

УДК 551.243 (575.1)

## ОБ “ОБРАТНОМ” КИНЕМАТИЧЕСКОМ ЭФФЕКТЕ ПРИ НАДВИГООБРАЗОВАНИИ И ЕГО СТРУКТУРНЫХ И ТЕКТОНИЧЕСКИХ СЛЕДСТВИЯХ

© 2002 г. Ю. А. Морозов

Представлено академиком А.Л. Книппером 10.12.2001 г.

Поступило 28.12.2001 г.

В последнее время вновь явную актуальность приобретает проблема выяснения геодинамических условий формирования пологих разрывно-складчатых структур. Если ранее их неизменно связывали с коллизионными обстановками и вполне определенно приписывали им покровно-надвиговый генезис, то с появлением представлений о формировании подобных же структур в условиях растяжения [15] (“коллапс растяжения” [13], концепция “комплексов метаморфических ядер” [9, 12]) вопросы их происхождения становятся проблемными. Именно в связи с этим делаются попытки ревизии устоявшихся представлений для некоторых регионов, например в Беломорско-Лапландском поясе Балтийского щита. Там пологие тектонические структуры беломорид, интерпретировавшиеся как глубинные надвиги этапа коллизионного столкновения Кольской и Карельской плит [2, 5] или же как структуры поднадвиговой обстановки Лапландских гранулитовых покровов [6], Е.Н. Терехов [10] предложил рассматривать как структуры обстановки растяжения эпохи карельского тектогенеза.

Если опираться только на геодинамические критерии и модели, то такая спорная ситуация трудноразрешима. Приводимый Е.Н. Тереховым в качестве аргумента процесс эксгумации глубинных пород посредством механизма “коллапса растяжения” и обилие в связи с этим мигматит-гранитных масс на самом деле в равной степени возможны и в коллизионных условиях, за счет принудительного тектонического выдавливания в зонах транспрессии [8]. Более того, именно гранито-гнейсовые массивы и диапиры обычно рассматриваются как несомненный индикатор обстановки коллизионного тектогенеза [11]. В подобных случаях заметную пользу могут принести структурно-геологические и кинематические

признаки, однако, как показывает опыт, и они не всегда приводят к однозначному результату, что очень важно иметь в виду при работе в сложно дислоцированных разрывно-складчатых поясах.

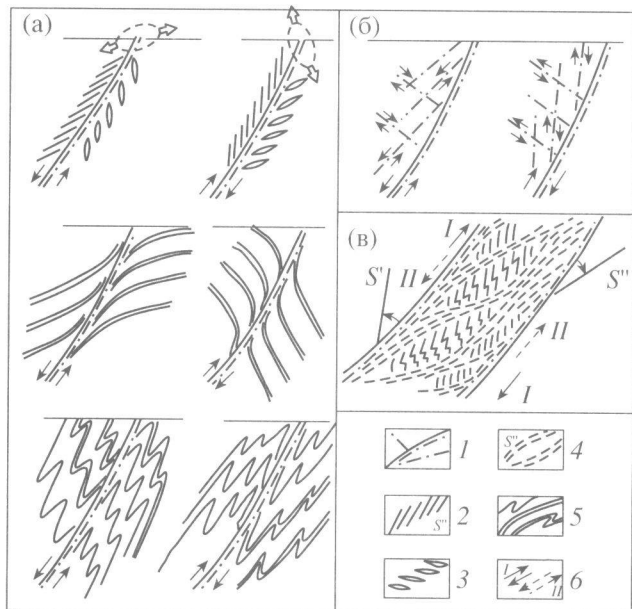
При наличии пологих разрывных зон, в отсутствии реальных маркеров смещения, о направлении перемещения материала по линии падения или же, наоборот, восстания свидетельствуют многочисленные структурные признаки, которые можно наблюдать в поперечном к простиранию сечении (рис. 1а). Среди них важны ориентировка деформационной плоскостной текстуры (сланцеватости или милонитовой полосчатости) по отношению к поверхности сместителя, разворот относительно нее кулисно-эшелонированных трещин отрыва против или по часовой стрелке и характер подворотов предшествующей расслоенности, асимметрия мелких складок, теней давления около порфировкластов, структуры вращения последних, S–C-структуры тектонитов и др. [14]. Так как и надвиг и сброс в физическом смысле представляют собой простой сдвиг, то они также сопровождаются оперяющими их синтетическими и антитетическими сколами Риделя, соответствующая кинематика которых является хорошим ориентиром для оценки направления смещения по магистральной поверхности сместителя (рис. 1б).

