

А.В. Глушков^{1,2}, В.Н. Хохлов², Г.П. Препелица¹, И.А. Цененко²

Временная изменчивость содержания атмосферного метана: влияние североатлантической осцилляции

¹ Институт прикладной математики ОГУ,

² Гидрометеорологический институт ОГУ, г. Одесса, Украина

Поступила в редакцию 1.03.2004 г.

Исследуется влияние крупномасштабной атмосферной циркуляции на отношение смеси метана в пункте Мейс Хед (Ирландия) с марта 1994 по декабрь 2000 г. При этом использовалась одна из наиболее заметных схем телеконнекции во все сезоны — североатлантическая осцилляция (North Atlantic Oscillation — NAO). Внутригодовая изменчивость метана характеризуется наличием минимума в июле и двух максимумов — зимой (основной) и весной (вторичный). Однако в некоторые годы зимний максимум был меньше, чем весенний. Показано, что именно в эти годы отмечалась либо интенсивная положительная фаза NAO (западный перенос), либо небольшие индексы (меридиональный перенос). В зимы же со значительной отрицательной фазой североатлантической осцилляции зимний максимум содержания атмосферного метана превышал весенний.

Метан (CH₄) является радиационно и химически активным газом в атмосфере Земли. Его атмосферная концентрация непрерывно измеряется с 1978 г. (см., например, [1]). Также имеются данные о содержании метана в атмосфере за последние 420 тыс. лет, полученные на основе анализов, проведенных советской антарктической экспедицией на ст. Восток [2]. При этом до настоящего времени ледовые щиты и ледники остаются единственными «архивами», напрямую хранящими компоненты атмосферного воздуха.

В доиндустриальную эпоху концентрация CH₄, с некоторыми исключениями, изменялась в соответствии с основными особенностями климата, а именно: наименьшая концентрация (около 350 ppbv) отмечалась в ледниковые эпохи, а наибольшая (около 700 ppbv) — на протяжении теплых периодов. Природные изменения, наиболее вероятно, могут быть связаны с протяженностью и интенсивностью источников заболоченных территорий. Антропогенное увеличение концентрации метана с 700 до более чем 1700 ppbv за последние 200 лет является причиной выбросов, связанных с ростом населения на нашей планете, который вызвал увеличение численности домашних жвачных животных, рисовых плантаций, пожаров по вине человека, использования ископаемого топлива [3].

Также следует отметить отдельный вклад городов в увеличение глобального содержания CH₄, что показано в [4] по результатам симуляции климата на модели Массачусетского технологического института.

Указанное увеличение содержания атмосферного метана ответственно приблизительно на 20% оцененного изменения в прямом радиационном воздействии вследствие антропогенных выбросов всех долгоживущих парниковых газов. За последние 150 лет вклад метана в воздействие на климат составлял

0,57 Вт/м², что соответствует приблизительно 35% оцененного вклада CO₂ [5]. Тем не менее хотя глобальное содержание атмосферного метана продолжает увеличиваться, общая скорость увеличения замедляется [6]. Следует отметить, что уменьшение антропогенных выбросов CH₄ и CO₂ в 1992 г. привело к резкому уменьшению скорости увеличения метана, что показано с помощью двумерной модели глобальной химии, содержащей 34 вещества и 104 химические и фотохимические реакции [7]. Так как величина полного антропогенного источника CH₄ составляет около 410 т/год, а среднее увеличение — 20 т/год, то уменьшение антропогенного источника всего на 5% позволит стабилизировать уровень атмосферного метана.

В данной работе исследуется влияние на отношение смеси метана в пункте Мейс Хед (Ирландия) с марта 1994 по декабрь 2000 г. крупномасштабной атмосферной циркуляции. Подобный анализ уже был выполнен авторами для углекислого газа [8]. Однако основное отличие от предыдущей работы заключается в выборе пункта для анализа, который расположен на западной оконечности Ирландии и содержание любого атмосферного аэрозоля сильно зависит от направления воздушных потоков над ним: при западных ветрах отмечается приток свежего воздуха с Атлантики, а при восточных — сказывается влияние загрязненного промышленными выбросами воздуха Западной Европы. Более того, для выбранного нами пункта только потоки восточной четверти обуславливают наибольшие концентрации антропогенного аэрозоля. Для анализа использовались среднемесячные данные об отношении смеси атмосферного метана Центра информации и анализа углекислого газа (CDIAC, США), которые можно получить с <http://cdiac.ornl.gov/home.html>.

