

УДК 550.348.098:550.383.3:550.585.26

ГЕОФИЗИКА

Л. С. Безуглая, А. А. Прохоров, Ю. П. Сковородкин, Е. П. Тоноян

### Использование $S_q$ -вариаций для изучения сейсмотектонических процессов

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР И. Л. Нерсесовым 11/III 1985)

Одним из методов, применяемых в комплексе прогностических исследований и наблюдений, является магнитометрия, основанная на существовании «тектономагнитного» эффекта. Возникновение локальных геомагнитных вариаций при изменении напряженного состояния горных масс может быть вызвано явлением пьезомагнетизма либо электрическими процессами. При этом уровень полезного сигнала зависит как от магнитных свойств пород, так и от их электропроводящих свойств.

Районы повышенной сейсмической активности АрмССР характеризуются наличием сильномагнитных кристаллических пород, разнообразием структуры электротеллурического поля и поэтому являются весьма перспективными для использования магнитометрии. На территории республики наблюдения с помощью прецизионных магнитометров проводятся более 15 лет (<sup>1,2</sup>).

Традиционно обработка результатов измерения модуля полного вектора геомагнитного поля  $T$  осуществляется путем вычисления разностных значений модуля, измеренных синхронно в двух и более пунктах. Применение модульных протонных магнитометров МПП-1 позволяет выделять на прогностических полигонах полезный сигнал на уровне единиц нТл при разрешающей способности магнитометра 0,2 нТл. Высокая чувствительность дает возможность провести разделение сигнала пьезомагнитной и электрической природы путем использования дополнительных методов обработки рядов измерений. Исходной предпосылкой является то, что структура поля вариаций геомагнитного поля зависит от электропроводности пород (<sup>3</sup>).

Для электромагнитного зондирования земли используются вариации разных периодов, что позволяет реализовать явление скин-эффекта для изучения проводимости на разных глубинах (<sup>4</sup>). Обычно при зондировании анализируются  $\delta X$ ,  $\delta Y$ ,  $\delta Z$ -компоненты вариаций, измеряемые с помощью компонентных магнитометров (вариометров). Однако проблема проведения долговременных высокостабильных компонентных измерений к настоящему времени остается нерешенной. С другой стороны, короткопериодные колебания и бухтообразные возмущения весьма неоднородны в интересующих нас пространственных масштабах. Поэтому была сделана попытка использовать ряды синхронно измеренных значений модуля  $T$  для сравнительного анализа спокойных солнечно-суточных вариаций ( $S_q$ ).

Для зоны перехода от Памира к Тянь-Шаню были получены ряды значений  $T$  за 1977—1984 гг. в районах с обнаруженными при электрометрических наблюдениях вариациями электросопротивления <sup>(5)</sup>. Схема измерительной сети приведена на рис. 1.

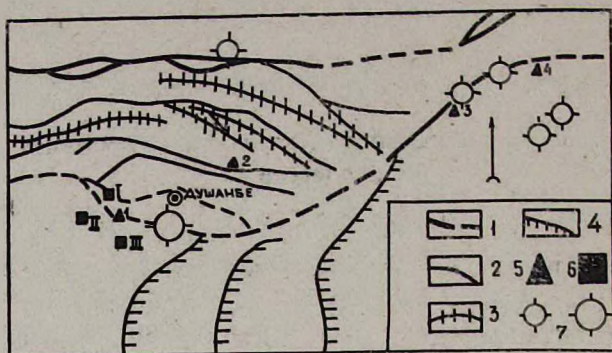


Рис. 1. Схема района наблюдений: 1—3—разломы; 1—первого порядка; 2—второго порядка; 3—третьего порядка; 4—надвиги; 5—магнитные станции и их номер; 6—режимные скважины и их номер; 7—эпицентры землетрясений с  $K=12$ ,  $K=13$

Из широкого спектра вариаций естественного поля выделялись гармоники солнечно-суточных вариаций. Поскольку источник этих вариаций (токовые системы) находится на широте  $20^\circ$ , а район наблюдений—на широтах от  $38$  до  $40^\circ$  (как и полигоны АрмССР), естественно предположить, что суточный ход  $S_q$ -вариаций существенно не различается в пунктах наблюдений. Действительно, расчеты, выполненные с помощью сферических гармонических функций <sup>(6,7)</sup>, показывают, что максимальное расхождение имеет  $\delta X$ -составляющая  $S_q$ -вариаций, причем оно не превышает  $3$  нТл при различии в координатах по широте, равном  $2,5^\circ$ . С учетом же координат самых удаленных пар станций в районе наблюдений это расхождение составляет менее  $0,8$  нТл, а по фазе—менее  $8$  мин (рис. 2,а). Таким образом, по приведенным оценкам внешнее поле  $S_q$ -вариаций в пунктах наблюдений практически однородно. Следовательно, если с течением времени в поле  $S_q$ -вариаций возникнут расхождения между пунктами наблюдений, причина этого—изменение внутреннего поля вариаций, в частности, изменение электрической проводимости в местах расположения пунктов наблюдений.

