

Э. В. АНАНЯН

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ  
КАФАНСКОГО БРАХИАНТИКЛИНОРИЯ В МЕЗОЗОЕ

При изучении отдельных участков земной коры, часто наблюдается чрезмерная неравномерность развития складчатых и разрывных нарушений. Неравномерность распределения складчатых и разрывных нарушений даже в аналогичных образованиях может зависеть от различных причин. На участках развития дислокаций возникают тектонические поля напряжений, обуславливающие возникновение связных и разрывных нарушений.

Величина этих напряжений может меняться как во времени, так и в пространстве.

Напряженное состояние тела характеризуется тремя взаимоперпендикулярными осями главных нормальных напряжений. Выявление ориентировки этих осей на конкретных участках земной коры может помочь в определении направлений действия деформирующих усилий в геологическом прошлом.

Тектонические поля напряжений могут быть общими, обусловившими развитие главных разрывных и связных нарушений. Они могут вызвать также побочные внутрислойные поля напряжений (М. В. Гзовский, 1963). Оси деформаций последних могут не совпадать с осями деформаций общих тектонических полей напряжений.

Различают оси алгебраически максимальных ( $\sigma_1$ ), минимальных ( $\sigma_3$ ) и средних ( $\sigma_2$ ) главных нормальных напряжений. Положение разрывов типа отрыва и скалывания, возникающих при разрушении образца, можно характеризовать, выяснив их расположения относительно этих осей. Так ось  $\sigma_3$  является биссектрисой острого угла, образованного двумя сопряженными трещинами скалывания, а ось  $\sigma_1$  является биссектрисой тупого угла, образованного этими же трещинами. Ось  $\sigma_2$  всегда перпендикулярна к осям  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$ .

Таким образом, если установить положение этих осей относительно структурной формы, то можно восстановить направление действия сил, приводивших к образованию структурной формы. Очень важно определение направлений подвижек по плоскостям сопряженных трещин скалывания, так как они указывают на вид напряжений (сжатие или растяжение). При сжатии ось наибольшего сжатия представляет собой направление действия алгебраически минимального отрицательного главного нормального напряжения, а при растяжении ось наибольшего растяжения представляет собой направление действия алгебраически максимального положительного главного напряжения.

Восстановление древних тектонических полей напряжений требует детальных исследований мелкой и крупной трещиноватости пород. Объ-

