

КРУПНОМАСШТАБНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА НА СЕВЕРЕ СКАНДИНАВСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В.И. Демин, М.И. Белоглазов (*Полярный геофизический институт КНЦ РАН, г. Апатиты*)

Аннотация. Проведена оценка вклада изменений крупномасштабных атмосферной циркуляции на приземные концентрации озона на севере Скандинавского п-ова. Этот вклад составляет от 10 до 20% от характерных для сезона средних значений концентрации озона. Количественно оценены возможные долговременные тенденции в концентрациях озона в связи с ожидаемой сменой циркуляционных эпох.

Введение

Со второй половины XX в. на большей части северного полушария наблюдается заметный рост содержания озона в приземном слое. По ряду оценок его содержание в западной Европе за 100 лет увеличилось более чем в 2 раза (с 20-30 мкг/м³ до 60 мкг/м³), и, согласно данным моделирования, этот процесс продолжится и в текущем столетии (например, [1-3]). Наиболее распространенное объяснение этому явлению – интенсификация фотохимических процессов в приземном слое из-за роста загрязненности воздуха. Данный процесс нельзя игнорировать, так как озон не только парниковый газ и один из основных загрязнителей атмосферного воздуха, но в значительной степени определяет окислительный потенциал атмосферы, принимая участие во всевозможных химических реакциях в воздухе. Однако установление статистически достоверного тренда едва ли можно считать достаточным для выявления природы его вариаций. В данной работе авторами предпринята попытка сопоставить содержание озона в приземном слое на севере Скандинавского п-ова с типичными формами тропосферной макроциркуляции с целью найти границы его естественной изменчивости. Необходимость такой оценки обусловлена желанием отделить тренд, вызываемый долговременными изменениями в атмосферной циркуляции, от его общего тренда. Последнее представляется особенно важным при короткой длине рядов измерений.

Данные и методы исследования

Типизация макроциркуляционных процессов проведена авторами в соответствии с классификацией Вангенгейма-Гирса, предусматривающей выделение в Атлантико-Европейском секторе трех форм циркуляции: западная W, восточная E и меридиональная C (M1, 3, M2 – для Тихоокеанского сектора) [4]. Наиболее общая схема данной типизации представлена на рис.1. Одно из преимуществ выбранной схемы – наличие хорошо выраженных многолетних периодов с аномальным развитием той или иной формы, что позволяет прогнозировать тенденции.

В работе использованы данные мониторинга приземной концентрации озона (ПКО) на станции Оуланка (Финляндия, базы данных ЕМЕР), имеющей наиболее длительный ряд измерений на севере Европы (с 1990 г.; в Ловозеро с 1999 г.).

Основные результаты и обсуждение

Среднее содержание ПКО в приземном слое в разные сезоны при различных формах циркуляции (E, W, C) представлены на рис. 2 (прим.: с.к. отклонения не нанесены, чтобы не «загромождать» рисунок)

Разницы между средними значениями, характерными для той или иной формы циркуляции, статистически значимы практически для всех форм и месяцев. Тогда, как следует из статистических оценок, крупномасштабная перестройка атмосферной циркуляции (смена формы циркуляции) сопровождается изменением ПКО в среднем от 3 до 13 мкг/м³ (для сравнения суточные вариации ПКО вследствие изменения режима турбулентного обмена могут достигать 30-40 мкг/м³).

Проведенные оценки относительно вклада крупномасштабной перестройки атмосферы в общую изменчивость ПКО получают подтверждение анализом его средней межсуточной изменчивости $\Delta[O_3]$, (рис.3). Очевидное увеличение $\Delta[O_3]$ до 10-12 мкг/м³ наблюдается на интервале до 3-4 суток. Это нельзя считать случайностью. Элементарный синоптический процесс (ЭСП) – период времени, когда на пространстве атлантико-Европейском секторе сохраняется картина барического поля и направления основных воздушных течений. Переход от одного ЭСП к другому – это резкая перестройка. Обычная продолжительность ЭСП – 2-4 дня (т.е. вероятность смены ЭСП на интервале 1-4 дня возрастает. За пределами 4 суток вероятность попадания в иной ЭСП – приближается к 100%).

