

П.К. Куценогий, В.И. Макаров

Анализ источников аэрозольных частиц в атмосфере Сибири по данным измерений величин и флуктуаций содержания органического углерода

Институт химической кинетики и горения СО РАН, г. Новосибирск,

Поступила в редакцию 25.11.2003 г.

Содержание органического углерода определялось в пробах атмосферного аэрозоля, отобранных в двух точках в южной части Западной Сибири и трех точках в северной части Западной Сибири. По многолетним наблюдениям в точках отбора на юге Западной Сибири средняя массовая концентрация субмикронной фракции атмосферного аэрозоля составляет около 16 мкг/м³. Усредненные данные по концентрации органического углерода в пробах в Ключах и Карасуке за период с января 2000 по октябрь 2002 г. дают значение 2,7 мкг/м³. Оценка доли реакций озона по двойным связям углеводородов в процессе окисления углеводородов, позволяющих генерировать аэрозольную массу органического углерода, составляет до 20%.

Для точек измерения на юге Западной Сибири отсутствует тенденция в зависимости стандартного отклонения от концентрации. В северных точках зависимость заключается в том, что чем меньше фиксируемая концентрация углерода, тем больше неоднородность (флуктуация) данных. Отсюда можно сделать вывод, что для северных территорий основной вклад в состав органической углеродной массы вносят процессы дальнего переноса, а локальные источники играют роль менее существенного порядка. Для южных районов ситуация иная, что позволяет сделать вывод, что именно в этих широтах и формируется тот самый глобальный/региональный фон, который оказывает основное влияние на северные территории.

Введение

Вариабельность концентраций атмосферных примесей подчиняется простому правилу [5, 6]: чем больше время жизни примеси в атмосфере, тем меньше пространственная и временная вариабельность концентрации данной примеси, и наоборот. Время жизни аэрозольных частиц в атмосфере также относительно невелико и колеблется в зависимости от размерной фракции в пределах от 10 сут до секунд. Так как частицы атмосферного аэрозоля являются короткоживущей атмосферной примесью, их концентрация подвержена интенсивным временным колебаниям, или флуктуациям. Можно разделить регулярные и случайные факторы, вызывающие флуктуации аэрозольной концентрации.

К типичным регулярным факторам, влияющим на концентрацию атмосферного аэрозоля, относятся климатические. Так, например, зима сменяет лето, при этом сезонно подавляются локальные источники биоаэрозоля или эрозионных частиц. Суточные изменения освещенности приводят к изменениям в скорости фотохимического образования аэрозолей. С другой стороны, на регулярные и предсказуемые изменения аэрозольной концентрации накладываются ее случайные колебания, которые, строго говоря, и следует называть флуктуациями, так как обработка данных флуктуаций происходит

по законам статистики, исходя из независимости данных в разные моменты времени.

Среди физических свойств аэрозольных частиц (АЧ) их время жизни в атмосфере представляет особый интерес. Это время определяет, как быстро частицы удаляются из атмосферы и, если известна интенсивность источника, какой величины может достигнуть их квазистационарная концентрация. Аналитическая связь зависимости времени жизни АЧ от размера частиц описывается эмпирическим уравнением [5]:

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{C} \left\{ \left(\frac{r}{R} \right)^2 + \left(\frac{R}{r} \right)^2 \right\} + \frac{1}{T_{wet}}, \quad (1)$$

где T — время жизни частиц; C — константа (около 4 лет); r — радиус частиц; R — радиус частиц с наибольшим временем жизни (примерно 0,3 мкм); T_{wet} — наибольшее время жизни частиц, определяемое влажным вымыванием. Для нижней тропосферы составляет около 10 дней.

Хотя выражение (1) основывается на экспериментальных данных, легко понять его физический смысл. Маленькие частицы быстро коагулируют, большие — гравитационно осаждаются, значит в интервале размеров 0,1–1 мкм время жизни является наибольшим.

