

УДК 550.348

ГЕОФИЗИКА

Г. М. Авчян, А. О. Микаелян

О конфигурации линеаментов и связи ее с сейсмичностью

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Т. Асланяном 6/III 1989)

В настоящей работе рассматриваются вопросы приуроченности повышенной сейсмичности к сейсмоактивным узлам, а также взаимосвязи между конфигурацией пересекающихся сейсмоактивных линеаментов (СЛ) (их количество, величины углов пересечений и т. д.) и интенсивностью сейсмичности по территории Большого Кавказа и Армянского нагорья (¹⁻²).

Совместное изучение характера конфигурации СЛ и распределения сейсмичности показывает, что магнитуда и частота сейсмических событий непосредственно связаны с уровнем раздробленности литосферы, а большинство эпицентров сильных землетрясений располагается в узлах (Ерзинский, Ванский и др.), где пересекаются несколько СЛ под острыми углами (15—40°). Это позволяет предположить наличие определенной связи между величиной угла, образованного при пересечении СЛ, и интенсивностью сейсмичности. Для объяснения этого рассмотрим механизм сейсмического поведения пересекающихся разрывных нарушений с позиции физики горных пород, поскольку основные принципы развития деформации и реализации разрушения горного материала, в основном, идентичны на различных структурных уровнях, в том числе и на региональном (³).

Известно, что макроразрушение является следствием воздействия девиаторных полей напряжений в горной среде с определенной конфигурацией дефектов (трещин, разрывов и т. д.). При наличии единичной трещины или системы трещиноватости (эшелона чередующихся трещин в определенном направлении) величина порогового напряжения, необходимая для образования новой поверхности разрыва, зависит от величины и направления сжимающих усилий, величины дефектов, плотности поверхностной энергии, упругих модулей и сжимаемости скелета ($\beta_{ск}$) среды и других факторов (³). Согласно (⁴)

$$\beta_{ск} = \beta_{тв} + k_{тр} \cdot \beta_{тр} \cdot a_1, \quad (1)$$

где $\beta_{тв}$, $\beta_{тр}$ — соответственно значения сжимаемости твердой фазы породы и трещины; $k_{тр}$ — интенсивность (густота) объемной или линейной трещиноватости; a_1 — параметр, характеризующий степень влияния определенной трещины или системы трещиноватости на сжимаемость скелета породы в заданном направлении (с учетом взаимной ориентации направления профиля наблюдения по отношению к данной системе трещиноватости)

$$\alpha_i = -\sin \varphi_{np} \cdot \cos j_i + \cos \varphi_{np} \cdot \sin j_i \cdot \cos(D_{np} - D_i) \quad (2)$$

где φ_{np} , D_{np} — параметры, характеризующие направления профиля наблюдений; j_i — угол падения плоскости трещины для данной системы трещиноватости; D_i — азимут падения.

Для определения $\beta_{св}$ воспользуемся уравнением скорости P -волн в среде с несколькими системами трещиноватости, имеющими различные направления ⁽³⁾:

$$v_p = v_0 \left\{ -(n-1) + \sum_{i=1}^n [1 + (\mu^2 - 1) a_i^2]^{\frac{1}{2}} \right\}^{-1}, \quad (3)$$

где v_0 — скорость P -волны в однородной бездефектной среде; μ — коэффициент анизотропии; n — число систем трещиноватости.

Уравнение (3) получено на основе интегрирования задержек, связанных с происхождением упругих волн через дефектные зоны. Путем совместного анализа уравнений (3) и (118) из работы ⁽⁴⁾, где величина v_p представлена в виде функции от объемной сжимаемости порово-трещинной среды, было получено следующее выражение:

$$A \cdot \sum_{i=1}^n k_{tp_i} \cdot \alpha_i = \left[-(n-1) + \sum_{i=1}^n (1 + A a_i^2)^{\frac{1}{2}} \right]^2 - 1. \quad (4)$$

