Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXIV, № 6, 52—59, 1981

УДК: 551.510.42:551.508.9

А. Г. ГАБРИЕЛЯН, Л. Н. ЮРГАНОВ

ИЗМЕРЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОКИСИ УГЛЕРОДА ИНТЕГРАЛЬНОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ МЕТОДИКОЙ В г. ЕРЕВАНЕ

Представлены результаты синхронных измерений угарного газа во всей толще атмосферы над городом с трех пунктов, расположенных на разных высотах над уровнем моря. Выявлен характерный дневной ход содержания CO с максимумом в утренние часы и показана решающая роль температурной стратификации в процессах рассеяния примеси.

Интенсивное развитие городов делает весьма актуальными исследования загрязненности воздуха в них. Можно выделить два направления этих работ—изучение загрязнения на уровне дыхания и общего загрязнения воздушного бассейна над городом. В первом случае вполне эффективны измерения локальной концентрации примесей методом забора проб [1, 2], широко используемые в сети гидрометслужбы. Во втором случае цели исследования в большей степени соответствуют методы, с помощью которых получают концентрацию газа, усредненную по значительному пространству.

В работах [12, 13] описана спектроскопическая методика измерения полного содержания угарного газа (CO) во всей толще атмосферы с использованием Солнца в качестве источника излучения, а в [4, 5, 8, 10] представлены результаты измерений CO над разными городами, в том числе и над г. Ереваном в 1977 г. [5].

Для Еревана характерны развитая промышленность, большая концентрация автотранспорта, пересеченный рельеф местности и высокая повторяемость слабых ветров (приземный ветер менее 1 *м/сек* в 65% случаев [1]). Всё это способствует накоплению примесей над городом, а большое количество ясных дней с высокой интенсивностью солнечной радиации может привести к фотохимическим реакциям с возникновением смога. Процессы рассеяния примесей в условиях пересеченного рельефа изучались в теоретическом плане [3, 7], а также применительно к Тбилиси и Еревану на основе данных локальных измерений [6, 11].

В настоящей работе обсуждаются экспериментальные результаты по синхронным измерениям интегрального содержания угарного газа во всей толще атмосферы в трех пунктах (расположенных на разной высоте) над г. Ереваном (рис. 1).

Методика и расположение пунктов измерений

Измерения проводились в солнечные дни в октябре-ноябре 1979 года в следующих пунктах (рис. 1):

пункт № 1—территория компрессорного завода в южной части города, высота 950 *м. н. у. м;*

пункт № 2—крыша Института геологических наук АН Арм. ССР, расположенного по ул. Барекамутян, высота 1050 *м. н. у. м;*

пункт № 3 — территория Института водных проблем и гидротехники в районе Старого Норка, высота 1150 *м. н. у. м.*

