

УДК 581.162.3:551.510.42

**В.В. Головкин, П.К. Куценогий, Е.И. Киров, К.П. Куценогий, В.Л. Истомин, В.А. Рыжаков**

## **ПЫЛЬЦЕВАЯ КОМПОНЕНТА АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ НОВОСИБИРСКА**

В воздухе Академгородка г. Новосибирска отмечена пыльца растений, относящихся к двадцати одному семейству. В статье приводятся данные о весе пыльцевых зерен четырнадцати анемофильных растений, счетной и массовой концентрации преобладающих типов пыльцы. Прослежена сезонная и суточная динамика содержания пыльцы в воздухе, их связь с экологией цветения растений и погодными условиями.

### **Введение**

Частицы биологического происхождения т.е. вирусы, бактерии, споры, пыльца и др., являются неотъемлемой составляющей атмосферного аэрозоля. Их величина колеблется от десятков нанометров до ста микрон и, следовательно, они представлены во всем диапазоне размеров аэрозольных частиц. На долю биоаэрозоля в ряде регионов Земли приходится значительная часть массовой концентрации атмосферного аэрозоля (до 55 – 95% [1 – 3]).

Пыльца растений – один из важнейших компонентов грубодисперсной фракции ( $D > 1$  мкм) биоаэрозоля. Размеры пыльцевых зерен (ПЗ) лежат в пределах от 2 – 5 до 250 мкм, преобладающая пыльца ветроопыляемых растений имеет величину порядка 20 – 50 мкм [4]. Опьяемые ветром растения образуют ее в огромных количествах. Пыльцевая продукция сосны обыкновенной в насаждении составляет порядка 2 кг с дерева и до 125 кг/га, пихты сибирской – порядка 450 г с дерева. В изреженных припоселковых кедровниках количество пыльцы составляет до 8,6 кг с дерева и до 150 кг/га. Одно взрослое дерево березы повислой продуцирует в среднем порядка 1,7 кг пыльцы. Кукурузное поле образует порядка 50 кг пыльцы на гектар [5, 6].

Целью настоящей работы было изучение сезонной и суточной динамики содержания пыльцы в воздухе, определение счетной и массовой концентрацией различных видов пыльцы, установление их связи со сроками цветения растений и погодными условиями.

### **Материалы и методы**

Отбор проб атмосферного аэрозоля производился летом 1996 г. на крыше ИХКиГ (высота 15 м). Проведено 20 круглосуточных наблюдений с трехчасовыми интервалами между отборами проб. Для определения счетной концентрации пыльцы использовали импактор открытого типа ( $d_{50}$  порядка 20 мкм) [7]. Аэрозольные частицы отбирались на стеклянные пластинки разме-

ром 2,5 см × 4 см, покрытые глицерин-желатиновой смазкой с добавлением красителя кумаши голубого (5 частей глицерин-желатина, приготовленного по стандартной методике, 1 часть глицерина, 2 части окрашивающего раствора) [7].

Для выяснения сезонной динамики изменения концентрации ПЗ с 1 апреля 1996 г. пыльцу улавливали на горизонтальные липкие стекла, экспонировавшиеся одни сутки. ПЗ рассматривались и подсчитывались с помощью оптического микроскопа МБИ-11 (увеличение 600-кратное). Систематическая принадлежность пыльцы определялась по ее морфологии до рода, а в ряде случаев до семейства (злаки, маревые). Счетная концентрация ПЗ вычислялись, исходя из количества пыльцы, уловленной импактором, времени экспозиции липких стекол и технических характеристик импактора. Значения массовой концентрации наиболее многочисленных типов пыльцы найдены по счетной концентрации и весу их ПЗ.

Вес ПЗ ряда анемофильных растений, чья пыльца преобладает в воздухе, был определен экспериментально. Пыльцу собирали с растений природных популяций Академгородка по стандартной методике [6]. Ее навески (порядка нескольких мг) наносили равномерным слоем с помощью установки для импульсного распыления порошкообразных материалов на фильтры АФА-ХА (площадь фильтра, на которую оседала пыльца, – 16,62 см<sup>2</sup>). Напыление производилось на стенде «Импульсного пневматического транспортирования» сектора импульсной газодинамики ИГиЛ СО РАН [8]. Массу напыленной пыльцы определяли взвешиванием фильтров на аналитических весах. Количество ПЗ, осевших на фильтр, подсчитывалось с помощью микроскопа МБИ-11 по 30 произвольно выбранным полям зрения микроскопа. Перед просмотром фильтры покрывали прозрачной липкой пленкой и смачивали 50%-м водным раствором глицерина. Вес одного ПЗ находили делением массы напыленной навески на число осевших ПЗ. Повторность опытов по определению веса ПЗ каждого вида растений шестикратная.

