

Г. Д. Зубян

Импульсы значительных колебаний температуры в стратосфере над Арменией

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. С. Мкртчяном 18/X 1965)

В работе приводятся некоторые результаты исследования стратосферы над Арменией, выполненного по материалам ежедневных аэрологических наблюдений ст. Ереван за 1961 год.

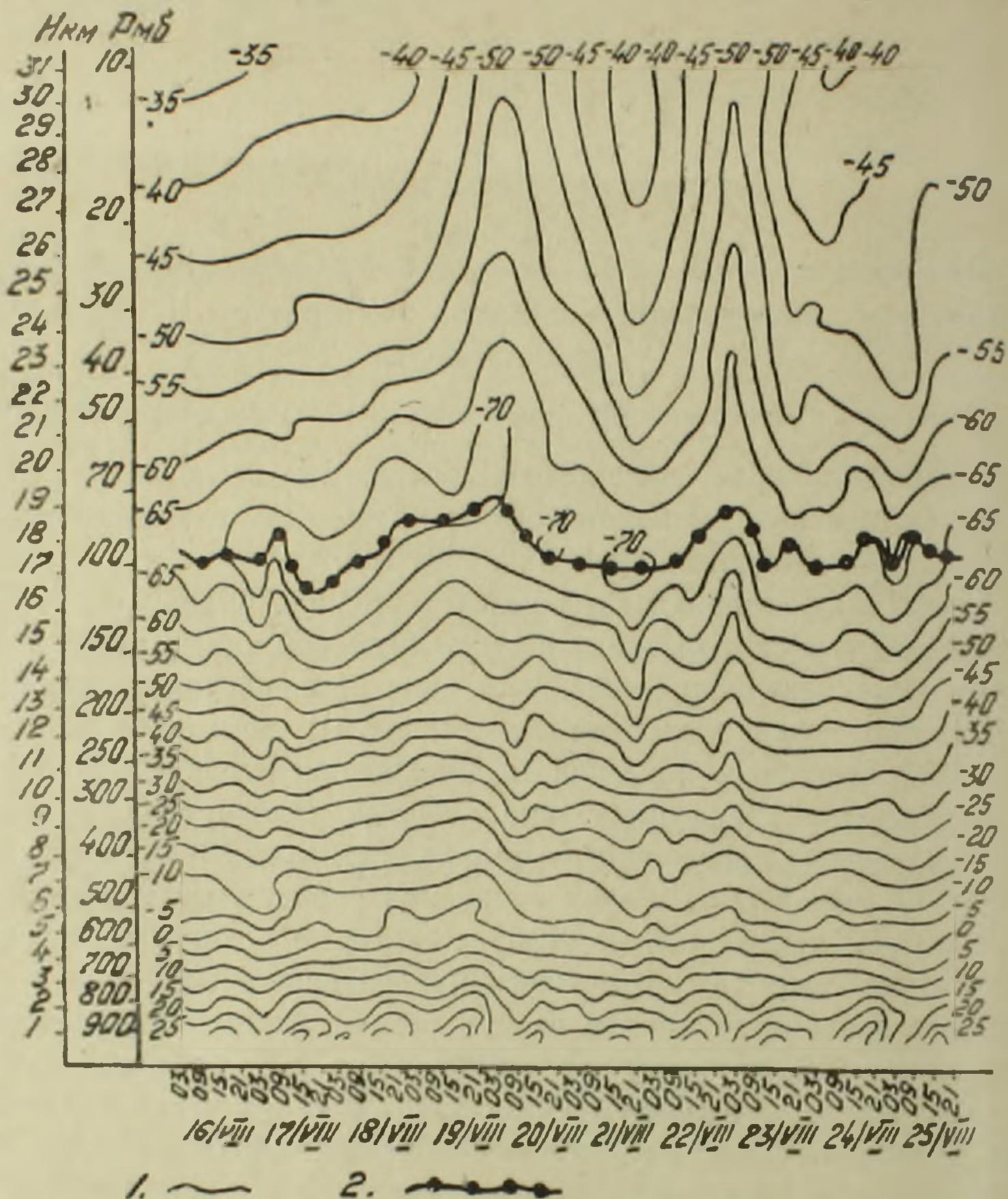
Анализ этих материалов показывает, что над Арменией—географическим районом, расположенным в субтропической климатической зоне,—значительные неперiodические изменения температуры происходят не только в тропосфере и нижней стратосфере (¹), но и в более высоких слоях последней, возможно, вплоть до ее верхней границы. Наблюдаются эти изменения преимущественно в теплый период года (июнь—сентябрь) и нередко в средней стратосфере достигают 10—15° в течение 1—2 суток. Основная роль в этих изменениях принадлежит, по-видимому, вертикальным перемещениям воздуха, которые возникают под воздействием стратосферной субтропической фронтальной зоны.