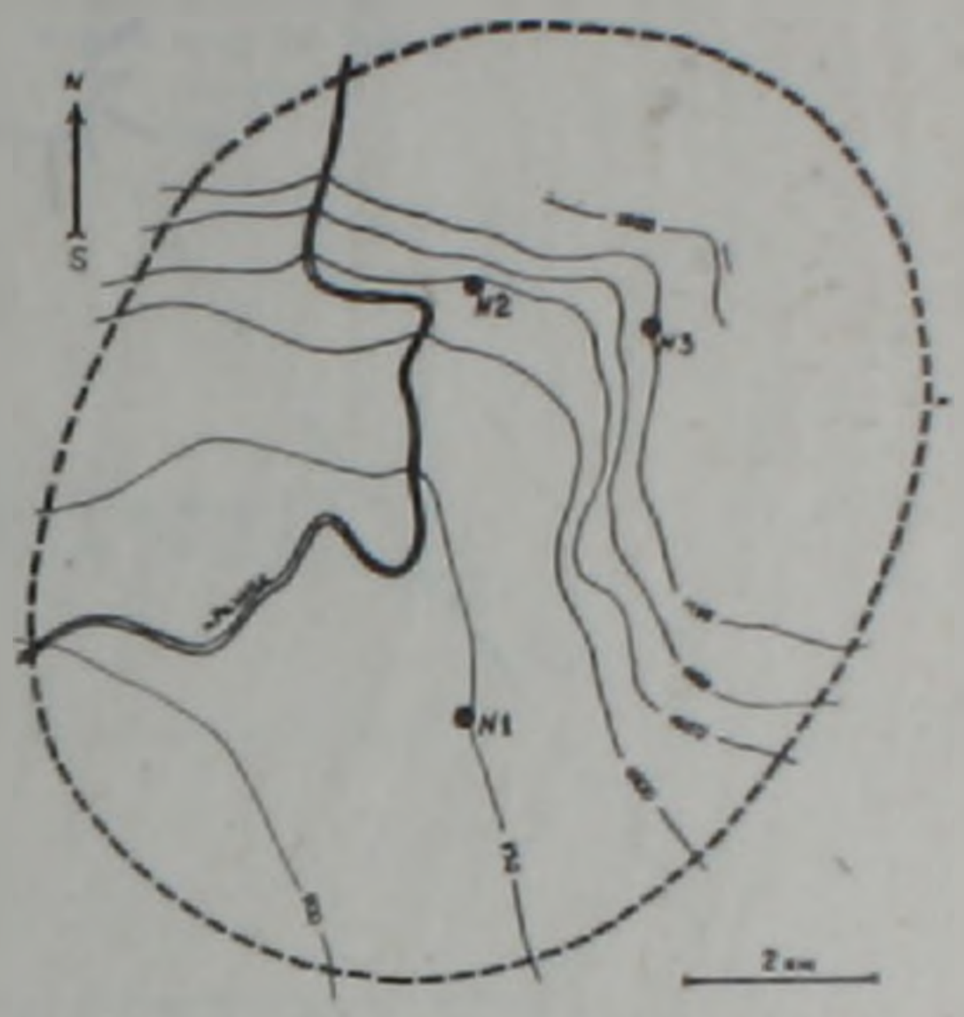

Рис. 1. Схема расположения пунктов измерений в г. Ереване. Пунктиром отмечена условная граница наиболее заселенной части города.

Приборы, установленные во всех трех пунктах, были идентичны, обработка спектров производилась по единой методике.

Упрощенная блок-схема установки представлена на рис. 2. С помощью следящего зеркала 1 и осветителя 2 изображение солнечного диска фокусируется на входной щели 4 монохроматора 3 с дифракционной решеткой 5. За выходной щелью 6 монохроматора расположен интерференционный фильтр 7 и приемник излучения 8, с которого сигнал, пройдя блоки усиления 9, регистрируется на самописце 10. Сканирование спектра производится путем поворота дифракционной решетки. Единичное измерение участка спектра 2160—2156 $см^{-1}$ занимает около трех минут. Общее содержание CO в атмосферо-сантиметрах[1] во всей толще атмосферы

$$U_z = \frac{P_0}{\rho} \int_0^\infty q(h)\, dh$$

($q(h)$ концентрация примеси в $г/см^3$, ρ—плотность измеряемого газа при нормальных условиях, h—высота, $P_0 = 1$ *атм.*—нормальное давление) определялось по поглощению солнечного излучения на пути луча, прошедшего всю толщу этмосферы в ИК области спектра вращательной линией $R(3)$ ($\nu = 2158.30$ $см^{-1}$) основной колебательно-вращательной полосы CO по формуле [12]:

$$U_z = \frac{W^2}{A_2 \sec z}.$$

---

[1] Толщина слоя чистого газа при $T = 273°$, K и $P_0 = 1$ *атм.*

Здесь W—эквивалентная ширина линии поглощения R (3), вычисляемая по площади треугольника, вписанного в контур линии на спектрограмме; z—зенитный угол Солнца, A_2—коэффициент, величина которого для данного газа в зависимости от температуры, влажности и давления воздуха в приземном слое и падающего с высотой модельного городского профиля CO приведена в [13]. Среднеквадратичная погрешность единичного измерения, оцененная по разбросам данных, составляла ± 8%.Подробно методика обработки спектрограмм описана в [9].