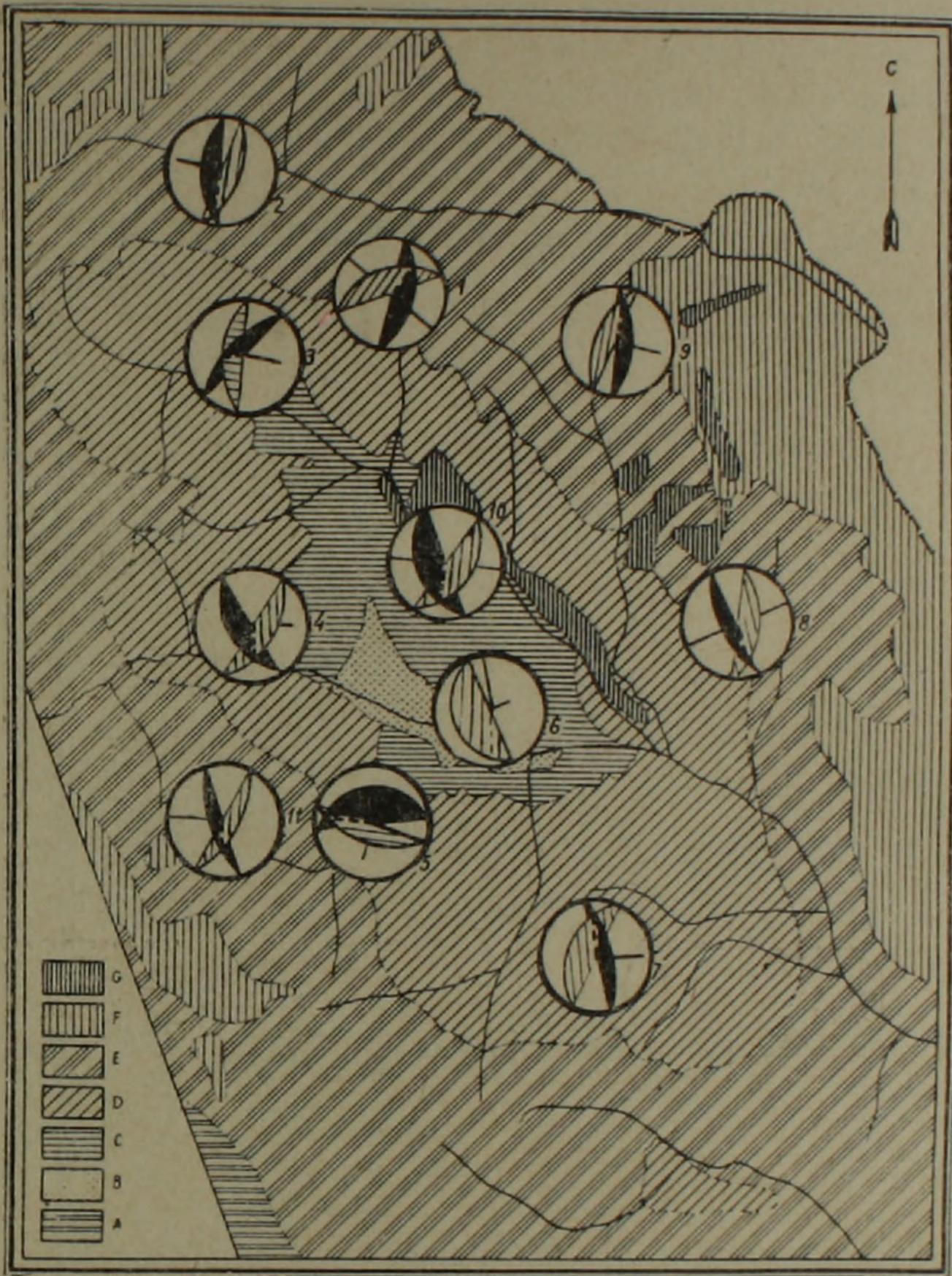
зательно нахождение сопряженных трещин типа скалывания с определением направлений подвижек по ним.

Наши наблюдения по восстановлению общего тектонического поля напряжений, существующего в мезозойское время на территории Кафанского брахантиклинория, производились по методу, разработанному М. В. Гзовским в 1963 г. на примере Каратау. В условиях широкого развития вулканогенно-обломочных образований Кафанского района применение этого метода встретило некоторые затруднения, ввиду очень малой распространенности четко выраженных сопряженных трещин скалывания. Поэтому нами были использованы детальные исследования массовых замеров мелкой трещиноватости на участках, расположенных в разных частях Кафанского брахантиклинория. С этой целью были составлены диаграммы трещиноватости 9 участков. В диаграммах были выбраны максимумы, имеющие одинаковые элементы залегания трещин и характеризующиеся схожими чертами, особенно в отношении подвижек по ним. Таким образом, были выявлены системы сколовых трещин, полностью характеризующие общие направления возникновения сколовых трещин. Надо отметить, что использование максимумов почти исключает использование случайных сопряженных трещин. Так как общие тектонические поля образуют главные тектонические разрывы данной складки, то использование сопряженных крупных разломов на складке несомненно может указывать на ориентировку осей главных нормальных напряжений ( $\sigma_1$ ;  $\sigma_2$  и  $\sigma_3$ ). Поэтому нами были использованы также отдельные характерные сопряженные трещины явно тектонического происхождения.

В результате камеральной обработки трещиноватости пород Кафанского района были составлены круговые диаграммы, показывающие ориентировку плоскостей скалывания и осей главных нормальных напряжений (фиг. 1).

