

Б.Д. Белан, Г.О. Задде, Т.М. Рассказчикова, Т.К. Складнева, Г.Н. Толмачев

МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОЗОЛЯ И НЕКОТОРЫХ ГАЗОВ В АНТИЦИКЛОНЕ И ЦИКЛОНЕ

*Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск
Томский государственный университет*

Поступила в редакцию 2.11.98 г.

Принята к печати 7.12.98 г.

Приводятся данные о распределении в циклонах и антициклонах аэрозоля, СО и О₃. Показано, что их концентрация может изменяться в разных частях этих образований от 2 до 4 раз и что имеются различия в характере распределения примесей внутри объектов. В циклонах наблюдаются устойчивые градиенты вдоль линии атмосферных фронтов от его передней к тыловой части. В антициклоне, как правило, в центральной части градиенты концентраций невелики и резко возрастают на южной или западной периферии.

Сведения о динамике газового и аэрозольного состава атмосферы важны по двум основным причинам. Первая обусловлена возможным глобальным потеплением климата на планете за счет усиливающегося поступления парниковых газов. Вторая – необходимостью прогноза состава воздуха в тех районах, где фиксируется превышение ПДК по отдельным ингредиентам.

Давно установлено, что наиболее сильные изменения атмосферных параметров создаются основными объектами общей циркуляции атмосферы, такими как фронты, циклоны и антициклоны [1]. Ранее нами проведено исследование изменения состава воздуха при прохождении атмосферных фронтов [2, 3]. В настоящем сообщении рассматривается распределение аэрозоля и некоторых газов в циклоне и антициклоне.

Так как газовый и аэрозольный состав воздуха на существующей сети станций не измеряется, то задача получения распределения отдельных компонент состава воздуха в основных объектах циркуляции оказывается весьма непростой. Поэтому для ее решения была разработана специальная методика, подробное описание которой имеется в [4]. Она была

опробована на результатах измерения спектральной прозрачности и показала свою высокую эффективность [5].

Суть этой методики заключается в том, что для анализа используются измерения состава воздуха только в одном пункте. В нашем случае это данные TOR-станции в районе г. Томска [6]. Перемещающийся в район измерений циклон или антициклон разделяется на 8 периферийных и 1 центральный секторы, каждому из которых соответствуют какие-то наборы данных. Затем производится усреднение значений в каждом из секторов, и как правило, для этого используются не менее 600 отдельных отсчетов. По методу [7] проверяется различие средних значений. Затем строится распределение концентрации того или иного ингредиента в циклоне или антициклоне (рис. 1–5).

Деление на 9 секторов кажется, на первый взгляд, не очень детальным. Однако специфика синоптической информации такова, что большая детализация из-за набегающих погрешностей может снизить надежность и качество результатов [8, 9]. Вместе с тем более грубое деление не позволяет выявить структурных особенностей в распределении [1].

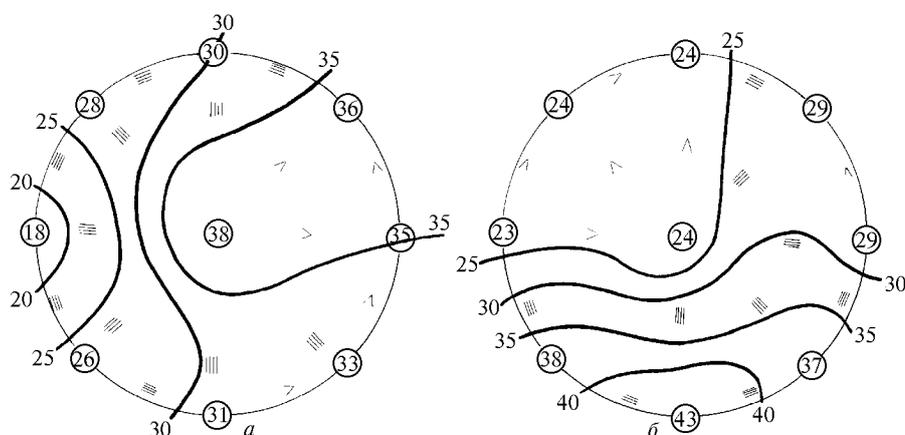


Рис. 1. Распределение озона в циклоне (а) и антициклоне (б): (30) – среднее значение в каждом секторе. Различие средних: < меньше 0,1%; – по уровню 0,1%; = по уровню 0,05%; ≡ по уровню 0,01%; ≡ по уровню 0,001%