Для изучения пространственно-временной структуры индуцированной части  $S_q$ -вариаций значения модуля полного вектора  $T$  обработаны по следующей методике. Вычислены амплитуды III и IV гармоник (периоды от  $6$  до  $8$  ч) для отдельно взятой станции наблюдений:

$$A = \frac{T_{1\max} + T_{2\max} - 2T_{\min}}{2} \quad (\text{рис. 2, б}).$$

Затем для разных пар станций

вычислены отношения амплитуд  $N(A_{i,j})$ :  $N(A_{i,j}) = \frac{A_i}{A_j}$ .

Для оценки временной устойчивости этого отношения анализировали ряды среднемесячных значений параметра  $N(A)$ :  $\overline{N(A_{i,j})} =$

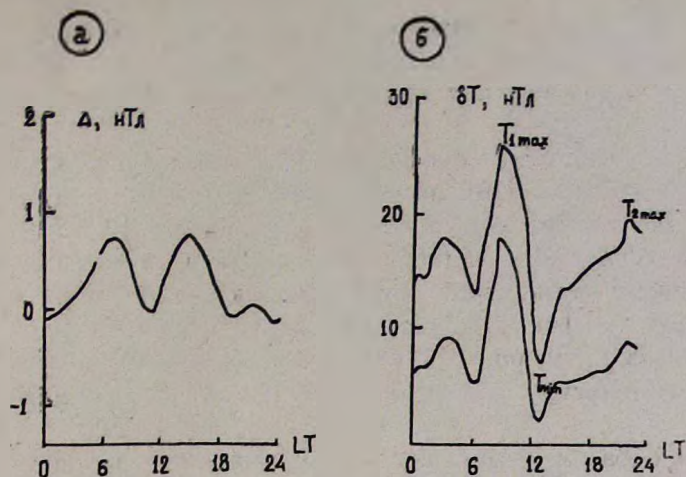


Рис. 2. Пространственное различие в суточных вариациях: а—расчетная разностная кривая; б—наблюдаемые суточные вариации

$$= \frac{1}{m} \sum_{k=1}^h N_k(A_{i,1}),$$
 где  $m$ —число дней в месяце со спокойными  $S_q$ -вариациями. Отметим, что при расчете учитывались только периоды с индексами магнитной активности  $K_p \leq 3$  и что ряды с  $m < 5$  не рассматривались. Среднеквадратичное отклонение определения  $N(A)$  составляет  $\pm 0,04$ .

Временной ход параметра  $N(A)$  показан на рис. 3. Видно, что среднемесячные значения  $N(A)$  для разных пар станций меняются во времени по-разному и что изменения превышают ошибки измерений (толщина линий графика на рис. 3 соответствует величине среднеквадратичной ошибки измерений) Максимальное значение изменения

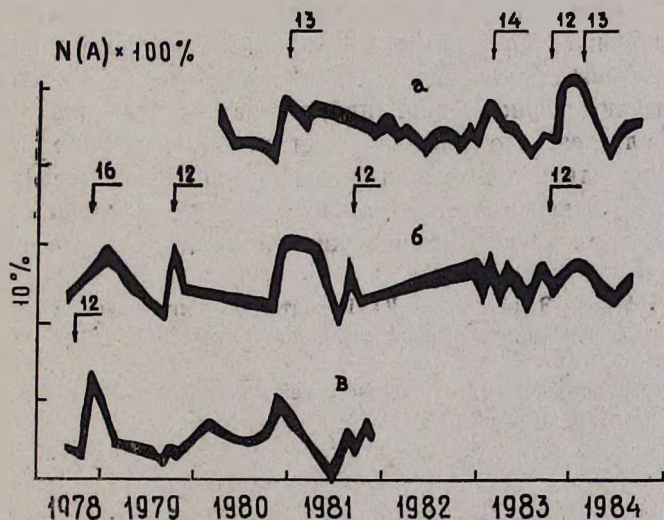


Рис. 3. Изменения параметра  $N(A)$ : а—станции 3 и 1; б—станции 4 и 1; в—станции 2 и 1; стрелки—моменты землетрясений

$N(A)$  достигает 13%. За весь период наблюдений среднее значение составляет: для самых удаленных пар станций  $-1,16$  (расчет  $-1,09$ ), для ближайших станций  $-1,05$  (расчет  $-1,02$ ), что свидетельствует о наличии геоэлектрических неоднородностей в местах расположения станций.