Здесь приводится пример весьма резких, экстремальных в количественном отношении изменений температуры в стратосфере, имевших место во второй половине августа 1961 года. График термонизоплет (фиг. 1) и табл. 1 дают достаточно полное представление о них.

На графике термонизоплет по вертикальной оси отложены высота в километрах и давление (мб) в логарифмической шкале, по горизонтальной оси—время (сроки аэрологических наблюдений): по данным температурного зондирования через 5° проведены изолинии температуры. График представляет изменения температуры над данным пунктом наблюдения во времени.

Представленные материалы показывают, что обычный для Армении летний режим температуры стратосферы в период 18—20 августа был нарушен резким и значительным понижением температуры, охватившим все слои до потолка аэрологических наблюдений. В 03 часа 20 августа понижение температуры сменилось ее повышением, также резким и значительным, которое завершилось к вечеру 21 августа. В дальнейшем прошла новая волна значительных понижений и повышений температур, после чего, в конце месяца, в стратосфере восстановилось нормальное состояние со слабыми колебаниями температуры.

Табл. 1 показывает, что в рассматриваемые периоды колебания температуры в стратосфере, будучи небольшими непосредственно у тропопаузы, в вышележащих слоях достигли 15—20°. В нашем примере наиболее низкие температуры наблюдались в ночные часы. Суточные коле-



Фиг. 1. График термонизоплет за период 16—25 августа 1961 года. Аэрологическая станция Ереван. 1 — изолинии температуры; 2 — тропопауза.

бания температуры, на высоте 20 км почти отсутствуют, на высоте 30 км они составляют 0,5—1,5°, а на высоте 40 км—3—4° (2). Если иметь в виду это, то колебания температуры независимо от суточного хода в период 18—24 августа были около 13—17°. Такие большие изменения температуры наблюдались до максимальных высот, позволяющих по имеющимся данным радиозондирования вычислить эти изменения: 18—20 августа до высоты 36 км, 20—21 и 21—23 августа—29 км, 23—24 августа—32 км. Нижняя граница тропопаузы в эти дни располагалась, испытывая колебания, на высоте 16—18 км.

В представленном здесь случае одновременно с большими изменениями температуры в стратосфере значительные ее изменения, до 10—

Таблица 1

Распределение с высотой и изменения температуры в период
18—24 августа 1961 года (ст. Ереван)

