

Г. Д. Зубян

### Тропопауза над Арменией

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. С. Мкртчяном 19/IV 1966)

В развитие предыдущих исследований автора по вопросу о строении атмосферы над Арменией (1-3) в этой работе рассматриваются некоторые аспекты этой проблемы, относящиеся к тропопаузе — переходному слою от тропосферы к стратосфере. Производится структурная типизация тропопаузы, изучаются годовые изменения ее высоты, температуры и вертикальной мощности.

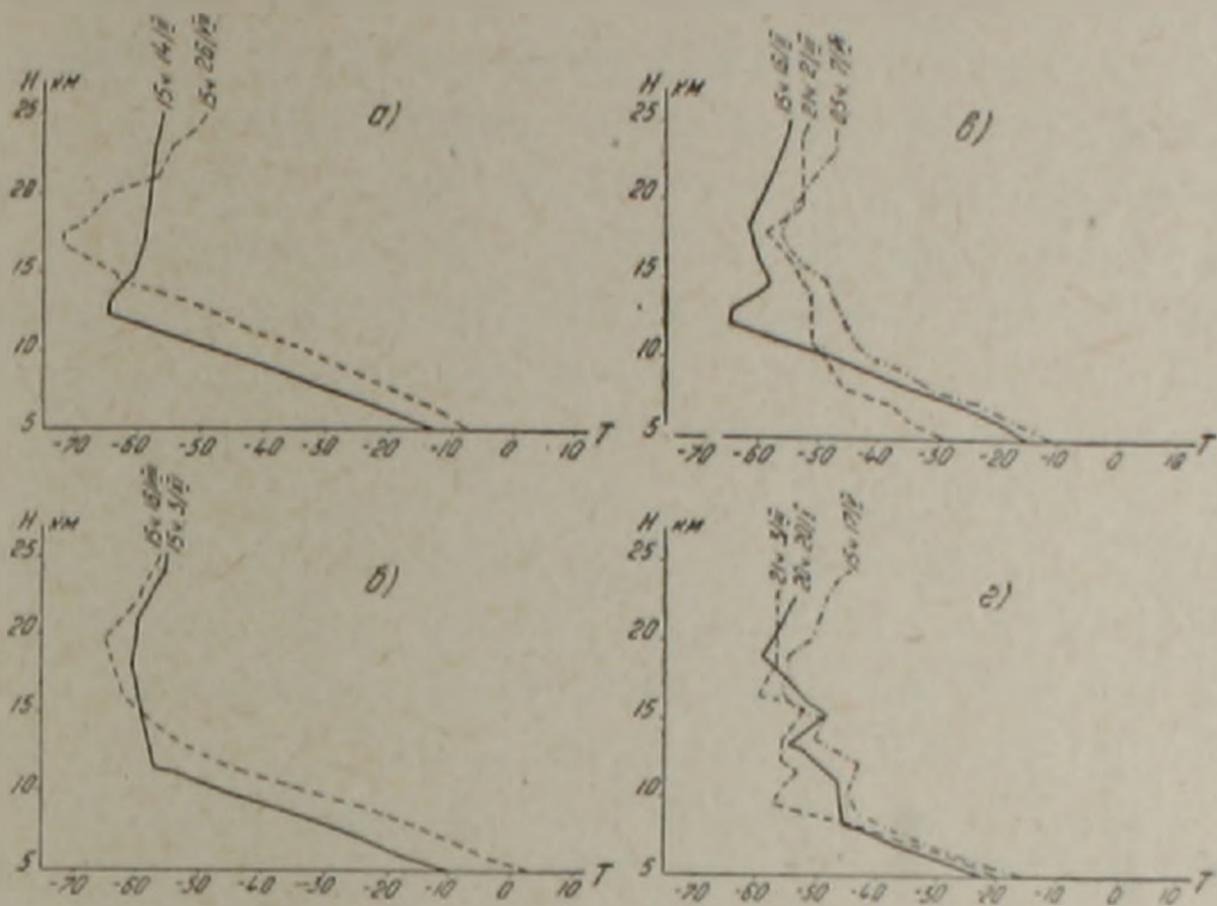
Наиболее распространенным методом типизации тропопаузы в настоящее время является синоптический метод. Типизация тропопаузы по этому методу производится применительно к различным синоптическим объектам: воздушным массам, планетарным фронтальным зонам, струйным течениям и др. В данной работе избран иной путь. Здесь типизация производится на основе анализа особенностей вертикального распределения температуры (кривых вертикальной температурной стратификации), независимо от синоптических условий. Такой подход для локальных исследований является, с нашей точки зрения, наиболее рациональным. Он дает возможность однозначного определения типа тропопаузы в каждом конкретном случае и объективного сравнительного анализа. Применяя такой метод, мы убеждаемся, что синоптические типы тропопаузы не являются столь однородными как это представляется. Вообще же, синоптическая типизация и применяемая нами, которую можно было назвать структурной, дополняют друг друга.

