

В.И. Астахов, А.С. Бурмистров, Б.В. Галактионов,
О.А. Голубев, А.А. Карпухин, В.В. Рыжов, В.У. Хаттатов

ЛАЗЕРНЫЙ КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАНА И ОКСИ УГЛЕРОДА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

Проведены синхронные измерения фонового содержания метана и окиси углерода в приземном слое атмосферы в различных климатических условиях. Измерения выполнены с помощью дистанционных лазерных газоанализаторов. Обсуждаются выявленные различия в характере суточных вариаций содержания метана и окиси углерода в атмосфере.

Интерес исследователей к определению фонового содержания окиси углерода (СО) и метана (СН₄) в атмосфере в настоящее время объясняется рядом причин. Во-первых, ростом индустриальных выбросов вышеназванных газов, что при сравнительно больших временах жизни СО и СН₄ в атмосфере (СО—0,9±0,4 года, СН₄—3±4 года) может привести к изменению фонового содержания этих газов в глобальной атмосфере. Во-вторых, их активной ролью в атмосферной фотохимии, приводящей к уменьшению концентрации тропосферного гидроксила (ОН), росту концентрации тропосферного озона и изменению содержания ряда других атмосферных газов. И в-третьих, подобием их глобальных распределений в атмосфере, отражающим подобие и связь их источников и стоков [1].

В настоящее время определены основные источники и стоки окиси углерода и метана в атмосфере, однако значительные расхождения оценок составляющих баланса СО и СН₄ в глобальной атмосфере у различных авторов [1, 2, 3, 4] требуют дальнейшего уточнения на основе накопления и систематизации данных измерений.

В июне—июле 1985 и 1985 годов нами были проведены синхронные измерения содержания окиси углерода и метана в приземном слое атмосферы в районе Северного Кавказа на высокогорной базе Института физики атмосферы АН СССР (плато Шаджатмаз, 2160 м над уровнем моря) и на станции фонового мониторинга Приокско-Террасного биосферного заповедника. Целью этой работы являлось получение данных об уровне содержания СО и СН₄ в фоновой атмосфере в период минимума их сезонного хода, а также изучение суточной динамики окиси углерода и метана в различных природных условиях.

В качестве средств измерений использовались трассовые анализаторы «ТИК-1» и «Луч-3», разработанные в Центральной аэрологической обсерватории Госкомгидромета и в Московском инженерно-физическом институте [5, 6]. Использование близких по своим параметрам приборов и единой методики измерений (определение ослабления лазерного излучения в полосе поглощения молекулы СО в области 4,7 мкм и СН₄ — 3,39 мкм), позволило получить сопоставимые данные об усредненных по трассе 200—500 м величинах концентраций окиси углерода и метана на высоте 1 м от поверхности земли. На рис. 1 и 2 представлены результаты измерений.

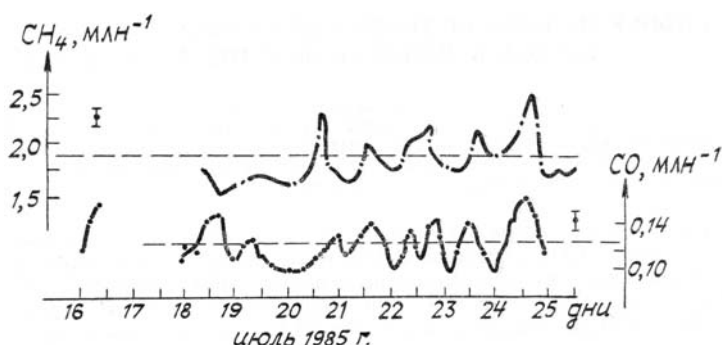


Рис. 1. Содержание метана и окиси углерода в атмосфере (Северный Кавказ, июль, 1985 г.)

Необходимо отметить, что анализ метеоусловий в период измерений на Северном Кавказе (рис. 1) не показал заметного повышения концентрации окиси углерода и метана, в пределах 5%-ной погрешности измерений СО и 10% погрешности измерений СН₄, при направлении ветра со стороны возможного источника антропогенных загрязнений — г. Кисловодска, расположенного в 17 км от пункта измерений. В целом метеоситуация в данное время характеризовалась устойчивым южным и юго-западным ветром со стороны отрогов Главного Кавказского хребта. На рис. 3 представлен фрагмент суточной изменчивости концентрации окиси углерода и метана в атмосфере на высокогорной базе ИФА АН СССР. Время осреднения данных на рис. 3 — 20 мин.

