

УДК 550.36:550.836(479.25)

Д. С. ГРИГОРЯН, Г. Е. ГУГУНАВА, Д. К. КИРИЯ

ТРЕХМЕРНАЯ ГЕОТЕРМИЧЕСКАЯ (СТАЦИОНАРНАЯ) МОДЕЛЬ АРМЯНСКОЙ ССР И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ

Изучение температурного поля является важнейшим фактором в познании жизни Земли. Зная характер температурного поля, можно объяснить многие явления, протекающие в недрах планеты, такие как: возникновение фазовых переходов первого рода [1], распределение термоупругих напряжений, следовательно, и областей возможных глубинных разломов [2], очаговых зон землетрясений [3] и др.

В настоящей работе рассматривается трехмерная расчетная стационарная геотермическая модель территории Армянской ССР и прилегающих областей, а также проводится анализ некоторых, вытекающих из нее, последствий.

Расчет модели произведен на основании современных представлений о строении литосферы: мощности осадочного комплекса, рельефа поверхностей фундамента, Конрада, Мохо, а также теплогенерации в этих слоях.

Аналогично [4] решалось стационарное уравнение теплопроводности

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(a \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(a \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(a \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \frac{\omega}{c\rho},$$

где a — коэффициент температуропроводности; $a = \frac{\lambda}{c\rho}$, λ , c и ρ соот-

ветственно теплопроводность, теплоемкость и плотность слоев; T — температура; ω — тепловыделение в единице объема; с граничными условиями, уже взятыми в соответствии с результатами счета для Кавказского региона, без учета поверхностного рельефа, с шагом 10 км (а не 50 км, как это делалось в [4]), что не могло не отразиться на улучшении точности счета.

К граничным условиям добавлены условия сопряжения на границах раздела

$$\lambda_i \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right)_i = \lambda_{i+1} \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right)_{i+1},$$

где $i = 1, 2, 3, 4$; $i = 1$ относится к осадочному комплексу, $i = 2$ — к „гранитному“, $i = 3$ — к „базальтовому“ и $i = 4$ — к веществу верхней мантии [4].

Тепловые параметры, использованные для расчета, приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Обобщенные тепловые параметры модели

П а р а м е т р ы	i			
	1	2	3	4
λ [10^{-3} кал/см, с. град]	3,4 [15]	6,88 [15]	7,0 [15]	10,0 [15]
ρ [г/см ³]	2,4 [7]	2,7 [7]	2,9 [7]	3,3 [7]
ω [10^{-13} кал/см ³ с]	2,8 [9]	3,0 [9]	1,3 [9]	0,03 [9]

В квадратных скобках указаны источники данных таблицы.

Для теплоемкости принимались в зависимости от температуры значения от 0,19 до 0,3 [5]. На глубине 210 км задавалась постоянная температура 1600°C, что приводит к распределению температур в глубине, близкому к моделям Андерсона [17], Чепмена и Поллака [18].

Для численного решения поставленной задачи был использован метод конечных разностей, соответствующая система разностных аппроксимаций решалась методом верхней релаксации.

В результате расчетов для территории АрмССР и прилегающих районов построены: карта теплового потока на поверхности Земли, карты распределения температур на всех основных границах раздела: фундаменте, Конрада, Мохо, внутри осадочного, «гранитного» и «базальтового» комплексов, а также на глубинах 70 и 140 км.

Как и в [4], при решении задачи наблюдаемый тепловой поток (ТП) не использовался, и поэтому он может быть привлечен для проверки правомерности проведенных построений. Отметим также, что часть области Малого Кавказа охвачена неовулканизмом и поэтому не следует ожидать полного количественного совпадения данных расчета и эксперимента [1,4]. Наблюдаемый тепловой поток в областях неовулканизма всегда должен быть выше, чем расчетный (фоновый) [1]. Отсюда представляет значительный интерес сопоставление трехмерных расчетов теплового потока (ТП) и наблюдаемого, конечно, с учетом тектонического строения региона.