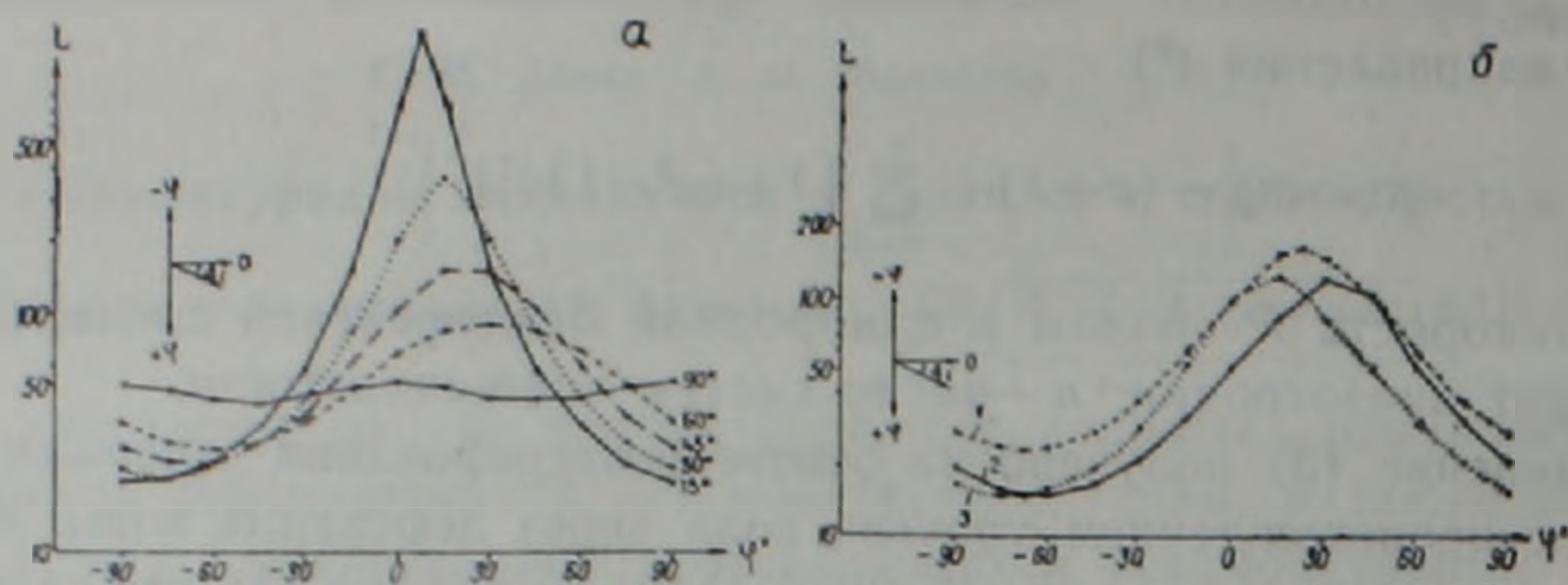
При этом $A = \frac{\beta_{ip \max}}{\beta_{гн} + \beta_{гп} \cdot k_{гп}}$; $\sum_{i=1}^n k_{tp_i} \alpha_i = L^{-1}$, где L — параметр, характеризующий возможность концентрации напряжений в направлении φ_{np} и D_{np} (параметр накопления напряжений); $k_{гп}$, $\beta_{гп}$ — соответственно, коэффициент пористости и объемная сжимаемость гранулярных пустот; A — параметр дефектности (величина, характеризующая степень растресканности данной среды).

Анализ полученных выражений показывает, что при наличии нескольких пересекающихся систем трещиноватости район их пересечения в интервале острых углов вследствие своей жесткости является концентратором напряжений и энергетически выгодным местом для развития неупругих деформаций и образования новых разрывов.