На схематической геологической основе показаны распределения участков со стереографической пререкцией осей напряжений. На наш взгляд, это позволяет проследить зависимость характера трещиноватости также от литологического состава вмещающих пород. По этой же карте одновременно можно проследить характер трещиноватости, находящейся в зависимости от структуры района. Так, все трещины или система трещин (группы трещин скалывания), расположенные на крыльях и периклиналях брахантиклинория, характеризуются крутыми углами падения с горизонтальной ориентировкой осей алгебраически средних ( $\sigma_2$ ) и максимальных ( $\sigma_1$ ) главных нормальных напряжений. Ось наибольшего сжатия ( $\sigma_3$ ) почти на всех диаграммах или вертикальна, или же имеет очень крутые углы наклона. Одновременно ось наименьшего сжатия ( $\sigma_1$ ) имеет очень пологое расположение (юго-западная часть территории), а в остальных местах ось ( $\sigma_1$ ) параллельна горизонтальной плоскости. Почти на всех участках промежуточная ось ( $\sigma_2$ ) довольно пологая, а на северо-восточном крыле она почти горизонтальная.  $\sigma_2$  почти везде имеет меридиональное направление, лишь на двух участ-

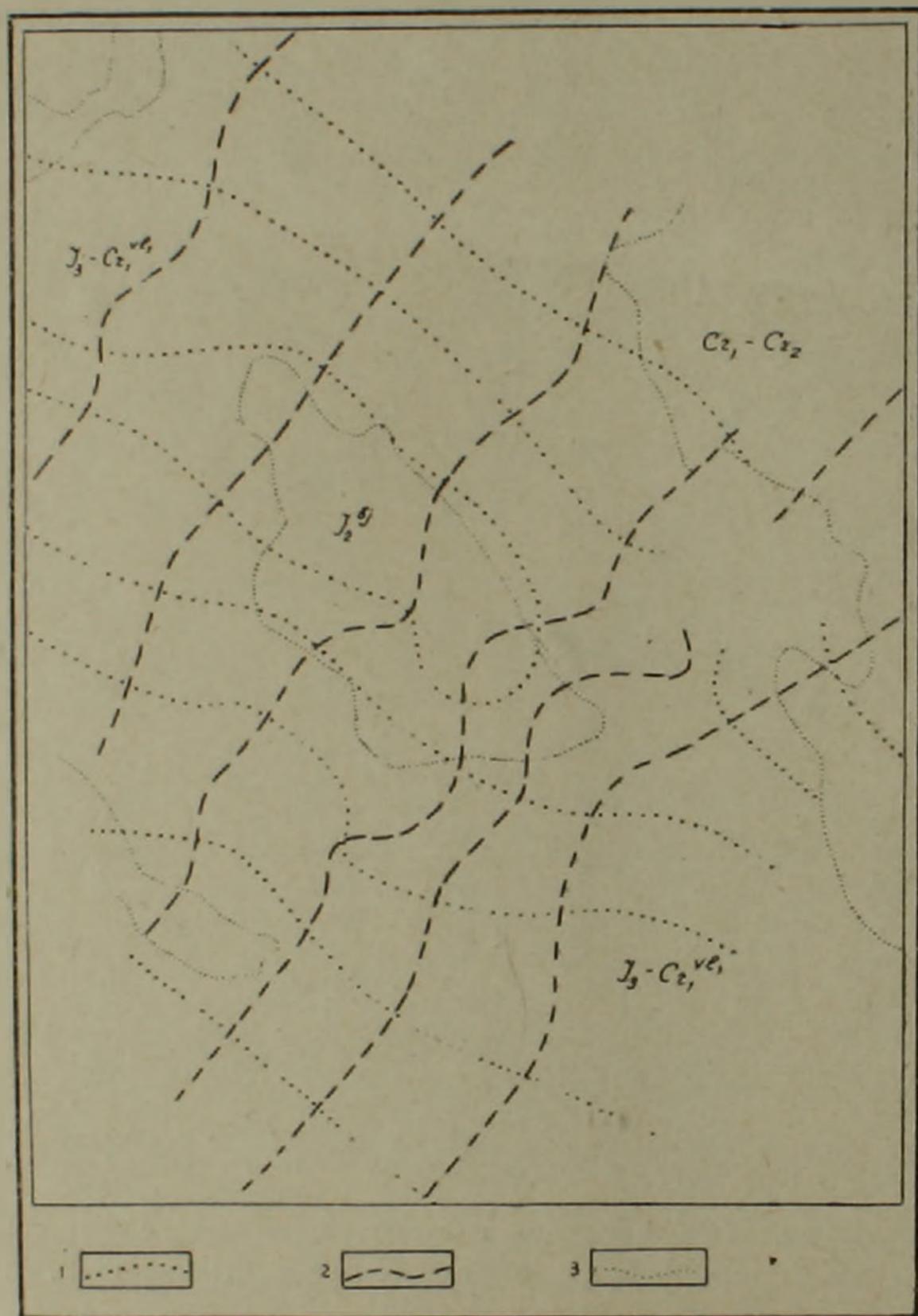
ках (Антарашатский и Верхневачаганский) она имеет широтное простирание. При вышеотмеченной упорядоченности всех осей напряжений аномальное положение  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  на этих двух участках можно объяснить расположением участков на вторичных структурных формах.