Флуктуации концентраций атмосферных примесей зависят от их времени жизни [5, 10]. Причем

большему времени жизни соответствуют меньшие вариации концентраций. Выражение для подобной зависимости дано Янике [6, 8]:

$$v^2 = \frac{1 - \exp(-2T_{\max}/T) \frac{T_{\max}}{T}}{2[1 - \exp(-T_{\max}/T)]^2} - 1, \quad (2)$$

где v — относительное стандартное отклонение флуктуаций счетной концентрации АЧ; T — время жизни АЧ; T_{\max} — константа размерности времени.

Объяснение физического смысла выражения (2) выглядит следующим образом. Если существуют процессы, которые приводят к случайной смене воздушных масс в точке измерения (например, турбулентность), то флуктуации концентрации примеси тем больше, чем больше ее неоднородность в достаточно большом объеме. Отсюда следует, что примесь, равномерно перемешанная в достаточно большом объеме, имеет меньшую амплитуду флуктуаций в точке. И чем больше время жизни, тем лучше перемешивание и тем меньше амплитуда флуктуаций концентрации. Во всяком случае, можно считать выражения (1) и (2) эмпирическими, базирующимися на известных экспериментальных данных.

По Янике [5], $10 \text{ ч} < T_{\max} < 30$ дней.

Из-за схожести природно-климатических условий и ландшафта на территории Сибири были выделены два основных района исследований: Западная Сибирь и Северная Сибирь. Юг Западно-Сибирской низменности характеризуется относительно плоским ландшафтом, небольшой высотой над уровнем моря, сравнительно небольшим средним уровнем осадков (250–700 мм в год).

Существуют несколько основных причин для выделения северных территорий Сибири в особый район исследований. Во-первых, данный район наиболее близок к Арктике и изучение свойств аэрозоля данного района позволяет сделать выводы о природе арктического аэрозоля — так называемой «арктической дымки». Во-вторых, из-за труднодоступности района там возможно проведение довольно ограниченных исследований со специфической аппаратурой, стоимость доставки, установки и эксплуатации которой невелика.

Отдельный интерес вызывает феномен так называемой «голубой дымки». Данный тип аэрозоля наблюдается над территориями с интенсивным растительным покровом (например, тропическими лесами). По существующим на настоящий день представлениям растительность эмитирует большое количество летучих углеводородов (например, терпенов), которые участвуют в атмосферных химических процессах. Данные процессы индуцируются фотохимией, включают в себя соединения азота (окислы) и приводят к образованию низколетучих продуктов, конденсирующихся в виде аэрозольных частиц.

Автотранспорт, в принципе, является одним из важнейших источников микропримесей в атмосфере современных городов. Аэрозоль, непосредственно эмитируемый автомобилями, представляет собой частицы, состоящие из продуктов неполного сгора-

ния топлива в двигателях внутреннего сгорания. Примером подобного аэрозоля является шлейф черного дыма за дизельным автомобилем, в особенности в зимнее время года.

Под готовым промышленным аэрозолем понимается выброс аэрозольных частиц промышленными объектами: например сажи котельными и тепловыми электростанциями или цементной пыли цементными заводами.

Кроме аэрозольных частиц автотранспорт и промышленные предприятия выбрасывают большое количество газов, которые могут вступать в атмосферные химические процессы, приводящие к образованию аэрозоля. Данные процессы, как правило, являются фотоиницированными, поэтому появляющийся в таких процессах аэрозоль, в основном в крупных промышленных центрах, называется фотосмогом. Примерами подобных реакций являются циклы атмосферных превращений азота и серы. Причем, окислы азота NO_x являются «кузницей» радикалов для последующего окисления многих атмосферных компонентов, в том числе соединений серы с S^{IV} до S^{VI} . Сульфаты, как известно, являются малолетучими компонентами и образуют аэрозольные частицы. Поэтому наличие сульфатного аэрозоля часто рассматривают как признак антропогенного загрязнения атмосферы.

