотектоника и строение земной коры докембрийской железорудной провинции Украинны. - Киев: Наук. думка, 1984. - 240 с.
4. Мули Д.Д., Хилл М.Д. Сдвиговая тектоника // Вопросы современной зарубежной тектоники. - М.: ИЛ, 1960. - С. 265-333.
5. Столнов С.С. Механизм формирования разрывных зон. - М.: Недра, 1977. - 144 с.

6. Ярошук М.А. Железорудные формации Белоцерковско-Одесской металлогенической зоны. - Киев: Наук. думка, 1985. - 224 с.
7. Chinnery M.A. Secondary faulting // Can. J. Earth So. - 1966. - 3, N 2. - P. 175-190.
8. Marujama T. Stress fields in the neighbourhood of a crack // Bul. Earthqu. Res. Inst. - 1969. - 47, N 1. - P. 1 - 29.

УДК 551.243 (479)

Ю.Л.Яковлев

Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта АН СССР, Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНЕЙНОЙ СКЛАДЧАТОСТИ НА ПРИМЕРЕ БОЛЬШОГО КАВКАЗА

Предлагается методика, позволяющая разделять кинематику линейной складчатости на две составляющие: внешнее сокращение и адвекцию. Рассмотрены материалы структурных профилей через Шахдагскую, Транскую и Чиаурскую зоны. Амплитуда адвекции составила от десятой до третьей части возможной максимальной, внешнее сокращение - оказалось примерно двукратным. Приведены данные анализа этих двух кинематических характеристик вк্রেст и вдоль простирания зон.

Проблема складкообразования - одна из самых сложных и актуальных в тектонике. Наиболее общепринятыми гипотезами, объясняющими происхождение складчатости, можно назвать две, по распространенному мнению альтернативные - внешнего сокращения и адвекции (или глубинного диапризма). Если идея внешнего сокращения восходит еще к теории контракции, то процессы типа адвекции сравнительно недавно начали подробно изучаться [1, 4]. Для определения того, которой из двух гипотез больше соответствует реальный природный процесс, важно научиться проводить сравнение природных структур с теоретическими и экспериментальными моделями складчатости.

Предлагается методика, позволяющая представить кинематику зон линейной складчатости (по конкретным профилям) в виде суммы двух численно охарактеризованных типов движений. Первый тип - адвекция, т.е. волывание менее плотных пород нижней части геосинклинали в момент развития процессов метаморфизма и соответственное погружение (разумеется в другом месте) более плотных образований верхней части чехла. Второй тип движений - внешнее сокращение геосинклинали, связанное с уменьшением ширины складчатой зоны. Кинематическая модель, лежащая в основе методики - простейшая математическая модель адвекции [1] и ее деформация однородным сокращением. Основные получаемые характери-

© Ф.Л.Яковлев, 1991

ISBN 5-12-001738-X. Эксперим. тектоника и полевая тектонофизика. Киев, 1991.