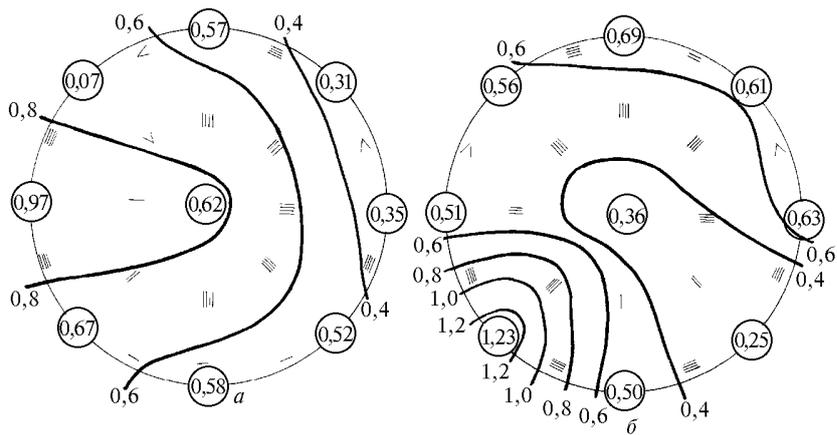


Рис. 2. Распределение оксида углерода в циклоне (а) и антициклоне (б). Обозначения см. на рис. 1

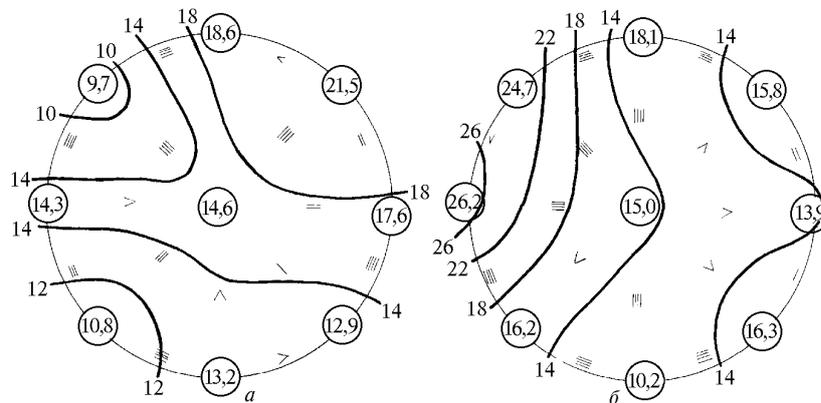


Рис. 3. Распределение счетной концентрации аэрозоля ($d \geq 0,4 \mu\text{м}$) в циклоне (а) и антициклоне (б). Обозначения см. на рис. 1

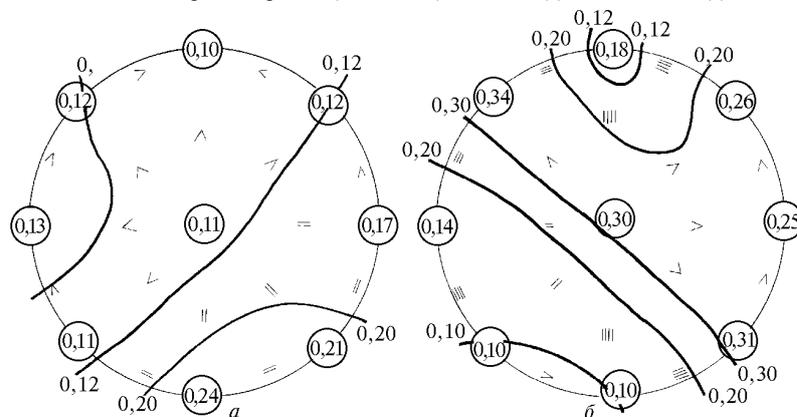


Рис. 4. Распределение счетной концентрации аэрозоля ($d \geq 1,5 \mu\text{м}$) в циклоне (а) и антициклоне (б). Обозначения см. на рис. 1

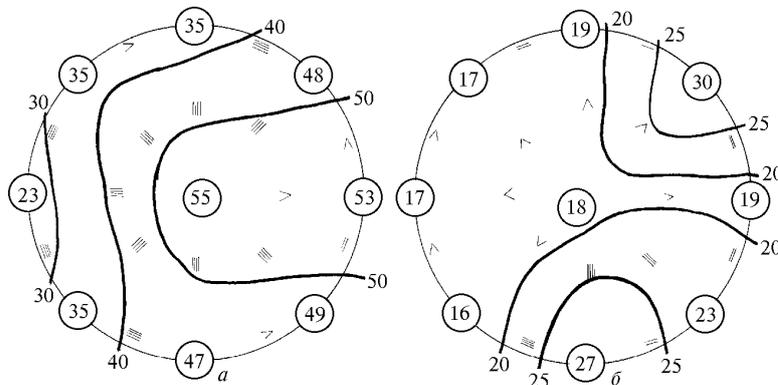


Рис. 5. Распределение озона: а – в теплый период в циклоне; б – в холодный период в антициклоне. Обозначения см. на рис. 1

На рис. 1, *a* видно, что в циклоне распределение озона крайне неравномерно и может различаться в разных его частях более чем в 2 раза. В передней части циклона концентрация озона максимальна, в тыловой – минимальна. Такое распределение легко объяснимо, если вспомнить, где в циклоне располагается зона фронтов [1] и как изменяется содержание озона в зоне фронтов [2].