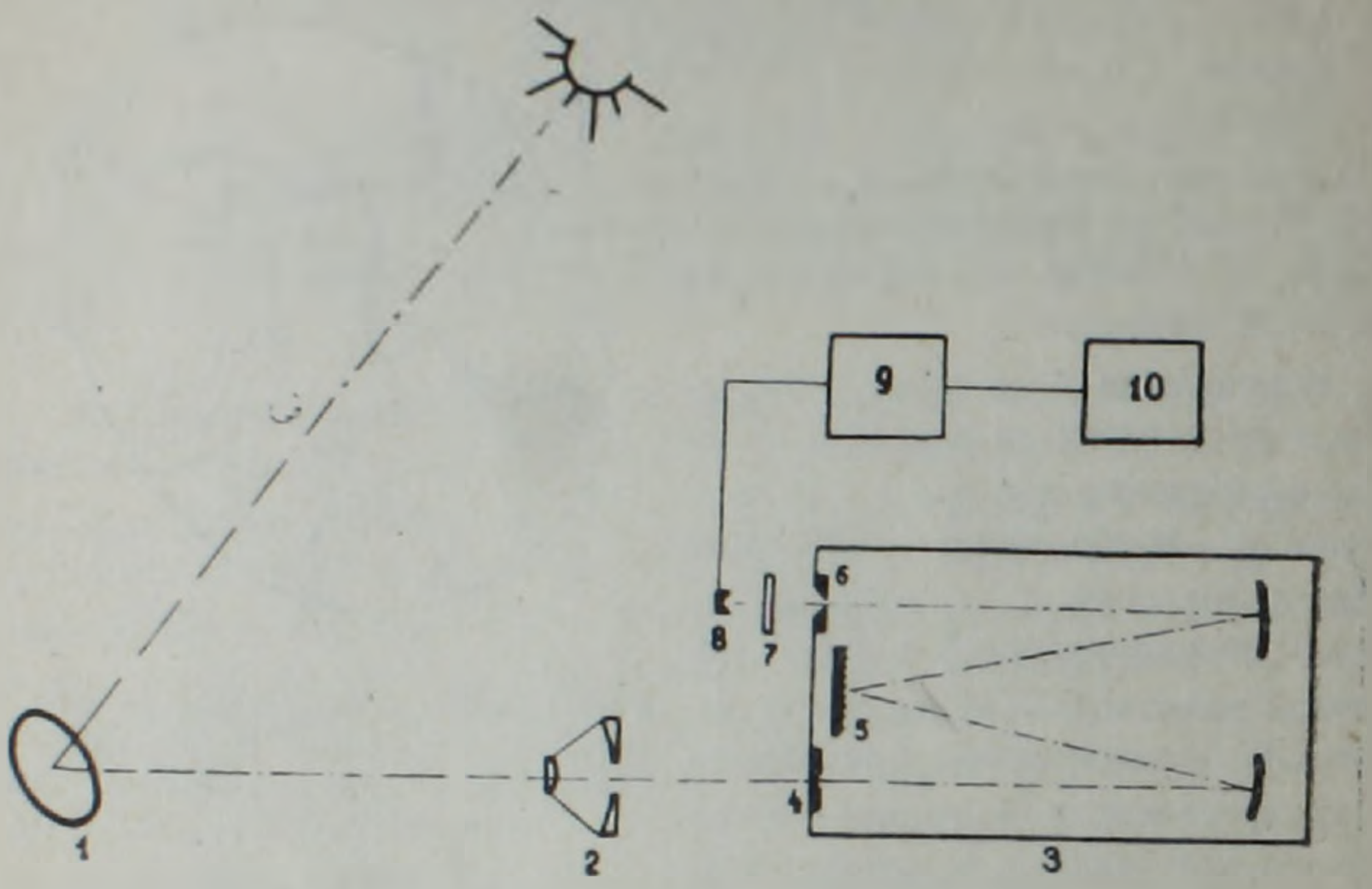

Рис. 2. Упрощенная блок-схема установки.

Результаты измерений

Прежде чем перейти к рассмотрению результатов измерений, необходимо установить значение содержания CO в незагрязненном воздухе («фон»). Неоднократно отмечалось [9], что фоновое значение U_z не меняется в течение дня, хотя и испытывает сезонные вариации. В данной работе в качестве фона использовано значение $U_z^{фон}$, полученное на Севане в сентябре 1977 года [5], исправленное в соответствии с уточненной методикой [12] и приведенное к уровню г. Еревана P=900 *мб*! $U_z^{фон}$=0,058 *атм. см.* Интересно отметить, что это значение почти совпало с минимальным U_z, зарегистрированным в измерениях 1979 года в г. Ереване в пункте № 3 (U_z=0,062 *атм. см*).

На рис. 3 представлены усредненные по всем дням за период измерений дневные ходы содержания CO для каждого пункта. Каждой точке на графике соответствует U_z, усредненное по двадцатиминутным ин-

тервалам. Пунктирная линия—усредненный по всем дням измерений и по всем пунктам дневной ход содержания CO, характеризующий сезон измерений в целом. Штриховой линией показано значение фона.

