

УДК 550.837

ГЕОФИЗИКА

Член-корреспондент АН Армянской ССР И. Л. Нерсесов, Л. А. Ахвердян,
В. И. Журавлев, Х. В. Киракосян, А. Я. Сидорин

Результаты синхронных деформографических и электротеллурических наблюдений в штольне обсерватории «Гарни»

(Представлено 10/V 1988)

Перед рядом землетрясений в различных сейсмоактивных регионах мира обнаружены аномальные изменения электротеллурического поля (ЭТП) (¹⁻⁵), однако их природа остается неясной. Высказываются соображения о возможной связи этих изменений с механо-электрическими явлениями (⁶⁻⁷). Для исследования этого вопроса целесообразно проведение синхронной регистрации в одном и том же пункте изменений ЭТП и деформаций. Описанию основных результатов первого этапа такого эксперимента и посвящена настоящая работа.

Наблюдения за изменениями ЭТП и деформаций проводили в штольне подземной геофизической обсерватории «Гарни» вблизи Еревана. Штольня располагается в вулканогенно-осадочной свите нижне-го-среднего плиоцена на глубине около 70 м от дневной поверхности. Для нее характерны низкие значения влажности горных пород и высокая стабильность температурных условий. Примерно в 3 км от штольни находится глубинный разлом субширотной ориентации, к которому было приурочено историческое Гарнийское землетрясение 1679 г.

Деформации по компонентам С—Ю и В—З измеряли на базе 50 м с помощью штанговых деформографов. Измерения ЭТП производили с линиями, ориентированными параллельно деформографам. Длина линии С—Ю—250 м, В—З—60 м. В качестве датчиков использовали свинцовые электроды, закопанные на глубину около 0,5 м. Регистрацию осуществляли на потенциометре КСП—4 с дискретностью 1 мВ.

На рис. 1 показаны временные ряды деформаций и ЭТП для компонент С—Ю и В—З, полученные в результате оцифровки исходных данных с периодом дискретизации 1 ч. При сопоставлении данных деформографических измерений по двум компонентам обращает на себя внимание заметно большая величина трендовой составляющей по компоненте С—Ю. По обоим компонентам деформаций наблюдаются четко выраженные приливные изменения, причем по компоненте С—Ю их амплитуда больше. Этот факт, как и большие значения трендовой составляющей по компоненте С—Ю, объясняется скорее всего влиянием уже упоминавшегося разлома субширотной ориентации. Как показывает опыт работ на Гармском полигоне в Таджикской ССР, наибольшие амплитуды движений наблюдаются именно в направлении,

перпендикулярном ориентации разлома. Трендовые составляющие присутствуют и во временных рядах изменений ЭТП по обеим компонентам. Можно также отметить некоторые особенности различных временных рядов, проявляющиеся примерно в одно и то же время. Напри-

