

СТАТИСТИЧЕСКАЯ  
РАДИОФИЗИКА

УДК 535.243.3

МЕТОД МОНИТОРИНГА ФОНОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА  
НА БОЛЬШИХ ПЛОЩАДЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

© 2024 г. В. И. Григорьевский\*, Я. А. Тезадов, А. А. Павельев

*Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,  
пл. Введенского, 1, Фрязино Московской обл., 141190 Российская Федерация*

*\*E-mail: vig248@rambler.ru*

Поступила в редакцию 20.02.2023 г.

После доработки 20.02.2023 г.

Принята к публикации 21.02.2023 г.

Приведены результаты измерений фоновой концентрации метана в атмосфере с использованием Солнца как источника излучения. Обнаружено, что наряду со случайными погрешностями необходимо учитывать систематическую погрешность, обусловленную влиянием посторонних факторов на измерения величины концентрации фона метана при зондировании под малыми углами к горизонту, когда длина трассы заметно увеличивается. Предполагается, что возможным влиянием на величину систематической погрешности является рассеяние света на аэрозолях и других примесных частицах, присутствующих в атмосфере. Предлагаемая методика мониторинга фона метана позволяет вести измерения на протяжении длительных периодов времени на больших площадях с относительной точностью в единицы процентов.

*Ключевые слова:* мониторинг метана, атмосфера, Солнце, рассеяние света, аэрозоль, зондирование, малые углы

**DOI:** 10.31857/S0033849424010059, **EDN:** LADMQY

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время мониторинг парниковых газов в атмосфере Земли в различных районах стал особенно актуален в связи с потеплением климата и прогнозом его на ближайшие годы. Дистанционный мониторинг осуществляется различными методами с помощью наземных, спутниковых, самолетных измерений [1–5]. Пассивные дистанционные методы основываются на использовании солнечного света в качестве источника излучения или на использовании температурного контраста между слоями атмосферы Земли. Активные методы используют в качестве источников излучения параметрические генераторы света или узкополосные DFB лазеры, длины волн которых совпадают с линиями поглощения газов. В этом случае для повышения мощности оптического излучения используются, как правило, оптические усилители. Что касается спутниковых измерений, то подготовка к ним и проведение достаточно трудоемки, дороги и по времени занимают годы. Например,

миссия MERLIN (<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/merlin>) с 2014 г. и по настоящее время неоднократно откладывается, а ее бюджет составляет сотни миллионов долларов. Хотелось бы отметить еще один аспект в области измерений фона парниковых газов разнообразными методами и средствами, а именно: не все источники систематических погрешностей выявлены к настоящему времени. Например, миссия IASI [1], использующая метод температурного контраста, с большой долей вероятности дает систематическую погрешность при малом перепаде температур между Землей, верхними и нижними слоями атмосферы в ночное время в зимний период (см., например, [1] и [6, 7]). В работе [7] представлены данные по концентрации фона метана, полученные в районе Тикси в течение восьми лет. Хорошо видно расхождение результатов измерений, сделанных со спутника AQUA, и локальных измерений с заборами проб воздуха и последующим определением концентрации метана в оптическом