Вместе с тем во многих случаях встречаются ситуации не столь однозначные, с комбинированным сочетанием признаков движения пород как по линии восстания сместителя, так и по его падению (рис. 1в) или же в виде серии сопряженных в разрезе тектонических пластин с чередующимся проявлением признаков надвиговой и как бы сбросовой кинематики. В некоторых случаях удастся установить разновозрастность таких разновозрастных кинематических признаков, если видно их явное наложение друг на друга, тем более если минеральное выражение текстур и структур оказывается заметно различающимся по уровню метаморфических преобразований. При целенаправленном и грамотном разрешении подобных

ситуаций можно даже датировать эти явно разновозрастные кинематические события противоположной направленности [4]. Целью же данного сообщения является ознакомление с такой структурно-геологической ситуацией, когда возможно комбинированное проявление близких по времени формирования кинематических признаков, формально свидетельствующих о надвиговой и сбросовой обстановке, а на самом деле возникших в условиях общего сжатия.

При воспроизведении методами тектонического моделирования обстановок транспрессии и транстенсии [7] автор заметил неизменно повторяющуюся в экспериментах любопытную закономерность. В дивергентно-веерной, по морфологии поперечного сечения (структура “пальмового дерева”), транспрессивной зоне развитие надвигов начинается в ее осевой части и последовательно распространяется в двух противоположных направлениях поперек простирания, все более захватывая периферию и расширяя покровно-надвиговую зону. Интересен тот факт, что более поздние по времени формирования надвиги практически всегда “выдаввливаются” из-под более ранних тектонических пластин, оказываясь на более низких гипсометрических и структурных уровнях и дальше от осевой зоны транспрессии, чем первые (рис. 2а). Факт зарождения новой тектонической пластины в поднадвиговой зоне перед этим уже сформированным покровом и ее выдвигание из-под последнего в кинематическом смысле аналогичны сбросовой ситуации с соответствующим ей расположением характерных структурных элементов (рис. 2б, 1а). Получается, что базисная для пластины I поверхность сместителя в момент формирования этой пластины “работала” относительно автохтона как надвиговая поверхность, а при последующем выдвигании из-под первой второй пластины она уже находилась в условиях кажущейся (квази)сбросовой кинематики.

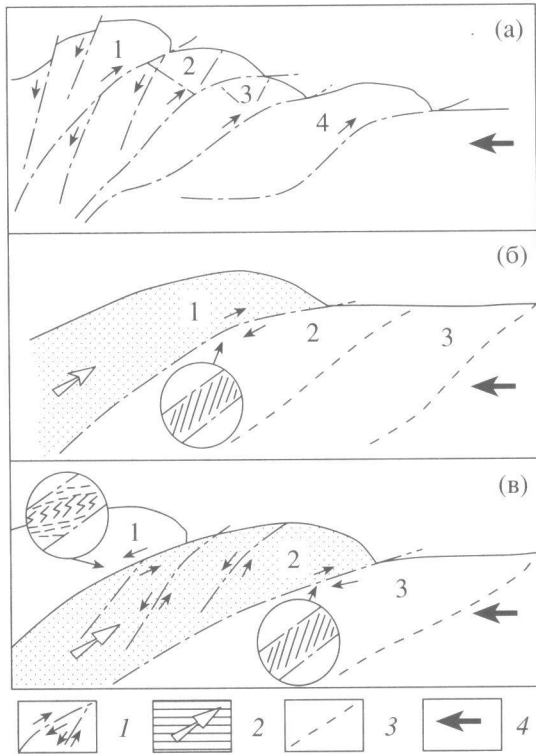
Таким образом, здесь в условиях сжатия проявляется как бы “обратный” кинематический эффект сбросового типа. Именно это обстоятельство, на наш взгляд, может быть ответственным за возникновение ситуаций с комбинированным (последовательным или кажущимся близкосодейственным) проявлением формальных структурных признаков кинематических обстановок надвигов и сбросов. В зависимости от интенсивности проявления процессов деформационно-вещественных преобразований на каждой из кинематических стадий структурные признаки одной из них могут доминировать или даже полностью уничтожать признаки другой. Более того, как следует из экспериментов, в пределах практически каждой из вновь возникавших пластин, выдвигавшихся из-под предшествующих в условиях квазисбросовой кинематики, формируются внутренние систе-