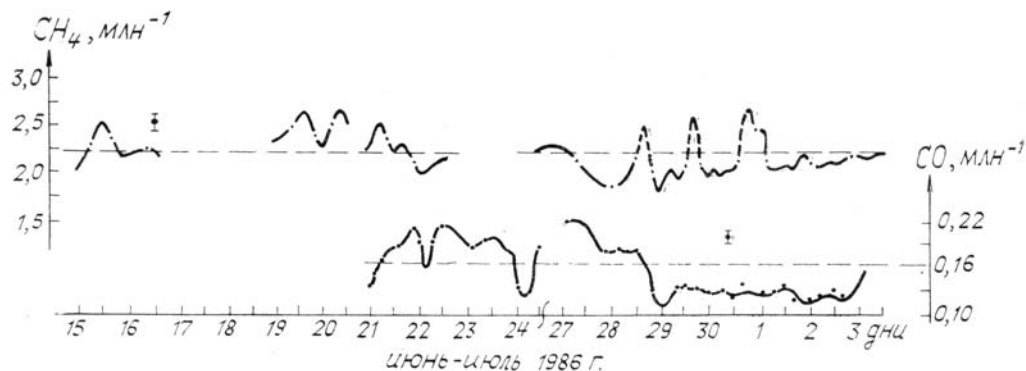
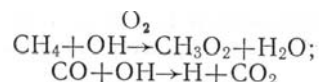


Рис. 2. Содержание метана и окиси углерода в атмосфере (Приокско-Тerrasный биосферный заповедник, июнь — июль 1986 г.)

Уменьшение концентрации окиси углерода до $0,09 \pm 0,1$ млн⁻¹ и метана до $1,5 \pm 1,6$ млн⁻¹ в дневные часы и последующее ее нарастание в ночные часы, отчетливо проявившиеся во все дни измерений, по-видимому, связаны с эффектами, обусловленными спецификой места проведения измерений, расположенного на высоте свыше 2 тыс. м, на уровне альпийских лугов. Одной из возможных причин наблюдаемой суточной изменчивости CO и CH₄, объясняющей превышение ночных концентраций окиси углерода и метана над дневными в атмосфере высокогорья, может являться суточный ход гидроксила (ОН), содержание которого в атмосфере в ночные часы падает до 0. Можно оценить скорость изменения концентраций CO и CH₄ в воздухе в течение суток, воспользовавшись моделью суточного распределения ОН, предполагающей постоянную в течение дня концентрацию гидроксила — 10^7 мол/см³ и падение ее до 0 после захода Солнца [7]. Тогда возможное уменьшение уровня содержания окиси углерода и метана с началом восхода Солнца могло проходить за счет химических реакций



с константами реакций [7]:

$$\begin{aligned} K_1 &= 5,5 \cdot 10^{-12} \exp(-1900/T); \\ K_2 &= 2,1 \cdot 10^{-13} \exp(-115/T). \end{aligned}$$

