

УДК 581.162.3:551.510.42

Счетные и массовые концентрации пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля в окрестностях г. Новосибирска в период цветения древесных растений

В.В. Головко¹, К.П. Куценогий¹, В.Л. Истомин^{2*}

¹ *Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН
630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3*

² *Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 15*

Поступила в редакцию 9.01.2015 г.

Исследованы таксономический состав, среднесуточные концентрации и суточная динамика содержания в атмосфере пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля в пос. Ключи Новосибирской области. В период цветения древесных растений в атмосфере массово присутствовала пыльца ивы, тополя, березы, клена, сосны, ели. Пыльца прочих древесных растений (пихты, ольхи, облепихи), трав (осоки, злаков), а также споры хвощей встречались эпизодически. Основной вклад (до 99%) в массовую концентрацию пыльцевой компоненты вносили пыльцевые зерна березы и сосны. Среднесуточные массовые концентрации пыльцы в атмосферном воздухе варьировали от 0,3 до 57,8 мкг/м³ (в отдельных пробах атмосферного аэрозоля — до 85 мкг/м³), составляя в период массового цветения березы до 57% от суммарных среднесуточных концентраций атмосферного аэрозоля.

Ключевые слова: пыльца, атмосферный аэрозоль, счетная концентрация, массовая концентрация, суточная динамика; pollen, atmospheric aerosol, number concentration, mass concentration, daily dynamics.

Введение

Пыльца анемофильных растений присутствует в воздухе на протяжении всего вегетационного периода, являясь неизменной компонентой атмосферного аэрозоля (АА). Огромное количество ее разносится воздушными течениями на сотни и тысячи километров [1], обеспечивая генетический обмен при семенном размножении, перенос химических элементов в биоценозах, вызывая сезонные вспышки пыльцевой аллергии [1–4]. Таксономический состав, сезонная и суточная динамика содержания пыльцевой компоненты АА в атмосфере определяются динамикой цветения растений и их пыльцевой продуктивностью [5].

В Сибири наблюдаются три периода эмиссии пыльцы: весенний, весенне-летний и летне-осенний, связанных с массовым цветением соответственно деревьев, злаков и разнотравья [6] и численным преобладанием в атмосфере пыльцевых частиц данных растений. Количество пыльцы, продуцируемой растениями, цветущими на протяжении данных периодов, различается на два–три порядка. Максимум пыльцы поступает в атмосферу в период цветения древесных

растений, пыльцевая продуктивность которых может достигать шести центнеров на гектар [7]. Высокие концентрации пыльцы древесных растений в атмосфере в весенне-летний период обуславливают широкое распространение аллергических заболеваний и повышенный интерес к динамике ее содержания в воздухе [7].

Целью исследования было:

- 1) установить таксономический состав пыльцевой компоненты АА в период массового цветения древесных растений;
- 2) среднесуточные счетную и массовую концентрации пыльцы;
- 3) суточную динамику содержания пыльцы в атмосфере;
- 4) вклад пыльцевых частиц в суммарную массовую концентрацию АА;
- 5) сопоставить полученные данные с результатами, полученными ранее.

Место и методика отбора проб

Наблюдения проводились на стационаре Института геологии, геофизики и минералогии СО РАН, в пос. Ключи (30 км от центра Новосибирска). Пос. Ключи расположен в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности, по правому берегу р. Оби на возвышенной равнине Приобского плато.

* Владимир Викторович Головко (golovko@ns.kinetics.nsc.ru); Константин Петрович Куценогий; Вячеслав Лазаревич Истомин (istomin@hydro.nsc.ru).

Характер рельефа и растительного покрова в выбранной точке отбора проб типичен для правобережной приобской лесостепи, представляющей собой возвышенную равнину в Приобском боровом округе, объединяющем крупные массивы сосновых боров.