Для того чтобы количественно определить интенсивность и направление крупномасштабной циркуляции над исследуемым географическим районом, использовалась одна из наиболее заметных схем телеконнекции во все сезоны — североатлантическая осцилляция (North Atlantic Oscillation — NAO), которая была описана Барнстоном и Лайвзи [9]. NAO состоит из диполя аномалий давления, один центр которого расположен над Исландией (Исландский минимум), а второй, обратного знака, — в районе Канарских островов (Канарский максимум). При положительной фазе NAO в высоких широтах Северной Атлантики наблюдается давление, которое несколько ниже нормального, а над центральной частью Северной Атлантики, востоком США и Западной Европой регистрируемое давление несколько выше обычного. При отрицательной фазе NAO над этими районами наблюдаются аномалии обратных знаков. Обе фазы связаны с распространяющимися на весь бассейн изменениями интенсивности и расположения Североатлантического струйного течения, а также крупномасштабных зональных и меридиональных переносов тепла и влаги [10]. Ясно, что при положительных среднемесячных индексах NAO над Ирландией наблюдается преимущественно западный перенос, а при индексах обратного знака — восточный. Близкие к нулю значения индексов говорят или о продолжительной меридиональности потоков, или о частой смене на протяжении месяца географического положения центров упомянутых барических образований. Данные о среднемесячных индексах NAO, которые показаны на рис. 1, были получены с <http://cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.html>.

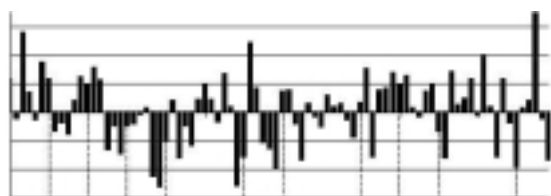


Рис. 1. Индексы NAO за 1994–2000 гг.

В фазах NAO проявляются значительные межсезонная и межгодовая изменчивости, при этом обычно продолжительные периоды (несколько месяцев) как положительной, так и отрицательной фазы. К тому же зимняя NAO также подвержена существенным межгодовым и внутривековым колебаниям [10]. Пятнадцать лет до зимы 1994/95 г. характеризовались преимущественно положительной фазой зимней NAO, и только зима 1995/96 г. отмечалась сильной отрицательной фазой (рис. 1).

На рис. 2 показано изменение содержания атмосферного метана в Мейс Хед с марта 1994 по декабрь 2000 г. Следует отметить, что за этот период среднее за год содержание CH_4 увеличилось на 1% и достигло 1842 ppbv. Внутригодовая изменчивость CH_4 характеризуется наличием минимума в июле и двух максимумов — зимой (основной) и весной

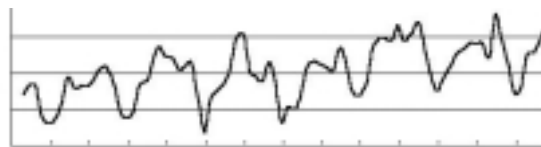


Рис. 2. Отношение смеси атмосферного метана (ppbv) в Мейс Хед за 1994–2000 гг.

(вторичный). Уменьшение содержания атмосферного метана в летние месяцы определяется не только уменьшением в этот период года антропогенного воздействия, но и увеличенным фотохимическим разложением метана при слабом переносе [11].

Анализ рис. 2 показывает, что в некоторые годы наблюдаются существенные отклонения от обычного годового хода содержания метана. Так, зимний максимум в 1997/98 и 1999/2000 гг. был меньше, чем весенний, а в 1994/95 г. он вообще сместился к октябрю. Как можно заметить при совместном анализе рис. 1 и 2, именно в эти годы отмечались либо интенсивная положительная фаза NAO (западный перенос), либо небольшие индексы (меридиональный перенос). В зимы же со значительной отрицательной фазой североатлантической осцилляции (1995/96 и 1996/97 гг.) зимний максимум содержания атмосферного метана превышал весенний. Аналогичную зависимость можно показать и для летнего минимума отношения смеси CH_4 .

