

УДК 551.51

## **ВЛИЯНИЕ МАКРОЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В СЕВЕРНОЙ СКАНДИНАВИИ**

Демин В.И., demin@pgia.ru  
Полярный геофизический институт, г. Апатиты

## **IMPACT OF LARGE-SCALE CIRCULATION ON SURFACE OZONE CONCENTRATIONS IN THE NORTH SCANDINAVIAN**

Demin V.I., demin@pgia.ru  
Polar Geophysical Institute, Apatity

Keywords: ozone, surface ozone, atmosphere circulation patterns

Abstract

Surface ozone concentrations in Oulanka (Finland) and Lovozero (Russia) for different circulation patterns were studied. It is shown that influence of changes of large-scale troposphere circulation on surface ozone concentrations in the North Scandinavian are less than the effects of vertical turbulent mixing.

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 последние 100 лет увеличилось более, чем в 2 раза (с 20-30 мкг/м<sup>3</sup> до 60 мкг/м<sup>3</sup>), и, согласно данным моделирования, этот процесс продолжится и в текущем столетии (см., например, [1]). Происходит это за счет интенсификации фотохимических процессов в приземном слое из-за роста загрязненности воздуха. Данный процесс нельзя игнорировать, так как озон в значительной степени определяет окислительный потенциал атмосферного воздуха.

По современным представлениям основным источником озона в приземном слое является его турбулентный перенос из вертикальных и более насыщенных им слоев атмосферы. Кроме того, озон образуется в приземном слое в процессе ряда фотохимических реакций. С учётом очевидной зависимости приземной концентрации озона (ПКО) от адвекции и вертикальных движений и того, что повторяемость условий, способствующих фотохимическому образованию озона (как правило, высокие температуры, низкая скорость ветра, интенсивная УФ-инсоляция), различна в разных типах макропроцессов, связь между ПКО и макроциркуляционными процессами выглядит вполне ожидаемой.

Целью данной работы является оценка связи ПКО на севере Скандинавского п-ова и макроциркуляционных процессов в тропосфере. В работе использованы данные мониторинга ПКО на станции Оуланка (Финляндия (базы данных ЕМЕР (European Monitoring and Evaluation Programme) и измерения на территории Мурманской области в Ловозеро. Использована типизация макроциркуляционных процессов Б.Л. Дзердзеевского (данные с сайта <http://atmospheric-circulation.ru>) и Вангенгейма-Гирса.

Годовой ход среднесуточных ПКО в Оуланке при различных группах макропроцессов (ЭЦМ) представлен на рис. 1. Несмотря на то, что выбрана станция с довольно длинной серией измерений (с 1990 г), из-за небольшой повторяемости ряда макропроцессов представлены не все группы: расчет средних значений всего по нескольким случаям следует признать ненадежным на фоне большой дисперсии.

Как видно из рис. 1, в каждом сезоне можно выделить ЭЦМ, ответственные за повышенные или пониженные значения ПКО. Однако изменчивость ПКО в каждой группе такова, что оценка возможных значений ПКО на основании типа ЭЦМ едва ли представляется возможной. В большинстве случаев проблематично предположить даже знак возможных изменений ПКО при сменах ЭЦМ со статистически значимыми различиями в средних. Для иллюстрации на рис. 2 приведена бокс-диаграмма значений ПКО при ЭЦМ 13з и 13л и среднесуточные значения ПКО по всей выборке. Как видим, диапазон возможных значений ПКО при процессах 13з и 13л практически совпадает с диапазоном ее общей изменчивости. Такая же картина характерна и для других групп. Вариации ПКО, создаваемые, например, суточными изменениями турбулентного переноса по вертикали, оказываются в несколько раз больше межсуточных при сменах ЭЦМ (рис. 3). Это особенно заметно в теплое полугодие, когда в течение суток наблюдается существенная перестройка турбулентного обмена по вертикали, вызванная переходами от устойчивой стратификации в ночное время к неустойчивой днем и обратно.