Серия круглосуточных отборов проб пылевой компоненты АА была проведена с 11 мая по 2 июня 2012 г. Пробы отбирались импактором (рис. 1), сконструированным на основе щелевого импактора Яники. Данное оригинальное отбирающее устройство представляет собой цилиндр 1, в который помещен шаговый двигатель (ШД) 2, на валу которого крепится покрытый смазкой съемный диск 6. На диске размещалось 12 зон осаждения (ЗО) АА (рис. 2, а). Отбор пробы осуществлялся насосом через сопло 5 в крышке 4 импактора. Расход воздуха составлял 114 л/мин, диаметр отсечения d_{50} устройства – порядка 15 мкм. Для ориентации устройства по ветру импактор соединен с флюгером.

После завершения отбора диск устанавливается ШД в положение, в котором начинается отбор новой пробы. Управление ШД выполняется компьютером через соединительный кабель 3. Продолжительность отбора проб определяется временем работы воздушного насоса. Установленное на компьютере программное обеспечение импактора позволяло для каждой из 12 проб АА задавать время начала и длительность отбора.

Отбор проб производился каждые 2 ч. Время экспозиции составляло 10–20 мин. Пробы АА отбирались с высоты 170 см от поверхности почвы.

Уловленные пылевые частицы окрашивались красителем «Кумасси голубой» и подсчитывались с помощью микроскопа при $40\times$ увеличении на 100 полях зрения (рис. 2, б). Их количество пересчитывалось на площадь зоны осаждения. Таксономическая принадлежность пыли определялась по ее морфологии [8–10] до рода. Счетная концентрация

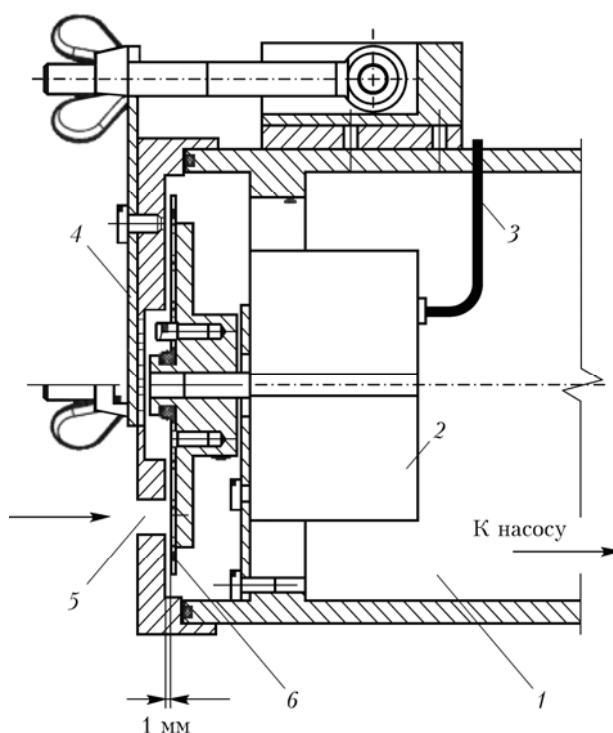


Рис. 1. Схема импактора, использованного при проведении наблюдений

пыльцы в воздухе рассчитывалась исходя из числа уловленных пылевых частиц различных таксонов и объема воздуха, отбираемого импактором.

Для оценки массовой концентрации пыли использовались найденные экспериментально значения веса индивидуальных пылевых зерен растений, приведенные в таблице. Методика определения массы индивидуальных пылевых частиц была описана ранее [11].