Измерительная техника

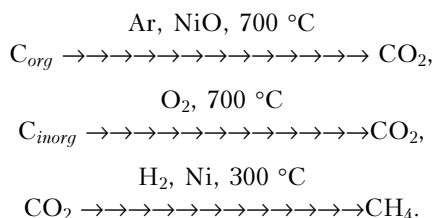
В качестве исходных данных использовались данные по элементному составу частиц, измеренные следующим способом:

Рентгено-флуоресцентный анализ, индуцированный синхротронным излучением (РФА-СИ) [1]. Данный метод уже с начала 90-х гг. активно используется для изучения состава аэрозольных частиц [2, 9]. Измерения на источнике синхротронного излучения проводились в Центре синхротронного излучения Института ядерной физики СО РАН. Обработка данных проводилась в Институте химической кинетики и горения СО РАН [2, 7].

Содержание органического и неорганического аэрозоля определялось в пробах атмосферного аэрозоля, отобранных у населенного пункта Ключи в 30 км к югу от г. Новосибирска и Карасука в 400 км к юго-западу от Новосибирска и трех точках в северной части Сибири. Аэрозоль отбирался на стекловолоконистые фильтры со скоростью 1,4–1,8 м³/ч. Длительность каждого отбора проб была 24 ч для каждого из сезонов (зима, весна, лето, осень). Периоды отбора проб составляли 20–30 сут, через каждый фильтр прокачивалось 30–40 м³ воздуха. Параллельно с отбором проб для углеродного анализа производился отбор проб на фильтры АФА-ХА для определения массовой концентрации путем взвешивания фильтров до и после экспозиции. Объемная скорость прокачки воздуха через фильтры АФА-ХА составляла 13 м³/ч в течение 24 ч.

Одна четвертая часть стекловолоконистого фильтра анализировалась с целью определения

концентрации органического и неорганического углерода. В основе метода лежит каталитическая конверсия органических соединений и элементного углерода в метан, с последующей регистрацией газовой хроматографией с использованием пламенно-ионизационного детектора. Основным принцип работы метода описан в [3]. Схематически пути конверсии можно представить следующим образом:



Результаты и выводы

Несмотря на то что сам процесс формирования аэрозольной массы может быть обусловлен как гомогенной, так и гетерогенной конденсацией, образование низколетучих соединений является необходимым условием для любого вида конденсации. Из анализа кинетики образования аэрозоля до сих пор не было получено никаких указаний на то, что низколетучее аэрозольное вещество может быть образовано из высоколетучих компонентов непосредственно на поверхности аэрозольных частиц в результате гетерогенных реакций.

Следует отметить два компонента, играющих по существующим представлениям ключевую роль в процессах фотоокисления в атмосфере, — это озон (O_3) и окислы серы. Особая роль озона связана с тем, что при фоторазложении озона образуется возбужденный кислород, который при реакции с атмосферным водяным паром может приводить к образованию ОН-радикалов. ОН-радикалы, в свою очередь, считаются чуть ли не главным действующим лицом атмосферных процессов, так как являются основным окислителем практически любых атмосферных примесей.

Окисление серы — весьма важный, с точки зрения аэрозолеобразования, процесс. Дело в том, что соединения 4-валентной серы находятся в атмосфере преимущественно в газообразном состоянии, тогда как соединения 6-валентной серы являются гораздо более реакционноспособными и в условиях конкурентной борьбы многочисленных атмосферных реакций тем не менее приводят преимущественно к образованию сульфатов. Давление насыщенных паров сульфатов чрезвычайно мало, результатом чего является образование сульфатных аэрозольных частиц.

Альтернативный путь использования озона в качестве окислителя, приводящего к образованию аэрозольных частиц, — это его участие в окислении ненасыщенных углеводородов. Данный механизм реакций предположительно может быть осуществим над территориями с большой естественной эмиссией ненасыщенных углеводородов. Например, растительность выбрасывает в атмосферу достаточно

большое количество терпенов — продуктов димеризации или тримеризации изопрена. Данные углеводороды являются ненасыщенными (в них присутствует двойная связь), и их концентрация может достигать значительных величин над территориями с интенсивной растительностью (например, тропические или бореальные леса).

Озон, реагируя с двойной связью ненасыщенных углеводородов, приводит к образованию двойных радикалов, так называемых радикалов Криге ($\text{R}^2\text{O}_2\cdot$). Данные радикалы могут, в свою очередь, участвовать как в окислении серы (что приводит к образованию сульфатного аэрозоля), так и в образовании органических аэрозольных частиц, более известных по термину «голубая дымка».