## Результаты и обсуждение

В воздухе Академгородка отмечена пыльца растений, относящихся к двадцати одному семейству, а также споры папоротникообразных. Преимущественно встречались ПЗ ветроопыляемых растений, на долю которых в разные дни приходилось от 90 до более чем 99% всей уловленной пыльцы. В период наблюдения в воздухе численно преобладала пыльца следующих растений: сосны, злаков, маревых, конопли, крапивы и полыни. Пыльца других растений

встречалась эпизодически, и ее счетная концентрация не превышала нескольких ПЗ в  $1 \text{ м}^3$  воздуха. В табл. 1 приводятся масса и величина пыльцевых зерен ветроопыляемых растений, преобладающих в растительном покрове, а также некоторых анемофильных растений – интродуцентов, чья пыльца обильно встречается в воздухе.

В табл. 2 указаны максимальные значения счетной ( $\text{м}^{-3}$ ) и массовой ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ) концентрации ПЗ тех ветроопыляемых растений, чья пыльца преобладала в воздухе.

Таблица 1

Вес и размеры пыльцевых зерен некоторых анемофильных растений

Видовая принадлежность пыльцы	Средний вес* пыльцевого зерна, нг	Диаметр или длина наибольшей оси пыльцевого зерна,** мкм
Лиственница сибирская ( <i>Larix sibirica</i> )	160	81 – 90
Ель сибирская ( <i>Picea obovata</i> )	63	108 – 122
Сосна обыкновенная ( <i>Pinus solvestris</i> )	14	77 – 88
Костер безостный ( <i>Bromus inermis</i> )	21	35 – 44
Ежа сборная ( <i>Dactylis glomerata</i> )	16	36 – 42
Тимофеевка луговая ( <i>Phleum pratense</i> )	10	35 – 38
Дуб черешчатый ( <i>Quercus robur</i> )	8,6	25 – 39
Осина ( <i>Populus tremula</i> )	4	29 – 31
Тополь черный ( <i>Populus nigra</i> )	3,6	29
Марь белая ( <i>Chenopodium album</i> )	3,9	24 – 25
Конопля посевная ( <i>Cannabis sativa</i> )	3,0	23 – 29
Береза бородавчатая ( <i>Betula pendula</i> )	2,8	28
Полынь горькая ( <i>Artemisia absinthium</i> )	1,7	23 – 24
Крапива обыкновенная ( <i>Urtica dioica</i> )	0,8	18

\*Стандартная ошибка средней величины порядка 6%.

\*\*По Куприяновой и др. [9 – 11].

Таблица 2

Максимальные концентрации преобладающих типов пыльцы в воздухе Новосибирского академгородка

Видовая принадлежность пыльцы	Дата и время наблюдения	Счетная концентрация, пыльцевых зерен/ $\text{м}^3$	Массовая концентрация пыльцы, $\text{мкг}/\text{м}^3$
Сосна обыкновенная ( <i>Pinus solvestris</i> )	9.00–9.45 11 июня	1000	14
Злаки (Poaceae)	9.00–9.45 5 июля	120	1,9*
Маревые ( <i>Chenopodiaceae</i> )	12.00–12.45 27 июля	29	$1,1 \cdot 10^{-1}$ **
Конопля посевная ( <i>Cannabis sativa</i> )	12.00–12.45 27 июля	41	$1,2 \cdot 10^{-1}$
Крапива обыкновенная ( <i>Urtica dioica</i> )	12.00–12.45 27 июля	43	$3,4 \cdot 10^{-2}$
Полынь горькая ( <i>Artemisia absinthium</i> )	12.00–13.00 14 августа	61	$10^{-1}$

\*Вычислена по массе пыльцевых зерен ежи сборной.

\*\*Вычислена по массе пыльцевых зерен мари белой.

Сроки поступления пыльцы в воздух определяются периодом цветения растений. На рис. 1 показаны периоды нахождения в воздухе основных типов пыльцы и общее число ПЗ, осевших на  $1 \text{ см}^2$  горизонтальных липких стекол. Как видно из этого рисунка, максимальная концентрация пыльцы сосны наблюдалась в начале июня. Пыльца злаков появилась в воздухе во второй декаде июня и присутствовала в заметных количествах вплоть до конца июля. Максимум пыления пришелся на третью декаду июня – вторую декаду июля. Единичные пыльцевые

зерна отмечены 15 июня, однако массовое цветение ее происходило лишь в конце июля и заканчивалось в начале августа. Пыльца крапивы и маревых обнаруживалась в третьей декаде июня, но массово появилась только во второй-третьей декадах июля. Наиболее поздно появилась пыльца полыни. Ее ПЗ зарегистрированы 17 июля, а массовое пыление происходит в первой половине августа. К концу августа – началу сентября цветение растений заканчивается. Во второй половине августа было также отмечено незначительное количество спор папоротникообразных.