На территории Армении выделяются три крупные тектонические единицы общекавказского направления: Антикавказский, Севанский и Араксинский оротектонические поясы [6].

Геотермические данные свидетельствуют, что в Севанском оротектоническом поясе тепловой поток значительно выше среднемирового значения, тогда как в Антикавказском и Араксинском оротектонических поясах (ТП) соответствует средним значениям.

Перейдем к сопоставлению и анализу карт наблюдаемого и расчетного тепловых потоков.

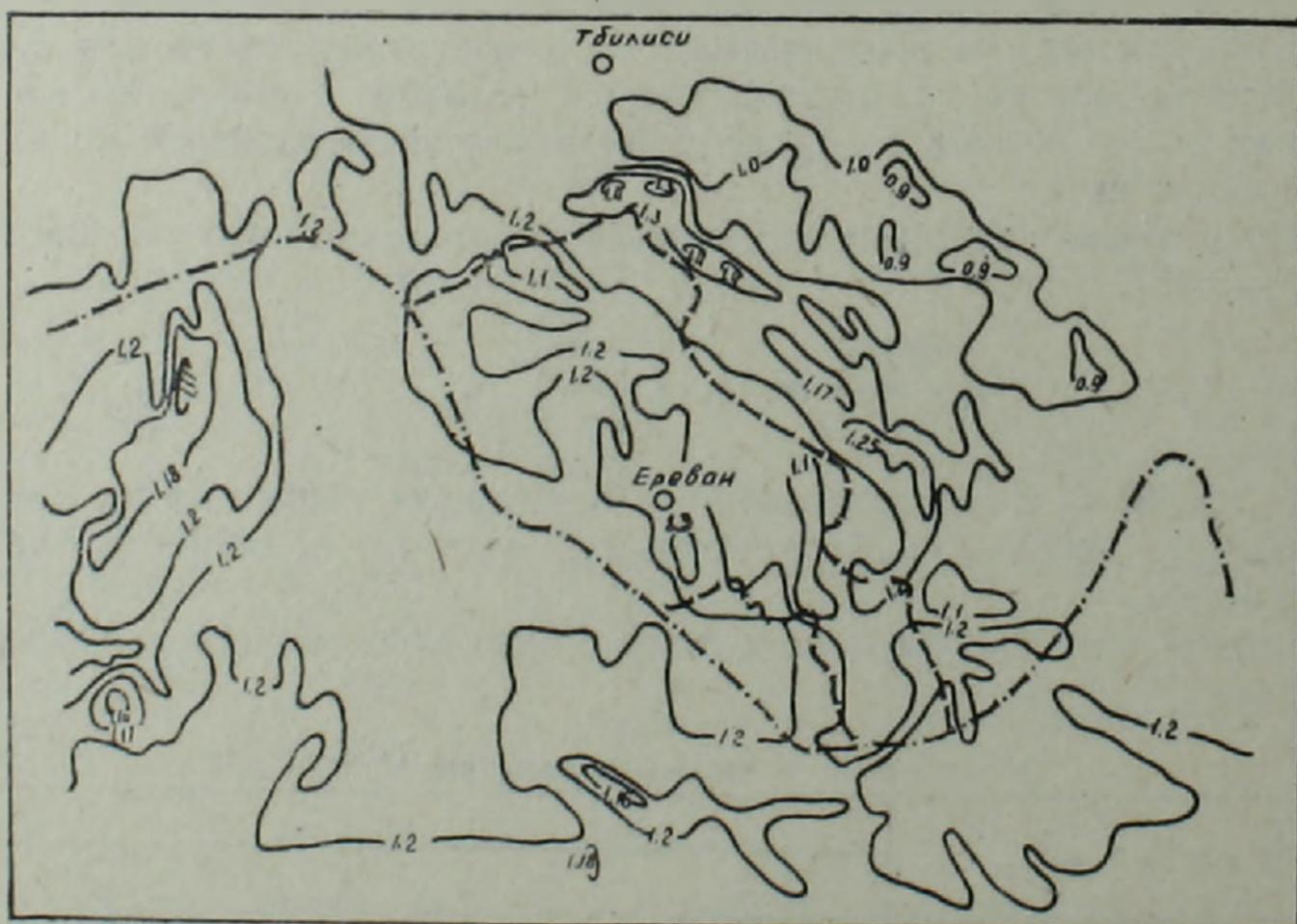


Рис. 1. Карта теплового потока на поверхности Земли территории АрмССР и прилегающих районов.

На расчетной карте теплового потока (рис. 1) на общем фоне средних тепловых потоков выделяется область несколько повышенных ($1,2-1,3 \cdot 10^{-6}$ кал/см²с) тепловых потоков, охватывающая большую часть Севанского оротектонического пояса и частично Араксинский оротектонический пояс. Наблюденный тепловой поток здесь значительно выше вычисленного (порядка $2,1 \cdot 10^{-6}$ кал/см²с). На остальной же части территории АрмССР, в области Антикавказского оротектонического пояса и Приараксинской зоне Араксинского пояса, наблюдается почти полная корреляция (ТП). Таким образом, в областях с развитым неовулканизмом корреляция между наблюдаемым и расчетным (ТП) отсутствует, там же, где нет очагов неовулканизма, наблюдается хорошая корреляция между расчетными и наблюдаемыми данными.

Несмотря на то, что Ереванско-Ордубадская и Приараксинская зоны Араксинского пояса сложены мощными (6 и 2 км соответственно) палеоген-неогеновыми отложениями, экранирующий эффект осадконакопления не наблюдается. Такое положение, кстати, характерно для всего Кавказа и акваторий Черного и Каспийского морей, что ставит вопрос о недостаточности кондуктивного теплопереноса и необходимости поисков других способов, таких как—конвекционные процессы, позволяющие за значительно меньший промежуток времени достигнуть стационарного состояния теплового потока, которое, по-видимому, наблюдается на Кавказе, несмотря на молодой возраст мощных осадочных комплексов.

Учитывая площадное распределение (узкая полоса) аномалии теплового потока на территории АрмССР, надо полагать, что источник расположен в коре на глубинах порядка 10—25 км [11,16].

В пределах территории АрмССР данные трехмерных расчетов достаточно хорошо коррелируют с данными одномерных расчетов [8].

На рис. 2,3 приводятся распределения температур на поверхностях Кондрада и Мохо.