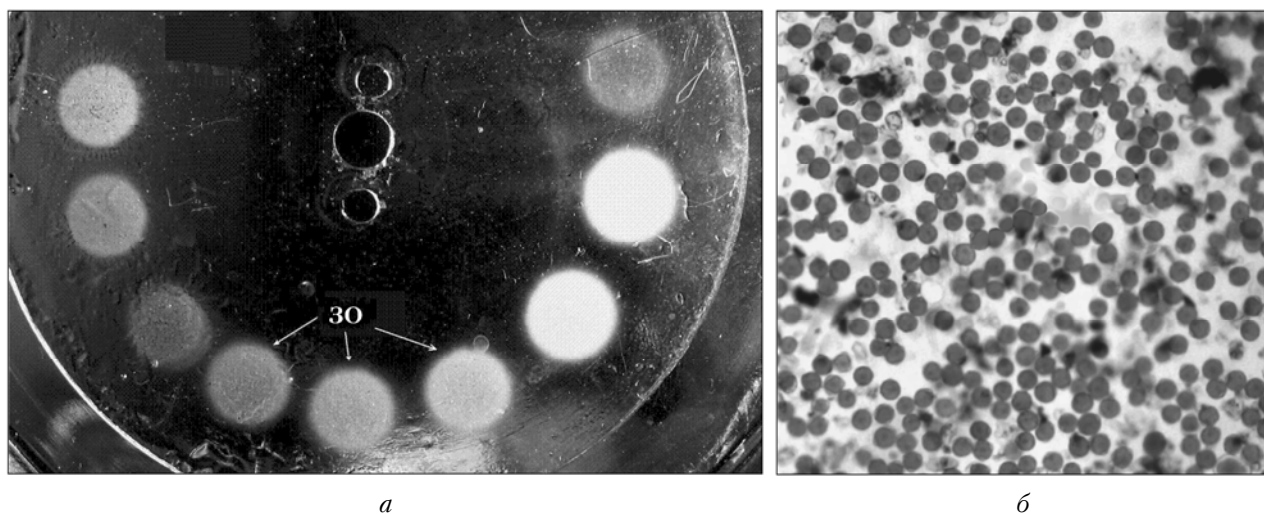


Рис. 2. Осадок атмосферного аэрозоля на диске импактора: а – зоны осаждения атмосферного аэрозоля на диске; б – пылевые зерна в поле зрения микроскопа

Среднегеометрические значения (m_g) и стандартные геометрические отклонения (σ_g) массы пыльцевых зерен в пробах атмосферного аэрозоля

Название таксона	m_g , МКГ	σ_g
Ольха (Ольха черная, <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.)	3,5	1,30
Ива (Ива белая, <i>Salix alba</i> L.)	2,4	1,11
Береза (Береза повислая, <i>Betula pendula</i> Roth)	2,8	1,26
Тополь (Осина обыкновенная, <i>Populus tremula</i> L.)	4,0	1,26
Клен (Клен ясенелистный, <i>Acer negundo</i> L.)	8,3	1,21
Ель (Ель сибирская, <i>Picea obovata</i> Ledeb.)	63,2	1,07
Пихта (Пихта сибирская, <i>Abies sibirica</i> Ledeb.)	82,4	1,23
Облепиха (Облепиха крушиновая, <i>Hippophae rhamnoides</i> L.)	7,5	1,33
Сосна (Сосна обыкновенная, <i>Pinus sylvestris</i> L.)	14,5	1,22
Осока (Осока большехвостая, <i>Carex macroura</i> Meinh.)	4,5	1,36
Злаки (Тимофеевка луговая, <i>Phleum pratense</i> L.)	15,8	1,17

Таксономический состав, среднесуточные концентрации пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля

В 2012 г. в пробах АА, отобранных с 11 мая по 2 июня в атмосфере, массово присутствовала пыльца ивы, тополя, березы, клена, сосны, ели. Счетные концентрации пыльцевых зерен данных таксонов варьировали от десятков и сотен до десятков тысяч пыльцевых зерен в 1 м³ воздуха. Эпизодически встречались незначительные количества пыльцы прочих древесных растений (пихты, ольхи, облепихи). В отдельных пробах АА 11–16, 18, 19, 22 и 23 мая присутствуют пыльцевые зерна трав (осоки, злаков). В трех пробах АА, взятых 29 и 30 мая, отмечены единичные споры хвощей, в одной (30 мая) – пыльцевое зерно одуванчика. Таким образом, в атмосфере регулярно была представлена пыльца 11 родов и 7 семейств растений. Изменение интенсивности цветения растений, относящихся к данным таксонам, обусловило закономерные изменения ее среднесуточных концентраций на протяжении периода наблюдений.