Предполагая, что все-таки образование низколетучих соединений с их последующей (гомогенной или гетерогенной) конденсацией является основным путем образования аэрозольной массы, можно разбить описанные химические пути трансформации газ-частица на два принципиально разных типа (в зависимости от роли ненасыщенных углеводородов, принимающих участие в данном процессе). Первый тип можно назвать ОН-обогащенным. В данном случае ОН-радикал служит основным регентом, приводящим к окислению газофазных неорганических соединений с последующим образованием низколетучих соединений. Примером такого окисления может служить окисление SO_2 до соединений 6-валентной серы (сульфатов). При этом углеводороды, присутствующие в атмосфере, оказываются вовлеченными в реакционные цепочки в качестве поставщиков окисляющих радикалов, т.е. они могут влиять на скорость и пути реакций. Однако сами эти вещества в конце концов деградируют до CO_2 и не оказываются включенными в аэрозольную массу.

Второй тип реакций предполагает присутствие в реакционной схеме реакций окисления, например реакции озона с двойной связью ненасыщенных углеводородов. После присоединения озона по двойной связи, с последующим распадом промежуточной структуры, следует образование так называемого радикала (или, точнее сказать, бирадикала) Криге (в английской транскрипции — Crigee [10]). Дальнейшая судьба этих высокорекреационных соединений в атмосфере до конца не прояснена. Однако в лабораторных условиях в присутствии ненасыщенных углеводородов, таких как терпены, и воды наблюдается образование органического аэрозоля [4]. Механизмом этого служит атака, уже в свою очередь радикалов Криге, по двойным связям углеводородов.

Использование аналитических методов, которые позволили бы определить происхождение углеводорода в составе аэрозольной массы, может пролить свет на относительную важность реакций с участием озона и ненасыщенных углеводородов в процессе образования субмикронного аэрозоля из газовой фазы.

Исходя из вышеописанных представлений и того факта, что ОН-радикал является основным

атмосферным окислителем, следует ожидать, что присутствующие в атмосфере углеводороды могут выступать лишь в качестве катализаторов окислительного процесса, а находящийся в их составе углерод, в конце концов, будет существовать в форме CO_2 . Однако путь, основанный на реакциях озона с двойными связями, который потенциально приводит к наличию органических соединений в составе субмикронной аэрозольной массы, также нельзя полностью исключить из рассмотрения. Применяя вышеописанную аналитическую методику, в течение нескольких лет анализировали пробы атмосферного аэрозоля, собранные в различных областях континентальной Сибири.

Три из пяти точек отбора находились в северном секторе Западной Сибири (Самбург, Тарко-Сале и Красноселькуп), а две из пяти точек располагались в южном секторе Западной Сибири (Ключи и Карасук). В двух южных из приведенных выше точек наблюдения проводится постоянный мониторинг субмикронной фракции атмосферного аэрозоля. По многолетним наблюдениям в точках отбора Чаны и Ключи в Западной Сибири средняя массовая концентрация субмикронной фракции атмосферного аэрозоля составляет около 16 мкг/м^3 . Эти данные были получены как методом взвешивания фильтров, так и по результатам математической обработки нефелометрических наблюдений. Особенности отбора проб для последующего анализа концентрации органического углерода позволяют утверждать, что анализируется, в основном, субмикронная фракция аэрозоля. Данный вывод основан на том, что заборные устройства не были сконструированы для изокINETического отбора. При неизокINETическом отборе проб эффективность отбора частиц размером более 10 мкм становится чрезвычайно низкой. Однако именно в этой области (порядка 10 мкм) находится максимум в массовой концентрации грубодисперсного аэрозоля в случае представления распределения частиц по размерам по теории Витби [11].