Как видно из рис. 3, для всех пунктов наблюдается качественно различная картина изменения U_z во времени в первой и второй половине дня.

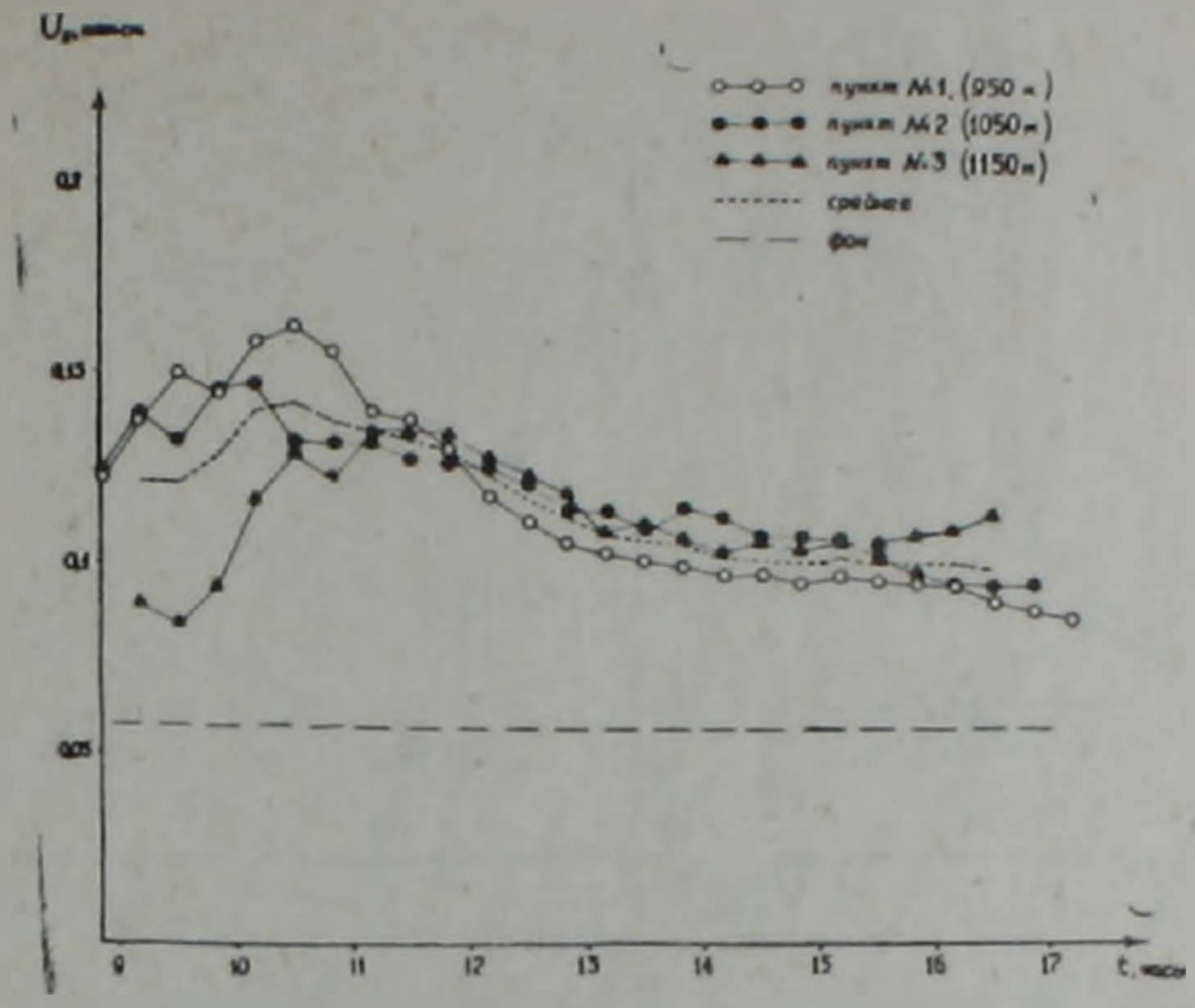

Рис. 3. Усредненные по всем дням измерений дневные ходы содержания окиси углерода

Максимальные значения U_z над отдельными пунктами различаются. Положения максимумов во времени также неодинаковы.