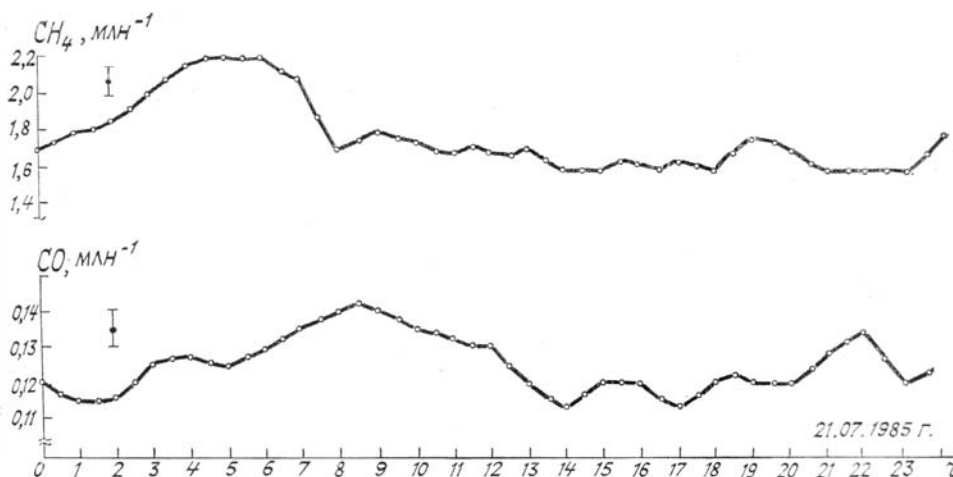


Рис. 3. Суточный ход содержания метана и окиси углерода в атмосфере (Северный Кавказ)

Для среднего наблюдаемого уровня содержания окиси углерода $0,13$ млн⁻¹ и метана $1,8$ млн⁻¹ в атмосфере высокогорья Северного Кавказа возможная скорость изменения их содержания за счет реакций с гидроксилом могла бы быть $(4 \div 5) \cdot 10^5$ мол/см³ с, в то время как наблюдаемые скорости изменения содержания CO и CH₄, в течение суток от начала восхода Солнца составили соответственно $3 \cdot 10^7$ мол/см³ с и $5 \cdot 10^8$ мол/см³ с. Возможно, что подобный суточный ход концентрации CO и CH₄ был обусловлен несколькими независимыми процессами, например, конвекцией примесей из приземного слоя воздуха в дневные часы, обусловленной различием температур воздуха и подстилающей

поверхности, достигающим в полуденные часы значения 20–24°C. На рис. 4 представлен суточный ход разности температур подстилающей поверхности и приземного воздуха на пункте измерений.

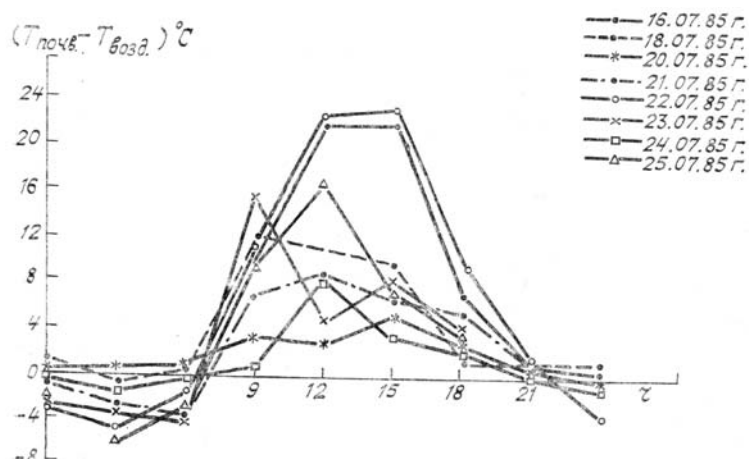
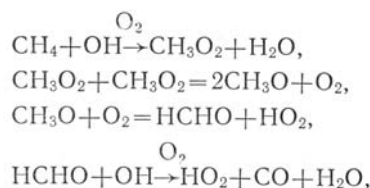


Рис. 4. Суточный ход разности температур подстилающей поверхности и приземного воздуха (Северный Кавказ)

Следует отметить, что наблюдаемая корреляция в содержании окиси углерода и метана в атмосфере была достаточно хорошая, в то же время заметно запаздывание в изменчивости СО относительно вариаций CH_4 на 2–4 часа. По-видимому, это отражает тот факт, что метан является одним из естественных источников окиси углерода [7]:



а синхронные измерения содержания окиси углерода и метана, проведенные в условиях высокогорья, где процессы атмосферной химии выражены наиболее ярко вследствие возрастания содержания гидроксила (ОН) до 10^7 мол/см³ с, наиболее наглядно об этом свидетельствуют.