Усредненные данные по концентрации органического углерода в пробах в Ключах и Карасуке за период с января 2000 по октябрь 2002 г. дают значение $2,7 \text{ мкг/м}^3$. В суммарной массе углеводородов масса углерода составляет значительную долю, так как отношение молекулярной массы углерода и водорода составляет 12, а количественное соотношение атомов водорода к атомам углерода для больших насыщенных углеводородов стремится к 2, но всегда меньше 4. Таким образом, масса углерода в углеводородах составляет 60–80%.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод: несмотря на то что реакции озона по двойным связям углеводородов не являются доминирующим процессом, тем не менее наша оценка их доли в процессе окисления углеводородов составляет до 20%.

Величина стандартного отклонения или флуктуаций для метеорологических параметров и атмосферных измерений является чрезвычайно информативным фактором. Достаточно общим является представление о том, что чем больше время жизни

атмосферной примеси (следовательно, ее однородность в результате турбулентного перемешивания), тем меньше наблюдаемые флуктуации в концентрациях.

На рис. 1 и 2 приведена зависимость измеряемой концентрации углерода в органической форме от стандартного отклонения в массиве измеряемых данных.

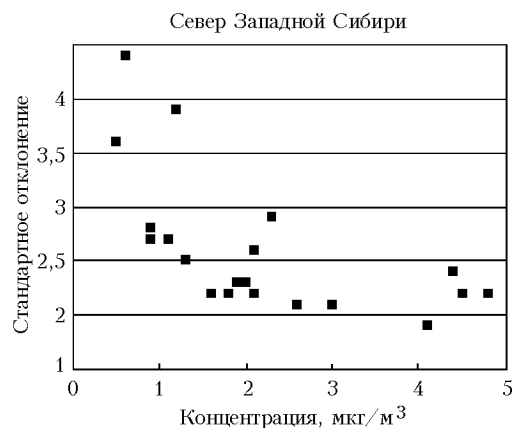


Рис. 1. Зависимость измеряемой концентрации углерода в органической форме в аэрозольных частицах от стандартного отклонения в массиве измеряемых данных

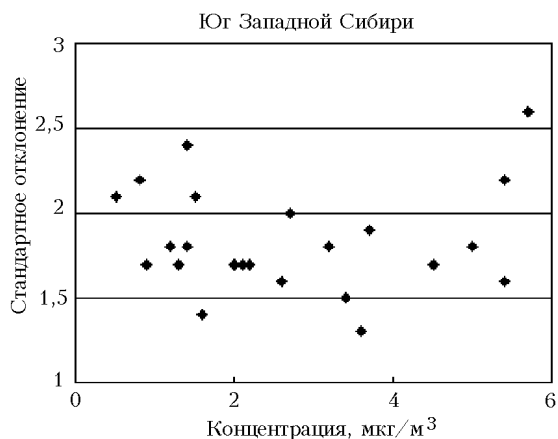


Рис. 2. Зависимость измеряемой концентрации углерода в органической форме в аэрозольных частицах от стандартного отклонения в массиве измеряемых данных

Отличие рис. 1 от рис. 2 заключается в том, что на рис. 1 приведены результаты по измерениям в трех северных точках, а на рис. 2 — в двух южных точках измерений. Сразу видно, что для южных точек измерения в степной зоне юга Западной Сибири отсутствует явно выраженная тенденция в зависимости стандартного отклонения от концентрации. В северных точках, очевидно, просматривается зависимость. Причем зависимость заключается в том, что чем меньше фиксируемая концентрация углерода, тем больше неоднородность (флуктуация) данных. С точки зрения простой логики, ситуация должна была выглядеть наоборот.

В случае установившегося поля концентраций наблюдатель фиксирует глобальную хорошо перемешанную аэрозольную фракцию с относительно

большим временем жизни и малой амплитудой флуктуаций в измеряемых значениях. Резкий рост концентрации, приводящий к росту средних значений, на фоне устоявшейся концентрации может быть обусловлен местным источником. Значит, фиксируется относительно «молодой» аэрозоль со сравнительно коротким временем жизни. Отсюда флуктуации в значениях концентрации растут.