спектрометре (см. <https://giovanni.gsfc.nasa.gov> и <https://gaw.kishou.go.jp>). Там же показано, что при локальных измерениях концентрация фона метана значительно выше в зимнее время года, чем в летнее. Такое повышение фоновой концентрации связано, возможно, с меньшим количеством радикалов ОН в воздухе в условиях понижения температуры окружающей среды, снижения ее освещенности и, за счет этого, уменьшения естественных стоков метана [8]. При измерениях же со спутника такого повышения фона при пониженных температурах не наблюдается из-за того, что спутник “не видит” саму поверхность Земли, а измеряет толщу атмосферы, начиная лишь с более высокого слоя, из-за чего в концентрацию не входит самый насыщенный метаном прилегающий к поверхности Земли слой. Наземные, пассивные измерения фоновой концентрации метана, безусловно, менее трудоемки, чем спутниковые миссии, и позволяют измерять усредненный фон метана через весь столб атмосферы в заданном направлении, которое определяется азимутом и углом места Солнца. Причем площадь охвата местности под трассой измерений составляет в радиусе порядка 100 и более километров. По сравнению с методом активного мониторинга со спутника, когда световой сигнал распространяется перпендикулярно к Земле и обратно к спутнику, пассивный мониторинг газов имеет особенности. В этом случае, на наш взгляд, необходимо учитывать рассеяние света и других факторов во всей толще атмосферы, особенно для трасс, при углах к горизонту, близких к нулю. Конечно, локальные измерения утечек метана, например из трубопроводов, измерить описанным в статье методом вряд ли получится, однако глобальные, долговременные данные в зависимости от характера местности, экологической обстановки и антропогенного фактора можно получить достаточно точно. В последние годы произошла переоценка вклада городов и все больше исследований газового состава атмосферы проводится именно в условиях городской среды [9]. Хотя города занимают относительно небольшую площадь на планете, они являются доминирующей экосистемой человека, поэтому их влияние на окружающую среду значительно. Следует отметить, что в городских условиях проявляется эффект “парникового купола”, который оказывает воздействие на прилегающие территории [10].

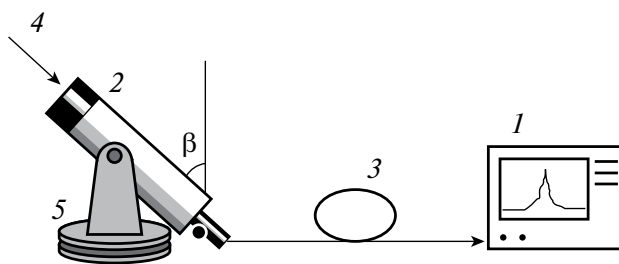
В результате над городами и их окрестностями формируется специфический микроклимат, отличающийся повышенной температурой и загрязненностью воздуха, а следовательно, наблюдаются особенности распределения парниковых газов и на прилегающих территориях.

Целью работы является отработка методики измерения концентрации метана в местности с различной степенью освоенности территории пассивным методом, используя излучение Солнца как источник, выявление основных погрешностей в таких измерениях, а также обработка, анализ и сравнение полученных данных с данными других миссий по определению фона метана.

## 1. УСЛОВИЯ, АППАРАТУРА И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

В качестве измерителя спектрального состава, прошедшего сквозь атмосферу солнечного света 4 (рис. 1) был использован оптический анализатор спектра 1, волоконный коллиматор 2 с диаметром входного зрачка  $\sim 1$  см, который принимал свет и с помощью волоконного кабеля 3 направлял излучение на входной разъем анализатора спектра. Система наведения состояла из опорно-поворотного устройства 5 по азимуту и углу места с точностью отсчета угла не хуже  $0.5^\circ$ .

Измеряемые в устройстве углы по шкале прибора проверяли по калькулятору высоты Солнца по местному времени и местоположению (<https://planetcalc.ru/320/>). Расхождение составило не более  $0.3^\circ$  во всем диапазоне углов сканирования.



**Рис. 1.** Блок-схема экспериментальной установки: 1 – оптический анализатор спектра, 2 – волоконный коллиматор, 3 – волоконный кабель, 4 – измеритель спектрального состава, 5 – опорно-поворотное устройство.

Согласно закону Бугера, интенсивность излучения, прошедшего через атмосферный слой, записывается в виде