Фиг. 1. Стереографические проекции систем трещин мелкой трещиноватости и осей напряжений на территории Кафанского брахiantиклиория. А.  $P_{Cm} - P_{z_1}$  — метаморфические сланцы и туффиты. В.  $J_2^{bj_1}$  — лавобрекчии андезитовых порфиритов, С.  $J_2^{bj_2-3}$  — андезитовые, андезито-дацитовые и андезито-дацитовые кварцевые порфириты, Д.  $J_3^{ox-km}$  — потоки порфиритов, туфобрекчий, туфоконгломераты, Е.  $J_3^{tit}$ .  $Cr_1^{v_1_2}$  — порфириты, их туфобрекчии, туфоконгломераты, — нормально-осадочные породы, Г — четвертичные андезито-базальтовые лавы; участки замеров трещиноватости. 1—Верхнехотананский, 2—Тандзаверский, 3—Антарашатский, 4—Шгарджикский, 5—Верхневачаганский, 7—Чакатенский, 8—Гедаклинский, 8—Кармракарский, 10—Кавартский, 11—Комбохский,  $\sigma_1$ ;  $\sigma_2$  и  $\sigma_3$  — оси алгебраически максимальных, промежуточных и минимальных главных нормальных напряжений.

Таким образом, на территории Кафанского брахиантиклинория устанавливается преобладающее крутое, почти перпендикулярное к слоистости, положение осей наибольших сжимающих напряжений ( $\sigma_3$ ). Одновременно оси наибольших растягивающих напряжений ( $\sigma_1$ ) располагаются полого (они почти параллельны слоистости— $15-25^\circ$ ). Средняя ось всегда находится на одной плоскости с осью  $\sigma_1$ .