Высота в км	Д а т а								
	15 час. 18/VIII	ΔT (20—18)	03 час. 20/VIII	ΔT (21—20)	21 час. 21/VIII	ΔT (23—21)	03 час. 23/VIII	ΔT (24—23)	10 час. 24/VIII
5	- 0,7	1,3	0,6	- 6,2	- 5,6	6,4	0,8	- 1,9	- 2,7
6	- 1,0	- 1,8	- 2,8	- 10,4	- 13,2	7,6	- 5,6	- 0,4	- 6,0
7	- 8,1	1,9	- 6,2	- 8,9	- 15,1	3,3	- 11,8	- 0,6	- 12,4
8	- 14,7	1,4	- 13,3	- 6,4	- 19,7	4,8	- 14,9	- 4,9	- 19,8
9	- 20,0	1,5	- 18,5	- 6,9	- 25,4	4,6	- 20,8	- 6,6	- 27,4
10	- 26,7	2,9	- 23,8	- 9,4	- 33,2	6,3	- 26,9	- 6,5	- 33,4
11	- 33,7	2,9	- 30,8	- 10,5	- 41,3	7,5	- 33,8	- 4,6	- 38,4
12	- 41,1	4,0	- 37,1	- 12,5	- 49,6	11,6	- 38,0	- 3,9	- 41,9
13	- 46,8	3,3	- 43,5	- 13,4	- 56,9	14,4	- 42,5	- 7,2	- 49,7
14	- 54,3	4,1	- 50,2	- 11,3	- 61,5	13,3	- 48,2	- 8,0	- 56,2
15	- 61,8	6,8	- 55,0	- 11,3	- 66,3	13,9	- 52,4	- 9,6	- 62,0
16	- 64,4	6,5	- 59,9	- 10,2	- 70,1	14,0	- 56,1	- 9,7	- 65,8
17	- 72,5	7,7	- 64,8	- 5,6	- 70,4	9,6	- 60,8	- 5,1	- 65,9
18	- 74,0	5,7	- 68,3	1,5	- 66,8	2,0	- 64,8	- 1,1	- 65,9
19	- 74,2	3,6	- 70,6	9,9	- 60,7	- 5,9	- 66,6	3,2	- 63,4
20	- 67,8	- 3,0	- 70,8	15,7	- 55,1	- 12,3	- 67,4	6,6	- 60,8
21	- 63,0	- 7,8	- 70,8	16,9	- 53,9	- 12,9	- 66,8	9,3	- 57,5
22	- 60,3	- 8,4	- 68,7	18,9	- 49,8	- 16,5	- 66,3	12,1	- 54,1
23	- 55,0	- 10,7	- 65,7	18,7	- 47,0	- 18,4	- 65,4	13,4	- 52,0
24	- 50,1	- 14,0	- 64,1	19,4	- 45,0	- 19,0	- 64,0	14,0	- 50,0
25	- 48,6	- 14,3	- 62,9	19,4	- 43,5	- 19,9	- 62,4	14,4	- 48,0
26	- 47,8	- 13,0	- 60,8	18,3	- 42,5	- 18,3	- 60,8	15,0	- 45,8
27	- 46,1	- 13,5	- 59,6	18,1	- 41,5	- 17,7	- 59,2	14,9	- 44,3
28	- 44,6	- 13,4	- 58,0	17,9	- 40,1	- 17,7	- 57,8	14,7	- 43,1
29	- 41,3	- 15,5	- 56,8	18,4	- 38,4	- 17,9	- 56,3	14,4	- 41,9
30	- 39,7	- 15,7	- 55,2				- 55,0	14,6	- 40,4
31	- 38,0	- 15,7	- 53,7				- 54,4	15,0	- 39,6
32	- 36,2	- 16,0	- 52,2				- 53,7	14,7	- 39,0
33	- 35,2	- 16,1	- 51,3				- 53,0		
34	- 34,1	- 16,5	- 50,6				- 52,3		
35	- 32,0	- 18,0	- 50,0				- 51,7		
36	- 29,7	- 19,8	- 49,5				- 51,0		
37			- 49,1				- 50,4		

14° наблюдались и в тропосфере, причем изменения температуры в стратосфере и тропосфере были противоположного знака. Этот пример указывает на возможность такого состояния, когда возникшее в атмосфере возмущение распространяет свое влияние на всю тропосферу и значительную толщу стратосферы.

Синоптический анализ показывает, что в данном конкретном случае большие изменения температуры в стратосфере над Арменией начались в связи с прохождением холодного фронта, который и дал, по-видимому, начальный импульс к развитию тех процессов, которые привели к столь существенным последствиям. Это еще раз говорит о той большой роли, которую играют холодные вторжения в развитии атмосферных процессов над Арменией. Однако из этого и изложенного выше не следует, что значительные изменения температуры в стратосфере над Арменией во всех случаях бывают непосредственно и явно связаны с

процессами в тропосфере. Можно указать на ряд случаев, когда непериодические изменения температуры в стратосфере над этим районом происходили как бы самостоятельно, без каких-либо существенных изменений температуры в тропосфере, при спокойном состоянии последней.

Какую можно высказать гипотезу о причинах столь больших непериодических изменений температуры в стратосфере над Арменией.

В тропосфере непериодические изменения температуры в наших широтах тесно связаны с междуширотным обменом холодных и теплых масс воздуха, с деятельностью разделяющих их фронтов. Значительный вклад в непериодические локальные изменения температуры в тропосфере вносит горизонтальный перенос. Это следует хотя бы из того, что локальные изменения температуры соизмеримы с теми начальными горизонтальными градиентами температуры, которые наблюдаются в направлении переноса. Свой вклад в локальные изменения температуры вносят и вертикальные движения, сопутствующие горизонтальному переносу, особенно при активной циклонической и антициклонической деятельности.

Существенное влияние на непериодические изменения температуры в нижнем полутора—двухкилометровом слое тропосферы оказывает приток тепла от подстилающей поверхности. Но в свободной тропосфере это влияние небольшое.

