

2. Арутюнян А. В., Бдоян А. А., Упругие, плотностные и петрофизические свойства серпентинитов Малого Кавказа при высоких давлениях и температурах.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 3, 1988, с. 33—39.
3. Арутюнян А. В. О петрофизическом разрезе верхней литосферы территории Армении.—ДАН Армении, т. 92, № 4, 1992, с. 183—188.
4. Асланян А. Т., Арутюнян А. В. и др. О составе, строении и упругих характеристиках земной коры и верхней мантии на территории Армении. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 3, 1975, с. 152—159.
5. Асланян А. Т., Волярович М. П., Арутюнян А. В. и др. Исследование скоростей упругих волн в базитах и ультрабазитах Армении при высоких давлениях.—Изв. АН СССР, Физика Земли, № 2, 1976, с. 30—38.
6. Бдоян А. А., Юхьян А. К. и др. Аппаратура для ультразвуковых исследований фазовых превращений в горных породах и минералах. Международный симпозиум «Геодезия-сейсмология, деформации и прогноз». Ереван, октябрь, 1989 г.
7. Гаретовская И. В. Изучение глубинного строения Армении по близким землетрясениям, регистрируемым станциями «Земля».—В кн. Геофизические поля и сейсмичность, М. Наука, 1975.
8. Михальцев А. В. и др. Глубинные геофизические исследования в сейсмических зонах.—Разведка и охрана недр, № 11, 1990, с. 6—13.

Известия НАН РА, Науки о Земле XLVI, 1993 № 3, 54—59

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А. К. МАТЕВОСЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОБЩЕННЫХ АМПЛИТУДНЫХ И ВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОИСТОГО РАЗРЕЗА

В настоящее время при исследовании обобщенных электрических характеристик толщи пород считают, что анизотропия слагающих ее пластов обусловлена наличием в последних однородных изотропных слоев с различными величинами удельного электрического сопротивления и поляризуемости с тем же направлением напластования, что и вся исследуемая толща [1, 3]. При таком подходе несомненно сужается область исследований электрических характеристик геоэлектрического разреза, поскольку в этом случае для каждого пласта соблюдается условие $\rho_{ii} < \rho_{ni}$ (т. е. среднее удельное электрическое сопротивление пласта вдоль i напластования меньше, чем поперек n ему). Картина существенным образом меняется, когда анизотропия пласта обусловлена содержанием в нем включений, дифференцируемых по электрическим свойствам от вмещающей среды.

Возможность расчета среднего удельного электрического сопротивления и средней поляризуемости гетерогенных сред, содержащих сфероидальные включения, приведенного в [4], позволяет в данной статье рассмотреть обобщенные электрические характеристики и таких толщ пород, для которых $\rho_{ii} > \rho_{ni}$.

Обобщенными характеристиками, описывающими электропроводность (удельное электрическое сопротивление) слоистой толщи, состоящей из N анизотропных пластов мощностью h_i , являются среднее продольное удельное электрическое сопротивление ρ_l , среднее попереч-

ное удельное электрическое сопротивление ρ_n , среднее удельное электрическое сопротивление ρ_m и коэффициент макроанизотропии по удельному электрическому сопротивлению λ [1, 3, 5], которые соответственно определяются по выражениям:

$$\rho_t = \sum_{i=1}^N h_i \left| \sum_{i=1}^N \frac{h_i}{\rho_{ti}} \right| = \sum_{i=1}^N h_i \left| \sum_{i=1}^N \frac{h_i \lambda_i}{\rho_{mi}} \right|,$$

$$\rho_n = \sum_{i=1}^N h_i \rho_{ni} \left| \sum_{i=1}^N h_i \right| = \sum_{i=1}^N h_i \rho_{mi} \lambda_i \left| \sum_{i=1}^N h_i \right|,$$

$$\rho_m = \sqrt{\rho_t \cdot \rho_n} = \sqrt{\sum_{i=1}^N h_i \rho_{ni} \left| \sum_{i=1}^N \frac{h_i}{\rho_{ti}} \right|} = \sqrt{\sum_{i=1}^N h_i \rho_{mi} \lambda_i \left| \sum_{i=1}^N \frac{h_i \lambda_i}{\rho_{mi}} \right|},$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_t}} = \sqrt{\sum_{i=1}^N h_i \rho_{ni} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{h_i}{\rho_{ti}} \left| \sum_{i=1}^N h_i \right|} = \sqrt{\sum_{i=1}^N h_i \rho_{mi} \lambda_i \cdot \sum_{i=1}^N \frac{h_i \lambda_i}{\rho_{mi}} \left| \sum_{i=1}^N h_i \right|}.$$