$$I / I_0 = \exp(-\alpha CL), \quad (1)$$

где  $I$  – интенсивность прошедшего света,  $I_0$  – интенсивность падающего света;  $\alpha$  – коэффициент поглощения газа,  $C$  – концентрация метана в ppm (частей на миллион),  $L$  – длина атмосферной трассы. Величина  $CL$  – это так называемый осажденный слой метана на измеряемой трассе. Значение  $I/I_0$  определяли из полученных экспериментальных спектров поглощения с учетом аппаратной функции анализатора спектра (ширины спектрального окна интегрирования). С целью повышения соотношения сигнал/шум в спектральных измерениях разрешение или спектральное окно интегрирования было выбрано 0.2 нм, при этом спектры поглощения прописывались с соотношением сигнал/шум около 100 единиц. Все измерения проводили в основном в ясную солнечную погоду. Относительная погрешность определения длины атмосферного слоя при погрешности измерения угловой координаты в  $0.5^\circ$  составляла не более  $\delta L/L \sim 2\%$ , а точность измерения уровня интенсивности света  $\delta I/I \sim 1...2\%$ . Из формулы (1) нетрудно получить общую погрешность измерения объемной концентрации фона метана  $\delta C/C$ :

$$\delta C / C = \sqrt{(\delta I / I)^2 + (\delta L / L)^2} \approx 3\%. \quad (2)$$

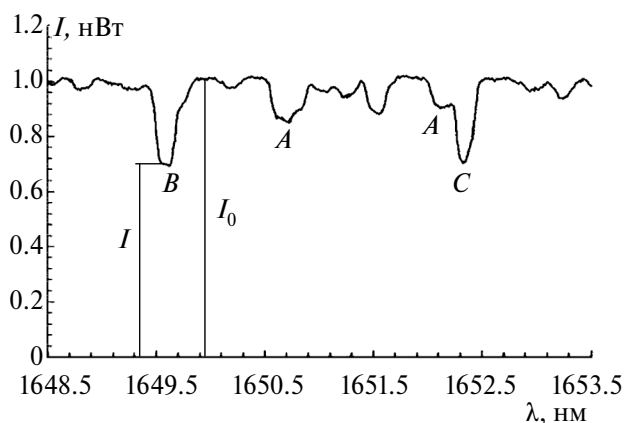


Рис. 2. Спектры поглощения метана и воды: А – линии поглощения воды, В и С – линии R3 и R4 поглощения метана по базе HITRAN.

Коэффициент поглощения  $\alpha$  (форма линии) может быть аппроксимирован контуром Лоренца:

$$\alpha(\nu) = N_0\sigma(\nu) = N_0\sigma(\nu_0) / \left(1 + \frac{(\nu - \nu_0)^2}{\gamma^2}\right), \quad (3)$$

где  $N_0$  – количество молекул в единице объема ( $N_0 = 2.6875 \times 10^{25} \text{ м}^{-3}$  – число Лошмидта),  $\sigma(\nu)$  – поперечное сечение поглощения,  $\nu = 2\pi/\lambda$  – волновое число ( $\lambda$  – длина волны излучения),  $\nu_0$  – волновое число в максимуме линии поглощения,  $\gamma$  – полуширина линии поглощения на полувысоте ее амплитуды. Согласно базе HITRAN, ширина линии поглощения метана на длинах волн  $\sim 1650$  нм, на которых проводили измерения, составляет  $\sim 0.0618$  нм, а сечение поглощения на этих длинах волн –  $\sigma(\nu_0) \sim 10^{-20} \text{ см}^2$ . В эксперименте было измерено отношение  $I/I_0$  в диапазоне линий поглощения  $\sim 1650$  и  $\sim 1653$  нм, т.е. в линиях R4 и R3 поглощения метана. Для того чтобы учесть аппаратную функцию анализатора спектра, величину  $I/I_0$  определяли с учетом ширины выбранного спектрального окна  $\Delta\lambda$ :

$$I / I_0 = \int_{\lambda-\Delta}^{\lambda} \exp\left(-N_0\sigma(\nu_0)CL / \left(1 + \frac{(\nu - \nu_0)^2}{\gamma^2}\right)\right) d\nu, \quad (4)$$

где  $\Delta = 0.2$  нм – ширина спектрального окна (остальные обозначения см. в (1) и (2)). Из формулы (4) определяли осажденный слой метана  $CL$  по измеренной величине  $I/I_0$ , как отношение значений спектра в центре линии поглощения и в стороне от нее (рис. 2).