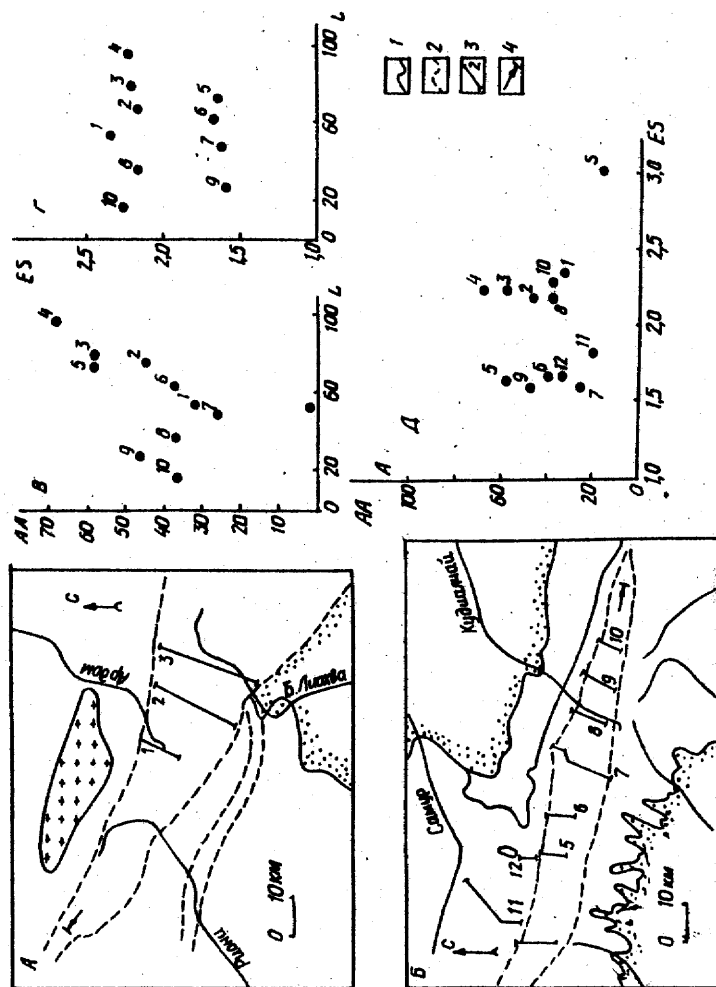


Рис. 1. Схемы расположения профилей: А - Чиаурского синклиниория, Б - Тфанского антиклинория и Шахдагской зоны; 1 - основные геологические границы; 2 - границы структурных зон; 3 - линии профилей; 4 - начало отсчета расстояния L (км) вдоль простирания структур; В - распределение значений амплитуды адвекции (АА в градусах) вдоль простирания структур; Г - то же для значений внешнего сокращения (ES); Д - сопоставление кинематических характеристик природной (1-12) и экспериментальной складчатости (А - адвективная, Б - внешнего сокращения)

стики - амплитуда адвекции (в диапазоне от 0 до 180°) и внешнее сокращение (во сколько раз сократилась длина профиля).

Для получения этих характеристик исследуемый профиль разбивается на ряд однородных участков складчатости (примерно 0,5 - 2 км вдоль профиля для природных структур), в каждом таком участке измеряются наклон осевых поверхностей складок, размер сжатия складок, длина участка вдоль профиля и наклон линии профиля. Полученные данные позволяют восстанавливать доскладчатое положение каждого участка и соответственно всего профиля, для чего необходимо провести геометрические операции поворота, горизонтального сдвига и растяжения. После этого вычисляется размер внешнего сокращения профиля и среднего по профилю сокращения складок. Рассчитанная на ЭМ номограмма позволяет определить величину адвекции по этим двум параметрам. Подробное описание этой методики опубликовано ранее [6].

Исследование экспериментальных моделей, полученных внешним сокращением [2] и адвекцией [1], показало, что и адвекция и внешнее сокращение надежно обнаруживаются методикой. Для первого эксперимента получена незначительная амплитуда адвекции (15°) и большое сокращение (в 3 раза), во втором - большая адвекция (105°) и никакого сжатия. Проанализированы материалы структурных профилей через Шахдагскую зону и Тфанский антиклинорий (9 профилей [3, 6]) и Чиаурский флишевый синклиниорий (3 профиля [5]). Эти три зоны являются наиболее дислоцированными и занимают заметную часть сооружения Большого Кавказа, поэтому полученные кинематические величины в самом первом приближении можно считать типичными для Большого Кавказа. Проведено два варианта анализа: исследовались профили целиком и части профилей, соответствующие предполагаемому адвективному ячейкам.

Для профилей, исследованных целиком, амплитуда адвекции составила в среднем 44 и 45° для Тфанского антиклинория и Чиаурского синклиниория при разбросе от 25 до 68° и от 32 до 53° соответственно. В Шахдагской зоне значения адвекции оказались ниже - 20 и 35° . Поперечное сокращение профилей в целом оказалось примерно двукратным (рис. 1) - $1,83$; $2,23$; $1,74$ соответственно