По поляризуемости слоистая толща характеризуется средней продольной поляризуемостью η_t , средней поперечной поляризуемостью η_n , средней поляризуемостью η_m и коэффициентом макроанизотропии по поляризуемости $\lambda_{\text{вп}}$, вычисляемым по формулам:

$$\eta_t = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N h_i (1 - \eta_{ti}) / \rho_{ti}}{\sum_{i=1}^N h_i \rho_{ti}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N h_i \lambda_i \lambda_{\text{вп}i} (1 - \eta_{mi}) / \rho_{mi}}{\sum_{i=1}^N h_i \lambda_i / \rho_{mi}},$$

$$\eta_n = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N h_i \rho_{ni}}{\sum_{i=1}^N h_i \rho_{ni} (1 - \eta_{ni})} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N h_i \lambda_i \rho_{mi}}{\sum_{i=1}^N h_i \lambda_i \rho_{mi} \lambda_{\text{вп}i} / (1 - \eta_{mi})},$$

$$\eta_m = 1 - \sqrt{(1 - \eta_t)(1 - \eta_n)} = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N h_i (1 - \eta_{ti}) / \rho_{ti} \cdot \sum_{i=1}^N h_i \rho_{ni}}{\sum_{i=1}^N h_i \rho_{ti} \cdot \sum_{i=1}^N h_i \rho_{ni} / (1 - \eta_{ni})}} =$$

$$= 1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N h_i \lambda_i \lambda_{\text{вп}i} (1 - \eta_{mi}) / \rho_{mi} \cdot \sum_{i=1}^N h_i \lambda_i \rho_{mi} \lambda_{\text{вп}i} / (1 - \eta_{mi})}{\sum_{i=1}^N h_i \lambda_i / \rho_{mi} \cdot \sum_{i=1}^N h_i \lambda_i \rho_{mi}}},$$

$$\lambda_{\text{вп}} = \sqrt{\frac{1 - \eta_t}{1 - \eta_n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N h_i (1 - \eta_{ti}) / \rho_{ti} \cdot \sum_{i=1}^N h_i \rho_{ni} / (1 - \eta_{ni})}{\sum_{i=1}^N h_i / \rho_{ti} \cdot \sum_{i=1}^N h_i \rho_{ni}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N h_i \lambda_i \lambda_{\text{вп}i} (1 - \eta_{mi}) / \rho_{mi} \cdot \sum_{i=1}^N h_i \lambda_i \rho_{mi}}{\sum_{i=1}^N h_i \lambda_i \lambda_{\text{вп}i} \rho_{mi} / (1 - \eta_{mi}) \cdot \sum_{i=1}^N h_i \lambda_i / \rho_{mi}}},$$

которые получены с использованием соотношения $\rho^*(T) = \rho / [1 - \eta(T)]$ [2]. Отметим, что параметры η_l , η_n , η_m и $\lambda_{вп}$ являются функциями от времени T .

Из анализа приведенных выражений следует, что дифференциация пластов по удельному электрическому сопротивлению имеет определяющее значение при исследовании характера проявления поляризуемости толщи. Так, при $\rho_1/\rho_2 = \sqrt{(1-\eta_1)/(1-\eta_2)}$, несмотря на дифференциацию по электрическим свойствам двух типов макроизотропных пластов, слагающих толщу, макроанизотропия поляризуемости последней не наблюдается при произвольных значениях соотношения мощностей пластов ($\lambda_{вп} = 1$).