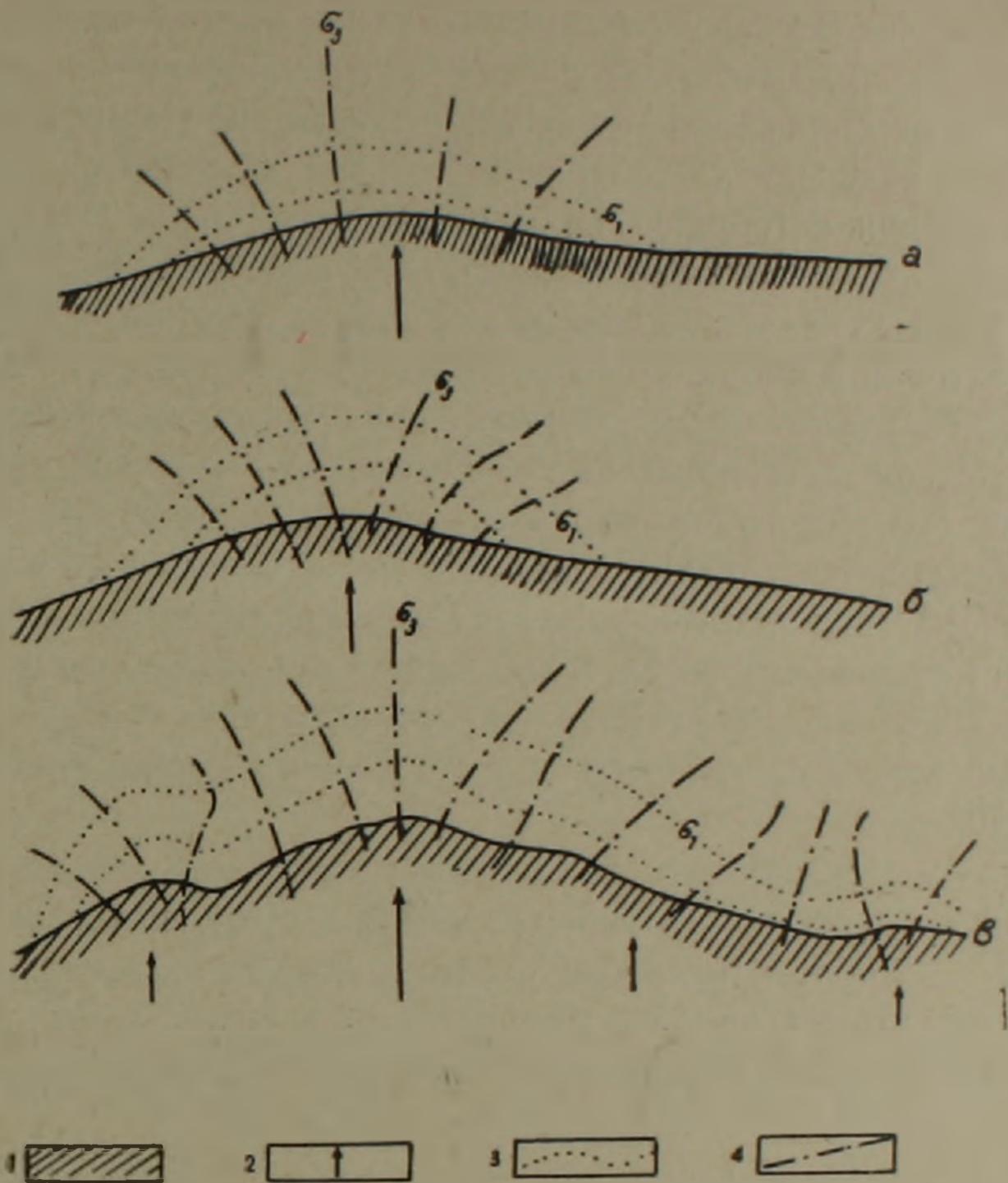
Следовательно, расположение осей  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  характеризует общее поле напряжений Кафанского брахиантиклинория в целом в мезозойское время (фиг. 2).



Фиг. 2. Карта траекторий основного тектонического поля напряжений на Кафанском брахиантиклинории. 1. Траектории наименьших из сжимающих или наибольших напряжений  $\sigma_1$ . 2. Траектории промежуточных главных нормальных напряжений  $\sigma_2$ . 3.  $J_2^{bj}$  — выходы среднеюрских (байос) образований,  $J_3^{tit} - C_{21}^{vl_1}$  — выходы верхнеюрских-нижнемеловых образований,  $C_{21}^{vl_1} - C_{22}^{cn}$  — выходы нижнемеловых-верхнемеловых образований.

Из всего вышеотмеченного следует, что на вертикальных профилях мы должны иметь взаимно перпендикулярное положение траекторий  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  или  $\sigma_2$  и  $\sigma_3$ . В данном случае направление оси  $\sigma_1$  почти совпадает с

наклоном слоев и повторяет очертания связных нарушений (на вертикальных разрезах), т. е. Кафанской брахиантиклинали должна соответствовать выпуклая форма траекторий направления оси  $\sigma_1$  (фиг. 3). Положение траекторий оси  $\sigma_3$  на антиклиналях напоминает веер, откры-



Фиг. 3. Схема основного тектонического поля напряжений на различных этапах развития Кафанского брахиантиклинория. а. Среднеюрский этап, б. Верхнеюрский этап, в. Посленижнемеловой этап. 1. Положение брахиантиклинория на разных этапах его развития, 2. Направление активно сжимающих тектонических сил. 3 и 4 — проекции траекторий алгебраически максимальных ( $\sigma_1$ ) и минимальных ( $\sigma_3$ ) главных нормальных напряжений.

вающийся кверху, а в синклиналях оно имеет обратную форму. Положение траекторий на всех этапах сохраняется почти без изменения на сводовой части антиклинали. Следовательно, наибольшее число разрывных нарушений возникает именно в этих частях. Помимо перемещения этого поля на крылья антиклинали, образование трещиноватости происходит уже в присводовых частях и на крыльях вторичных складок. Это указывает на центробежную миграцию полей напряжений от свода к крыльям, приводившую к перемещению трещинообразования на брахиантиклиналях в той же последовательности.