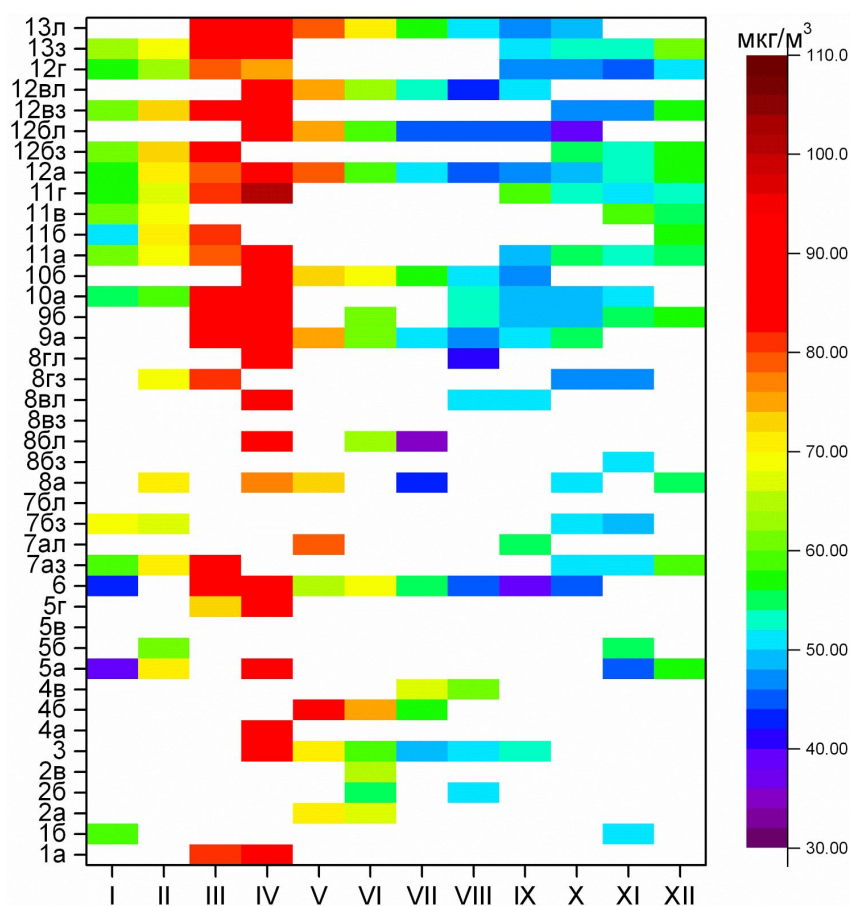


Рис. 1 Среднесуточные ПКО в Оуланке при различных ЭЦМ

Возможная причина, по которой связь между макроциркуляционными процессами и ПКО выглядит ненаглядно – большое число групп в классификации Дзердзеевского, из-за чего невозможно получить надежные средние. Чтобы проверить это предположение, была использована другая классификация макроциркуляционных процессов – Вангенгейма–Гирса, предусматривающая выделение в Атлантико-Европейском секторе всего трех форм циркуляции: W, С, Е. Средние ПКО при формах циркуляции W, Е, С представлены на рис. 4. Как видим, и при такой классификации макропроцессов средние изменения ПКО при сменах форм циркуляции, как правило, оказываются меньше характерных внутрисуточных вариаций.