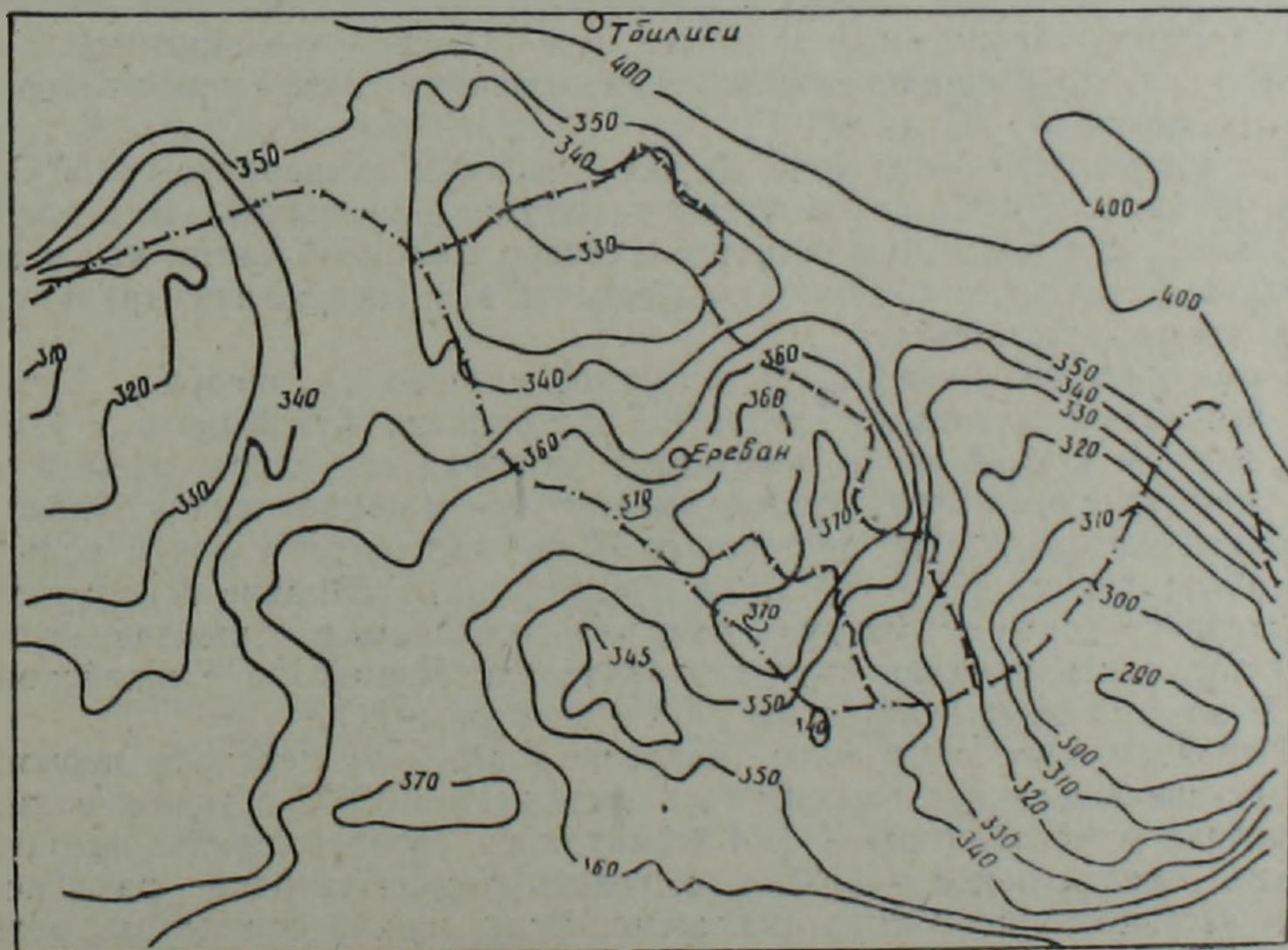


Рис. 2. Карта распределения температур на поверхности Кондрада территории АрмССР и прилегающих районов.