В целом в аэрозольных пробах, отобранных в пос. Ключи, присутствовала пыльца практически всех таксонов, представленных в составе спорово-пыльцевого спектра АА в тот же период 1996–1998 г. в Академгородке г. Новосибирска [12]. Отличие спорово-пыльцевого спектра АА пос. Ключи состояло лишь в полном отсутствии в отдельных пробах АА даже незначительных количеств пыльцы лиственницы и дуба, что, видимо, обусловлено отсутствием искусственных насаждений данных растений в окрестностях пункта наблюдения.

В период проведения наблюдений основной вклад в счетную и массовую концентрации пыльцевой компоненты АА вносила пыльца древесных растений, на долю которой в различных пробах АА приходилось от 99,5 до 100% уловленных пыльцевых частиц. Доля трав (злаков и осок) даже в тех пробах АА, в которых присутствовала их пыльца, составила менее 0,5% уловленных зерен.

С 11 мая по 2 июня 2012 г. наблюдались два пика содержания пыльцы в атмосфере. Первый из них, на протяжении которого в воздухе преобладала

пыльца лиственных растений, отмечавшийся с 11 по 16 мая, связан с массовым цветением берез. В эти дни среднесуточная счетная концентрация пыльцевых зерен березы достигала 20000 пыльцевых зерен в 1 м³ воздуха (в отдельных пробах атмосферного аэрозоля – 29000 пыльцевых зерен в 1 м³), составляя в среднем 5500 зерен пыльцы в 1 м³. Среднесуточная массовая концентрация пыльцевых зерен березы равнялась 57 мкг/м³ (в отдельных пробах атмосферного аэрозоля – 80 мкг/м³), в среднем – 15,5 мкг/м³. Среднесуточная массовая концентрация пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля в целом в этот период достигала 58 мкг/м³ (81 мкг/м³ в отдельных пробах), составляя в среднем 15,8 мкг/м³.

Второй этап, на протяжении которого в атмосфере преобладали пылевые зерна хвойных, отмечается 28 мая – 2 июня и обусловлен массовой эмиссией в атмосферу пыльцы сосны (рис. 3). В этот период среднесуточная счетная концентрация пыльцевых зерен сосны в атмосфере достигала 1100 пыльцевых зерен в 1 м³ воздуха (в отдельных пробах – 3300 зерен в 1 м³), составляя в среднем 280 зерен пыльцы в 1 м³. Среднесуточная массовая концентрация пыльцевых зерен сосны в атмосфере достигала 16,1 мкг/м³ (в отдельных пробах – 66 мкг/м³), составляя в среднем 5,1 мкг/м³. Среднесуточная массовая концентрация пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля в целом в период преобладания пыльцы хвойных равнялась 20 мкг/м³ (82 мкг/м³ в отдельных пробах), в среднем – 8,1 мкг/м³.

В исследуемый период вклад пыльцевых зерен березы и сосны в счетную и массовую концентрации пыльцевой компоненты АА составлял 95–99%. На долю пыльцы прочих древесных растений (ивы, тополя, клена, ели, пихты, облепихи) приходилось не более 1–4,5%.

Вклад пыльцевой компоненты в суммарную массовую концентрацию атмосферного аэрозоля равнялся в среднем 16,4%, достигая в отдельные дни 57–66%. Наблюдалась положительная корреляция между содержанием пыльцы в атмосфере, счетной и массовой концентрациями АА и содержанием органического углерода в аэрозольных пробах.

Отмечалась отчетливая отрицательная корреляция между выпадением осадков и содержанием пыльцы в атмосфере. Даже непродолжительные дожди