Теперь рассмотрим особенности проявления обобщенных электрических характеристик толщи пород, воспользовавшись методическим подходом и расчетами макроанизотропных и макроизотропных гетерогенных сред, содержащих сфероидальные включения, приведенными в [4].

С этой целью для наглядного представления электрических параметров, предлагается строить диаграммы средних удельных электрических сопротивлений $\rho_l - \rho_n$ и средних поляризуемостей $\eta_l - \eta_n$ вдоль и поперек напластованию. Диаграммы можно представлять как в простом, так и в логарифмическом масштабе.

На рис. 1а и 2а приведены диаграммы $\rho_l - \rho_n$ и $\eta_l - \eta_n$ для макроанизотропных гетерогенных сред 2а, 2'а и 2б, 2'б [4], содержащих

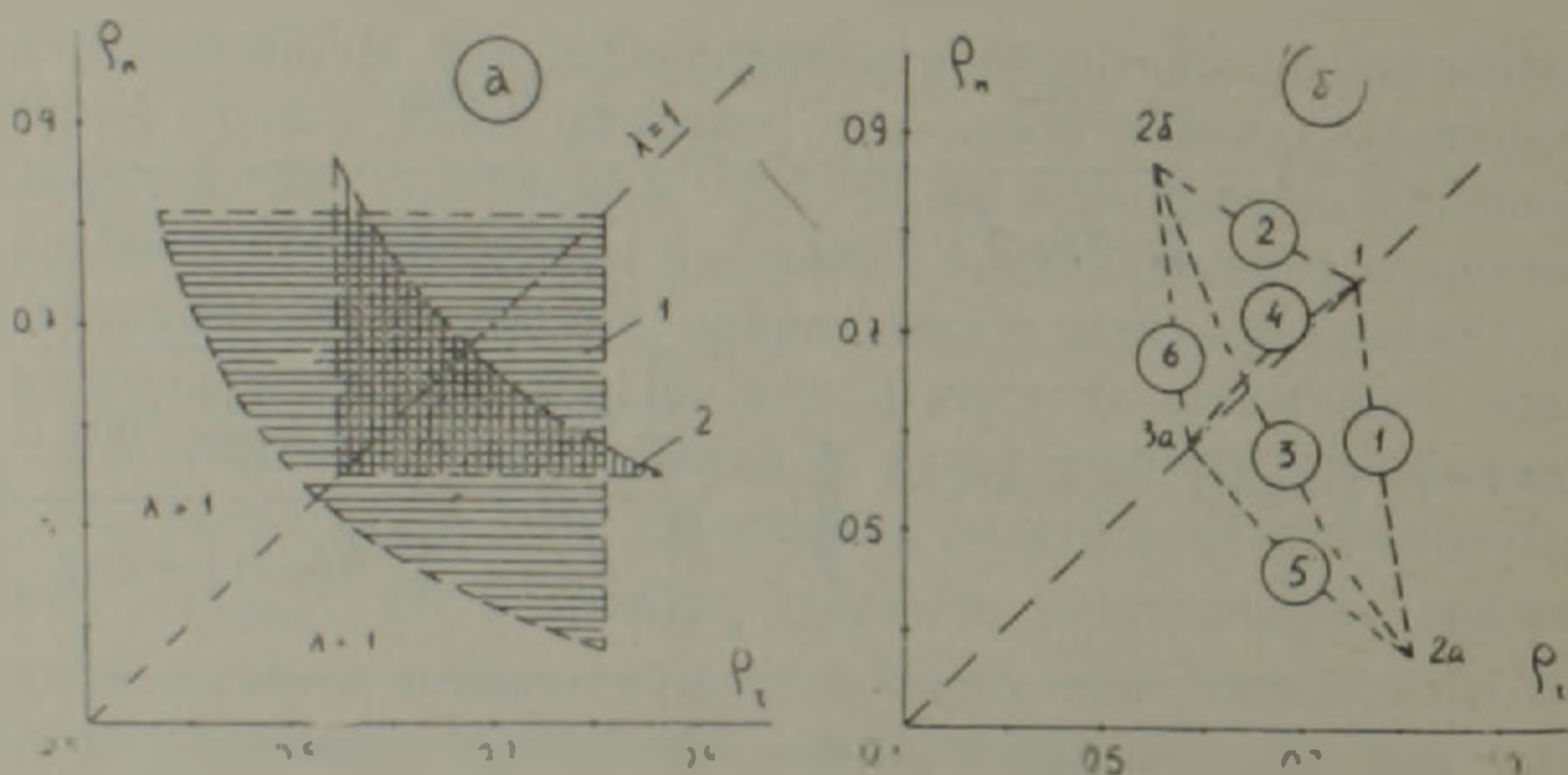


Рис. 1. Диаграммы средних удельных электрических сопротивлений $\rho_l - \rho_n$: а—макроанизотропных двухкомпонентных гетерогенных сред при произвольной ориентировке сфероидов: 1—2а (2'а), 2—2б (2'б); б—толщи, состоящей из двух типов чередующихся пластов, представленных макроизотропными и макроанизотропными двухкомпонентными гетерогенными средами, в зависимости от величины соотношения мощностей пластов: 1—1 и 2а, 2—1 и 2б, 3—2а и 2б, 4—1 и 3а, 5—2а и 3а, 6—2б и 3а.

одинаково ориентированные удлиненные и сжатые сфероидальные включения. По этим диаграммам можно проследить изменение обобщенных характеристик однородных анизотропных сред (пластов) в зависимости от ориентировки оси вращения сфероидов z относительно плоскости напластования (точнее от направлений l и n). Так, заштрихованные области на рис. 1а показывают возможную область варьиро-

вания параметров ρ' и ρ_n рассматриваемых сред. Заметим, что только при ориентировке оси вращения сфероидов по направлению n и заданном ρ_n величина ρ' определяется однозначно. В противном случае, когда величина угла между n и z не равна нулю, определенной величине ρ_n соответствует некоторый диапазон изменения ρ' , который продиктован величиной угла между l и z .