Осажденный слой метана  $CL$  можно определить и другим способом:

$$CL = C_0 \int_0^L C(h) \exp(-h / h_0) dh. \quad (5)$$

Здесь  $C_0$  – концентрация в приземном слое атмосферы,  $C(h)$  и  $\exp(h/h_0)$  – соответственно функции распределения метана и давления по измеряемой наклонной дальности [8],  $h$  – текущая наклонная дальность,  $h_0$  – постоянная, зависящая от угла наблюдения. При наблюдении в зенит она составляет  $h_0 \approx 8.9$  км (барометрическая постоянная). Интегрирование ведется до верхнего уровня наклонной дальности  $L$  при различных углах наблюдения Солнца  $\beta$  (см. рис. 1). Подставляя в формулу (5) найден-

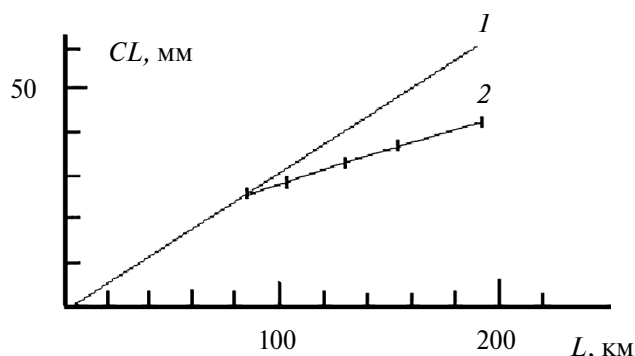


Рис. 3. Рассчитанная (1) и измеренная (2) зависимости осажденного слоя метана от наклонной дальности.

ное из соотношения (4)  $CL$ , можно определить концентрацию  $C_0$  в приземном слое атмосферы.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

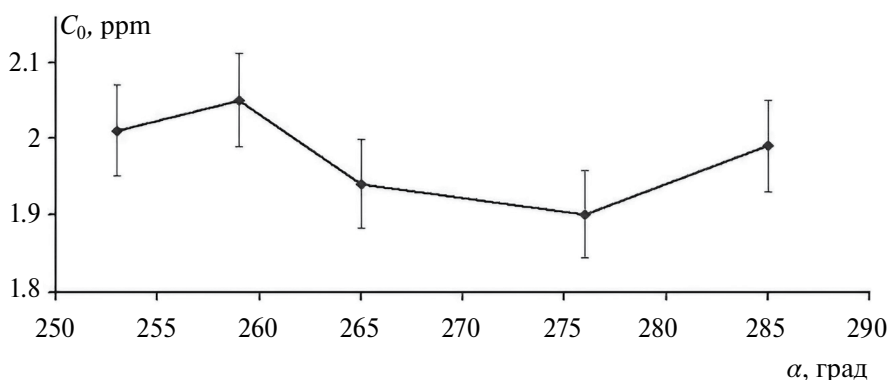
Для измерений, сравнения и анализа результатов были выбраны три разнесенные трассы, имеющие одно начало, в  $\sim 30$  км к северо-востоку от Москвы. Первая трасса имела примерное направление на город Вязьму с соответствующим азимутальным углом  $\alpha = 253^\circ$  относительно направления на север. Это достаточно урбанизированная местность с развитой инфраструктурой, промышленностью и большой плотностью населения, захватывающая северную часть Москвы. Вторая и третья трассы проходили севернее и имели примерное направление на город Тверь с соответствующими азимутальными углами  $\alpha = 266^\circ$  и  $285^\circ$  относительно направления на север. Это места с меньшей плотностью населения и застроек, большими районами с растительностью и водоемами. Измерения проводили летом 2022 г. включая сентябрь и октябрь. Естественно, в зависимости угла наблюдения Солнца первая указанная трасса имела самый большой угол по отношению к горизонту в летние месяцы, а две другие – меньшие углы, поскольку находились азимутально западнее. В осенние месяцы была измерена только первая трасса при малом угле расположения Солнца к горизонту. Погода в летние месяцы была в основном ясная и жаркая со средней температурой воздуха от 23 до 28 °С. В сентябре немного прохладнее, в октябре около 5 °С. За летний период усредненные величины для указанных трасс составили соответственно  $I/I_0 = 0.733, 0.685$  и  $0.615$ , а осажденный слой метана – 26.70, 32.90 и 43.30 мм. Из соотношения (5) получены значения

$C_0 = 1.90, 1.67, 1.56$  ppm соответственно. Обращает на себя внимание тот факт, что осажденные слои метана получились не пропорциональны величинам наклонной дальности (рис. 3).