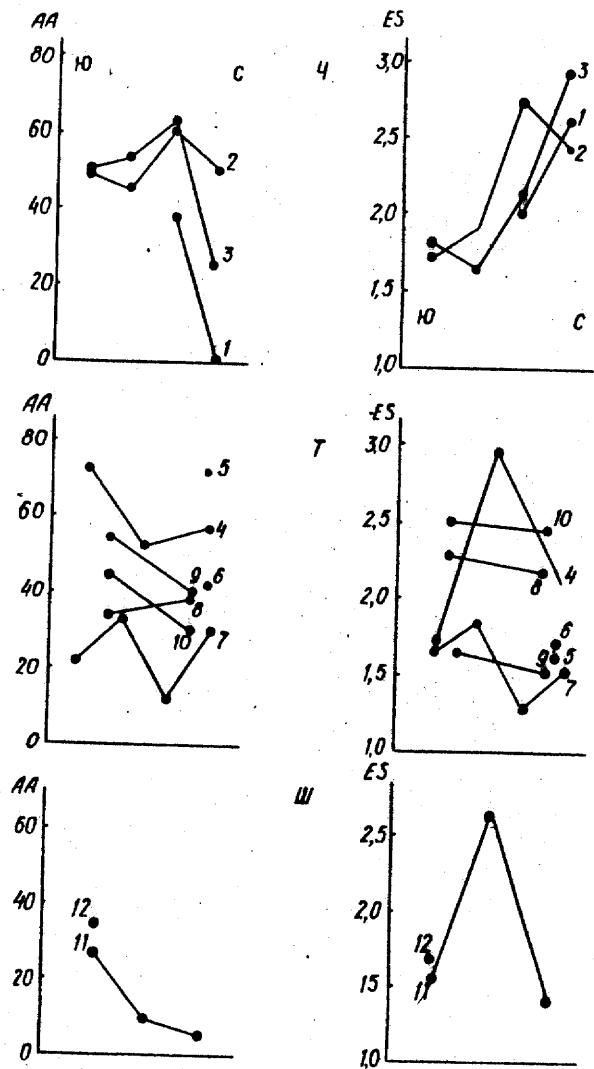


Рис. 2. Распределение кинематических характеристик вкрест простирания структур (север справа). Точки соответствуют предполагаемым адвективным ячейкам

(средние цифры). По простиранию структур в профилях наблюдается явное усиление адвекции от периферии к центральным частям складчатых зон при неизменном в целом сокращении.

В варианте с анализом профилей по частям наблюдался большой разброс значений как амплитуды адвекции (от 0 до 73°), так и внешнего сокращения (от 1,3 до 2,94 раза). Важно, что этот вариант анализа позволяет исследовать изменения кинематических характеристик вкрест простирания структур (рис. 2). На фоне в целом закономерного однородного распределения значений выделяется заметное усиление адвекции с севера на юг в Шахдагской зоне и несколько большее сокращение северной половины Чиаурского синклиниория (2,5 против 1,7).

Сокращение профиля в целом, как и его частей (адвективных ячеек), связано, по-видимому, с соответствующим сокращением геосинклинального фундамента. Во всяком случае трудно предположить, что в целом однородное поперечное сокращение линзы осадков первоначальной ширины около 50 км и мощностью 8–10 км может не захватить фундамента. Изменения поперечного сокращения вкрест простирания, как представляется, не дает возможности находить в изученных районах явление тектонического скупивания, поскольку не наблюдается резко неоднородного горизонтального сокращения геосинклинальной толщи, которое должно быть характерным признаком сжатия осадков с поверхности фундамента.

Причина большого разброса значений амплитуды адвекции для частей профиля по сравнению со значениями для целых профилей заключается, вероятно, в существовании искажающих деформаций (например, горизонтального сдвига), которые не учитываются использованной методикой и больше изменяют оценки адвекции для отдельных адвективных ячеек, чем для групп таких ячеек. Поэтому более надежными представляются значения амплитуды адвекции для профилей в целом.

Приведенные данные (рис. 1, д) показывают, что процесс складкообразования имеет сложный характер, в нем участвуют по крайней мере внешнее сокращение и адвекция, и объяснить происхождение складчатости каким-либо одним процессом невозможно. Сопоставление кинематических характеристик природных структур и экспериментальных моделей указывает на необходимость совершенствования моделирования.

1. Гончаров М.А. Инверсия плотности в земной коре и складкообразование. - М.: Недра, 1979. - 246 с.
2. Ларин В.Н. Гипотеза изначально гидридной Земли. 2-е изд. - М.: Недра, 1980. - 216 с.
3. Рогожин Е.А., Яковлев Ф.Л. Опыт количественной оценки морфологии складчатости Тфанской зоны Большого Кавказа // Геотектоника. - 1983. - № 3. - С. 87-98.
4. Шолпо В.Н. Альпийская геодинамика Большого Кавказа. - М.: Недра, 1978. - 176 с.