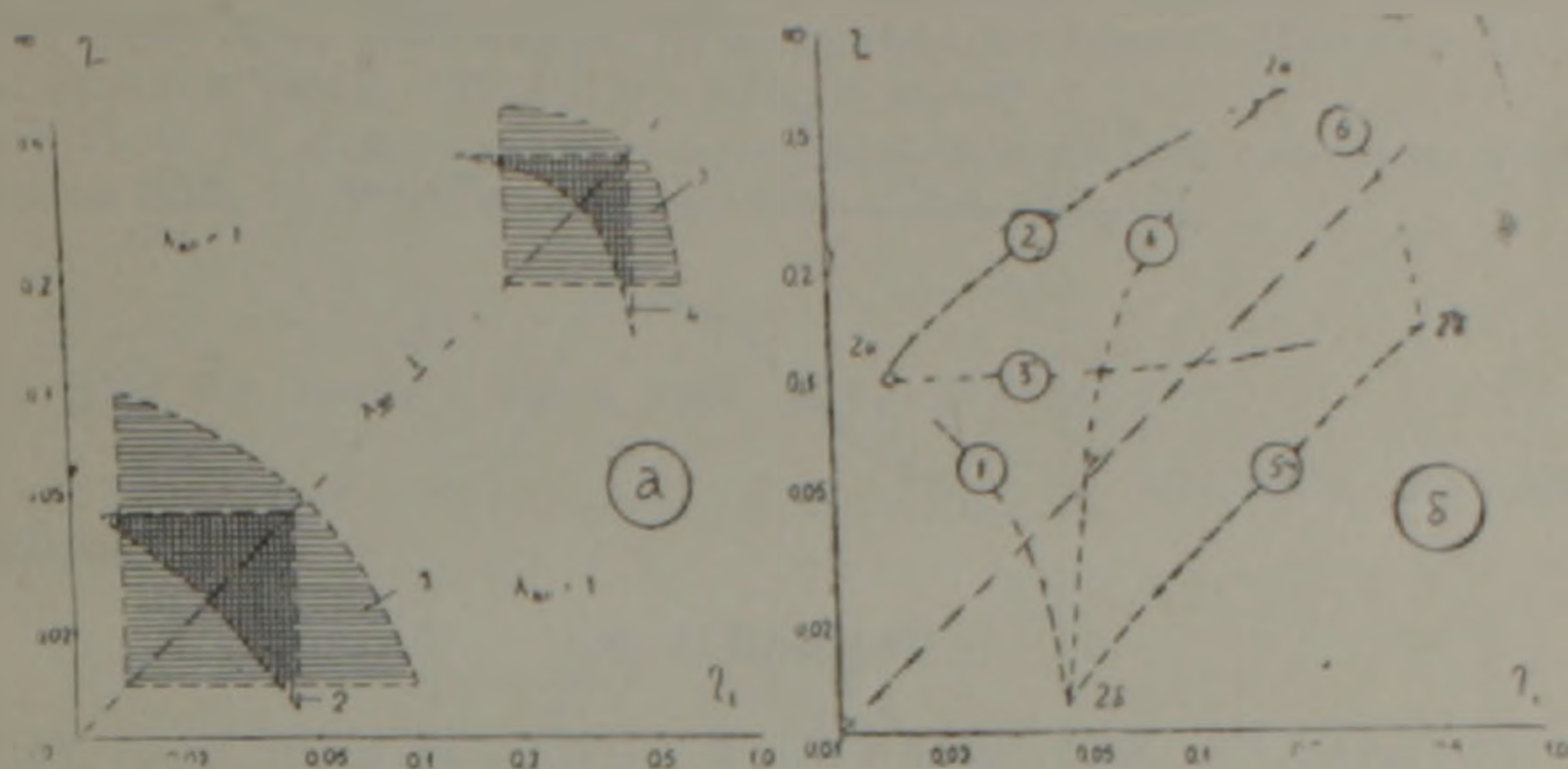


Рис. 2 Диаграммы средних поляризуемостей γ_l — γ_n а—макроанизотропных двухкомпонентных гетерогенных сред при произвольной ориентировке сфероидов: 1—2а, 2—2б, 3—2'а, 4—2'б; б—толщи, состоящей из двух типов чередующихся пластов, представленных макроанизотропными двухкомпонентными гетерогенными средами, в зависимости от величины соотношения мощностей пластов: 1—2а и 2б, 2—2а и 2'а, 3—2а и 2'б, 4—2б и 2'а, 5—2б и 2'б, 6—2'а и 2'б.

В случае макроизотропии среды (пласта) по удельному электрическому сопротивлению (поляризуемости)— $\rho_l = \rho_n$ ($\gamma_l = \gamma_n$), что на соответствующих диаграммах представляется точкой, лежащей на луче, выходящем из начала координат, и составляющем с осями координат угол в 45° .

На рис. 1б и 2б представлены диаграммы ρ_l — ρ_n и γ_l — γ_n для различных толщ, состоящих из чередующихся двух типов пластов, каждый из которых представлен макроизотропной или макроанизотропной гетерогенной средой, содержащей сферические или сфероидальные (с ориентировкой оси вращения сфероидов перпендикулярно плоскости напластования) включения, в зависимости от соотношений мощностей пластов. Эти диаграммы отражают особенности изменений величин обобщенных характеристик толщи в зависимости от соотношений мощностей пластов. Следует отметить, что обобщенные электрические характеристики толщи принимают промежуточные значения между величинами соответствующих характеристик каждого пласта, слагающего толщу. Кроме этого, диаграмма ρ_l — ρ_n для толщи, состоящей из чередующихся макроанизотропных пластов, представленных гетерогенными средами 2а и 2б (рис. 1б—3), наглядно подтверждает возможность существования такой толщи, у которой коэффициент макроанизотропии меньше единицы ($\lambda < 1$). Для рассматриваемой толщи последнее условие выполняется при значениях соотношения мощностей пластов ($h_{2a}/h_{2б}$) меньше 0,84.