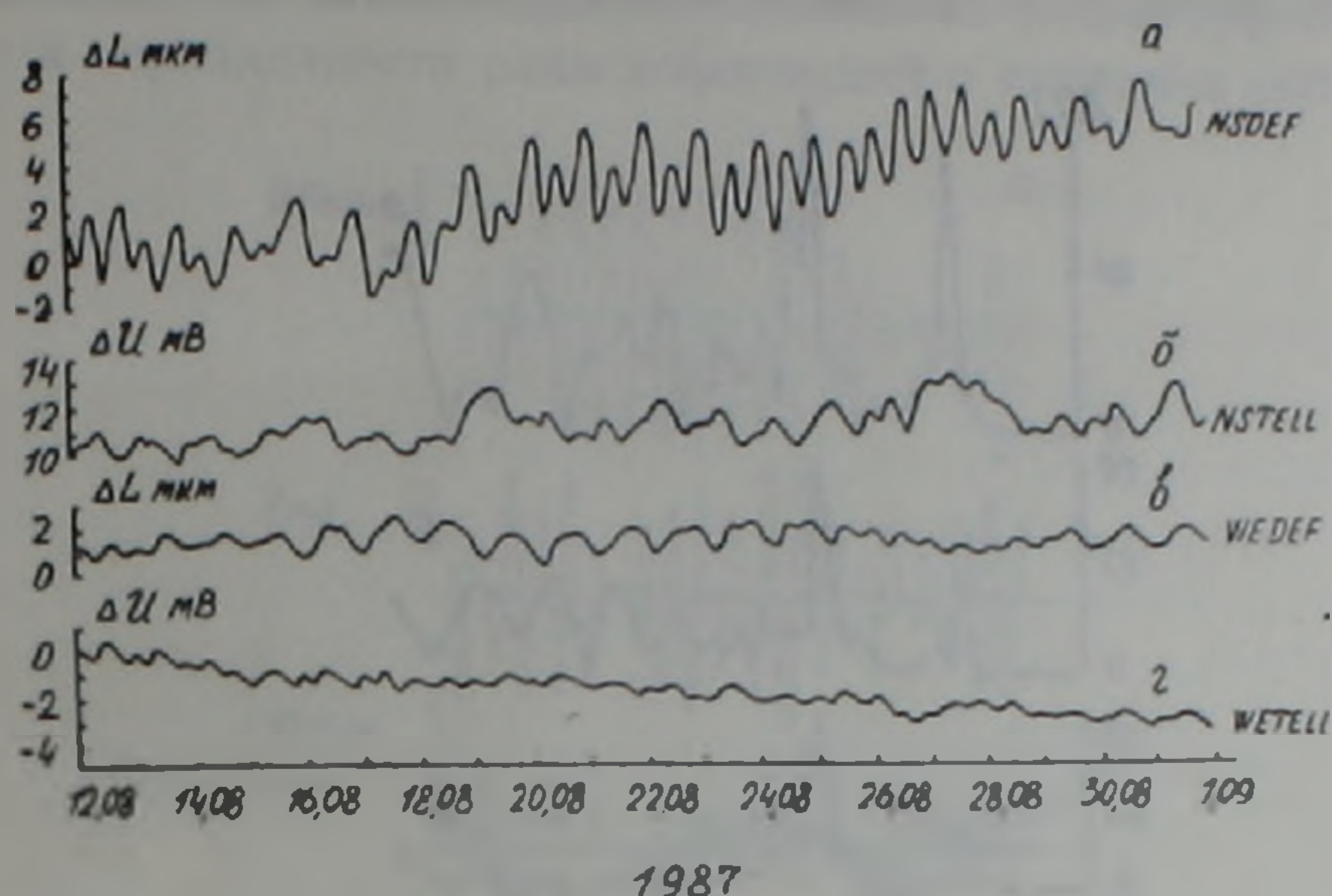


Рис. 1. Исходные временные ряды деформаций и ЭТП по компонентам В—З и С—Ю: а—деформации С—Ю; б—ЭТП С—Ю; в—деформации В—З; г—ЭТП В—З

мер, на компоненте С—Ю резкие нарушения характера временных рядов ЭТП и деформаций, выражающиеся фактически в скачкообразном изменении среднесуточных значений, наблюдались 18 августа 1987 г. И второй случай сильного искажения характера временного ряда изменений ЭТП по компоненте С—Ю, наблюдавшийся 26—28 августа, практически совпадает по времени с искажениями ряда деформаций по той же компоненте.

Интересной особенностью является наличие некоторого сходства временных рядов деформаций и ЭТП, которое выражается прежде всего в периодическом характере изменений с близкими значениями периодов. Это наиболее заметно при сравнении между собой временных рядов, относящихся к компонентам С—Ю. Действительно, временные ряды деформаций и ЭТП по компонентам С—Ю имеют выраженную периодичность с периодами около 12 и 24 ч. Эти же значения периодов преобладают и в изменениях ЭТП по компоненте В—З. Однако для деформаций по компоненте В—З характерна доминирующая роль периодов около 24 ч, а меньшие значения периодов просматриваются значительно слабее, особенно в первой половине анализируемого ряда.