С непериодическими изменениями температуры в стратосфере над Арменией положение, по-видимому, иное.

Табл. 1 показывает, что в период 18—24 августа 1961 года изменения температуры в стратосфере с высотой или увеличивались, или оставались почти постоянными. Между тем хорошо известно, что в наших широтах межширотные градиенты температуры в стратосфере с высотой значительно уменьшаются.

По данным Х. П. Погосяна и Маргетройда ⁽²⁾ разность средних температур между широтами 30 и 60° в июле* составляет: на уровне 100 мб (16,7 км)—21°, 50 мб (21,1 км)—13° 30 мб (24,4 км)—9°, 15 мб (29,4 км)—6°, 10 мб (31,8 км)—6°, 4 мб (38,5 км)—2°. Одновременно с уменьшением горизонтальных градиентов температуры, в стратосфере наблюдается ослабление скорости ветра с высотой и выше примерно 22 км взамен западного ветра, господствующего внизу, летом устанавливается восточный перенос, тогда как горизонтальный градиент температуры сохраняет свое направление с севера на юг во всем слое.

Из изложенного выше вытекает, очевидно, что объяснить те значительные непериодические изменения температуры, которые происходят в средней и верхней стратосфере над Арменией (и вообще, по-видимому, над южными широтами) горизонтальным переносом воздушных масс вряд ли возможно. Горизонтальный перенос может иметь существенное значение лишь в нижнем слое стратосферы, примыкающем непосредственно к тропопаузе, но в средней и верхней стратосфере его

* По температурному режиму июль и август отличаются очень мало.

роль в неперриодических изменениях температуры вообще и по сравнению с тропосферой невелика.

Сделанный вывод относится как к летнему, так и к зимнему периодам, так как общие условия изменения с высотой горизонтального градиента температуры и скорости ветра в стратосфере над нашими широтами в принципе сохраняются в течение всего года (речь идет об их уменьшении с высотой).

С нашей точки зрения большие неперриодические изменения температуры в средней и верхней стратосфере над Арменией вызываются в основном вертикальными движениями воздуха.

Если предположить, что в период 18—24 августа изменения температуры в стратосфере над Арменией (аэрологическая станция Ереван) были обусловлены только вертикальными движениями, то получим следующие величины их скоростей на высотах (H) максимальных изменений температуры:

1,2 м/сек	18—21	августа	($H=36$ км)
—1,2	"	20—21	" ($H=25$ км)
1,4	"	21—23	" ($H=25$ км)
—1,1	"	23—24	" ($H=26$ км)

Вертикальные скорости были вычислены по следующей формуле:

$$W = - \frac{\frac{\Delta T}{\Delta t}}{(\gamma_a - \gamma)}, \quad (1)$$

где: $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ — изменение температуры на данной высоте (ΔT) за конечный промежуток времени (Δt), γ_a — сухоадиабатический вертикальный градиент температуры, равный $9,8^\circ$ на 1 км. γ — фактический вертикальный градиент температуры.

Вычисления вертикальных скоростей были произведены по следующим исходным данным:

18—20	августа	$\gamma^* = -2,5$ град./км.	$\Delta T = -19,8^\circ$	$\Delta t = 36$ час.
20—21	"	$\gamma = -1,3$	$\Delta T = 19,4^\circ$	$\Delta t = 42$ час.
21—23	"	$\gamma = -3,0$	$\Delta T = -19,9^\circ$	$\Delta t = 30$ час.
23—24	"	$\gamma = -1,1$	$\Delta T = 15,0^\circ$	$\Delta t = 31$ час.

Вертикальные скорости порядка нескольких см/сек в тропосфере наблюдаются нередко. Стратосфера является более устойчивой средой, но вертикальные скорости порядка 1 см/сек в ней, если иметь в виду те скорости, которые наблюдаются в тропосфере, вполне возможны.