На рис. 3 изображены кривые первой производной переходной ха-

рактеристики ВП по десятичному логарифму времени $\tilde{F}(T)$ вдоль и поперек плоскости напластования толщи, состоящей из чередующихся пластов, представленных макроанизотропными гетерогенными средами 2а и 2б при различных величинах соотношений мощностей пластов. Сферондальные включения ориентированы осью вращения перпендику-

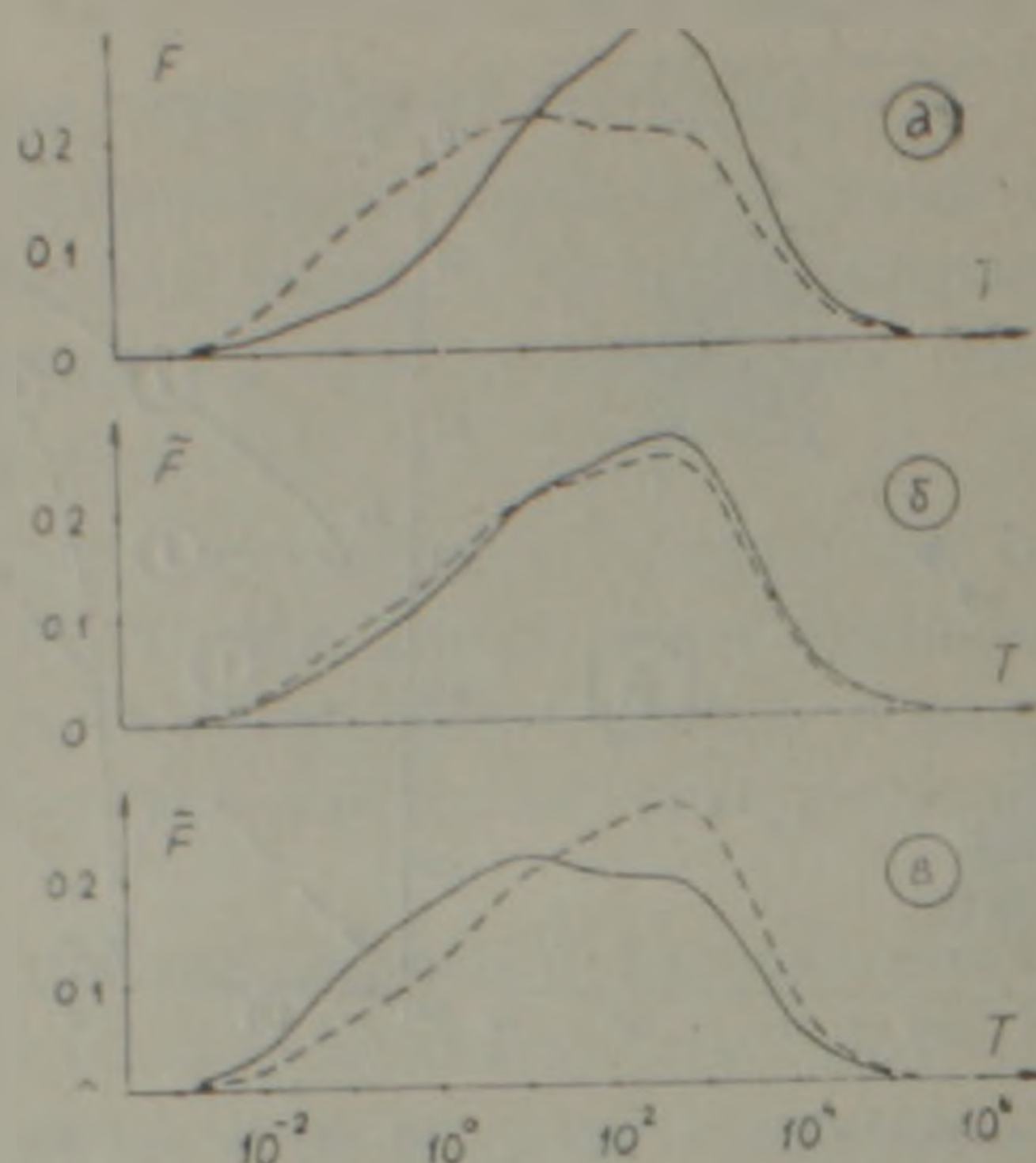


Рис 3 Кривые первой производной переходной характеристики вызванной поляризации по десятичному логарифму времени $\tilde{F}$ вдоль (пунктирная линия) и поперек (сплошная линия) направлению напластования толщи, состоящей из чередующихся пластов, представленных макроанизотропными гетерогенными средами 2а и 2б, при следующих величинах соотношений мощностей пластов: а—1/4, б—1, в—4.