Посмотрим на ситуацию с концентрацией органического углерода в аэрозольных частицах на севере Западной Сибири. Единственное разумное объяснение сводится к следующему. Если существует глобальный фон аэрозольных частиц с содержанием органического углерода и с достаточно большим временем жизни, то флуктуации концентрации будут невелики и стабильны. Сама концентрация будет определяться направлением глобального переноса в точке измерений. Так, на границе Арктического региона направление переноса из относительно чистых северных широт будет приводить к падению концентрации, а направление переноса с относительно грязного юга будет приводить к росту концентрации. При этом амплитуда относительных вариаций будет постоянна и соответствовать амплитуде вариаций для глобальной атмосферной фракции.

На фоновое значение может накладываться локальный источник, аэрозольная фракция которого имеет малое время жизни и высокую величину относительной амплитуды вариации. Если глобальная фракция, соответствующая переносу примесей с относительно загрязненного южного направления, по абсолютной величине превосходит локальный источник, то вариации локального источника окажутся «замаскированными» и будут проявляться только тогда, когда суммарная концентрация упадет до величин, соответствующих локальному источнику.

Отсюда можно сделать вывод, что для северных территорий основной вклад в состав органической углеродной массы вносят процессы дальнего переноса, а локальные источники играют роль менее существенного порядка. Для южных районов ситуация иная. Она позволяет сделать вывод, что именно в этих широтах и формируется тот самый глобальный (региональный) фон, который оказывает основное влияние на северные территории.

На рис. 3 приведены аналогичные данные для свинца, который часто отождествляется с антропогенным загрязнением (прежде всего, автомобильный транспорт и цветная металлургия). Для свинца наблюдается картина, похожая на поведение органического углерода в южных точках измерения, при этом абсолютные величины имеют градиент уменьшения с севера на юг. Интересно, что и для юга, и для севера вблизи нулевых значений концентраций существуют отдельные данные измерений с разбросом стандартного отклонения 5–7 при средней величине стандартного отклонения 2–3.

Применяя ту же логику, что и для нахождения объяснения зависимости величин концентрации от стандартного отклонения для аэрозольных частиц,

содержащих углерод, можно дать следующее объяснение данному феномену. При малой фоновой концентрации свинца в точке наблюдения, которая является следствием процессов глобального и регионального переноса, исчезает маскирующий эффект и проявляется вклад в концентрацию локальных источников. Среди возможных локальных источников единственно возможным представляется местный автотранспорт. Аэрозольные частицы, образующиеся от выхлопов автомобилей, являются очень мелкими, имеют малое время жизни, и в этом случае следует ожидать больших флуктуаций концентрации свинца при малых средних значениях этой концентрации.

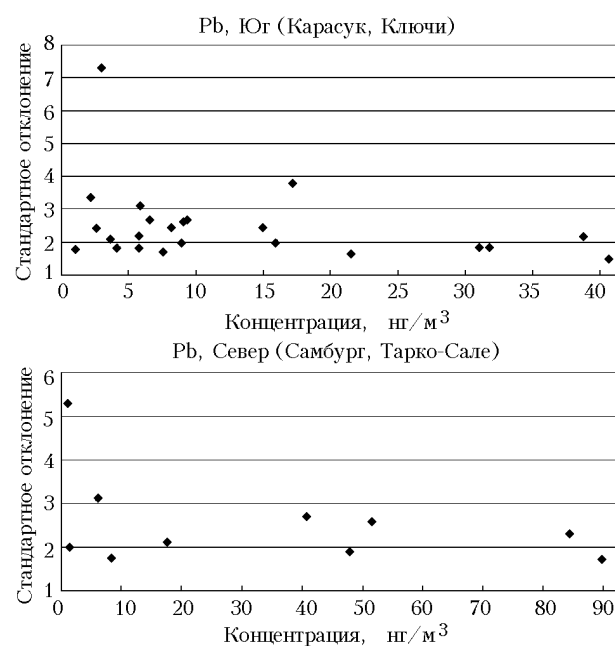


Рис. 3. Зависимость измеряемой концентрации Рb в аэрозольных частицах от стандартного отклонения в массиве измеряемых данных (юг и север Западной Сибири)

Наличие убывающего градиента средней концентрации свинца с севера на юг позволяет сделать однозначный вывод о том, что источник свинца, вносящий основной вклад в глобальный фон над территорией Сибири, находится в северной ее части. Так как кроме автотранспорта к глобальным источникам свинца можно отнести лишь цветную металлургию, следует признать, что единственный крупный комплекс цветной металлургии, а именно Норильский никелевый комбинат, является источником свинца, формирующим его фоновые значения на довольно обширной территории Сибири.