Дополнительно были рассчитаны средние значения ПКО для однородных воздушных масс (ВМ). Выделение типа ВМ производилось совместным анализом траекторий движения воздуха, карт приземного анализа и барической топографии, сравнением их типичных свойств и характера погоды на сети метеорологических станций Кольского п-ова в каждый из доступных сроков наблюдений. Из рис. 5 видно, что так же, как и в предыдущих случаях, средние изменения ПКО при сменах ВМ оказываются меньше характерных вариаций ПКО, возникающих за счет изменения характера турбулентного обмена

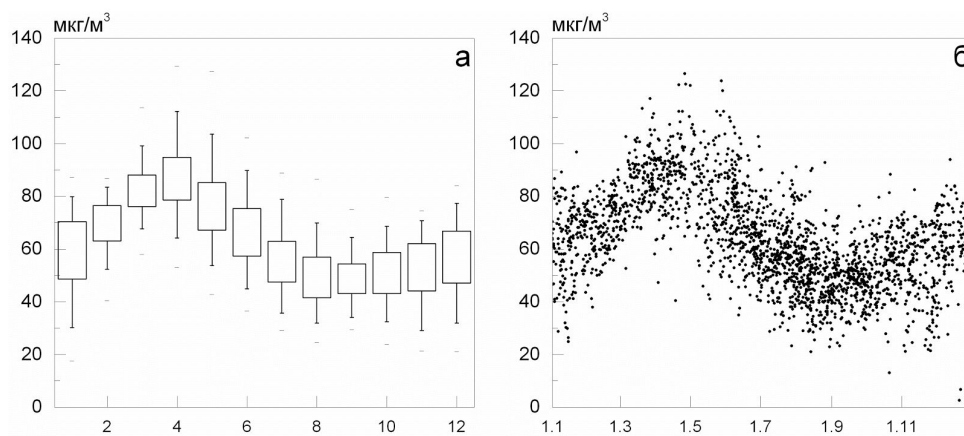


Рис. 2. Среднесуточные ПКО в Оуланке при макропроцессах 13з и 13л (а) и по всей выборке (б): Прим: здесь и на рис. 3. на бокс-диаграммах прямоугольниками выделена область, заключенная между первым (25%) и вторым (75%) квантилем; выносными линиями отмечена область 1-99%, мин и макс значение (-)

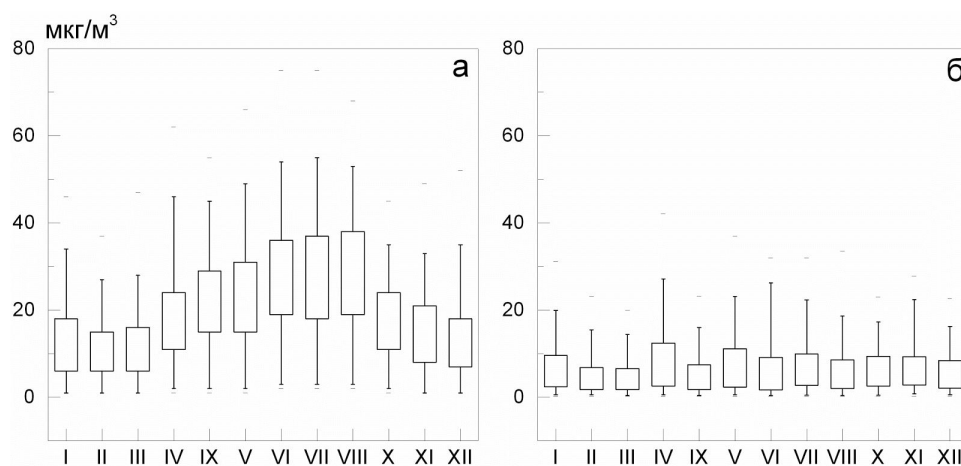


Рис. 3. Амплитуды суточных (а) и межсуточных (б) вариаций ПКО в Оуланке

Проведенный анализ позволяет предположить, что поле приземного озона в свободной тропосфере в исследуемом районе, по всей видимости, довольно однородное. В этом случае наблюдаемые различия в ПКО возникают, скорее всего, не из-за разного содержания озона в ВМ, а из-за различного характера турбулентного обмена, регулирующего процесс поступления озона в приземный слой. Так, например, ВМ, поступающие на Кольский п-ов с Атлантики (МУВ), благодаря интенсивному перемешиванию над незамерзающей поверхностью, отличаются более высоким содержанием ПКО в осенне-зимний период, в то время как КУВМ и АВМ в это время устойчиво стратифицированы. По этой причине вторжения данных масс за холодными фронтами приводят к возрастанию ПКО по сравнению с другими типами ВМ. Однако, если данная ВМ задерживается над Кольским п-овом, формируется антициклон, устанавливается инверсия, снижается скорость ветра и турбулентный обмен по вертикали, содержание озона в приземном слое падает, в то время