лярно напластованию. Приведенные кривые показывают, что в зависимости от величины $h_{2a}/h_{2б}$ временные характеристики вторичного поля также (наряду с амплитудными) подвергаются существенному изменению (в частности, величина абсциссы максимума производной переходной характеристики вызванной поляризации меняется более чем на порядок), однако в пределах, ограниченных соответствующими временными характеристиками каждого отдельно взятого пласта [4].

Таким образом можно заключить:

—в зависимости от характера проявления анизотропии удельного электрического сопротивления и поляризуемости каждого пласта, слагающего толщу, обобщенные электрические характеристики последней могут варьировать в довольно широких пределах, при этом подвергаясь не только существенным количественным, но и качественным изменениям;

—обобщенные амплитуды и временные электрические характеристики толщи, состоящей из двух и более типов пластов, принимают промежуточные значения между величинами соответствующих характеристик каждого типа пластов, зависящие от величины соотношения суммарных мощностей каждого типа пластов.

1. Бурсиан В. Р. Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке. Л.: Недра, 1972, 368 с.
2. Комаров В. А. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л.: Недра, 1980, 391 с.
3. Матвеев Б. К. Электроразведка при поисках месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1982, 375 с.
4. Матевосян А. К. Оценка амплитудных и временных параметров поляризуемости гетерогенных сред, содержащих сфероидальные включения — Известия АН Армении, Науки о Земле, 1990, XLVI, № 3, с. 33—47.
5. Сысков С. С. О продольной и поперечной поляризуемости слоистого разреза. — Известия ВУЗ. Геология и разведка, 1986, № 7, с. 126—129.

Известия НАН РА, Науки о Земле, 1993, XLVI, № 3, 59—63

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК—550.34

Р. А. ПАШАЯН

РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В СКВАЖИНАХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГИДРОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

Гидрогеодинамические изменения, наблюдаемые перед землетрясениями, основаны на свойствах подземных вод реагировать на изменение напряженно-деформированного состояния водовмещающих пород. Установлено, что в область подготовки землетрясений, некоторые показатели подземных вод (уровень, дебит и др.) являются индикатором землетрясений.

Изучение гидрогеодинамики подземных вод, с целью выявления гидрогеодинамических предвестников, в настоящее время оценивается как один из наиболее эффективных методов прогностических исследований. В Армении эти работы начаты Г. С. Вартаняном (ВСЕГИНГЕО) с 1986 г. Для интерпретации данных по колебанию уровня подземных вод в скважинах после внесения поправок на влияние изменения атмосферного давления, приливных явлений применялась специальная математическая программа «Муар», с целью построения гидрогеодеформационного поля [1]. Была установлена наблюдательная сеть по всему региону Армении, состоящая из шести гидрогеодинамических скважин, с целью построения гидрогеодеформационного (ГГД) поля. ГГД-поле дает возможность определять локальные точки наращивания деформации. Ретроспективный анализ данных, полученных по шести скважинам, позволил выделить ГГД-поле Спитакского землетрясения. Начиная с 1988 г. сеть гидрогеодинамических скважин была расширена до 15-ти.

Однако большое значение должно иметь правильное представление естественного режима подземных вод в той или иной геологической обстановке. Что касается режима приповерхностных грунтовых и подлазовых вод, он хорошо изучен и обобщен в работах гидрогеологической режимной службы. Как пример весьма четкой взаимосвязи количества выпадающих атмосферных осадков и дебитов родников может быть график, приводимый М. Абрамяном (рис. 1), из которого