Градиенты концентрации озона в антициклоне несколько меньше, чем в циклоне (рис. 1, *б*), хотя его распределение и показывает большую неоднородность. Из рис. 1, *б* следует, что в районе г. Томска в северной и центральной частях антициклона концентрация озона почти неизменна и резко возрастает на его ЮЗ, Ю и ЮВ перифериях. По-видимому, здесь находят отражение закономерности поступления озонаобразующих веществ в район измерений, а именно расположение станции по отношению к городу.

Распределение оксида углерода в циклоне (рис. 2, *a*) прямо противоположно распределению озона (рис. 1, *a*). Здесь также наблюдается градиент концентрации от передней к тыловой части, но максимум концентрации находится в тыловой, а минимум – в передней. Различие между минимальными и максимальными величинами достигает почти 3 раз. Учитывая особенности образования озона в атмосфере и механизм поступления СО в воздух, такие различия представляются закономерными.

Для распределения СО в антициклоне, так же как и для распределения озона, характерно наличие большой однополярной области с малыми градиентами в центральной части и увеличение градиентов на периферии (рис. 2, *б*). При этом разница концентраций СО в антициклоне даже больше, чем в циклоне и почти достигает 4. Ее величина максимальна на ЮЗ и Ю перифериях, что так же, как и в случае с озоном, отражает влияние города на пункт измерений в антициклонических условиях.

Из рис. 3 видно, что аэрозоль распределяется в циклоне и антициклоне по более сложной схеме, чем газы. Так, в циклоне можно выделить одну зону с максимальными значениями и две зоны – с минимальными. Одна расположена в ЮЗ его части, другая – в СВ. Причем различия между средними значениями в этих секторах весьма высокие. По-видимому, такое распределение отражает вымывающее действие осадков в зоне атмосферных фронтов, выявленное ранее [3]. Тогда зоны минимальных концентраций будут отражать прохождение холодных фронтов: основного и вторичных, а область максимальных значений будет являться отражением накопления «старого» аэрозоля в передфронтальной зоне теплого фронта. Градиент же счетной концентрации аэрозоля в циклоне меньше, чем для газов, и максимум превышает минимум чуть больше чем в 2 раза.

В антициклоне (рис. 3, *б*) распределение счетной концентрации подобно распределению газов. На большей его части наблюдаются малые градиенты, усиливаясь резко на одной из периферий. Отличие от газов заключается в том, что максимум содержания аэрозоля фиксируется на западной периферии антициклона, тогда как у СО и О₃ максимумы концентрации наблюдались в южном секторе.

Сравнение абсолютных величин счетных концентраций в циклоне и антициклоне (рис. 3) показывает, что они в антициклоне больше, чем в циклоне. Это еще раз подтверждает вывод, сделанный на основе анализа спектральной прозрачности атмосферы, что замутненность воздуха в антициклоне выше, чем в циклоне [11], и определяется она в первую очередь аэрозольным ослаблением.

Хорошо известно, что атмосферный аэрозоль имеет очень широкий спектр размеров частиц, который определяется различными механизмами их генерации. Поэтому было целесообразно проанализировать распределение грубодисперсных частиц в основных синоптических объектах, которые, в отличие от субмикронных (см. рис. 3), образуются в основном диспергированием [12].

Из рис. 4, *a* видно, что концентрация грубодисперсных частиц в циклоне может измениться в 2 раза. Однако распределение аэрозоля этой фракции внутри большей части синоптического объекта достаточно однородно и для 6 секторов не обнаруживается значимых различий. Значимые градиенты концентрации фиксируются только в зоне, где обычно наблюдаются фронтальные разделы, и в теплом секторе синоптического образования. Очевидно, что увеличение концентрации грубодисперсных частиц в этой части циклона обусловлено усилением скорости ветра вблизи фронтальных разделов и конденсационным укрупнением частиц за счет роста относительной влажности [13]. При этом различие средних величин концентрации между секторами не превышает в циклоне 0,01%. Это, скорее всего, отражает изменчивость самой грубодисперсной фракции, так как усреднение по секторам проводилось по числу измерений более 600 и статическая обеспеченность оценок была достигнута.