Рис. 1. Динамика сезонного изменения концентрации пыли по данным осадка на липких горизонтальных стеклах, пыльцевых зерен/см<sup>2</sup>

Суточная динамика концентрации пыли в воздухе обусловлена как временем цветения растений, так и погодными условиями. У сосны обыкновенной максимум пыли летит в дневные часы, ранним утром вылет слабый, а ночью он почти прекращается в связи с понижением температуры и повышением влажности воздуха [12]. Это обуславливает резкое возрастание концентрации ПЗ сосны в утренние часы, высокое их содержание в воздухе в течение дня и постепенное снижение вечером и ночью. На рис. 2 приведен типичный пример изменения счетной концентрации пыли сосны. Как видно из этого рисунка, разница между содержанием пыли в воздухе в дневное и ночное время достигает двух порядков.

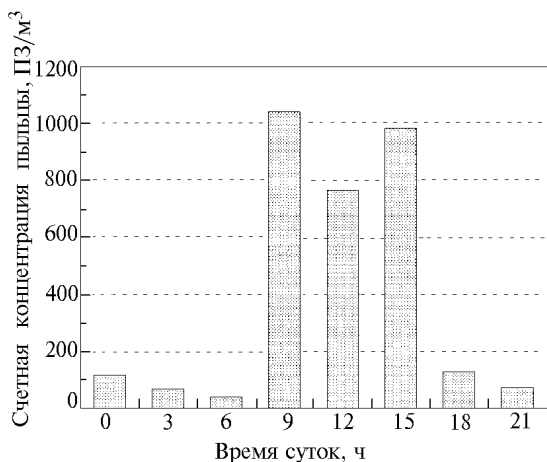


Рис. 2. Содержание пыли сосны в воздухе 11 июня 1996 г. в период цветения. Суточная динамика счетной концентрации пыльцевых зерен

Для злаков картина получается не столь однозначной. В зависимости от времени распускания цветков в семействе Роасеае выделяют следующие группы: 1) утренние злаки; 2) предвечерние (послеполуденные); 3) околополуденные; 4) злаки с двухразовым (утренним и вечерним) цветением в течение суток; 5) ночные злаки; 6) круглосуточно цветущие. У многих послеполуденных злаков отмечено взрывчатое и порционное цветение (Аггоригоп геренс и др.) [13]. В Академгородке произрастают примерно сорок представителей этого семейства, причем каждому виду присущ свой собственный суточный ритм цветения. Они встречаются с разной степенью обилия и цветут в разные сроки на протяжении вегетационного периода. Поэтому максимальная концентрация ПЗ в разные дни отмечалась днем в разное время: 23, 27 июня и 5 июля в 9 ч – 100, 46 и 116 пыльцевых зерен/м<sup>3</sup>; 17 июля в 15 ч – 91 пыльцевое зерно/м<sup>3</sup>. Ночью счетная концентрация пыли злаков не превышала нескольких пыльцевых зерен/м<sup>3</sup>.

Наивысшая концентрация ПЗ конопли, крапивы и маревых в воздухе отмечена в 12 ч во все дни наблюдений. У этих растений она быстро достигает максимума, а затем постепенно падает. Пик их пыления отмечен 27 июля (рис. 3). У полыни увеличение концентрации пыли происходило в 9 ч утра, после чего на протяжении всего дня она оставалась высокой, снижаясь в вечерние и ночные часы.

На содержание пыли в воздухе влияют также погодные условия. Осадки – один из наиболее важных метеорологических факторов, определяющих суточный улов пыли. Действие их проявляется поразному. В сезон пыления осадки уменьшают концентрацию ПЗ в воздухе из-за захвата их каплями

дождя. Так, сильный дождь, прошедший 27 июля в 16 ч, снизил содержание пыли в воздухе до нуля. Под влиянием осадков у растений наблюдается сдвиг сроков цветения. Так, 1 июля туман и дождь обусловили зацветание злаков поздно вечером (максимальная концентрация ПЗ отмечена в 21 ч); из-за сильного тумана утром 12 июля ПЗ злаков появились в воздухе только в 15 ч дня. Сильные дожди и понижение температуры могут вызвать временное прекращение цветения и тем самым резко уменьшить поступление пыли в воздух. Это наблюдалось 21 июля, когда в воздухе практически не было пыли.