Таким образом, полученные результаты подтверждают факт влияния крупномасштабной атмосферной циркуляции на изменчивость содержания такого газа антропогенного происхождения, как метан. При этом следует отметить, что подобная зависимость выявлена и для других парниковых газов (F-11 , F-12 , N_2O , CH_3CCl_3 , CCl_4 и др.), однако в настоящей статье эти результаты не приведены. Кроме того, указана количественная характеристика (индексы североатлантической осцилляции), которая позволяет выявить эту зависимость и, если необходимо, установить корреляционные связи между содержанием атмосферного аэрозоля и крупномасштабной атмосферной циркуляцией.

1. Dlugokencky E.J., Steele L.P., Lang P.M., Masiarie K.A. The growth rate and distribution of atmospheric methane // *J. Geophys. Res. D.* 1994. V. 99. N 8. P. 17021–17043.
2. Petit J.R., Jouzel J., Raynaud D., Barkov N.I., Barnola J.M., Basile I., Bender M., Chappellaz J., Davis J., Delaygue G., Delmotte M., Kotlyakov V.M., Legrand M., Lipenkov V., Lorius C., Pepin L., Ritz C., Saltzman E., Stievenard M. Climate and atmospheric history of the past 420.000 years from the Vostok Ice Core, Antarctica // *Nature. (Gr. Brit.)*. 1999. V. 399. N 4. P. 429–436.
3. Fung I., John J., Lerner J., Matthews E., Prather M., Steele L.P., Fraser P.J. Tree-dimensional model synthesis of the global methane cycle // *J. Geophys. Res. D.* 1991. V. 96. N 6. P. 13033–13065.
4. Mayer M., Wang C., Webster M., Prim R.G. Linking local air pollution to global chemistry and climate // *J. Geophys. Res. D.* 2000. V. 105. N 18. P. 22869–22896.

5. *Lelieveld J., Crutzen P.J., Dentener F.J.* Changing concentration, lifetime and climate forcing of atmospheric methane // *Tellus*. 1998. V. 50B. N 1. P. 128–150.
6. *Dlugokencky E.J., Masarie K.A., Lang P.M., Tans P.P.* Continuing decline in the growth rate of the atmospheric methane burden // *Nature*. (Gr. Brit.). 1998. V. 393. N 4. P. 447–450.
7. *Zhang R., Wang M.* Modeling the sudden decrease in CH₄ growth rate in 1992 // *Adv. Atmos. Sci.* 1999. V. 16. N 2. P. 242–250.
8. *Glushkov A.V., Khokhlov V.N.* CO₂ mixing ratios fluctuations and atmospheric circulation // 12th Conf. on the Applications of Air Pollution Meteorology. Norfolk (USA), may, 2002. AMS. 2002. P. 63–64.
9. *Barnston A.G., Livezey R.E.* Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns // *Mon. Weather Rev.* 1987. V. 115. N 6. P. 1083–1126.
10. *Hurrell J.W.* Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation // *Science*. 1995. V. 269. N 4. P. 676–679.
11. *Ruth S., Kennaugh R., Gray L.J., Russell J.M.* Seasonal, semiannual, and interannual variability seen in measurements of methane made by the UARS Halogen Occultation Experiment // *J. Geophys. Res. D*. 1997. V. 102. N 13. P. 16189–16199.

A.V. Glushkov, V.N. Khokhlov, G.P. Prepelitsa, I.A. Tsenenko. **Time variation of atmospheric methane content effect: North Atlantic Oscillation.**

The effect of large-scale atmospheric circulation on the methane mixing ratio in Mace Head (Ireland) is investigated for the period of March 1994 – December 2000. One of the prominent teleconnection patterns in all seasons, namely, North Atlantic Oscillation (NAO) is used. The intra-annual variability of methane is characterized by a minimum in July and maximums in winter (main) and in spring (secondary). However, in some years the winter maximum is less than the spring one. It is shown that dust in these years the strong positive phase of the NAO (westerly) or small NAO indices (meridionality) were registered. To the contrary, just in winters with the strong negative NAO phase the winter maximum of the atmospheric methane content exceeded the spring one.