Во второй половине дня различия в содержании CO между пунктами сглаживаются.

Ветер в течение всех дней измерений был южного направления (в секторе 170—220°). На рис. 4 представлены усредненные по всем дням профили скорости ветра (а) и температуры (б) для двух сроков—8 *час.* 30 *мин.* и 14 *ч.* 30 *мин.* Видно, что средний профиль ветра в слое от уровня расположения аэрологической станции—1140 *м* до высоты 2000 *м* в течение дня мало меняется. В то же время в течение дня сильно меняется профиль температуры от изотермии утром до сильного падения с высотой ($\sim$1.1 *град*/100 *м*) после полудня. Таким образом, основное отличие между двумя сроками—смена устойчивой стратификации в первой половине дня на неустойчивую во второй половине, вследствие прогрева подстилающей поверхности.

Обсуждение и выводы

На рис. 5 и табл. 1 представлены усредненные значения величины U_z по всем дням измерений на каждом пункте в двух интервалах време-

ни: с 8.50 до 12.40 (крестики) и с 12.40 до 17.10 (кружки), а также значения U_z, усредненные за весь дневной интервал времени измерений—с 8.50 до 17.10 для каждого пункта (треугольники). Видно, что значения U_z, усредненные за весь день для каждого пункта, мало отличаются друг от друга (треугольники). В то же время значения U_z для разных пунктов в каждом из двух интервалов усреднения сильно различаются (крестики и кружки).