Закономерно, на наш взгляд, аналогичное положение осей на юго-западном крыле брахиантиклинория. Это следует объяснить существованием местных тектонических полей напряжений, возникающих на фо-

не основного поля напряжения и создающих дополнительную мелкую складчатость. По всей вероятности, местные поля напряжений характеризуются основными чертами, свойственными основным полям напряжений (имеется в виду возникновение систем мелкой трещиноватости пород в областях существования местных полей напряжений).

Таким образом, для Кафанского брахиантиклинория в мезозойское время (время формирования структуры) свойственно тектоническое поле напряжений, основными характерными чертами которого являются:

1. Траектории алгебраически максимальных главных нормальных напряжений ( $\sigma_1$ ) почти параллельны слоистости, т. е. они повторяют очертания формы складок на разных этапах их развития.

2. Траектории алгебраически промежуточных главных нормальных напряжений ( $\sigma_2$ ) параллельны шарниру брахиантиклинальной складки.

3. Траектории алгебраически минимальных главных нормальных напряжений ( $\sigma_3$ ) перпендикулярны к слоистости, имеют крутые углы наклона и находятся в прямой зависимости от формы крупных и мелких (вторичных) складок. Геометрическое место траекторий  $\sigma_3$  для антиклиналей имеет форму веера, а траектории  $\sigma_1$  — выпуклую форму.

Перпендикулярное положение оси  $\sigma_3$  к слоистости говорит о вертикальном положении направлений действия активно сжимающих тектонических сил.

В свете вышесказанного не остается сомнений, что механизмом образования Кафанского брахиантиклинория в целом является поперечный изгиб, т. е. образование брахиантиклинория в условиях действия сжимающих тектонических сил, направленных снизу вверх, которому противодействует сила тяжести деформирующейся толщи, направленная сверху вниз.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 31.V.1968.

Է. Վ. ԱՆԱՆՅԱՆ

ՄԵԶՉՈՉՈՅԱՆ ՏԵԿՏՈՆԱԿԱՆ ԼԱՐՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ԴԱՇՏԵՐԸ ՂԱՓԱՆԻ  
ԲՐԱԽԻԱՆՏԻԿԼԻՆՈՐԻՈՒՄՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Ծալքավոր և խղումնային խախտումների անալիզը հնարավորություն է տալիս վերականգնել հնագույն տեկտոնական լարվածության դաշտերը երկրի առանձին տեղամասերում: Դրա համար բավական է վերականգնել լարվածության երեք առանցքների տեղադրումը ընդհանուր ծալքի նկատմամբ:

Այդ երեք առանցքները ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$ ) փոխադարձ ուղղահայաց են և գրավում են որոշակի դիրք խաչվող կոտրվածքային (скалывание) ձևերի նկատմամբ: Ղափանի բրախիանտիկլինորիումը կազմող ապարների ձևափոխվածության անալիզը ցույց է տալիս, որ հանրահաշվորեն ամենամեծ գրվ-

խավոր նորմալ լարվածության առանցքը ( $\sigma_1$ ) կրկնում է ծալքի ձևը, հանրահաշվորեն ամենափոքր գլխավոր նորմալ լարվածության առանցքը ( $\sigma_3$ ) ուղղահայաց է ապարների շերտավորվածությանը, իսկ միջին առանցքը ( $\sigma_2$ ) դուրս է գալիս շառնիքից: Հետևաբար Ղափանի բրախիանտիկլինորիումը առաջացել է ակտիվ սեղմող տեկտոնական ուժերի ուղղաձիգ կողմնորոշվածության պայմաններում, ուժեր, որոնք ազդում են ներքևից վերև:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

- Ананян Э. В. Некоторые черты трещиноватости пород Кафанского брахиантиклинория. Изв. АН Арм. ССР. Науки о Земле, XIX, 3, 1966.
- Ананян Э. В. Тектонофизические исследования разрывных нарушений (на примере Кафанского района Арм. ССР). Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 3—4, 1968.
- Гзовский М. В. Основные вопросы тектонофизики и тектоники Байджансайского антиклинория. ч. 1 и 2 (1959), 3—4 (1963), изд. АН СССР.