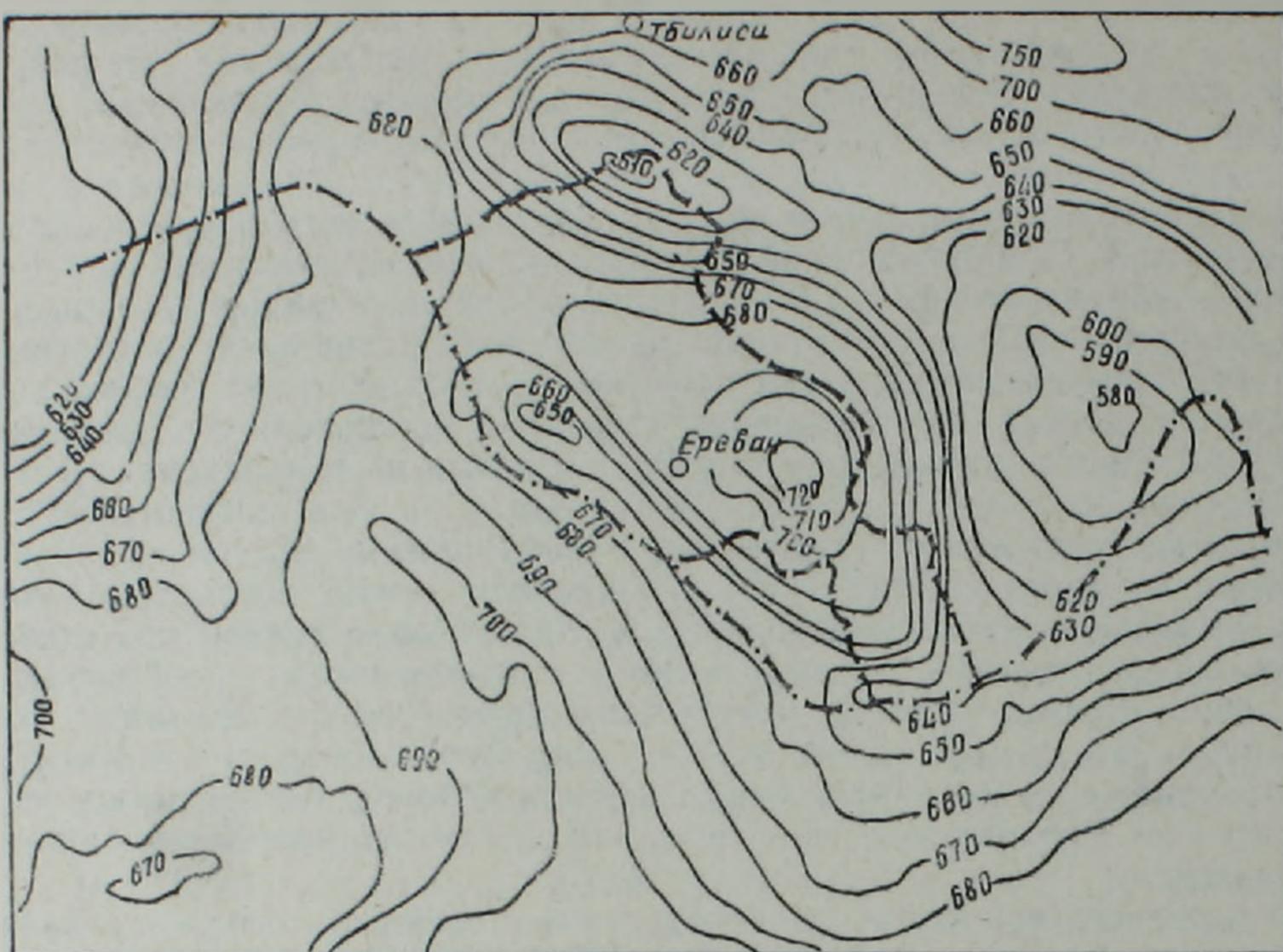


Рис. 3. Карта распределения температур на поверхности Мохо территории АрмССР и прилегающих районов.

На поверхности Конрада (рис. 2) температура меняется от 290°C (юго-восток планшета) до 400°C (северо-восток). В пределах территории АрмССР основные элементы распределения изотерм носят на юге региона субмеридиональный характер, а на севере—субширотный. Таков же характер расположения изотерм и на фундаменте, где температуры меняются от 0°C до 300°C .

На поверхности Мохо (рис. 3) как максимум температуры (750°C), так и минимум (580°C) по-прежнему находятся в восточной части планшета. Хотя, если максимум остается в северо-восточной части, как и на предыдущих срезах, то минимум смещается с юго-востока в центральную часть востока планшета.

Распределение изотерм на поверхности Мохо (в пределах Армении) несколько отлично от срезов на поверхности фундамента и Конрада, здесь в южной части появляется круговая структура, окаймленная эллиптическими структурами, вытянутыми в направлении, близком к общекавказскому. На глубине же 70 км температуры почти полностью нивелируются ($756\text{—}820^{\circ}\text{C}$), а следовательно, влияние поверхностных структур почти отсутствует, чего нельзя сказать в общекавказском масштабе, здесь влияние структур акваторий Черного и Каспийского морей четко прослеживается на 140 км и глубже [4].