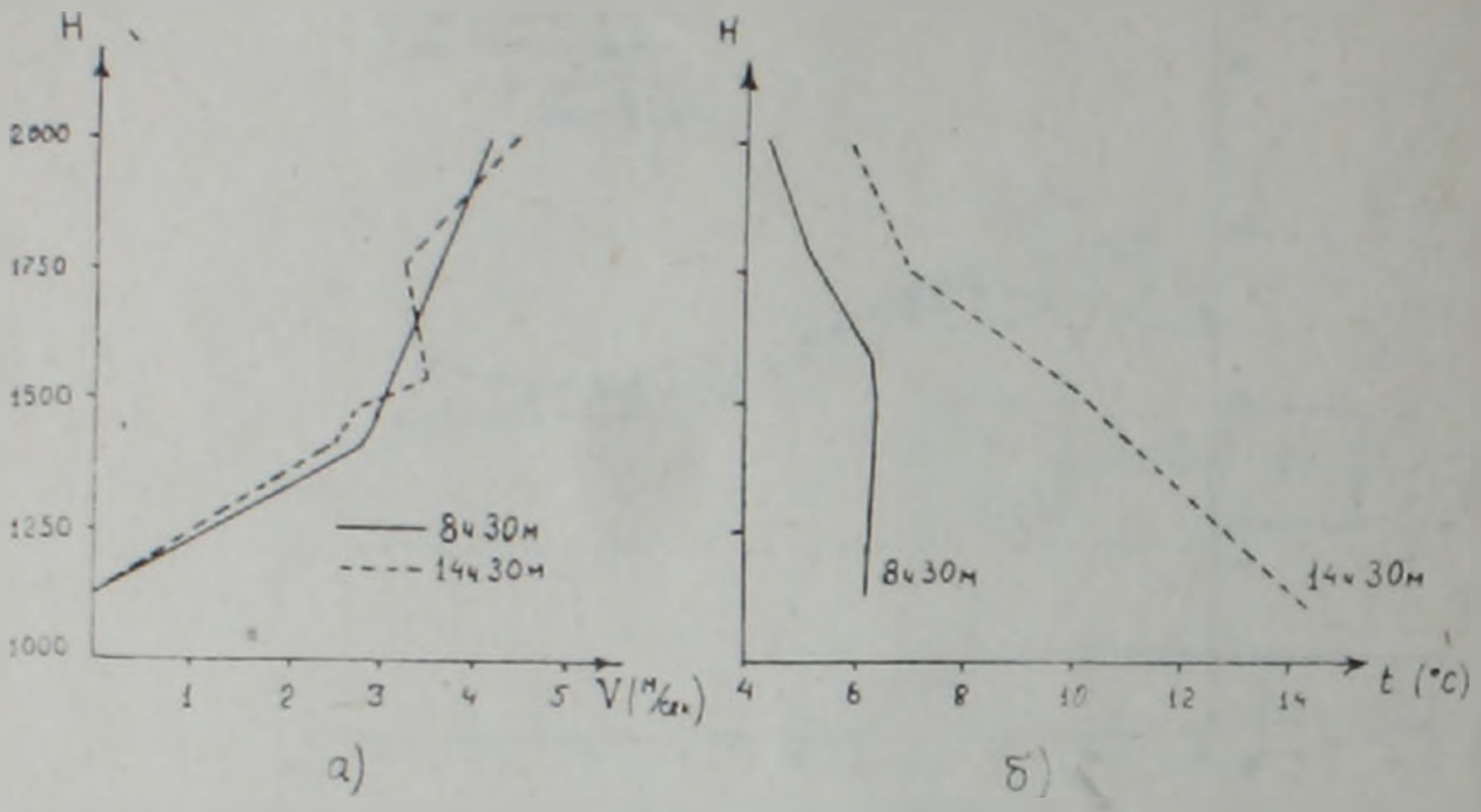

Рис. 4. Усредненные по всем дням измерений профили скорости ветра (а) и температуры (б) для двух сроков.

Существенно, что в первой половине дня наиболее высокие содержания CO наблюдаются над самым низкорасположенным пунктом № 1, а наиболее низкие—над пуктом № 3. Ко второй половине дня картина меняется и содержание U_z над высокорасположенным пунктом № 3 становится даже больше, чем над двумя более низкорасположенными—№№ 1 и 2.

Тот факт, что средние за день содержания CO над всеми пунктами одинаковы при заметных различиях в U_z в течение дня наводит на мысль, что эти эффекты объясняются процессами перемещения загрязненных масс воздуха над территорией Еревана.

В первой половине дня при устойчивой стратификации антропогенный угарный газ прижат к земле и накапливается в наиболее низком промышленном районе города (пункт № 1). Далее, по мере прогрева подстилающей поверхности устойчивость по вертикали нарушается и примесь, поднимаясь в высокие слои воздуха, вовлекается в более сильные потоки (рис. 4), способствующие рассеянию. При этом, набегающий южный и юго-западный поток воздуха во второй половине дня сносит «шапку» антропогенного угарного газа в северном и северо-восточном направлениях, вследствие чего содержание U_z над районом Норка (пункт

№ 3) становится больше, чем над пунктом № 1, расположенным на 200 м ниже. Район улицы Барекамутян (пункт № 2, высота 1050 *м н. у. м.*) в силу своего расположения, как и следовало ожидать, занимает промежуточное положение по содержанию CO и может быть использован для характеристики загрязнения города в целом.