Работа выполнена по материалам радиозондовых наблюдений аэрологической станции Ереван за 1960—62 годы.

Над Арменией переход от тропосферы к стратосфере происходит в весьма разнообразных формах. Однако, анализ кривых вертикальной температурной стратификации показывает, что этот переход можно разбить на ряд характерных типов — выделить структурные типы тропопаузы, — в принципе охватывающие почти все возможные случаи. Этими типами являются следующие.

1. *Тропопауза отсутствует* — практически имеет место непосредственный переход от тропосферы к стратосфере (фиг. 1, а). Этот тип ха-

характеризуется наличием на кривой температурной стратификации в исследуемой области одной точки минимума, непосредственно до которой происходит тропосферное падение температуры с высотой с вертикальным градиентом  $\gamma > 0,2^\circ/100 \text{ м}$ . Наблюдается преимущественно в теплое время года (июнь-сентябрь); в остальное время встречается эпизодически.



Фиг. 1. Примеры различных структурных типов тропопаузы: (аэрологическая станция Ереван, 1960 год):

*а* — тропопауза отсутствует; *б* — однослойная тропопауза; *в* — двухслойная тропопауза; *г* — многослойная тропопауза.

II. *Однослойная тропопауза* (фиг. 1, б) — характеризуется, как и в предыдущем случае, наличием на кривой температурной стратификации одной точки минимума, которой, однако, предшествует тропопаузный излом (слой с  $0 < \gamma < 0,2^\circ/100 \text{ м}$ ). Является слоем с замедленным по сравнению с тропосферой падением температуры с высотой. С июля по ноябрь включительно — преобладающий тип. При этом и предыдущем типах перехода, стратосфера над Арменией в теплый период года располагается, как правило, на 4—6 км выше, имея у основания более низкие температуры, чем в остальное время.

III. *Двухслойная тропопауза* (фиг. 1, в) — характеризуется наличием на кривой температурной стратификации двух точек минимума, первая из которых отмечается на нижней границе тропопаузы (фиг. 1, в; кривая за 16 февраля) или несколько выше ее (кривая за 2 марта). В последнем случае первому минимуму предшествует тропопаузный излом. К двухслойной тропопаузе относятся и те случаи (фиг. 1, в; кривая за 7 июня), когда на кривой температурной стратификации имеется одна точка минимума, но при этом тропопауза начинается с тропопаузного излома, после чего падение температуры продолжается до точки минимума с  $\gamma > 0,2^\circ/100 \text{ м}$ , хотя бы в начале. Зимой и весной является преобладающим типом. Часто встречается осенью. Летом в большинстве случаев бывает плохо выражена и встречается сравнительно редко. Нижняя

граница летом располагается, как правило, на несколько километров ниже среднего для данного месяца уровня, зимой — вблизи этого уровня; иногда, при мощных холодных вторжениях в системе циклонов, опускается до 7 км.