Перейдем к рассмотрению вопроса о фазовом переходе первого рода в коре Земли, возникающем по достижению 600°C в увлажненных «гранитах» и «базальтах» [1]. Рассматривая этот вопрос с позиции модели, предлагаемой в [12], т. е. возникновения твердой фазы под слоем частичного плавления (инверсионного), можно определить мощностные характеристики этого инверсионного слоя [1]. Предположение о существовании на Кавказе зоны частичного плавления пород неодно-

кратно высказывалось еще в начале 70-х годов [12, 13] и подтверждено данными ГСЗ [14]. Как показывают расчеты, наибольшие мощности инверсионного слоя достигаются в Севанском оротектоническом поясе, при этом максимальные—на юго-восточном окончании. Значительные мощности инверсионного слоя в этой области подтверждаются данными ГМТЗ. Инверсионному слою соответствуют значительные суммарные продольные проводимости, что в предположении постоянства удельного сопротивления слоя (что вполне допустимо) приводит нас к выводу о значительных мощностях этого слоя [11, 12].

Интересно отметить также, что области неовулканизма приурочены к областям наибольшей мощности инверсионного слоя, что, учитывая характер магматизма (низкотемпературные магмы), свидетельствует в пользу высказанного в [1] предложения об инверсионном слое, как источнике питания неовулканизма.

З а к л ю ч е н и е

1. Предполагается трехмерная геотермическая стационарная модель Армении и прилегающих районов. В результате расчетов построены: карты теплового потока на поверхности Земли, карты распределения температур на всех основных границах раздела: фундаменте, Конрада, Мохо, внутри осадочного, «гранитного», «базальтового» комплексов, а также на глубинах 70 и 140 км.

2. Рассчитанный на поверхности тепловой поток хорошо коррелирует с экспериментальными данными в областях Антикавказского и Приараксинской зоны, а в области Севанского пояса—занижен, что объясняется наличием в этой области молодого вулканизма, не учитываемого в расчетах.

3. На основании расчетной и экспериментальной карт выделена зона аномального теплового потока, что позволит в дальнейшем рассчитать энергетику вулканической области и провести построение нестационарной модели.

4. Выделен слой частичного плавления, делается вывод о его связи с молодым вулканизмом.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН АрмССР,

Поступила 26.XII.1984.

Институт геофизики АН ГрССР

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Алексидзе М. А., Буачидзе Г. И., Гугунава Г. Е., Кирия Д. К., Челидзе Т. Л. Трехмерная стационарная геотермическая модель Кавказа.—В кн.: Геофизические поля и строение земной коры Закавказья. М.: Наука, 1985. с. 123—133.
2. Алексидзе М. А., Буачидзе Г. И., Гугунава Г. Е., Кирия Д. К., Челидзе Т. Л., Шенгелая Г. Ш. Термоупругие напряжения и формирование некоторых глубинных разломов Кавказа.—Сообщения АН ГССР, 1985, т. 117, № 1, с. 53—56.
3. Алексидзе М. А., Гугунава Г. Е., Кирия Д. К., Челидзе Т. Л., Шенгелая Г. Ш. Термоупругие напряжения и сейсмичность Кавказа и прилегающих территорий.—В кн.: XIX Генеральная ассамблея сейсмологического комитета (ЕСК). М.: 1984, с. 61—62.
4. Алексидзе М. А., Буачидзе Г. И., Гугунава Г. Е., Кирия Д. К., Челидзе Т. Л. Трехмерная стационарная геотермическая модель Кавказа.—Сообщения АН ГССР, 1983, т. III, № 3, с. 505—508.
5. Алексидзе М. А., Гугунава Г. Е., Пертая К. В. Геофизические поля и строение земной коры и верхней мантии территории Грузии. Тбилиси: Мецниереба, 1977, с. 187—199.
6. Асланян А. Т.—В кн.: Геология СССР, т. 43, Армянская ССР. М.: Недра, 1970, с. 366—395.