Для исследования природы совпадения значений доминирующих периодов во временных рядах деформаций и ЭТП был проведен спектральный анализ этих рядов. Полученные результаты приведены на рис. 2. Хорошо видно, что в спектрах всех временных рядов имеются локальные максимумы спектральной плотности на периодах 12 и 24 ч, причем абсолютный максимум спектральной плотности наблюдается при периоде 24 ч. Для временных рядов ЭТП по компоненте В—З и деформаций по компоненте С—Ю близкие значения спектральной

плотности наблюдаются и при периоде 12 ч, а в спектрах двух других временных рядов эти значения много меньше. В спектры некоторых временных рядов, в частности ЭТП по обоим компонентам и деформаций по компоненте С—Ю, значительный вклад вносят составляющие с периодом около 48 ч. Очень важным отличием спектров временных

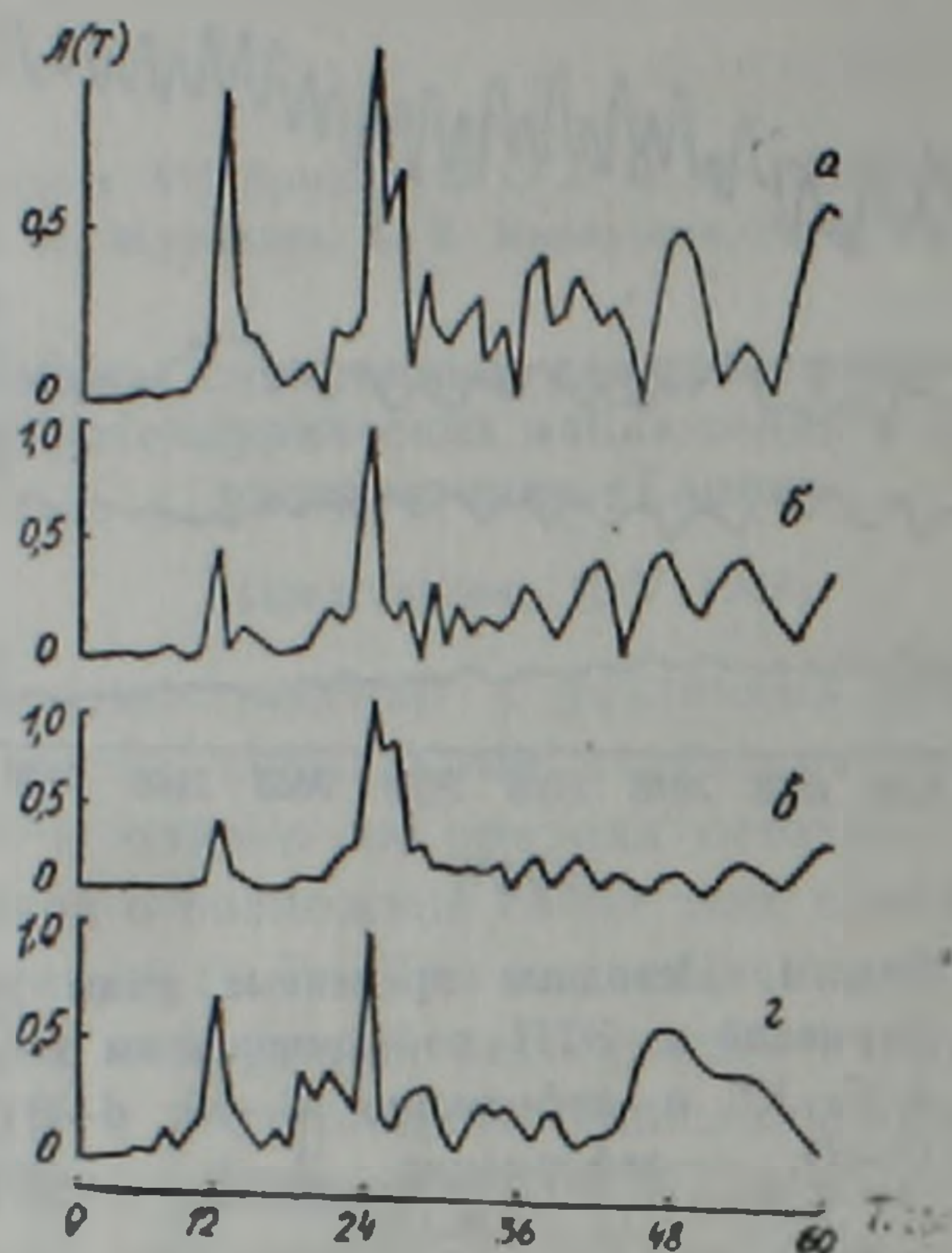


Рис. 2. Нормированные спектры временных рядов, приведенных на рис. 1. Расположение соответствует рис. 1

рядов деформаций является расщепление максимума их спектра в окрестности периодов 24 ч, заключающееся в наличии близких значений спектральной плотности при периодах 24—26 ч, что согласуется с теорией приливных деформаций. Отсутствие такого расщепления в спектрах временных рядов изменений ЭТП дает основание предполагать различную природу наблюдающейся периодичности сравниваемых временных рядов и связывать периодичность рядов ЭТП с наличием различных гармоник S_d -вариаций. Для более определенных выводов следовало бы исследовать характер изменений спектра в области локальных экстремумов с большей детальностью, но из-за малой длительности анализируемых временных рядов пока сделать это не удастся.

Кроме спектрального были использованы и некоторые другие методы анализа рассматриваемых временных рядов. В частности, в исходных временных рядах были выделены длиннопериодные составляющие. При этом использовался следующий алгоритм. На первом этапе по данным 24 ч начала ряда методом наименьших квадратов определяли уравнение линейного тренда и затем по этому уравнению определяли значение функции в конце рассматриваемого 24-часового временного окна. Далее временное окно смещалось на один час, и описанная процедура повторялась. И так вплоть до конца ряда. Полученный в результате временной ряд вычитался из исходного, а ряд остаток

подвергался узкополосной фильтрации с помощью цифрового полосового фильтра, настроенного на период 24 ч.

В качестве примера на рис. 3, а и б даны полученные описанным образом ряды деформаций и ЭТП для компонент В—З. Несмотря на малую длительность анализируемых временных рядов можно видеть тенденцию к периодичности ряда деформаций с периодом около 14 су-