IV. *Многослойная тропопауза* (фиг. 1, г) — характеризуется наличием на кривой температурной стратификации более двух точек минимума, первая из которых отмечается на нижней границе тропопаузы (фиг. 1, г; кривая за 3 марта) или несколько выше (кривая за 17 мая). В последнем случае минимуму предшествует тропопаузный излом. К многослойной тропопаузе относятся и те случаи (кривая за 20 января), когда на кривой температурной стратификации имеются только две точки минимума, но при этом тропопауза начинается с тропопаузного излома, после чего падение температуры продолжается до точки первого минимума с  $\gamma > 0,2^\circ/100 \text{ м}$ , хотя бы в начале. Наблюдается почти исключительно в зимний и переходные периоды. Нижняя ее граница располагается, как правило, заметно ниже среднего для данного месяца уровня и имеет более высокую температуру; иногда, при мощных холодных вторжениях в системе циклонов, тропопауза опускается до 6,5—7,0 км.

Таблица 1

Среднемесячные данные о тропопаузе над Ереваном

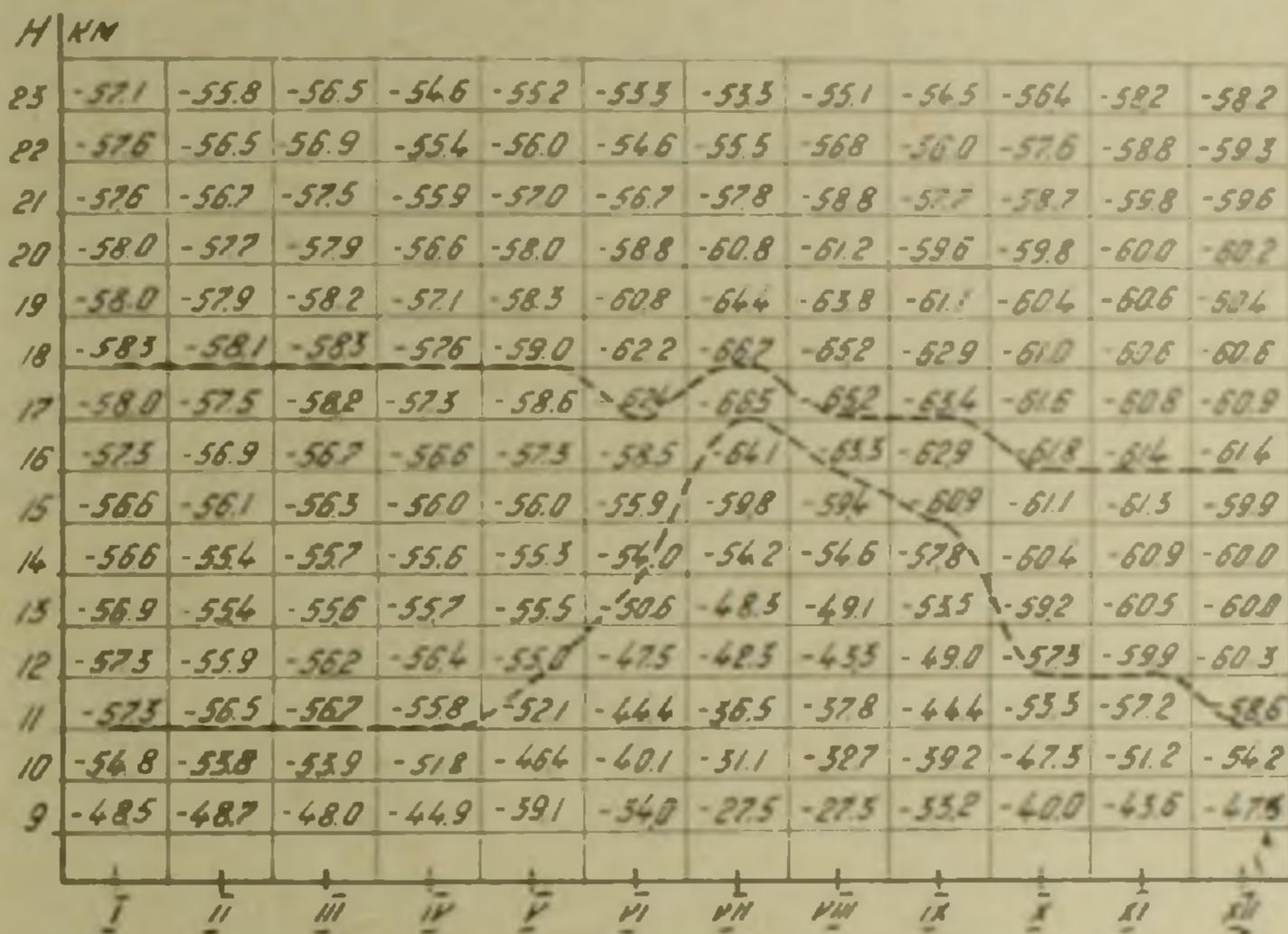
Месяцы	Высота нижней границы тропопаузы (км)	Температура	Высота верхней границы тропопаузы (км)	Температура	Вертикальная мощность тропопаузы (км)	Тип тропопаузы по средним данным
Январь	11	-57,3	18	-58,3	7	двухслойная
Февраль	11	-56,5	18	-58,1	7	
Март	11	-56,7	18	-58,3	7	
Апрель	11	-55,8	18	-57,6	7	
Май	12	-55,0	18	-59,0	6	однослойная
Июнь	14	-54,0	17	-62,4	3	
Июль	17	-66,5	18	-66,7	1	двухслойная
Август	16	-63,3	17	-65,2	1	
Сентябрь	15	-60,9	17	-63,4	2	
Октябрь	12	-57,3	16	-61,8	4	
Ноябрь	12	-59,9	16	-61,4	4	двухслойная
Декабрь	11	-58,6	16	-61,4	5	