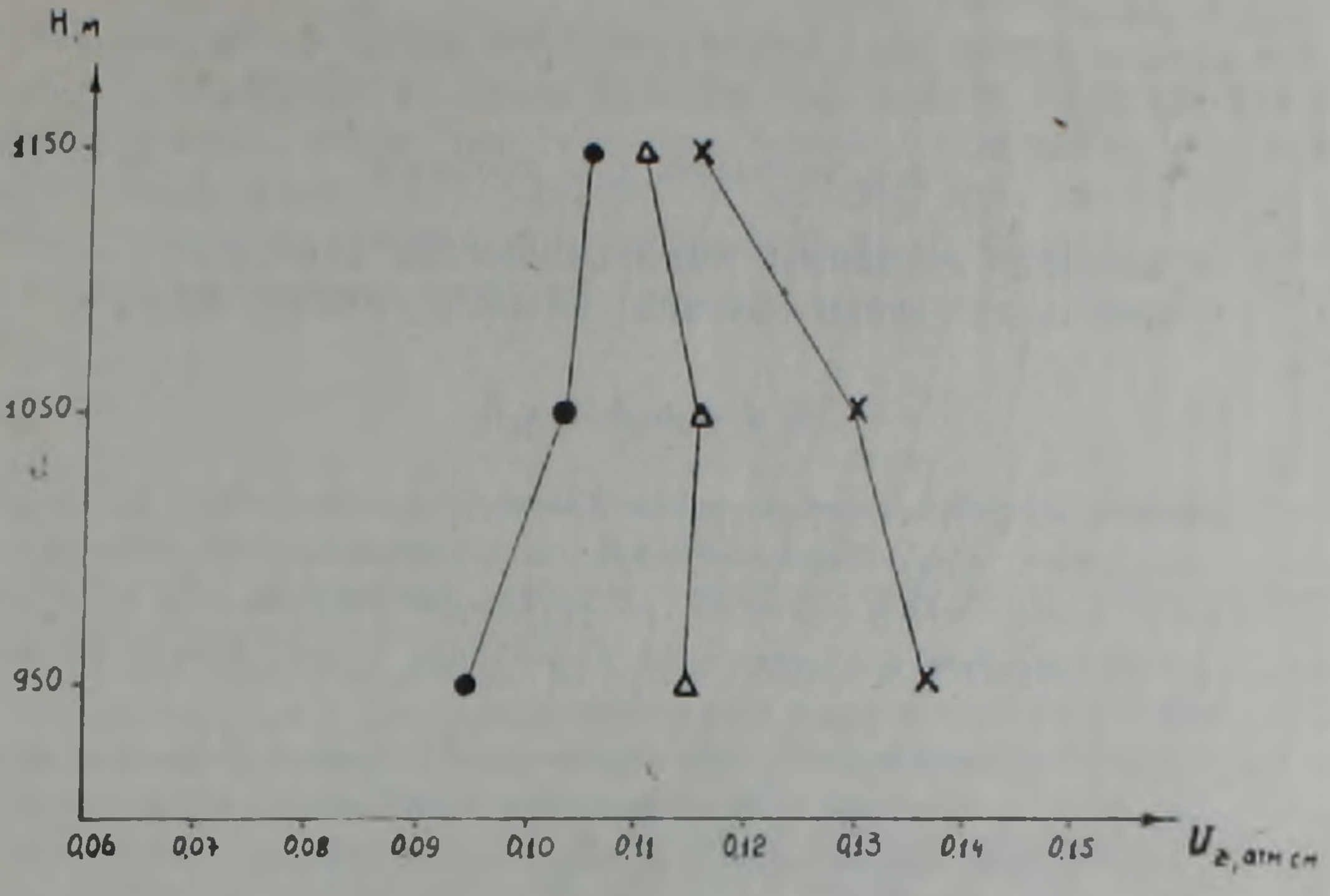

Рис. 5. Средние значения U_z по всем дням измерений в зависимости от высоты H положения пунктов. Усреднения произведены по интервалам времени:
крестики—с 8 *ч* 50 *мин* до 12 *ч* 40 *мин*.
кружки—с 12 *ч* 40 *мин* до 17 *ч* 10 *мин*.
треугольники—с 8 *ч* 50 *мин* до 17 *ч* 10 *мин*.

Таблица 1

Усредненные значения величины U_z в атмосферо-сантиметрах

Интервал времени усреднения	U_z			
	пункт № 1	пункт № 2	пункт № 3	среднее
8^{50}—12^{40}	0,137	0,131	0,116	0,129
12^{40}—17^{10}	0,095	0,104	0,106	0,101
8^{50}—17^{10}	0,115	0,117	0,111	0,115

Из вышеизложенного следует, что описанная методика перспективна для изучения загрязненности г. Еревана окисью углерода.

При этом желательно увеличение количества пунктов измерений при надлежащем выборе места их расположения.

При соответствующей модификации метода возможно также изуче-

ние вертикального распределения угарного газа и других газообразных примесей в атмосфере.

Авторы выражают благодарность В. И. Дианову-Клокову за внимание и содействие в работе и Е. В. Дворяшиной за помощь в обработке результатов.

Институт физики
атмосферы
АН СССР

Поступила 4.IX.1981

Ա. Հ. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ, Լ. Ն. ՅՈՒՐԳԱՆՈՎ

ԱԾԽԱԾՆԻ ԹԵՐՕՔՍԻԴԻ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՉԱՓՈՒՄՆԵՐԸ ԵՐԵՎԱՆ ՔԱՂԱՔՈՒՄ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՍՊԵԿՏՐԱԼ ՄԵԹՈԴԻԿԱՅՈՎ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Լեռնային տեղանքում տեղադրված Երևան քաղաքի համար, որին բնորոշ է զարգացած արդյունաբերություն, ավտոտրանսպորտի մեծ կուտակումները և որտեղ հաճախ դիտվում են գիշերային ինվերսիա ու քամիների թույլ արտահայտություն, անտրոպոգեն թափոնների խառնուրդների կուտակման համար կան նպաստավոր պայմաններ։

Հոդվածում քննարկվում են Երևան քաղաքի մթնոլորտի ամբողջ շերտում շմոլ գազի (CO) ընդհանուր պարունակության սպեկտրոսկոպիկ մեթոդիկայով փորձադիտական ուսումնասիրությունների արդյունքները, որոնք կատարվել են 950, 1050 և 1150 մ բարձրությունների վրա։ Ստացվել են հետևյալ արդյունքները.