7. Балавадзе Б. К. Гравитационное поле и строение земной коры в Грузии. Тбилиси: 1957. 120 с.
8. Вартанян К. С. Фоновый тепловой поток на территории Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, XXXVII, № 2, с. 61—64.
9. Глубинный тепловой поток Европейской части СССР. Киев: Наукова думка, 1974. 192 с.
10. Гордиенко В. В. Тепловые аномалии геосинклиналей. Киев: Наукова думка, 1975. 141 с.
11. Григорян Д. С., Шахназарян А. Д. Об электропроводности земной коры и верхней мантии по линии Бавра-Бюракан-Гехард-Кечут.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, т. № 5, с. 73—76.
12. Гугунава Г. Е. Взаимосвязь некоторых геофизических полей и глубинного строения Кавказа. Тбилиси: Мецниереба, 1981. 180 с.
13. Гугунава Г. Е., Кикинадзе Д. А. О возможной связи промежуточного проводящего горизонта и минимума теплопроводности в верхних слоях Земли.—Сообщения АН ГССР, 1970, т. 58, № 1, с. 69—72.
14. Диасамидзе М. Г., Иоселиани М. С., Раджабов М. М. Сейсмическая модель земной коры в Колхидской низменности.—Сообщения АН ГССР, 1980, т. 97, № 1, с. 77—80.
15. Любимова Е. А. Термика Земли и Луны. М.: Наука, 1968. 280 с.
16. Чернявский Г. А., Яникян В. О., Мириджанян Р. Т. Некоторые результаты глубинных магнитотеллурических зондирований на территории Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1980, т. XXXIII, № 6, с. 43—50.
17. Anderson O. The temperature profile of the upper mantle. Journ. Geophys. Res. 1980, v. 85, pp. 7003—7010.
18. Pollak H. N., Chapman D. S. On the regional variation of heat flow, geotherms and lithospheric thickness.—Tectonophysics, 1977, vol. 38, pp. 279—296.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXIX, № 2, 82—83, 1986.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК:551.594.2

П. П. МХИТАРЯН

ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ В АТМОСФЕРЕ КАК ПРИЧИНА ЗАРЯЖЕННОСТИ ОБЛАКОВ

Проблема природы возникновения электрических зарядов в облаках во время гроз все еще остается предметом обсуждений [1].

В работе [2] была высказана гипотеза о возможности протекания электролитической диссоциации в газовой фазе в присутствии паров воды и что это может служить причиной появления зарядов в облаках. Так, изучение электропроводности ряда газов, таких как CO_2 , NH_3 и др., а также их смесей в присутствии паров воды приводит к выводу, что в этих условиях в газовой фазе имеет место электролитическая диссоциация с образованием ионов [3]. Экспериментально измеренные данные по электропроводности для различных газов и их смесей приводятся в таблице 1.

Таблица 1
Электропроводность различных газов и их смесей в присутствии паров воды

Наименование газов	Напряженность E кВ/м	Плотность тока J А/м ²
Аммиак	120	$6 \cdot 10^{-5}$
Оксид углерода (IV)	88	$4 \cdot 10^{-10}$
Смесь аммиака и оксида углерода (IV)	1,2	$8 \cdot 10^{-5}$
Оксид азота (IV)	80	$8 \cdot 10^{-5}$
Оксид серы (IV)	80	$8 \cdot 10^{-6}$
Хлористоводородный газ	44	$8 \cdot 10^{-3}$
Смесь аммиака и хлористоводородного газа	0,8	$2 \cdot 10^{-3}$