В табл. 1 приводятся данные о высоте и температуре нижней и верхней границ тропопаузы, о ее вертикальной мощности (толщине) и статистически преобладающих структурных типах над Ереваном. Таблица составлена по среднемесячным величинам вертикального распределения температуры, вычисленным по наблюдениям за 1961 и 1962 годы, для интервала высоты в 1 км. В дополнение к табл. 1 дается график на фиг. 2.

При обработке материалов за нижнюю границу тропопаузы был принят уровень первого минимума на кривой температурной стратификации или уровень начала тропопаузного излома, если он предшествовал этому минимуму. За верхнюю границу был принят минимум, если он

был один, или верхний (последний) минимум, если на кривой было несколько точек минимума. К этому надо сделать замечание, что при определении верхней границы тропопаузы речь идет не буквально о точке минимума, а о точке, которую практически можно принять за точку минимума.

Как показывают табл. 1 и график на фиг. 2, тропопауза над Арменией от января к июлю повышается в среднем на 6 км. При этом господствующее высокое положение она занимает в течение четырех месяцев (июнь-сентябрь) теплого периода года (точнее, со второй половины июня по сентябрь). В это время средняя высота ее нижней границы составляет 15—17 км. Для остальных 8—8½ месяцев характерным является низкое положение тропопаузы со средней высотой нижней границы 11—12 км.



Фиг. 2. Изменения в течение года высоты и температуры нижней и верхней границ тропопаузы и ее вертикальной мощности над Ереваном. Пунктиром показаны нижняя и верхняя границы тропопаузы, цифры на графике — среднемесячные величины температуры на различных высотах.

В отличие от нижней границы, высота верхней границы тропопаузы в течение года изменяется мало—в среднем на 2 км (от 16 до 18 км), а изменения от месяца к месяцу не превышают 1 км. Разность температуры июль-январь на нижней границе тропопаузы составляет минус 9,2°, на верхней границе—минус 8,4°.

Испытывает значительные изменения и имеет ярко выраженный годовой ход вертикальная мощность тропопаузы.

В январе она в среднем составляет 7 км. В течение последующих трех месяцев (февраль-апрель) мало изменяется, но начиная с мая наблюдается прогрессивное уменьшение мощности тропопаузы—до 1 км в июле и августе. Весьма примечательно, что изменения вертикальной мощности тропопаузы в течение года происходят почти исключительно

вследствие изменений высоты ее нижней границы. Это хорошо видно на фиг. 2.