Поиск взаимосвязи параметра  $N(A)$  с различными геофизическими процессами и полями показал, что: отсутствует очевидная зависимость между сезонными колебаниями амплитуды  $S_q$ -вариации и значениями  $N(A)$ —коэффициент корреляции не превышает значения  $0,5$ ; отсутствует связь между характеристиками магнитной активности и значениями  $N(A)$  в выбранном интервале значений  $K_p$  и  $C_p$ ; не установлена связь изменений  $N(A)$  с временным ходом атмосферных осадков и изменением уровня грунтовых вод на режимных скважинах.

Таким образом, изменения  $N(A)$  оказались не зависящими от сезонных колебаний внешней части поля  $S_q$ -вариаций, а также от гидродинамики верхних слоев земной коры. В то же время простое сопоставление рядов значений  $N(A)$  с сейсмическими событиями в районе исследований показывает, что максимумы  $N(A)$  на графиках зависимости от времени приурочены к моментам близких землетрясений с  $K \geq 12$  и удаленного Алайского,  $M=6,8$ . Эпицентральные расстояния отмеченных на рис. 3 землетрясений удовлетворяют эмпирическому соотношению, полученному в работе (<sup>8</sup>):  $\lg R = 0,35 M + 0,04$ , где  $R$ —расстояние ближайших пунктов наблюдения до эпицентра, км;  $M$ —магнитуда.

Поскольку периоды вариаций составляют в большинстве случаев  $6-8$  ч, можно предполагать, что рассмотренные изменения значений  $N(A)$  связаны с процессами на глубинах, вплоть до астеносферы. Причины, вызывающие эти изменения, пока не очевидны. Тем не менее одной из вероятных причин может являться изменение содержания флюидов в массивах горных пород или изменение структуры водонасыщенного порового пространства в результате деформационного процесса. Поступление флюидов может осуществляться с больших глубин, на что указывают периоды вариаций, выбранных для анализа.

Представляется, что для изучения геодинамических процессов и выявления признаков подготовки землетрясений развиваемый в работе подход может быть реализован на базе как существующей, так и создаваемой системы магнитометрических наблюдений в Армении.

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта Академии наук СССР  
Институт геофизики и инженерной сейсмологии Академии наук  
Армянской ССР  
Институт сейсмостойкого строительства и сейсмологии  
Академии наук Таджикской ССР

**Տ<sub>q</sub>-վարիացիաների օգտագործումը սեյսմոտեկտոնիկական պրոցեսների ուսումնասիրման համար**

Օրական-արեգակնային վարիացիաների ստրուկտուրայի ուսումնասիրումը հնարավորություն է ընձեռում գնահատել լեռնային ապառների էլեկտրահաղորդականության փոփոխությունները լիտոսֆերայում տեկտոնական պրոցեսների ժամանակ: Մագնիսական դաշտի լրիվ վեկտորի երկարամյա շափումների արդյունքով հաշվվել են օրական-արեգակնային վարիացիաների մեծությունների հարաբերությունները երկու տարբեր կայանների միջև: Բացահայտված է կապ այդ հարաբերության և երկրաշարժերի մոմենտների միջև, որի պատճառը ենթադրվում է կամ լեռնային ապառներում ֆլյուիդի փոփոխությունը կամ ծակոտկեն ստրուկտուրայի տարածքային փոփոխությունները սեյսմոտեկտոնիկական պրոցեսների ժամանակ:

**ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ**

- <sup>1</sup> Ц. Ի. Акопян, Л. А. Ахвердян, В. В. Нагапетян и др., ДАН АрмССР, т. 59, № 2 (1974). <sup>2</sup> О. М. Барсуков, Л. А. Ахвердян, Л. Н. Андропова и др., в кн.: Результаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения, Изд. АН АрмССР, Ереван, 1973. <sup>3</sup> Н. М. Ротанова, А. Н. Пушков, Глубинная электропроводность Земли, Наука, М., 1982. <sup>4</sup> И. И. Рокитянский, Геофизические методы магнитовариационного зондирования и профилирования, Научная думка, Киев, 1972. <sup>5</sup> О. М. Барсуков, Изв. АН СССР. Физика Земли, № 1, 1970. <sup>6</sup> Н. П. Бенькова, Спокойные солнечно-суточные вариации земного магнетизма, Гидрометеиздат, М., 1941. <sup>7</sup> Г. С. Васюточкин, Геофизическая аппаратура, вып. 66, Недра, Л., 1978. <sup>8</sup> О. К. Абрамов, Л. С. Безуглая, Т. В. Гусева и др., Деп. в ВИНТИ, № 4056—81, Ин-т Физики Земли АН СССР, 1981.