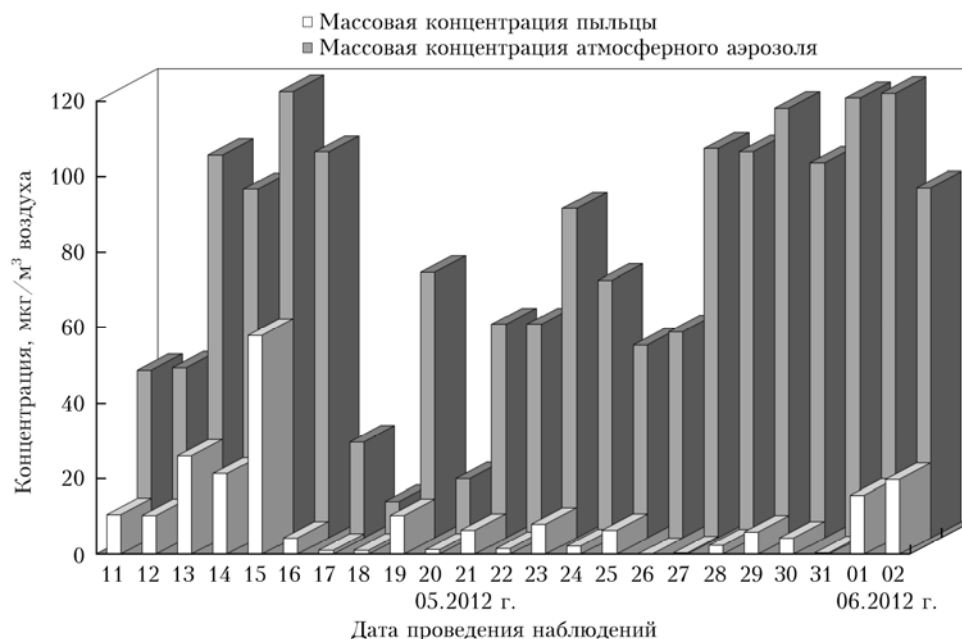


Рис. 3. Вклад пыльцы в массовую концентрацию атмосферного аэрозоля

16 мая в интервале с 10 до 12 ч уменьшили концентрацию пыльцы в атмосфере в десять раз. Аналогичная картина наблюдалась в ходе суточных отборов проб АА 17–19, 21–25, 31 мая. При этом выпадение осадков снижало содержание пыльцы в аэрозольных пробах в 5–100 раз. Длительные дожди 26–27 мая снижали содержание пыльцы в пробах АА до нуля.

В целом для анемофильных растений характерно распускание цветков и высыпание пыльцы из пыльников в светлое время суток. Это обусловлено адаптацией к переносу пыльцы воздушными течениями, поскольку днем в приземном слое атмосферы скорость ветра в среднем существенно выше, чем в ночные часы, и имеют место восходящие потоки воздуха, что способствует переносу пыльцы на значительные расстояния.

В дни с ясной сухой погодой наблюдалась отчетливая суточная динамика содержания пыльцы в атмосфере, обусловленная ритмами цветения растений и состоянием приземного слоя атмосферы. Пыльца пихты, облепихи, осок, злаков и споры хвощей встречались эпизодически в отдельных пробах атмосферного аэрозоля, преимущественно в дневные часы. Ночью пыльца и споры данных таксонов в пробах АА практически отсутствовали. Максимальные концентрации пыльцы березы, сосны, ели, клена, тополя и ивы отмечались в дневные часы, утром и вечером содержание пыльцы было существенно ниже, минимум наблюдался в ночные часы. При этом массовые концентрации пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля в дневные и ночные часы могли различаться на порядок. Таким образом, суточная динамика содержания в атмосфере пыльцы растений в весенний период совпадала с картиной, наблюдаемой ранее в Академгородке г. Новосибирска в 1996–1998 г. [12].

Заключение

1. В период проведения наблюдений, с 11 мая по 2 июля 2012 г., в отобранных пробах АА отмечены пыльца и споры 7 семейств растений. Основной вклад (порядка 95–99%) в счетную и массовую концентрации пыльцевой компоненты АА вносится пыльцой берез и сосен.

2. Таксономический состав пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля сходен с пыльцевым спектром аэрозольных проб, исследованных в 1996–1998 г. в Академгородке г. Новосибирска в весенний период.

3. На протяжении периода наблюдений среднесуточные массовые концентрации пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля составляли в среднем $6,1 \text{ мкг/м}^3$, достигая в отдельные дни 57 мкг/м^3 . Наблюдались два пика содержания пыльцы в атмосфере (11–16 мая и 28 мая – 2 июня), связанные с массовым цветением берез и сосен.

