

УДК 581.162.3:551.510.42

Агрегатный состав пылевого аэрозоля в атмосфере г. Новосибирска

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

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

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

Поступила в редакцию 20.01.2014 г.

Проведены исследования пылевого компонента атмосферного аэрозоля, присутствовавшего в воздухе г. Новосибирска на протяжении вегетационного периода 2004 г. Определены таксономический состав, сроки поступления в атмосферу пыли различных таксонов анемофильных растений, а также ее счетные и массовые концентрации на протяжении периодов цветения. Показано, что во время всего вегетационного периода пылевой компонент атмосферного аэрозоля в г. Новосибирске представлен не только одиночными зёрнами пыли, но и их агрегатами. Найдены аэродинамические характеристики индивидуальных пылевых зёрен анемофильных растений и их агрегатов. Установлен агрегатный состав пылевого аэрозоля г. Новосибирска.

Ключевые слова: пыльца, агрегаты, седиментация, аэродинамический диаметр, атмосферный аэрозоль, счетная концентрация, массовая концентрация; pollen, agglomerate, sedimentation, aerodynamic diameter, atmospheric aerosol, number concentration, mass concentration.

Введение

Пыльца анемофильных растений — один из наиболее массовых компонентов грубодисперсной ($d > 1$ мкм) фракции атмосферного аэрозоля (АА), встречающийся в период вегетации растений повсеместно. Играя ключевую роль в семенном размножении растений, пылевые зёрна (ПЗ) являются переносчиками химических элементов в биоценозах [1], вызывают массовые аллергические заболевания [2].

Поступающие в атмосферу ПЗ, высыхая, меняют размеры, форму и плотность [3, 4], что обуславливает изменения их аэродинамических характеристик. Наиболее сильное влияние на перенос пыли в атмосфере может оказать образование агрегатов из двух или большего числа ПЗ. Пыльца анемофильных растений имеет ряд морфологических признаков, способствующих увеличению репродуктивного успеха при опылении ветром. Благодаря тонкой и гладкой экзине, лишенной заметных элементов скульптуры, отсутствию клеящих веществ и жирных масел на поверхности [5, 6], основными единицами распространения у анемофильных растений являются обособленные индивидуальные зёрна пыли [3, 5, 7]. Однако по-

добные адаптации не могут полностью предотвратить их агрегацию. Как в ходе экспериментов по распылению пыли [8–10], так и в природных условиях [10–12] при ее поступлении в атмосферу образуется огромное количество частиц, в состав которых входят два или более ПЗ.

Роль агрегатов в процессе переноса пыли анемофильных растений практически не изучена. Подобные частицы не встречаются в пробах АА, отбираемых повсеместно используемыми при проведении аэропалеонтологических исследований спорными ловушками Хирста и Бурхарда. Бытует мнение, что даже если агрегаты ПЗ и встречаются в природных условиях, то маловероятно, что они вносят заметный вклад в перенос пыли из-за их значительно более высокой, чем у индивидуальных ПЗ, скорости седиментации [13]. Вместе с тем было показано [10], что в период цветения анемофильных растений примерно 50% ПЗ поступает в атмосферу в составе агрегатов. Известно, что важнейший аэроаллерген — пыльца амброзии — выпадает из пыльников в виде кластеров, в состав которых входит до 500 зёрен [11, 12]. Очевидно, что агрегация пыли — распространенное явление в процессе семенного размножения ветроопыляемых растений.

В настоящей статье рассмотрен агрегатный состав пылевого аэрозоля и дана оценка возможного вклада агрегатов в счетную и массовую концентрации пыли в атмосфере на протяжении вегетационного периода.

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

Материалы и методы

Отбор проб АА проводился ежедневно с 12 мая по 3 сентября 2004 г. на крыше Института химической кинетики и горения СО РАН, г. Новосибирск (высота около 7 м над уровнем почвы). Срок начала наблюдений был обусловлен затяжной холодной весной и поздними заморозками, их окончание совпало с началом листопада. Таким образом, период пробоотбора фактически был равен вегетационному периоду. Кратковременные перерывы были вызваны метеорологическими условиями. Пробы АА отбирались 4 раза в день, каждые 3 ч начиная с 9 ч утра. Также было проведено 9 круглосуточных наблюдений с промежутками 3 ч между началом отбора проб.

Агломераты ПЗ анемофильных растений имеют малую прочность и легко разрушаются. Известно, что в щелевых отбирающих устройствах происходит разбиение агрегатов воздушным потоком, причем еще до их удара об отбирающую пластинку [14]. В связи с этим использовался импактор открытого типа, обычно не применяющийся при аэропалеонтологических исследованиях в силу большой трудоемкости отбора проб АА.

Импактор открытого типа (рис. 1) состоит из электромотора с редуктором, жесткой штанги (вращение с частотой $\nu = 6,25 \text{ с}^{-1}$ в вертикальной плоскости, длина плеч — 30 см, диаметр отсекаания $d_{50} - 15 \text{ мкм}$) [5]. Устройство поворачивается по ветру флюгером. На концах плеч имеются защитные экраны, из-за которых при работе выдвигаются стеклянные подложки, покрытые глицерин-желатином с добавлением красителя кумаша голубого [15, 16], на которые улавливаются частицы АА. Подложки ориентированы таким образом, что результирующий поток воздуха перпендикулярен собирающей плоскости.