Так, если наклонные дальности составили 93.64, 131.59 и 185.12 км (при вертикальной дальности до верхнего слоя в 60 км), то осажденные слои первой и третьей трасс отличаются всего в 1.62 раза, в то время как длины этих трасс отличаются почти в 2 раза. Проведенные измерения в сентябре на первой трассе, когда Солнце находилось низко над горизонтом, показали, что в этом случае осажденный слой был равным 44.7 мм, а концентрация метана в приземном слое оказалась меньше, чем измеренная в летний период, и составила величину по усредненным данным 1.57 ppm. Такое большое различие фоновых концентраций в летний и осенний период свидетельствовало о том, что в измерениях присутствует систематическая погрешность, зависящая от высоты Солнца над горизонтом. Проведенные измерения в октябре при еще меньшем угле к горизонту  $10.22^\circ$ , когда измеренное значение  $I/I_0$  оказалось равным  $I/I_0 = 0.50$ , а осажденный слой метана и концентрация в приземном слое соответственно:  $CL = 63.7$  мм,  $C_0 = 1.43$  ppm, подтвердили этот факт. Было сделано предположение, что на результаты измеряемой величины  $I/I_0$  значительно влияет угол наблюдения Солнца. Одной из возможных причин этого является рассеяние света. То есть наряду с прямым светом солнечного излучения в приемный объектив попадает рассеянный свет, не связанный с поглощением молекулами метана, а величина этой мощности  $P_{\text{рас}}$  линейно зависит от пройденного светом пути в атмосфере [11]:

$$P_{\text{рас}} = P_0 A^2 \left( \frac{9\pi^3 V^2}{\lambda^4} \right) \pi N_{\text{ср}} L. \quad (6)$$

Здесь  $P_0$  – плотность мощности солнечного излучения в спектральном диапазоне  $\Delta = 0.2$  нм в атмосфере,  $V$  – объем рассеивающей частицы,  $\lambda$  – длина волны излучения,  $L$  – длина, на которой происходит рассеяние,  $A$  – радиус приемного объектива лидара. По данным работ [12, 13]  $N_{\text{ср}} \sim 1.0 \times 10^9 \text{ м}^{-3}$  – средняя концентрация рассеивающих частиц аэрозоля с наиболее вероятным радиусом 0.1 мкм в столбе атмосферы на пути лучей. Такие частицы могут долго парить в воздухе, не оседая на Землю. Интерпретация формулы (6) заключается в суммировании рассеян-



**Рис. 4.** Зависимость фоновой концентрации метана в приземном слое атмосферы от азимутального угла наблюдения  $\alpha$ .

ной мощности света, попадающей в приемный объектив лидара, от всех частиц, находящихся на пути луча в атмосферном слое, длина которого определяется углом места Солнца.