**Рис. 1.** Некоторые структурно-кинематические признаки направлений перемещения блоков при надвиго- и сбросообразовании (в вертикальном сечении, субперпендикулярном простиранию сместителя). I – магистральная поверхность сместителя и оперяющие ее разрывные нарушения; 2 – плоскостные текстуры первой генерации в зоне сместителя; 3 – кулисные ряды трещин отрыва; 4 – плоскостные текстуры второй генерации в зоне сместителя; 5 – доминирующая расчлененность в сопряженных блоках; 6 – направления относительного смещения блоков двух последовательных стадий.

мы нарушений более высокого порядка, также обладающих признаками кажущихся сбросов (рис. 2в). Это приводит к тому, что в едином разрезе той или иной складчатой области, сложенной пакетом тектонических пластин, часто встречается попеременное чередование разрывных нарушений сбросовой и надвиговой кинематики. Если для доказательства их разновозрастности нет убедительных признаков, то вполне допустимо, на наш взгляд, предложенное выше объяснение.

Принимая подобный сценарий развития структурной ситуации, естественно, следует учитывать влияние некоторых факторов, накладывающих определенные ограничения на ее реализацию. Она прежде всего наиболее вероятна в толщах однородного состава или с близкой компетентностью пород, например в метаморфических комплексах, реологические свойства составных частей которых сближаются по мере нарастания степени метаморфизма. В разнородных же по составу разрезах следует ожидать усиление роли дифференциальных движений по границам раздела, что должно заметно усложнять общую кинематическую картину, нарушать обозначенные



**Рис. 2.** Схема последовательного формирования пакета тектонических пластин при надвигообразовании (по результатам экспериментов). а – общая схема; б, в – последовательные стадии. 1 – поверхности сместителей и направления относительного перемещения по ним; 2 – активно выдвигающаяся тектоническая пластина; 3 – поверхности потенциальных сместителей, образующихся на последующих стадиях; 4 – направление общего укорочения моделей (сжатия). Цифрами на схеме обозначены временная и пространственная последовательности формирования надвиговых пластин; в кружках показаны структурно-кинematicкие признаки перемещения на отдельных поверхностях сместителей.

выше закономерности обсуждаемого варианта. Точно так же следует оговорить то обстоятельство, что пологие разрывные нарушения листрического типа характерны, как известно, для приповерхностных частей земной коры, являясь важнейшим элементом так называемой тонкокожей тектоники. В случае же развития глубинных надвигов ситуация в структурно-кинematicком смысле становится, мягко говоря, неоднозначной, так как у геологов нет ясного представления о развитии деформаций в “стесненных” условиях. Там направленность перемещений материала, по-видимому, в значительной степени определяется случайным или закономерным местоположением “тектонических убежищ”, существующих на фоне мощной литостатической нагрузки и конвективного перемещения материала. Вопрос о том, будут ли там проявляться описанные выше закономерности формирования структур покров-

но-надвигового парагенеза, остается открытым. Однако здесь можно сослаться на результаты все тех же экспериментов, проведенных автором [7, с. 245–246], которые показывают, что и в стесненных условиях (деформация модели со значительной пассивной нагрузкой сверху) формируются покровно-надвиговые тектонические пластины в той же последовательности и с теми же структурно-кинematicкими особенностями, что и в случае со свободной поверхностью образцов.