Примененный нами подход позволять дать прогноз и возможных долговременных тенденций ПКО в

регионе. Известно, что в крупномасштабной циркуляции атмосферы наблюдаются периоды с длительным аномальным развитием того или иного макропроцесса – так называемые циркуляционные эпохи. Их существование наглядно демонстрирует рис. 4.: в период 1929-1939 гг. – аномальное по частоте развитие получили процессы формы Е, в период 1939-1948 гг. – формы С; период 1949-1971 гг. характеризовался усилением процессов форм Е и С и ослаблением процессов формы W; период с 1972 по 1995 гг. является эпохой Е-циркуляции с нарастанием процессов формы W, а последующие годы могут быть отнесены к эпохе формы W. По некоторым оценкам в предстоящее десятилетие следует ожидать увеличения повторяемости форм циркуляции Е. Как видно из рис. 2 при переходе к такому типу циркуляции мы можем получить небольшое (и, что важно, естественное) возрастание ПКО в весенне-летний период относительно его средних значений, определенных за период 1990-2009 гг., и его некоторое снижение в зимние месяцы.

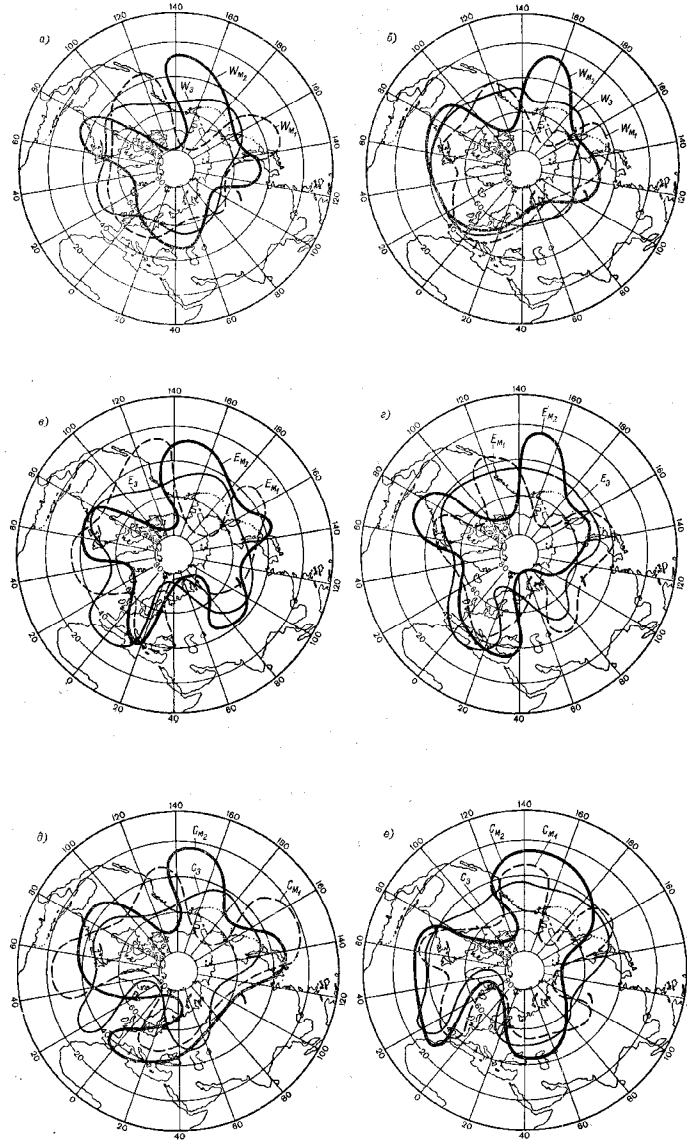


Рис. 1 Положение высотных ложбин и гребней в средней тропосфере при основных разновидностях форм атмосферной циркуляции по Вангенгейму-Гирсу зимой (слева) и летом (справа)

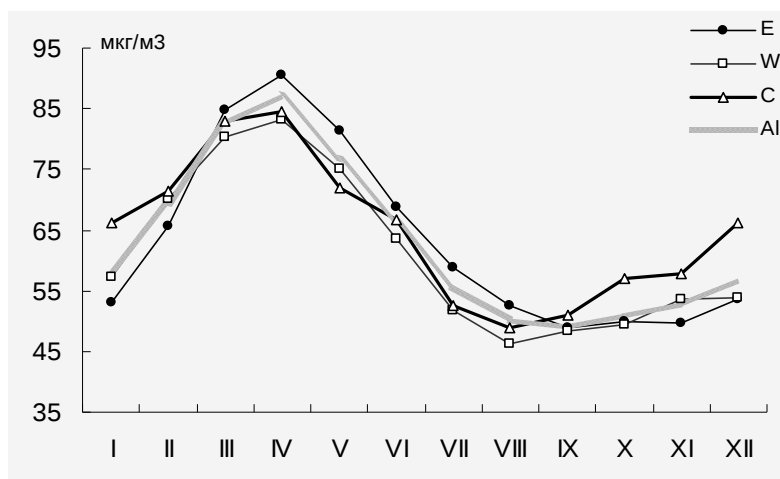


Рис. 2 Среднемесячные ПКО при разных формах циркуляции по данным Оуланки.