как в свободной атмосфере по-прежнему остается почти неизменным (это наглядно показывают горные измерения в Хибинах на высоте 1091 м). В летний период ВМ с акватории Баренцева моря, напротив, как правило, устойчивы, и содержание озона в приземном слое снижается по сравнению, например, с неустойчивыми КУВ.

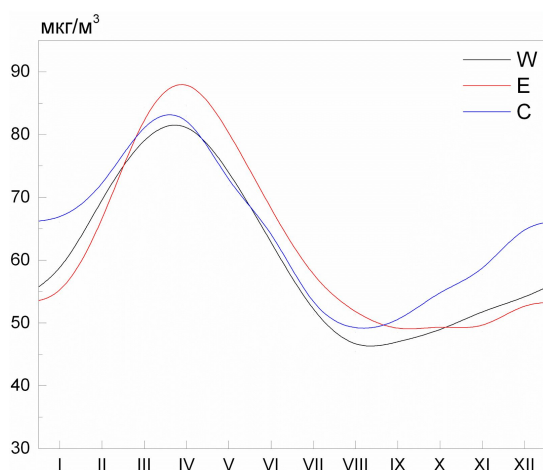


Рис. 4 Среднемесячные ПКО в Оуланке при разных формах циркуляции

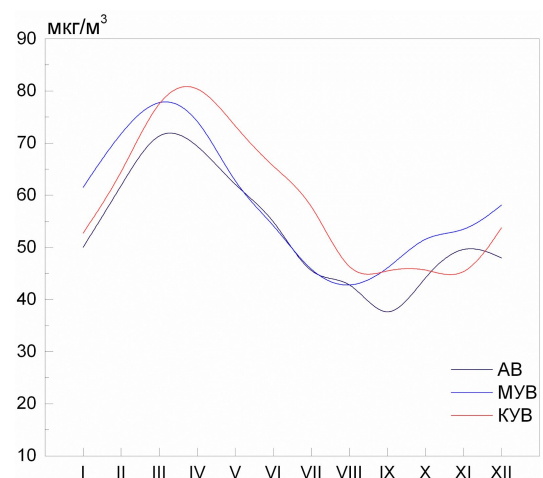


Рис.5 ПКО в различных воздушных массах, поступающих на Кольский п-ов, Ловозеро

Анализ динамики ПКО внутри групп однородных макроциркуляционных процессов (классификации Б.Л. Дзердзеевского и Вангенгейма-Гирса) и однородных воздушных масс, а также при их сменах, показывает, что воздействие крупномасштабной циркуляции атмосферы на ПКО на севере Скандинавии оказывается меньшим по величине, чем влияние меняющихся турбулентных потоков озона по вертикали. Это не позволяет использовать информацию о макроциркуляционных процессах для прогнозирования возможных значений ПКО. Более важными для такой оценки оказываются сведения о термодинамических свойствах пограничного слоя атмосферы. Вместе с тем роль крупномасштабной циркуляции не может быть игнорирована. В исключительных случаях адвекция высоких значений ПКО вместе с загрязненными воздушными массами с европейского континента обнаруживается даже на Шпицбергене [2].

#### Литература

1. Ground-level ozone in the 21st century: future trends, impacts and policy implications. London, The Royal Society, 132pp. (Science Policy, 15/08)

2. Stohl A., Berg T., Burkhardt J.F. et al Arctic smoke – record high air pollution levels in the European Arctic due to agricultural fires in Eastern Europe in spring 2006 // *Atmos. Chem. Phys.*, 2007, 7, 511-534