В антициклоне распределение грубодисперсной фракции весьма существенно отличается от распределений субмикронной фракции и газов (рис. 4, *б*). Оно заключается в том, что максимумы концентрации этого параметра наблюдаются не только на перифериях антициклона, но и охватывают его центральную часть. По-видимому, такое распределение является отражением поля ветра в антициклоне [14], усиление которого способствует генерации дополнительного количества грубодисперсных частиц.

Приводимые выше модели построены для средних условий, независимо от времени года, типа воздушных масс и т.п. Возникает закономерный вопрос: насколько устойчивы полученные распределения хотя бы во времени. Для проверки надежности моделей были рассчитаны и построены распределения газов и аэрозоля в циклонах и антициклонах для холодного и теплого периода, которые выявили достаточную, но, конечно, не абсолютную устойчивость во времени. В качестве примера таких моделей приведем рис. 5, на котором показано распределение озона в теплый период в циклоне (рис. 5, *a*) и в холодный период в антициклоне (рис. 5, *б*).

Из сопоставления рис. 1, *a* и 5, *a* видно, что поля концентраций озона в среднем за год и в теплое полугодие несколько изменяются. Однако общая тенденция сохраняется, так же как и уровень различий средних значений в каждом из секторов.

Такой же вывод можно сделать и для антициклона, если сравнивать рис. 1, *б* и 5, *б*.

Следовательно, полученные средние модели распределения аэрозоля и газов в циклоне и антициклоне достаточно устойчивы, по крайней мере для района г. Томска, по данным измерений вблизи которого они построены.

Подводя итог работы в целом, отметим, что распределение газов и аэрозоля внутри циклона и антициклона весьма неоднородно. Концентрация газов и аэрозоля в разных частях объектов может отличаться от 2 до 4 раз. При этом имеются различия и в структуре распределений. В антициклоне, как правило, большая часть образования характеризуется малыми градиентами и значительным их ростом

на южной или западной периферии. В циклоне градиент концентрации примесей, как правило, направлен от передней к тыловой части, вдоль линии атмосферных фронтов.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 96-05-64332, 98-05-79155 и 98-05-03161.

1. Хромов С.П. Основы синоптической метеорологии. Л.: Гидрометиздат, 1948. 700 с.
2. Аршинова В.Г., Белан Б.Д., Рассказчикова Т.М. и др. // Оптика атмосферы и океана. 1995. Т. 8. N 4. С. 625–631.
3. Аршинова В.Г., Белан Б.Д., Воронцова Е.В. и др. // Оптика атмосферы и океана. 1997. Т. 10. N 7. С. 813–819.
4. Белан Б.Д., Задде Г.О., Рассказчикова Т.М. // Прогноз и контроль оптико-метеорологического состояния атмосферы. Томск: Изд-во ТФ СО АН СССР, 1982. С. 21–25.
5. Белан Б.Д., Задде Г.О., Кусков А.И. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. N 10. С. 1420–1422.
6. Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Зуев В.В. и др. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. N 8. С. 1085–1092.
7. Пановский Г.А., Брайер Г.В. Статистические методы в метеорологии. Л.: Гидрометиздат, 1972. 209 с.
8. Шакина Н.П., Калугина Г.Ю., Скриптунова Е.Н., Иванова А.Р. // Метеорология и гидрология. 1998. № 7. С. 19–30.
9. Шакина Н.П., Скриптунова Е.Н., Иванова А.Р., Калугина Г.Ю. // Метеорология и гидрология. 1998. № 8. С. 5–15.
10. O'hare G.P., Wilby R. // The Geographical Journal. 1995. V. 161. Pt. 1. P. 1–20.
11. Белан Б.Д., Задде Г.О. Спектральная прозрачность и аэрозольное ослабление над территорией СССР. Томск: Изд-во ТФ СО АН СССР, 1987. 180 с.
12. Фукс Н.А. Механика аэрозолей. М.: АН СССР, 1955. 352 с.
13. Кабанов М.В., Панченко М.В. Атмосферный аэрозоль. Томск: Изд-во ТФ СО АН СССР, 1984. 189 с.
14. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометиздат, 1991. 616 с.

B.D. Belan, G.O. Zадde, T.M. Rasskazchikova, T.K. Sklyadneva, G.N. Tolmachev. Models of Aerosol and Some Gases Distribution in Anticyclone and Cyclone.

Data on distribution of aerosol, CO, O₃ in cyclone and anticyclones are presented. It is shown that their concentration may change in various areas from 2 to 4 times and that there are some differences in the character of the admixtures distribution inside the objects. Stable gradients along atmospheric fronts line from its forward end to the back one are observable in the cyclones. In the anticyclone, as a rule, the concentration gradients are insignificant in its central part and sharply increase to the south and west peripheries.