1) շմոլ գազի միջին օրական պարունակությունը նշված կետերում մոտավորապես նույնն է (0,111—0,117 մթն. սմ)։

2) առկա է շմոլ գազի պարունակության բնորոշ օրական ընթացք՝ օրվա առաջին կեսում առավելագույն քանակով։

3) տարբեր կետերում գազի պարունակության տարբերությունները օրվա ընթացքում պայմանավորված են քաղաքում օդի աղտոտված զանգվածների տեղափոխմամբ։ Այդ պրոցեսը նշանակալիորեն կախված է մթնոլորտի ուղղաձիգ կայունությունից (ջերմաստիճանային շերտավորումից) ու քամու ռեժիմից։

Դիտարկումների արդյունքները ցույց են տալիս գազային խառնուրդների ցրման ուսումնասիրությունների ասպարեզում նշված մեթոդի մեծ հեռանկարայնությունը։ Այդ նպատակով անհրաժեշտ է ավելացնել դիտարկման կետերի քանակը և կատարել նրանց տեղադիրքի համապատասխան ընտրությունը։

A. H. GABRIELIAN, L. N. YURGANOV

CARBON MONOXIDE CONTENT MEASUREMENTS BY INTEGRAL SPECTRAL METHODS IN YEREVAN

Abstract

The results of carbon monoxide content simultaneous measurements of whole atmosphere thickness over the city at three points situated at different heights above sea level are brought. The carbon monoxide content characteristic daily variation is revealed with its maximum at mornings and the decisive role of temperature stratification in mixture dissemination processes is shown.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Безуглая Э. Ю.* Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения городов. Гидрометеоиздат, Л., 1980.
2. *Берлянд М. Е.* Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Гидрометеоиздат, Л., 1975.
3. *Берлянд М. Е., Генихович Е. Л., Грачев И. Г., Оникул Р. И.* Особенности распространения примесей в пересеченной местности. Труды ГГО, вып. 417, 1979.
4. *Богданов С., Виденов П., Дианов-Клоков В. И.* Содержание CO в толще атмосферы над Софией. Хидрология и метеорология, № 6, 1977.
5. *Габриелян А. Г., Дианов-Клоков В. И., Фокеева Е. В.* Спектроскопическое определение содержания окиси углерода над Ереваном. Известия АН СССР, ФАО, 15, № 8, 1979.
6. *Ганашели Ш. Г., Гуния Г. С., Цицкишвили М. С., Ххватава Р. В.* Загрязнение воздуха и предсказание роста уровня некоторых примесей в г. Тбилиси. Труды ЗАКНИГМИ, вып. 66 (72), 1980.
7. *Грачев И. Г.* К разработке методики расчета рассеивания примесей в условиях сложного рельефа. Труды ГГО, вып. 417, 1979.
8. *Дианов-Клоков В. И., Фокеева Е. В., Юрганов Л. Н.* Исследование содержания окиси углерода во всей толще атмосферы. Известия АН СССР, ФАО, 14, № 1, 1978.
9. *Дианов-Клоков В. И., Юрганов Л. Н.* Спектроскопические измерения фонового содержания CO в атмосфере и предварительная модель пространственно-временного распределения. Институт физики атмосферы, АН СССР, М., 1979, препринт.
10. *Лукшин В. В., Фокеева Е. В., Юрганов Л. Н.,* Определение содержания окиси углерода во всей толще атмосферы над городом. Известия АН СССР, ФАО, 12, № 5, 1976.
11. *Оганесян Р. П.* Некоторые результаты анализа связей синоптических процессов с загрязнением воздуха в г. Ереване. Труды ЗАКНИГМИ, вып. 66 (72), 1980.
12. *Пугачев Н. С., Тарабухин В. М., Юрганов Л. Н.* О методике измерения содержания окиси углерода во всей толще атмосферы. Известия АН СССР, ФАО, 14, № 12, 1978.
13. *Фокеева Е. В.* Особенности методики определения интегрального содержания окиси углерода над городом. Известия АН СССР, ФАО, 17, № 8, 1981.