4. Вклад пыльцевой компоненты в массовую концентрацию атмосферного аэрозоля варьировал в широких пределах, составляя в среднем 16,4%. В периоды интенсивной эмиссии пыльцы в атмосферу он мог достигать 57–66%.

5. Наблюдалась отчетливая суточная динамика содержания пыльцы в атмосфере. В дневные часы ее содержание в атмосфере на порядок превышало ее содержание ночью.

Авторы выражают свою признательность С.А. Поповой за предоставленные сведения о суммарной массовой концентрации атмосферного аэрозоля и М.А. Бизину за помощь в проведении отборов проб.

1. Rogers C.A., Levetin E. Evidence of long-distance transport of mountain cedar pollen into Tulsa, Oklahoma // Int. J. Biometeorol. 1998. V. 42, N 2. P. 65–72.
2. Сладков А.Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. М.: Наука, 1967. 268 с.

3. *Doskey P.V., Ugoagwu B.J.* Atmospheric deposition of macronutrients by pollen at a semi-remote site in Northern Wisconsin // *Atmos. Environ.* 1989. V. 23, N 12. P. 2761–2766.
4. *Rantio-Lehtimäki A.* Aerobiology of Pollen and Pollen Antigens // *Bioaerosols Handbook* / Eds. C.S. Cox, C.M. Wathes. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers Inc., 1995. P. 387–406.
5. *Пономарев А.Н.* Некоторые приспособления злаков к опылению ветром // *Ботанич. ж.* 1966. Т. 51, № 1. С. 28–39.
6. *Адо В.А., Астафьева Н.Г.* Поллинозы. М.: Знание, 1991. 224 с.
7. *Беклемишев Н.Д., Ермекова Р.К., Мошкевич В.С.* Поллинозы. М.: Медицина, 1985. 240 с.
8. *Бобров А.Е., Курпянова Л.А., Литвинцева М.В., Тарасевич В.Ф.* Споры папоротникообразных и пыльца голо-
 семенных и однодольных растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1983. 208 с.
9. *Курпянова Л.А., Алешина Л.А.* Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. Т. 1. 172 с.
10. *Курпянова Л.А., Алешина Л.А.* Пыльца и споры двудольных растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1978. Т. 1. 174 с.
11. *Головко В.В., Истомин В.Л., Куценогий К.П.* Определение массы пыльцевых зерен анемофильных растений // *Проблемы современной палинологии: Материалы XIII Российской палинологической конференции.* Т. 2. Сыктывкар, Коми НИЦ УрО РАН, 2011. С. 235–238.
12. *Головко В.В., Куценогий П.К., Киров Е.И., Куценогий К.П., Истомин В.Л., Рыжаков В.А.* Пыльцевая компонента атмосферного аэрозоля в окрестностях Новосибирска // *Оптика атмосф. и океана.* 1998. Т. 11, № 6. С. 645–649.

V.V. Golovko, К.П. Koutsenogii, V.L. Istomin. **Number and mass concentrations of the pollen component of atmospheric aerosol measured near Novosibirsk during blossoming of arboreal plants.**

A study was made of taxonomic composition, daily average concentrations, and daily dynamics of the content of atmospheric aerosol pollen component in the atmosphere of village Klutchi of the Novosibirsk region. During blossoming of arboreal plants the atmosphere contained the pollen of willow, poplar, birch, maple, pine, and fir-tree. The pollen of other arboreal plants (silver fir, alder, sea-buckthorn), grass (cereals, sedge), and the spores of horsetails was registered occasionally. The main contribution (up to 99%) to the mass concentration of the pollen component was made by the pollen grains of birch and pine. The daily average mass concentrations of pollen in the atmosphere varied from 0.3 to 57.8 μg per 1 m^3 of air (in some samples of atmospheric aerosol, up to 85 μg), amounting during the mass blossoming of birch to 57% of the total daily average concentration of atmospheric aerosol.