Величина всей принимаемой мощности солнечного излучения  $P$  в диапазоне исследуемых длин волн при радиусе приемного объектива  $A \sim 0.5$  см и  $P_0 = 0.05$  Вт/м<sup>2</sup> в полосе длин волн  $\sim 0.2$  нм составляет:  $P = \pi P_0 A^2 = 3.925 \times 10^{-6}$  Вт. Для величин трасс в 93, 131 и 185 км рассеянная мощность, полученная из (6), составляет величину соответственно 6.1%, 8.6%, 13.1% от величины  $P$ . Следовательно, из  $I$  и  $I_0$  в формуле (1) вычитались эти доли мощности рассеянного света, не связанные с поглощением. Был проведен перерасчет концентраций метана с учетом доли рассеянного излучения для спектральных измерений для трех рассматриваемых трасс: концентрация метана в приземном слое оказалась равной 2.01, 1.94 и 1.99 ppm, соответственно. Видно, что различие в фоне метана для трех направлений значительно уменьшилось, однако тенденция снижения концентрации фона метана в более экологически чистой местности вдали от г. Москвы осталась. Для проверки полученной методики были измерены фоновые концентрации еще на двух трассах: четвертой, азимутально расположенной между первой и второй трассами, и пятой – между второй и третьей. Концентрация оказалась равной соответственно 2.05 и 1.9 ppm. Таким образом, ход фоновой концентрации метана в приземном слое атмосферы в выбранном регионе к северо-востоку от Москвы оказался близок к показанному на рис. 4.

Видно, что различия в фоновой концентрации составляют величину 0.15 ppm на линейном масштабе местности  $\sim 10$  км, соответствующем

диапазону азимутального изменения направления трасс  $\sim 32^\circ$ . Хотя эти различия фоновой концентрации незначительны, все же при более длительных периодах наблюдений, когда изменения фона более значительны, измерения могут реально отражать тенденцию содержания метана в приземном слое атмосферы, где сосредоточена основная часть массы этого парникового газа. Полученные данные согласуются с данными измерений, проведенными в других работах. Например, в работе [14] был определен средний фон метана  $\sim 2.085$  ppm на трассах длиной  $\sim 800$  м. Измерения проводили в районе г. Томска в феврале 2019 г. К сожалению, не было указано каких-либо особенностей расположения трассы. Для измерения использовался активный лидар с излучателем на основе параметрического генератора света на длинах волн в районе 3.3 мкм. Сопоставление полученных данных показывают, что в последние годы фоновая концентрация метана сохраняет тенденцию роста. По нашим измерениям, проведенным в 2021 г. на северо-востоке Московской области на трассах длиной 0.6...3.3 км, средняя концентрация фона метана была равна 1.89 ppm [4]. При усреднении по пяти измеренным трассам концентрация метана в данном районе в 2022 г. составила 1.97 ppm, и это довольно большой прирост за один год.

Отметим, что в представленной работе измерения велись в спектральной области 1650...1654 нм, где имеются линии поглощения метана и воды. В диапазоне 1653 нм рядом с линией поглощения метана находилась линия поглощения паров воды (см. рис. 2). Во время измерений велись записи метеоусловий, в том числе влажности и температуры воздуха. Из со-