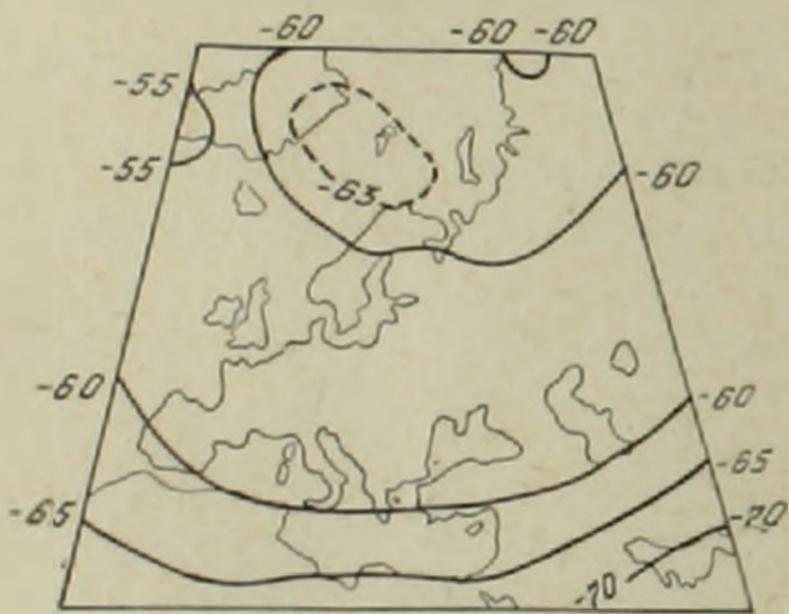
Отсюда следует, что мы имеем основание искать причины больших неперриодических изменений температуры в стратосфере в вертикальных перемещениях воздуха.

* За γ было взято среднее его значение во всем нижележащем слое до тропопавзы.

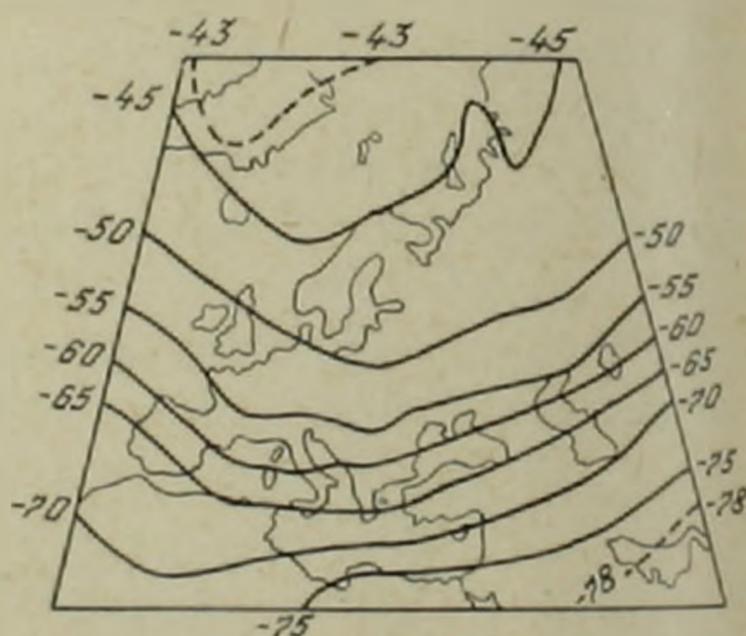
Если в свободной тропосфере при рассмотрении неперриодических изменений температуры можно пренебречь влиянием притока тепла, то возможность принятия такого условия в стратосфере не является очевидным. В состав атмосферы входит озон, основное количество которого сосредоточено в слое от 20 до 35 км. Озон сильно поглощает ультрафиолетовую радиацию. Поэтому предполагается, что в неперриодических изменениях температуры в стратосфере существенную роль играют изменения во времени условий поглощения солнечной радиации, что может быть обусловлено колебаниями высоты слоя основной концентрации озона (3). К сожалению, мы не имеем данных об озоне в атмосфере над Арменией и поэтому судить о его влиянии на изменения температуры в стратосфере не можем. По этой причине этот вопрос оставляем открытым, отметив лишь, что если и происходят неперриодические колебания слоя озона, то они вероятно должны быть результатом вертикальных перемещений воздуха, которые, естественно, одновременно будут вызывать адиабатические изменения температуры.

Что можно сказать о возможных причинах возникновения вертикальных движений в стратосфере над Арменией?

В ряде предыдущих работ автора было показано, что фронтальные зоны обнаруживаются не только в тропосфере, но и в стратосфере, причем здесь, как в тропосфере, выделяются две основные планетарные фронтальные зоны — полярная и субтропическая (4). По картам среднемесячной температуры на уровне изобарической поверхности 100 мб (16—17 км) за январь и август 1961 года (рис. 2 и 3) можно судить,



Фиг. 2. Карта средней месячной температуры воздуха на уровне изобарической поверхности 100 мб (16—17 км). Январь 1961 года.