При суточном ходе концентраций СО и CH_4 в атмосфере в районе Северного Кавказа, составившем 23±28% относительно среднего уровня содержания этих примесей, колебания среднесуточных значений составили соответственно 8 и 12%. Измеренные минимальные значения концентраций этих примесей в воздухе $0,09$ млн⁻¹ для СО и $1,5$ млн⁻¹ для CH_4 являются наименьшими из измеренных ранее содержаний этих примесей в приземной атмосфере континентальных районов Северного полушария [1].

Измерения, проведенные в этот же сезон в 1986 г. на станции фоновом мониторинга Приокско-Террасного биосферного заповедника, показали большую временную изменчивость содержания окиси углерода и метана в атмосфере по сравнению с предыдущими измерениями на Северном Кавказе (рис. 2). Средний уровень содержания СО и CH_4 в лесной зоне заповедника составил $0,16$ млн⁻¹ для СО и $2,2$ млн⁻¹ для CH_4 , при относительной дисперсии значений среднесуточных концентраций этих примесей 56% для окиси углерода и 14% для метана.

Отсутствие характерной суточной изменчивости концентрации окиси углерода в атмосфере заповедника, по-видимому, связано с наложением антропогенного СО со стороны автомагистрали Москва—Симферополь и г. Серпухов на уровень регионального фона этой примеси в заповеднике. Максимальные концентрации окиси углерода $0,22$ млн⁻¹ наблюдались 27 июня при ветре З, Ю—З направления со стороны г. Серпухова, минимальные — $0,12$ млн⁻¹ при слабом северном ветре со стороны лесных массивов заповедника.

Превышения концентрации метана уровня среднего глобального содержания в атмосфере Северного полушария [4], по-видимому, объясняется наличием мощного естественного источника CH_4 , каковым является вегетация растительности в заповеднике. С этим, очевидно, связаны утренние максимумы содержания метана в приземной атмосфере заповедника, достигающие $2,5$ млн⁻¹ и отчетливо наблюдаемые в отдельные дни при отсутствии ветра (рис. 2).

Следует отметить, что лучшая воспроизводимость суточного хода концентрации окиси углерода и метана в атмосфере на высокогорной базе ИФА АН СССР, на плато Шаджатмаз и более низкие значения уровней содержания этих примесей, свидетельствуют о меньшей загрязненности атмосферы в этом районе, что обеспечивает хорошую возможность более детального изучения вариаций естествен-

ного фона этих газов в атмосфере. Полученные средние значения концентраций CO и CH₄ за весь период наблюдений согласуются с данными об уровне глобального фоновое содержания этих примесей в атмосфере Северного полушария.

1. Crutzen P.J., Fishman J. //Geophys. Res. Lett. 1977. V. 4. P. 321.
2. Дианов-Клоков В.М., Юрганов Л.Н. Спектроскопические измерения фоновое содержания CO в атмосфере и предварительная модель пространственно-временного распределения. М., 1979. (Препринт /ИФА АН СССР).
3. Seiler W. //Tellus. 1974. V. 26. P. 116.
4. Sheppard J.C., Westberg H., Zimmerman P. //J. Geophys. Res. 1982. V. 87. № C2. P. 1305.
5. Астахов В.И., Галактионов В.В., Карпухин А.А., Хаттатов В.У. Мониторинг фоновое загрязнения природных сред. Л.: Гидрометеиздат. 1984. Вып. 2. С. 90–96.
6. Бирюлин В.П., Голубев О.А., Миронов В.Д. и др. //Геология нефти и газа. 1979. №4. С. 27.
7. Weinstock B., Hiromi Ni Ki, Tai Geep Chang. //Adv. in Environ Sci. and Techn. 1980. V. 10. P. 221.

Центральная аэрологическая обсерватория,
г. Долгопрудный
Московский инженерно-физический институт

Поступила в редакцию
30 июня 1988 г.

V.I. Astakhov, A.S. Burmistrov, V.V. Galaktionov, A.A. Golubev,
A.A. Karpukhin, V.V. Ryzhov, V.U. Khattatov. **Laser Monitoring of the Methane and Carbon Monoxide Concentrations in the Surface Atmospheric Layer.**

Remote measurements on the background concentrations of CH₄ and CO in the surface atmospheric layer were carried out simultaneously by means of laser gas analyzers under different climatic conditions. Diurnal variations of the CH₄ and CO content in the atmosphere are discussed.