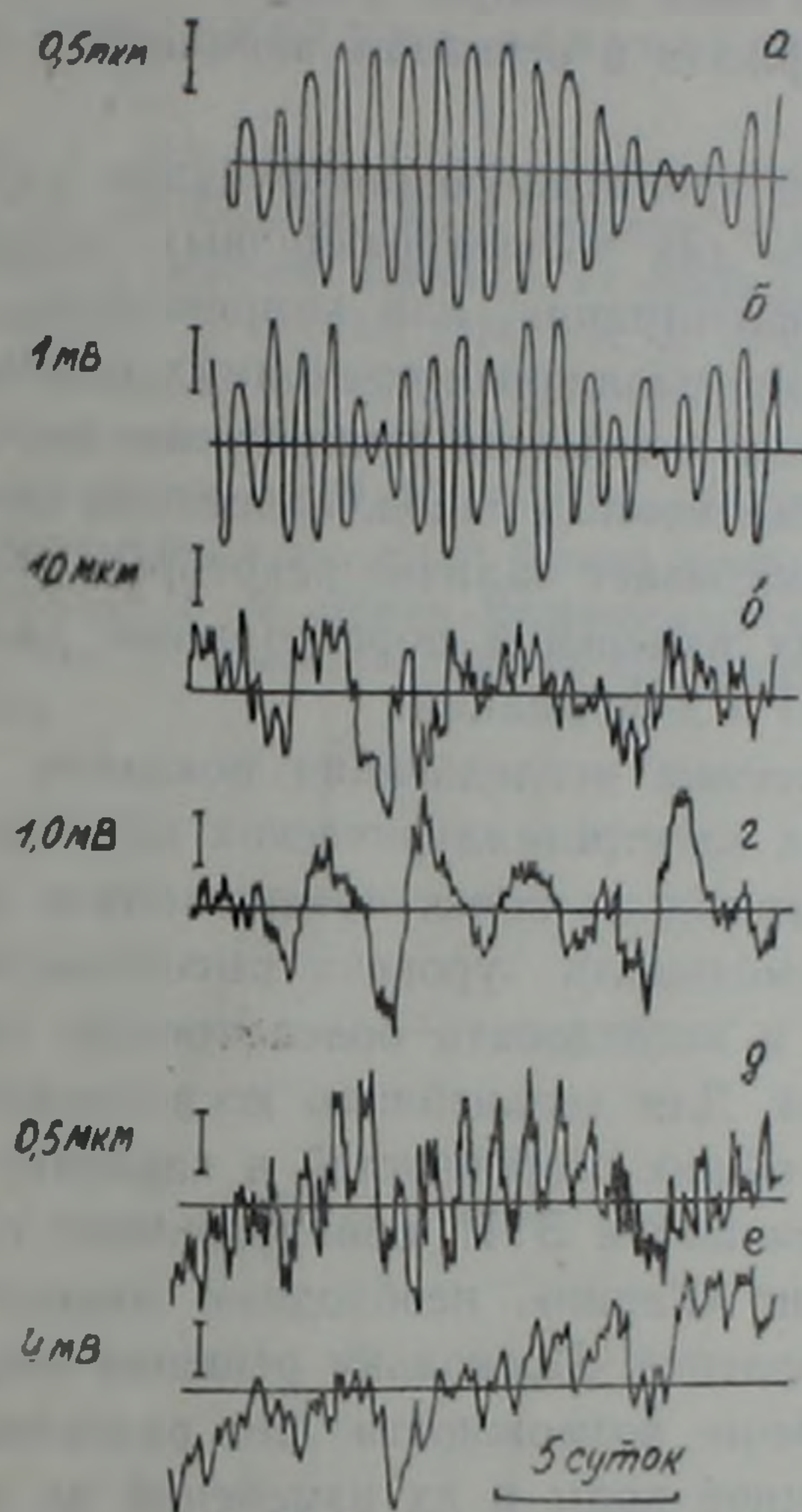


Рис. 3. Примеры результатов обработки исходных временных рядов данных различными методами: а, б—результаты узкополосной фильтрации с помощью полосового фильтра, настроенного на период 24 ч, рядов деформации (а) и ЭТП (б) для компонент В—З, из которых удалены трендовые составляющие; в, г—ряды-остатки деформаций (в) и ЭТП (г), для компонент С—Ю, полученные в результате авторегрессивного анализа с длительностью временного окна фильтра, равной 24 ч; д, е—ряды-остатки, полученные в результате устранения из рядов деформаций (д) и ЭТП (е) для компонент В—З прогнозирующих функций, вычисленных по соответствующим рядам для компонент С—Ю

ток. Этот период соответствует приливному изменению, описываемым зональной функцией. Они зависят от широты и характеризуются большими амплитудами на широте расположения обсерватории «Гарни». Во временном ряде изменений ЭТП (рис. 3, б) заметно появление периода около 7 суток.

На следующем этапе анализа использовались фильтры, позволяющие выделять детерминированную (прогнозируемую) составляющую ряда по предыстории самого ряда или по другому ряду, имеющему близкий к исходному ряду спектральный состав. Свойства такого ряда

прогнозирующих фильтров зависят от окна фильтрации, и поэтому похожие особенности рядов могут оказаться не только в спрогнозированной составляющей ряда, но и в ряде-остатке, представляющем собой разницу между реальным и спрогнозированными рядами.

Прогнозирование новых значений ряда по собственной предыстории осуществлялось с помощью уравнения авторегрессии (*) при длительности временного окна фильтра, равной 24 ч. В этом случае ряд-остаток должен содержать в основном вариации с периодами менее 8—10 ч и более 25 ч.