Несмотря на упомянутые ограничения, есть основания полагать, что описанные выше закономерности формирования покровно-надвиговых структур, вероятно, имеют достаточно универсальный характер, так как находят подтверждение в реальных природных примерах из складчатых поясов разного возраста и тектонического положения. Так, на схеме В.А. Глебовицкого [2, рис. 7] в области сочленения Кольского и Карельского мегаблоков Балтийского щита докембрийские породы дивергентно построенного Беломорско-Лапландского покровно-складчатого пояса имеют более молодые значения датировок абсолютного возраста в пределах наиболее нижних тектонических пластин, слагающих периферийные области, тогда как наиболее древние датировки характерны для его осевой части, сложенной к тому же наиболее глубоко метаморфизованными породами. В складчатом поясе варисцид Южного Тянь-Шаня В.И. Белоусов [1] при изучении металлогенической зональности палеозойских покровно-складчатых сооружений Алая показал, что поздние по времени формирования низкотемпературные месторождения ртути, сурьмы, полиметаллов располагаются в нижних покровах, а более ранние и высокотемпературные – в гипсометрически более верхних. Подобное же развитие покровно-складчатой структуры во времени А.Е. Довжиков [3, с. 82] описывает в пределах Охинско-Талдыкского антиклинория Южного Тянь-Шаня: “Если сопоставить для отдельных чешуй крыльев возраст наиболее молодых отложений, сохранившихся перед фронтом надвигов, то окажется, что они тем моложе, чем дальше расположены от осевой части”. Наблюдаемые соотношения могут указывать на более ранний возраст надвигов приосевой части антиклинория по отношению к его окраинам, “что позволяет думать о последовательном образовании этих структур начиная с конца нижнего карбона и до конца среднего”.

Таким образом, отчетливая согласованность природных примеров и экспериментально выявленной особенности формирования надвиговых структур с элементами квазирасбросовой кинематики позволяет заметно расширить спектр структурных признаков, возникающих в обстановках сжатия. Это же может свидетельствовать о том, что каждый из сторонников упомянутых вначале

альтернативных точек зрения на природу пологих разрывно-складчатых структур в чем-то по-своему прав с той лишь поправкой, что они, вероятно, придают доминирующее значение одной из двух сторон бимодальной структурно-кинематической ситуации. Имея это в виду, представляется принципиально важным в подобных ситуациях убедиться в одновозрастности или одновременности формирования структурных признаков обстановок растяжения и сжатия и с учетом возможности проявления описанной выше ситуации “обратного” кинематического эффекта отдавать предпочтение той или иной геодинамической модели.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В.И. // Изв. вузов. Геология и разведка. 1995. № 5. С. 3–13.
2. Глебовицкий В.А. // Геотектоника. 1996. № 5. С. 27–42.
3. Довжиков А.Е. Тектоника Южного Тянь-Шаня. М.: Недра, 1977. 172 с.
4. Кислицин Р.В. Возраст и кинематика тектонических движений в ядре раннепротерозойского Лапландско-Кольского орогена: Автореф. дис. ... канд. геол.-минералог. наук. СПб.: Ин-т геологии и геохронологии докембрия РАН, 2001.
5. Миллер Ю.В., Милькевич Р.И. // Геотектоника. 1995. № 6. С. 80–92.
6. Минц М. В. и др. Ранний докембрий северо-востока Балтийского щита. М.: Науч. мир, 1996. 287 с.
7. Морозов Ю.А., Геттнер Т.М. Проблемы эволюции тектоносферы. М.: ОИФЗ РАН, 1997. С. 219–258.
8. Морозов Ю.А. Тектоника и геодинамика: общие и региональные аспекты. М.: ГЕОС, 1998. Т. 2. С. 40–42.
9. Скляров Е.В., Мазукабзов А.М., Мельников А.И. Комплексы метаморфических ядер кордильерского типа. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. 182 с.
10. Терехов Е.Н. Общие вопросы тектоники: Тектоника России. М.: ГЕОС, 2000. С. 518–521.
11. Федоровский В.С. Земная кора и мантия. Иркутск: Наука, 1995. С. 105–106.
12. Crittendon M.D., Coney P.J., Davis G.H. Cordilleran Metamorphic Core Complexes // Mem. Geol. Soc. Amer. 1980. V. 153. 486 p.
13. Dewey J.F. // Tectonics. 1988. V. 7. P. 1123–1139.
14. Hammer S., Passchier C. Shear-Sense Indicators: A Review. Geol. Surv. Can. Pap. № 90–17. Ottawa, 1991. 72 p.
15. Wernicke B. // Nature. 1981. V. 291. P. 645–648.