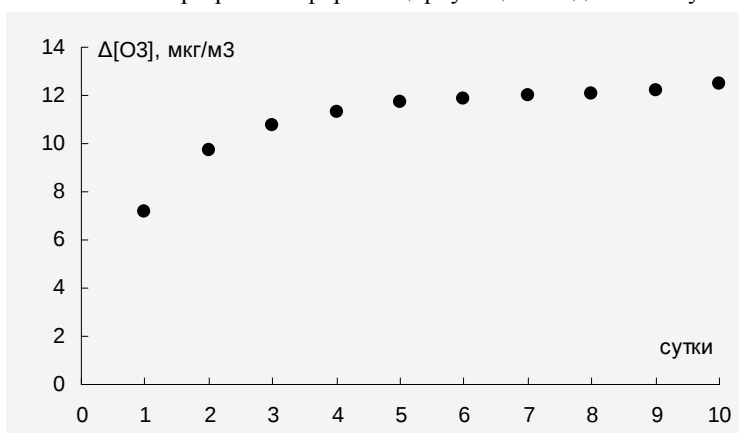


Рис. 3 Средняя (по модулю) разность концентраций озона в текущий день и через 1...10 дней

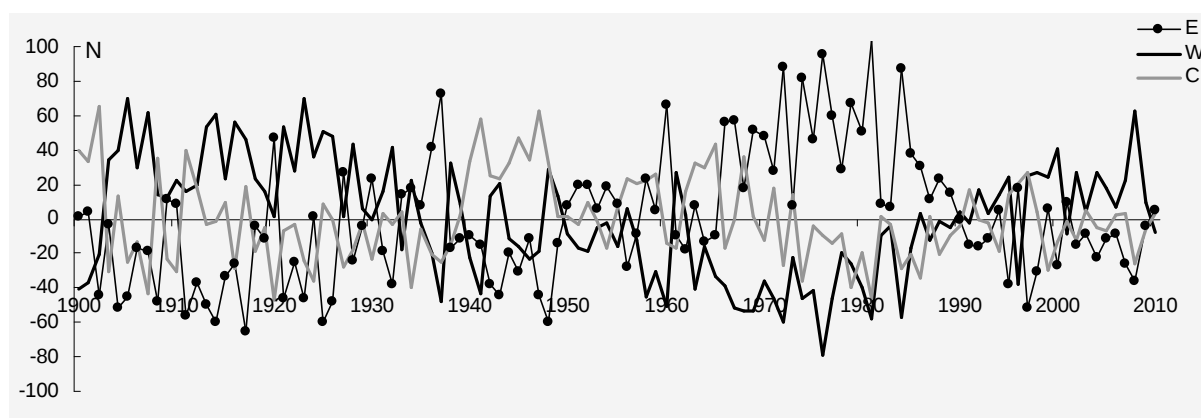


Рис. 4 Многолетняя динамика аномалий форм циркуляции E, W, C (по классификации Вангенгейма-Гирса); N- число дней.

Заключение

Изменения ПКО, вызванные изменениями крупномасштабной циркуляции атмосферы, на севере Скандинавии составляют в среднем от 3 до 13 мкг/м³ (от 10 % в теплое полугодие и до 15-20% в холодное от его характерных для сезона средних значений). Это много меньше вариаций ПКО вследствие изменения характера турбулентного обмена по вертикали (до 40 мкг/м³ за несколько часов).

Долговременные изменения ПКО, ожидаемые вследствие возможной смены циркуляционной эпохи (масштаб события – десятки лет), могут составить всего 2-4 мкг/м³ от его современных многолетних значений, полученных по ряду 1990-2009 гг.

Список литературы

1. Volz, A., and D. Kley, 1988: Evaluation of the Montsouris series of ozone measurements made in the nineteenth century. *Nature*, 332, 240–242
2. Anfossi D., S. Sandroni (1997) "Ozone levels in Paris one century ago". *Atmospheric Environment*, 31, 3481-3482
3. Wang, Y. and Jacob, D J.: Anthropogenic forcing on tropospheric ozone and OH since preindustrial times, *J. Geophys. Res.*, 103(D23), 31123–31135,
4. Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. Л., Гидрометеоиздат, 1974. 488 с.