В интервале углов $\Delta j > 90^\circ$ наблюдаются более высокие значения объемной сжимаемости среды, что приводит к растяжению и более низким концентрациям напряжений в зоне пересечения. При этом величины этих напряжений зависят от числа пересекающихся систем трещиноватости n , их интенсивности (k_{tp_i}) и значений углов между ними ($j_1 - j_2 = \Delta j$). На рисунке, а приведены расчетные кривые зависимости параметра L от φ для двух пересекающихся трещин при различных углах $\Delta j = j_1 - j_2$ между ними: 15, 30, 45, 60, 75, 90°. Из рисунка видно, что наиболее низкие значения $\beta_{гп}$ наблюдаются при малых углах. При угле пересечения 90° величина $\beta_{гп}$ значительно выше и практически мало зависит от направления внешнего усилия.

Наличие сложных полей напряжений в системах трещиноватости, пересекающихся под острыми углами, создает условия для их энергетического взаимодействия как в зоне пересечения, так и вдоль своих профилей. При наличии достаточной квазипараллельности и относительной близости двух соседних систем трещиноватости может иметь

Место их частичное или полное слияние и образование макроструктур более высокого порядка. При значительной разности интенсивности объемной или линейной трещиноватости k_{tr} рассматриваемых систем зона пониженных значений β_r больше будет примыкать к системе с большей k_r (рисунок, б).



Зависимость параметра напряжения L от угла вращения профиля наблюдения (при $D_{пр} = 0$): а — при различных углах систем трещиноватости, цифр кривых Δj в градусах ($k_{tr1} = k_{tr2} = 0,02$); б — при различных значениях интенсивности k_{tr} ($\Delta j = 45^\circ$): 1 — $k_{tr1} = k_{tr2} = 0,02$; 2 — $k_{tr1} = 0,02$, $k_{tr2} = 0,04$; 3 — $k_{tr1} = 0,04$, $k_{tr2} = 0,02$

Поскольку сейсмоактивные линеаменты идентифицируют крупные системы трещиноватости, характеризующиеся сейсмичностью вдоль своих профилей и повышенной сейсмичностью в зоне пересечения, то можно предположить, что на территории Большого Кавказа и Армянского нагорья зоны крупных узлов, где линеаменты пересекаются под острыми углами, являются главными концентраторами напряжений и, соответственно, энергетически выгодными местами для реализации сильных землетрясений.

Таким образом, в сейсмоактивных узлах пересечений СЛ концентрации напряжений и объемной сжимаемости зависят от количества СЛ, величины углов между ними и интенсивности объемной или линейной трещиноватости каждой системы. Высокая сейсмическая активность в зонах сейсмоактивных узлов связана с концентрацией там напряжений и процессами взаимодействия и частичного слияния близко-расположенных квазипараллельных СЛ и образования структур более высокого порядка.

Ереванский государственный университет
Институт геологических наук Академии наук Армянской ССР

Հ. Մ. ԱՎԵՅԱՆ, Ա. Զ. ՄԻՔԱՅԷԼՅԱՆ

Լինեամենտների կոնֆիգուրացիան և նրանց կապը սեյսմիկ երևույթների հետ

Հոդվածում ուսումնասիրվում է լինեամենտների հատման շրջանում երկրաշարժերի ինտենսիվության մակարդակը, ինչպե՛ս հարցը լուծարանվում է ճեղքերի կոնֆիգուրացիայի հիման վրա, որոնք առաջանում են լինեային աղյուս-

ներում բարձր ճնշման աղդեցության տակ՝ կրդյունքները ցույց են տալիս, որ կոնցենտրացիան կախված է նրանց քանակից և նրանց միջև եղած անկյունների շափից:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ В. Н. Аверьянова, в кн.: Геология и катастрофические природные явления, Наука, М., с. 86—89, 1980. ² А. С. Карахян, А. О. Микаелян, Исследования Земли из космоса, № 1, с. 32—36, 1982. ³ В. Н. Мячкин, Процессы подготовки землетрясений, Наука, М., 1975. ⁴ Г. М. Авчян, А. А. Матвеев, Э. Б. Стефанкевич, Петрофизика осадочных пород в глубинных условиях, Недра, М., 1975.