При резких изменениях высоты тропопаузы в горизонтальном направлении, или со временем, принято говорить о «разрыве» тропопаузы. По этому определению мы должны были бы говорить, например, о разрыве тропопаузы над Арменией от весны к лету. Но это было бы неточно. График на фиг. 2 показывает, что над Арменией от одного сезона к другому (от весны к лету и от лета к осени) по-существу происходит не разрыв тропопаузы, а быстрое изменение ее вертикальной мощности.

Как показало исследование Х. П. Погосяна (\*), Армения находится в районе деятельности субтропического струйного течения. К лету оно надвигается на Кавказ и его ось располагается несколько севернее Армении, к зиме — отходит к югу. Имея в виду это и предыдущее наше заключение, мы считаем возможным предложить следующую гипотезу.

В зоне субтропического струйного течения происходит быстрое изменение в горизонтальном направлении вертикальной мощности тропопаузы — при переходе от теплой стороны субтропического струйного течения к его холодной стороне вертикальная мощность тропопаузы значительно увеличивается. Это происходит, главным образом, в связи с изменениями высоты нижней границы тропопаузы, тогда как высота ее верхней границы изменяется мало. Если и можно говорить о «разрыве» тропопаузы, то его надо понимать в этом смысле.

В заключение отметим, что по мнению автора изложенные выше выводы о тропопаузе, полученные на примере Армении, в качественном отношении можно распространить на другие районы субтропической климатической зоны.

Ереванский государственный  
университет

## Գ. Դ. ԶՈՒՐՅԱՆ

### Տրոպոպաուզան Հայաստանի վրա

Զերմաստիճանի ուղղաձիգ բաշխման կորերի վերլուծման հիման վրա կատարված է տրոպոպաուզայի՝ տրոպոսֆերայից ստրատոսֆերա անցման շերտի կառուցվածքային տիպավորումը Հայաստանում (օգտագործված են Երևանի աէրոլոգիական կայանի 1960—62 թվականների տրվյալները): Ստացված են հետևյալ տիպերը:

1. Տրոպոպաուզան բացակայում է՝ տեղի է ունենում անմիջական անցում տրոպոսֆերայից ստրատոսֆերա (նկ. 1, ա): Բնորոշվում է մեկ միևնույնի վերմաստիճանի կորի վրա, որին նախորդող տրոպոսֆերայի վերին շերտում դիտվում է ջերմաստիճանի անկում բառ բարձրության ուղղաձիգ գրադիենտով  $\gamma > 0,2 / 100$  մ:

2. Միաշերտ տրոպոպաուզա (նկ. 1, 6): Բնորոշվում է, ինչպես և նախորդ դեպքում, մեկ միևնույնի վերմաստիճանի կորի վրա, որին, սակայն, մի շերտ է նախորդում, որում  $0 < \gamma < 0,2 / 100$  մ:

3. Երկշերտ տրոպոպաուզա (նկ. 1, Բ): Բնորոշվում է մեծ մասամբ երկու միևնույնի վերմաստիճանի կորի վրա:

4. Բազմաշերտ տրոպոպաուզա (նկ. 1, 2): Բնորոշվում է մեծ մասամբ երկուսից ավելի միևնույնի վերմաստիճանի կորի վրա:

1-ին և 2-րդ տիպերը գիտվում են գլխավորապես տարվա տար ժամանակաշրջանում և աշնանը, 3-րդ և 4-րդ տիպերը՝ բնորոշ են ձմռան և գարնան համար: 1-ին և 2-րդ տիպերի գեղջում տրոպոպաուզան ամռանը գտնվում է 4-ից—6 կմ ավելի բարձր և նրա ստորին սահմանի ջերմաստիճանը լինում է ցածր, բան ձմռանը:

Աղյուսակում 1-ում տրված են տրոպոպաուզայի ստորին և վերին սահմանների բարձրության ու ջերմաստիճանի, նրա ուղղաձիգ հզորության միջին ավյալները և առանձին ամիսներում գերակշռող տիպերը Հայաստանի վրա:

Ինչպես ցույց են տալիս այդ աղյուսակն ու նկ. 2 (զծագրի վրա նշված են տրոպոպաուզայի ստորին և վերին սահմանները և տրվում է ողի միջին ջերմաստիճանը տարբեր բարձրությունների վրա), Հայաստանում գերակշռող բարձր գրություն տրոպոպաուզան գրադեցնում է հունիս-սեպտեմբեր ամիսները: Այդ ժամանակաշրջանում նրա ստորին սահմանը միջին հաշվով գտնվում է 75—17 կմ բարձրության վրա: Մնացած ամիսների համար բնորոշ է տրոպոպաուզայի ցածր գրությունը՝ նրա ստորին սահմանը գտնվում է 11—12 կմ բարձրության վրա: Հունվարից հուլիս տրոպոպաուզան բարձրանում է 6 կմ, իսկ նրա ստորին սահմանի ջերմաստիճանը նվազում է 9,2°-ով: Ե տարբերություն ստորին սահմանի, տրոպոպաուզայի վերին սահմանի բարձրությունը տարվա ընթացքում քիչ է փոփոխվում և միջին ավյալներով կազմում է 16—18 կմ: Հունվարից հուլիս տրոպոպաուզայի վերին սահմանի ջերմաստիճանը նույնպես նվազում է՝ 8,1°:

Հունվարին տրոպոպաուզայի ուղղաձիգ հզորությունը կազմում է 7 կմ: Հետևյալ երեք ամսվա ընթացքում նա քիչ է փոփոխվում, բայց, սկսած մայիս ամսից, տեղի է ունենում տրոպոպաուզայի հզորության արագ նվազում՝ մինչև 1 կմ հուլիսին և օգոստոսին:

Ուշադրության արժանի է, որ տրոպոպաուզայի ուղղաձիգ հզորության փոփոխությունները տարվա ընթացքում Հայաստանում տեղի են ունենում համարյա բացառապես նրա ստորին սահմանի բարձրության փոփոխությունների հետևանքով (տես 2-րդ զծագիրը):

Հայտնի է (4), որ մերձարևադարձային շիթային հոսանքն ամառը գտնվում է Հայաստանի վրա, իսկ ձմեռը՝ տեղափոխվում է հարավ: Նկատի ունենալով այս և տրոպոպաուզայի հզորության Հայաստանի վրա վերևում նշված օրինաչափությունները, կարելի է առաջադրել հետևյալ հիպոթեզը:

Մերձարևադարձային շիթային հոսանքի գոտում տեղի է ունենում ոչ թե տրոպոպաուզայի «խզումը», ինչպես ընդունված է համարել, այլ, ավելի ճիշտ, նրա ուղղաձիգ հզորության արագ փոփոխության հորիզոնական ուղղությամբ՝ հոսանքի տար կողմից զեպի նրա ցուրտ կողմն անցնելիս տրոպոպաուզայի հզորությունը զգալի չափով աճում է: Այս տեղի է ունենում, գլխավորապես, տրոպոպաուզայի ստորին սահմանի բարձրության փոփոխության հետևանքով, մինչդեռ նրա վերին սահմանի բարձրությունը քիչ է փոփոխվում:

Հեղինակի կարծիքով, Հայաստանի վրա գրսեռված տրոպոպաուզայի առանձնահատկությունները կարելի է որակական տեսակետից տարածել մերձարևադարձային կլիմայական գոտու մյուս վայրերի վրա:

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

<sup>1</sup> Г. Д. Зубьян, ДАН Армянской ССР, т. XXXIX, № 2 (1964). <sup>2</sup> Г. Д. Зубьян, ДАН Армянской ССР, т. XL, № 3 (1965). <sup>3</sup> Г. Д. Зубьян, ДАН Армянской ССР, т. XLII, № 3 (1966). <sup>4</sup> Х. П. Погосян, Известия АН Армянской ССР\*, серия геологических и географических наук, т. XI, № 2 (1958).