поставления данных о влажности и получаемого осажденного слоя воды сделан вывод о 100%-ной корреляции между этими измерениями. Похожий вывод был сделан и при измерениях концентрации метана активным лидаром на длине волны 1.653 нм, когда линия воды либо была заметна, либо нет [3], поскольку в последнем случае не хватало чувствительности аппаратуры для обнаружения данной линии при малом влагозапасе в атмосфере. Величину общего влагосодержания на трассе измерений как активными, так и пассивными методами необходимо оценивать в ряде случаев в прикладных задачах, а также для прогноза погоды и тенденций изменения климата в целом.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отработана методика измерения концентрации метана пассивным методом с использованием солнечного излучения в качестве источника света. Получены формулы, пригодные для практического использования при углах возвышения Солнца над горизонтом  $\sim 5...65^\circ$ . Проведен анализ погрешностей измерения фоновой концентрации метана севернее г. Москвы на трассах, включающих как развитую, урбанизированную местность, так и экологически чистую зону по направлениям к г. Твери. Величина наклонных дальностей в атмосфере колебалась в пределах  $\sim 60...180$  км. Повышенная концентрация фона метана обнаружена над более урбанизированной территорией с развитой инфраструктурой и более высокой плотностью застройки, дорог и предприятий. Над более экологически чистыми районами концентрация метана оказалась меньше на  $\sim 0.02...0.06$  ppm, и это показывает, по мнению авторов, влияние освоения территорий на фоновую концентрацию метана. Проведенные измерения на северо-востоке Московской области показали увеличение концентрации фона метана за один год на  $\sim 0.08$  ppm. Представленная методика может оказаться полезной для исследований на обширных пространствах, особенно в северных широтах, когда наступает полярный день и измерения можно проводить круглосуточно, причем под малыми углами к горизонту. Такую методику можно использовать не только для мониторинга фона метана, но и для мониторинга паров воды и других парниковых газов в атмосфере Земли.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках государственного задания Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельнова РАН.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Siddans R., Knappett D., Waterfall A. et al.* // Atmos. Meas. Tech. 2016. V. 290. № 11. P. 1. <https://doi.org/10.5194/amt-10-4135-2017>
2. *Weidmann D., Hoffmann A., Macleod N. et al.* // Remote Sens. 2017. V. 9. № 1073. P. 1. <https://doi.org/10.3390/rs9101073>
3. *Григорьевский В.И., Тезадов Я.А.* // Космич. исслед. 2020. Т. 58. № 5. С. 369. <https://doi.org/10.31857/S00234206200500274>.
4. *Арефьев В.Н., Акименко Р.М., Упэнэк Л.Б.* // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2015. Т. 51. № 6. С. 1. <https://doi.org/10.7868/S0002351515060036>
5. *Xiong X., Barnet C., Maddy E. et al.* // J. Geophys. Research. 2008. V. 113. № 7. P. 1. <https://doi.org/10.1029/2007JG000500>
6. *Григорьевский В.И., Садовников В.П., Элбакидзе А.В.* // Измерит. техника. 2022. № 3. С. 40. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-3-40-44>
7. *Родионова Н.В.* // Тез. докл. Всерос. науч. конф. “Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн”. Муром. 28–30 июня 2022. Изд-во Владим. гос. ун-та, 2022. С. 349. <https://doi.org/10.24412/2304-0297-2022-1-349-356>
8. *Бажин Н.М.* Метан в окружающей среде. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2010.
9. *Chandra N., Venkataramani S., Lal S. et al.* // Atmospheric Environment. 2019. V. 202. P. 41. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.01.007>
10. *Svirejeva-Hopkins A., Schellnhuber H.J., Pomaz V.L.* // Ecological Modelling. 2004. V. 173. № 23. P. 295. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.09.022>
11. *Григорьевский В.И., Тезадов Я.А.* // РЭ. 2021. Т. 66. № 7. С. 654. <https://doi.org/10.31857/S0033849421070044>
12. *Самуленков Д.А., Сапунов М.В., Мельникова И.Н.* // Совр. проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 3. С. 223. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2020-17-3-223-230>
13. *Береснев С.А., Грязин В.И.* Физика атмосферных аэрозолей. Курс лекций. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008.
14. *Yakovlev S., Sadovnikov S., Kharchenko O. et al.* // Atmosphere. 2020. V. 11. № 70. P. 1. <https://doi.org/10.3390/atmos11010070>

**METHOD FOR MONITORING BACKGROUND CONCENTRATION OF METHANE OVER LARGE AREAS USING SOLAR RADIATION****V. I. Grigor'evskiy\*, Ya. A. Tezadov, A. A. Pavel'ev***Fryazino Branch Kotelnikov Institute of Radio Engineering and Electronics,  
Russian Academy of Sciences, Fryazino, Moscow region, 141190 Russia**\*E-mail: vig248@rambler.ru*

The results of measurements of the background concentration of methane in the atmosphere using the Sun as a radiation source are presented. It was found that, along with random errors, it is necessary to take into account the systematic error caused by the influence of extraneous factors on measurements of the methane background concentration when sounding at small angles to the horizon, when the length of the path increases noticeably. It is assumed that a possible influence on the magnitude of the systematic error is the scattering of light by aerosols and other impurity particles present in the atmosphere. The proposed method for monitoring the methane background makes it possible to carry out measurements over long periods of time over large areas with a relative accuracy of a few percent.

*Keywords:* methane monitoring, atmosphere, Sun, light scattering, aerosol, sensing, small angles