1. Ван Грикен Р., Янике Р., Куценогий К.П., Ходжер Т.В., Кулипанов Г.Н. Атмосферные аэрозоли в Азиатской части бывшего Советского Союза // Байкал как участок мирового природного наследия: результаты и перспективы международного сотрудничества / Под ред. академика Н.Л. Добрецова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. С. 209–219.
2. Куценогий К.П., Буфетов Н.С., Куценогий П.К., Королев В.В., Самсонов Ю.Н., Барышев В.Б., Иванов В.П., Смоляков Б.С., Немировский А.М. Мониторинг

- торинг загрязнения атмосферы ННЦ атмосферными аэрозолями. Окружающая среда и экологическая обстановка в Новосибирском научном центре СО РАН. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1995. С. 22–34.
3. *Armališ S., Nica A.* // *Atmosp. Phys.* 1986. Lithuania. V. 11. P. 155–159.
 4. *Bonn B., Moortgart G.K.* Influence of the Stabilized Criegee Intermediates on new Aerosol Particle Formation in Monoterpene Ozonolysis // *J. Aerosol Sci.* 2001. V. 32. Suppl. 1. P. S487–S488.
 5. *Jaenicke R.* Aerosol physics and chemistry // *Landolt – Boernstein Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology New Series Group V: Geophysics and Space Research; V. 4: Meteorology. Subvolume b, G* / Fisher (ed): Physical and chemical properties of the air. 1988. P. 391–457.
 6. *Jaenicke R.* Comments on an article of Slinn // *Tellus.* 1989. V. 41B. P. 560–561.
 7. *Koutsenogii P.K., Boufetov N.S., Smirnova A.I., Koutsenogii K.P.* Elemental composition of atmospheric aerosols in Siberia. *Nuclear Instr. & Meth. // Phys. Res. A.* 1998. V. 405. P. 546–549.
 8. *Slinn W.G.N.* A simple model for Junge's relationship between concentration fluctuations and residence times for tropospheric trace gases // *Tellus.* 1988. V. 40B. P. 229–232.
 9. *Van Malderen H., Van Grieken R., Bufetov V., Koutsenogii K.* Chemical characterization of individual aerosol particles in Central Siberia *Environ. Sci. Technol.* 1996. V. 30. N 1. P. 312–321.
 10. *Warneck P.* Chemistry of the natural atmosphere // *Intern. Geophys. Series.* 1988. V. 41. 753 p.
 11. *Whitby K.T.* Modeling of atmospheric aerosol size distribution. A progress Report on EPA Research Grant No R800971: sampling and analysis of atmospheric aerosols. 1975. 35 p.

P.K. Koutsenogii, V.I. Makarov. Analysis of the sources of aerosol particles in the Siberian atmosphere from organic carbon measurements.

The content of organic carbon was determined in the samples of atmospheric aerosol from two sites located in Southwestern Siberia and three sites located in Northwestern Siberia. According to many-year observations, the mean mass concentration of the submicron fraction of atmospheric aerosol at the sampling sites in Southwestern Siberia is about 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The averaged data on the organic carbon concentration in the samples from Klyuchi and Karasuk for the period since January 2000 till October 2002 give the value of 2.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The fraction of the ozone reactions in oxidation of hydrocarbons leading to generation of the aerosol mass of organic carbon was estimated as up to 20%.

For the sampling sites in Southwestern Siberia, the tendency in dependence of the standard deviation on the concentration is absent. At the sampling sites located in Northwestern Siberia, the lower is the measured carbon concentration, the higher is the nonuniformity (fluctuation) of the data. It can be concluded herefrom that for the northern territories the major contribution to the organic carbon mass is due to the long-range transport processes, while local sources play the less significant role. For the southern regions, the situation is quite different, and this suggests that just these latitudes form the global/regional background, which affects the northern territories.