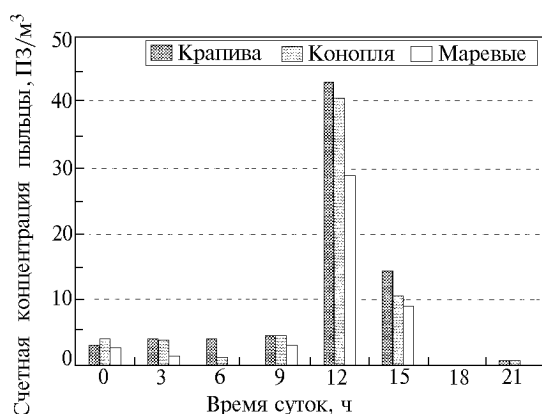


Рис.3. Содержание пыли маревых, конопли и крапивы в воздухе 27 июля 1996 г. в период цветения. Суточная динамика счетной концентрации пыльцевых зерен

### Заключение

1. Определена масса пыльцевых зерен 6 древесных и 8 травянистых растений, произрастающих в Западной Сибири.
2. Определены счетная и массовая концентрации преобладающих типов пыли в воздухе.
3. В зависимости от концентрации в воздухе пыли тех или иных растений летний период наблюдений можно условно разделить на три этапа: а) период с преобладанием пыли древесных растений (сосна) – начало июня; б) период с преобла-

нием пыли злаков: вторая декада июня – конец июля; в) период с преобладанием пыли разнотравья: конец июля – третья декада августа. После окончания цветения концентрация пыли растений в воздухе падает, но из-за вторичного подъема с поверхности почвы единичные ПЗ встречаются в воздухе вплоть до начала октября.

4. Анализ суточной динамики концентрации всех типов пыли в воздухе показал, что днем она на один-два порядка выше, чем ночью. Это справедливо для всех преобладающих типов ПЗ (сосна, злаки, маревые, крапива, полынь) в периоды цветения этих растений.

5. Осадки снижают концентрацию пыли как посредством захвата каплями дождя, так и прерывая цветение растений либо сдвигая его сроки на вечернее время.

1. Artaxo P., Storms H., Bruynseels F., Van Grieken R., Maenhaut W. // J. Geoph. Res. 1988. V. 93. N D2. P. 16005–16015.
2. Artaxo P., Maenhaut W., Storms H., Van Grieken R. // J. Geoph. Res. 1990. V. 95. N D10. P. 16971–16985.
3. Ван Малдерен Х., Ван Грикен Р., Ходжер Т.В., Буфетов Н.С., Куценогий К.П. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. N 8. С. 1154–1162.
4. Сладков А.Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. М.: Наука, 1967. 268 с.
5. Некрасова Т.П. Пыльца и пыльцевой режим хвойных Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. 168 с.
6. Фегри К., Ван дер Пэйл Л. Основы экологии опыления. М.: Мир, 1982. 377 с.
7. Koutsenogii P. Measurements of remote continental aerosol in Siberia. Dissertation. Mainz, 1992. 106 p.
8. Истомин В.Л., Куценогий К.П. // Теплофизика и аэромеханика. 1998. В печати.
9. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры Европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. Т. 1. 172 с.
10. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры двудольных растений флоры Европейской части СССР. Л.: Наука, 1978. Т. 1. 174 с.
11. Бобров А.Е., Куприянова Л.А., Литвинцева М.В., Тарасевич В.Ф. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных растений флоры Европейской части СССР. Л.: Наука, 1983. 208 с.
12. Некрасова Т.П. Плодоношение сосны в Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960. 132 с.
13. Пономарев А.Н. Цветение и опыление злаков // Ученые записки. Сер. Биология. Пермский ун-т. 1964. Т. 114. С. 115–180.

Институт химической кинетики и горения СО РАН,  
Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН,  
Новосибирск

Поступила в редакцию  
4 февраля 1998 г.

*V.V. Golovko, P.K. Koutsenogii, E.I. Kirov, K.P. Koutsenogii, V.L. Istomin, V.A. Ryzhakov. Pollen Component in Atmospheric Aerosol on the Outskirts of Novosibirsk.*

Pollen of the plants belonging to 21 families were found in the air of Akademgorodok, Novosibirsk. The paper presents data on the weight of the pollen grains for 14 anemophilous plants, and on the counting and mass concentration for the prevailing pollen types. The seasonal and daily dynamics of the pollen content in the air and their connection with the ecology of plant flowering and weather conditions were followed.