Фиг. 3. Карта средней месячной температуры воздуха на уровне изобарической поверхности 100 мб (16—17 км). Август 1961 года.

что зимой субтропическая планетарная фронтальная зона располагается южнее Армении, а летом она передвигается к северу — на Кавказ. Летом Армения оказывается под этой фронтальной зоной. Одновременно с этим, летом к северу перемещается и субтропическое струйное течение (5) и над Арменией устанавливаются сильные ветры в верхней тропосфере, вблизи от тропопаузы, с большими вертикальными и горизонтальными сдвигами скорости. Логично предположить, что при таком

положении, благоприятном для потери устойчивости, стратосферная фронтальная зона испытывает, как это часто бывает с тропосферной фронтальной зоной, волновые возмущения, которые сопровождаются вертикальными перемещениями воздуха или дают импульс к их развитию.

В ряде случаев волновые возмущения на стратосферной фронтальной зоне возникают в связи с холодными вторжениями, как и другими непериодическими процессами, в тропосфере. Тогда часто колебания температуры в стратосфере происходят почти синхронно с колебаниями температуры в тропосфере.

В других случаях непосредственная связь между колебаниями температуры в тропосфере и стратосфере не обнаруживается — стратосферные возмущения возникают как бы самостоятельно.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Գ. Դ. ՉՈՒԲՅԱՆ

Ջերմաստիճանի նշանակալի աստիճանների միջուկներ ստրատոսֆերայում Հայաստանի վրա

Այս աշխատանքի համար, որը նվիրված է ստրատոսֆերայի ուսումնասիրությանը Հայաստանի վրա, օգտագործված են Երևանի անրոլոգիական կայանի 1961 թ. ամենօրյա դիտումների տվյալները:

Այդ տվյալների վերլուծումը ցույց է տալիս, որ օդի ջերմաստիճանի ոչ պարբերական նշանակալի փոփոխությունները Հայաստանում տեղի են ունենում ոչ միայն տրոպոսֆերայում և ստրատոսֆերային ստորին շերտում (1) այլև վերջինիս ավելի բարձր շերտերում, ինչպես նաև մինչև նրա վերին սահմանը:

Այդ փոփոխությունները դիտվում են գլխավորապես տարվա տաք ժամանակաշրջանում (հունիս-սեպտեմբեր) և միջին ստրատոսֆերայում ոչ հազվադեպ հասնում են 10—15°-ի 1—2 օրվա ընթացքում:

Այստեղ բերված է օրինակ ջերմաստիճանի բանակական տեսակետից ծայրահեղ փոփոխությունների, որոնք տեղի են ունեցել 1961 թ. սոստոսի երկրորդ կեսում (տես աղյուսակը և 1 գծագիրը):

Ներկայացված կարծիքով, օդի ջերմաստիճանի ոչ պարբերական նշանակալի փոփոխությունները ստրատոսֆերայում Հայաստանի վրա և, ընդհանրապես, մերձարևադարձային կլիմայական գոտում գտնվող վայրերում) պայմանավորվում են հիմնականում օդի ուղղաձիգ հոսանքներով, որոնք համաձայն (1) բանաձևով կատարված հաշվարկումների՝ ունեն 1 սմ/վրկ կարգի արագություն: Օդի այդ ուղղաձիգ հոսանքներն առաջանում են ստրատոսֆերայի մերձարևադարձային շերտային գոտու ազդեցության տակ, որն ամռանը հարավից տեղափոխվում է Հայաստանի վրա (տես 2 և 3 գծագիրը):

Ստրատոսֆերայի և ստորին ստրատոսֆերայի վերջինս ավելի բարձր շերտերում ջերմաստիճանի ոչ պարբերական նշանակալի փոփոխությունների համար, Հայաստանի վրա, օդի հորիզոնական տեղափոխումները քիչ դեր են խաղում:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ Գ. Դ. Зубян, ДАН АрмССР, т. XL, № 3 (1965). ² X. П. Погосян, Струйные течения в атмосфере, Гидрометеониздат, 1960. ³ Курс метеорологии, ред. П. Н. Твердохлюев, Гидрометеониздат, 1951. ⁴ Գ. Դ. Зубян, „Метеорология и гидрология“, № 5, 1956. ⁵ X. П. Погосян, „Известия АН АрмССР“, серия геологических и географических наук, т. XI, № 2 (1958).