5. Яковлев Ф.Л. Оценка деформаций в складчатой области по дисгармоничным складкам // Бюлл. МОИП, отд. геол. - 1978. - 58. - С. 43-52.
6. Яковлев Ф.Л. Исследование кинематики линейной складчатости (на примере Юго-Восточного Кавказа) // Геотектоника. - 1987. - № 4. - С. 31-48.

УДК 551.24.02

Д.В.Кузьмин, А.И.Прокопенко, С.А.Шевцов

Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности, Макеевка

АНАЛИЗ ДЕФОРМИРОВАННОСТИ УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ДОНБАССА

Описывается методический подход к расчету деформированности угленосных отложений юго-западной части Донбасса. В основу тектонофизического анализа положено параллельное изучение пликативных и дизъюнктивных дислокаций. Показано, что зоны интенсивной деформации чаще сопровождаются высокими значениями плотности разломов и повышенной нарушенностью угольных пластов, которые влияют на газообильность горных выработок и шахт.

Согласно плану развития угольной промышленности страны рост добычи предусматривается осуществлять за счет ввода на действующих шахтах новых горизонтов, т.е. увеличения глубины разработки. Успешное освоение глубинных горизонтов в значительной мере будет зависеть от надежного прогноза газоносности угольных толщ, газообильности горных выработок и шахт в целом.

Известно, что распределение метана в угленосных отложениях весьма неравномерно и обуславливается совокупным влиянием геологических факторов. К ним относятся: угленосность, региональный метаморфизм, петрографический состав, структура угольных пластов и вмещающих пород, тектоника угленосных отложений и т.д. Структурная нарушенность, трещиноватость угольных пластов во многом определяет их газопроницаемость, коллекторские свойства и способность углей отдавать газ в горные выработки и существенно влияют на метанообильность внешочных участков и шахт в целом. Поэтому количественный анализ деформированности угленосных отложений, выявление связи между деформационными зонами и метанообильностью шахт является немаловажной задачей.

Анализ деформированности угленосных отложений неразрывно связан с параллельным изучением дизъюнктивных и пликативных дислокаций. По нашему представлению, именно пликативные дислокации

© Д.В.Кузьмин, А.И.Прокопенко, С.А.Шевцов, 1991.

ISSN 5-12-001753-X. Эксперим. тектоника
и полевая тектонофизика. Киев, 1991.

являются одним из четких индикаторов интенсивности тектонических движений. Эти подвижные части слоистой среды указывают на время, место и направление разрядки тектонических напряжений.

Нередко материалы по складчатым и иным деформациям рассматриваются с нескольких позиций: морфолого-геометрических, кинематических и динамических. Но две последние пока еще не достигли той стадии совершенства, чтобы можно было их использовать в широком масштабе и тем более в таких сложнопостроенных регионах, как Донецкий бассейн. Нами дана методика количественной оценки деформированности угленосных отложений применительно к условиям юго-западной части Донбасса. Она базируется на морфолого-геометрическом подходе к изучению пликативных дислокаций, апробированном в разных нефтегазоносных бассейнах Сибири [2, 3]. Исследования шахтных полей и сопредельных территорий юго-западной части Донбасса основаны на детальном изучении морфологии, геометрии и ориентировке складчатых форм разных порядков в совокупности с анализом разрывных нарушений (полей плотности дизъюнктивных дислокаций). Такая последовательная схема тектонофизических исследований позволяет с единых позиций выявить параметры деформационного поля исследуемой территории.

Искривление слоистой толщи, как правило, сопровождается изменением формы геологических тел, структурных поверхностей. Неоднородно искривленные участки (типа флексурных перегибов, дугообразных изгибов и т.д.) угленосных толщ характеризуются удельной кривизной:

$$\varphi = \frac{k}{l}, \quad (1)$$

где φ - удельная кривизна; k_{cp} - средняя кривизна искривленной части пласта в двумерном пространстве; l - длина искривленной части пласта. Кривизна искривленной части пласта в точке вычисляется по формуле

$$k = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}. \quad (2)$$

В пределах шахтного поля определяется средневзвешенная кривизна угленосных отложений (угольных пластов, прослоев и т.д.).

$$\varphi_{сб3} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}. \quad (3)$$