Во втором случае прогнозирующая функция одного ряда по другому (8) вычислялась для восьми различных задержек по времени. Целью такого рода фильтрации, или компенсации, является выявление общих особенностей различных временных рядов. Примеры рядов-остатков, полученных в результате применения двух описанных методов прогнозирования временных рядов, приведены на рис. 3, в—с. Анализ этих рисунков показывает наличие некоторых общих черт в долговременных тенденциях изменений обработанных различным образом временных рядов ЭТП и деформаций.

В целом выполненные исследования показали целесообразность проведения режимных электротеллурических наблюдений в подземных выработках, направленных на поиск предвестников землетрясений. Это позволяет заметно уменьшить уровень высокочастотных изменений различного генезиса и исследовать более тонкую структуру получаемых временных рядов. Для дальнейшего исследования вопроса о природе существования общих особенностей в характере изменений временных рядов деформаций и ЭТП, обнаруженных при наблюдениях в штольне обсерватории «Гарни», необходимо накопление более длительных рядов наблюдений. Поскольку решение этого вопроса может открыть дополнительные возможности для развития новых методов изучения свойств земной коры и их изменений во времени, целесообразно изучить связь характера деформаций в штольне с движениями по разлому. Для этого следует создать в окрестности штольни и разлома сеть режимных геодезических наблюдений.

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

Հայկական ԽՍՀ ԴԱ թղթակից անդամ Ի. Լ. ՆԵՐՍԵՍՈՎ, Լ. Ա. ՀԱԽՂԻՐԴՅԱՆ,
Վ. Ի. ԺՈՒՐԱՎՆՈՎ, Խ. Վ. ԿԻՐԱՎՈՍՅԱՆ, Ա. ՅԱ. ՍԻԴՈՐԻՆ

«Գառնի» երկրաֆիզիկական դիտարանի բունելախորշում
ալլաձևափոխությունների և տելուրական դաշտերի սինխրոն դիտարկումների
արդյունքները

Աշխարհի տարբեր սելսմաակտիվ շրջաններում դիտարկված է տելուրական հոսանքների անոմալ փոփոխությունները Բայց նրանց ծագման բնույթը

թը մնում է շրացահայտված: Կարծիքներ են հայտնվում նրանց էլեկտրա-
մեխանիկական հատկությունների հնարավորության մասին: Այս հարցը
ուսումնասիրելու համար նույնտակահարմար է նույն գիտարկման կենտու-
տելուրական հոսանքների և այլաձևափոխությունների սինխրոն գրանցում:
Նմանատիպ փորձի հիմնական արդյունքներին է նվիրված այս աշխատանքը:

ЛИТЕРАТУРА—ԴՐՈՒՄԱՆՈՒՄ

¹ К. Янагихара, Т. Носимацу, в кн.: Предсказание землетрясений, Мир, М., с. 137—138, 1986. ² Г. А. Соболев, В. Н. Морозов, в кн.: Сейсмичность и сейсми-
ческий прогноз, свойства верхней мантии и их связь с вулканизмом на Камчатке,
Наука, СО, Новосибирск, с. 141—151, 1974. ³ А. В. Пономарев, Г. А. Соболев, Изв.
АН СССР. Физика Земли, № 9, с. 75—81, 1981. ⁴ В. С. Жуков, в кн.: Прогноз
землетрясений, № 7, Дониш, Душанбе, с. 176—180, 1986. ⁵ Х. В. Киракосян, Изв.
АН АрмССР. Науки о Земле, т. 38, № 6, с. 76—79 (1985). ⁶ Г. А. Соболев, В. Н.
Богачевский, Р. А. Лементуева и др., в кн.: Физика землетрясений, Наука, М., с. 184—
122, 1975. ⁷ Г. А. Соболев, В. М. Демин. Механотеллурические явления в Земле, Нау-
ка, М., 1980. ⁸ Дж. Бокс, Г. Дженкинс, Анализ временных рядов. Прогноз и управле-
ние, Мир, М., 1974.