В табл. 1 приводятся скорости седиментации (найденные по описанной ранее методике [17]) и вычисленные по ним эквивалентные аэродинамические диаметры пылевых частиц 24 видов анемофильных растений, произрастающих в Новосибирской области. Аэродинамические диаметры всех рассмотренных частиц значительно больше диаметра обрезания отбирающего устройства. Это позволяет, согласно общепринятой практике аэропалеонтологических исследований [2], принять эффективность улавливания подобных частиц равной единице.

Пыльцевые частицы подсчитывались с помощью оптического микроскопа (600-кратное увеличение). Систематическая принадлежность пыльцы определялась по ее морфологии до рода. До семейства определялась пыльца злаков и маревых. Семейства зонтичных, розоцветных, крестоцветных, бобовых, сложноцветных были представлены в пробах АА ничтожными количествами пылевых частиц нескольких энтомофильных родов каждое. В настоящей статье приводятся суммарные данные о концентрации пыльцы данных семейств в целом. Отдельно приведены лишь данные о концентрации пыльцы ветроопыляемых родов полыни (сложноцветные) и крохоблики (розоцветные). В качестве агломератов

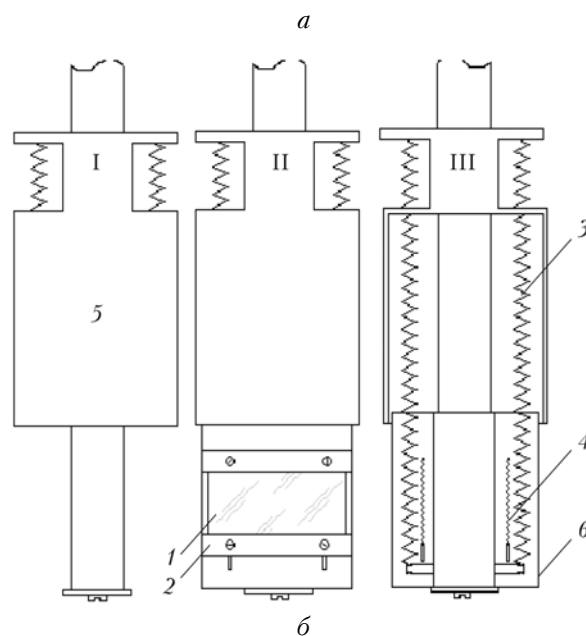


Рис. 1. Импактор открытого типа. *a* — общий вид: 1 — электромотор переменного тока с редуктором; 2 — штанга; 3 — плечо с защитным экраном; 4 — флюгер; *б* — схема плеча с защитным экраном: I — с наветренной стороны в нерабочем положении, II–III — в рабочем положении (II — с наветренной, III — с подветренной стороны); 1 — отбирающая подложка; 2 — держатель подложки; 3 — пружина основания; 4 — пружина фиксатора; 5 — защитный экран; 6 — основание

учитывались частицы, состоящие из соприкасающихся или перекрывающихся ПЗ. Световая микроскопия позволяла достоверно подсчитывать количество ПЗ в агломератах, если их число не превышало шести. В агломератах, состоящих из семи и более зерен пыльцы, определялось их минимально возможное число. Счетная концентрация пылевых частиц вычислялась исходя из их количества, уловленного импактором, его технических характеристик и времени экспозиции.

Таблица 1

**Скорости седиментации и эквивалентные аэродинамические диаметры индивидуальных ПЗ
и их агломератов 24 видов растений в Новосибирской области**

Таксон	Средняя геометрическая скорость седиментации, см/с						Эквивалентный аэродинамический диаметр, мкм					
	Число пылевых зерен в агломерате											
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
<i>Древесные растения</i>												
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	6,2	7,8	9,0	10,1	11,0	11,5	45,9	51,2	55,1	58,3	60,9	62,4
<i>Acer negundo</i> L.	2,3	3,0	3,5	3,8	4,0	4,2	28,0	31,7	34,1	35,7	36,7	37,8
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	1,6	2,3	2,8	3,2	3,5	3,6	23,4	27,8	30,8	32,9	34,4	34,8
<i>Betula pendula</i> Roth.	1,4	1,8	2,2	2,5	2,7	3,0	21,5	25,0	27,2	28,9	30,1	31,6
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	2,3	3,0	3,4	3,7	3,9	4,1	28,1	31,7	33,8	35,4	36,5	37,0
<i>Juglans mandshurica</i> Maxim.	4,1	5,7	6,8	7,6	8,0	8,6	37,0	43,9	48,0	50,6	52,0	53,7
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	12,6	15,8	18,0	25,7	—	—	65,4	73,1	77,9	93,1	—	—
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	6,4	8,4	9,7	10,6	11,0	11,2	46,5	53,1	57,1	59,9	61,0	61,6
<i>Pinus sylvestris</i> L.	3,0	4,0	5,0	5,9	6,5	7,0	32,0	36,9	41,1	44,7	46,8	48,7
<i>Populus nigra</i> L.	2,0	2,7	3,2	3,5	3,6	3,8	25,8	30,1	33,0	34,2	35,0	36,0
<i>Populus tremula</i> L.	2,1	2,7	3,0	3,3	3,6	3,8	26,4	30,2	31,8	33,4	34,9	35,6
<i>Quercus robur</i> L.	2,6	3,0	3,4	3,9	4,2	4,5	29,5	31,9	34,0	36,3	37,7	38,8
<i>Salix alba</i> L.	1,2	1,6	1,8	1,9	2,2	2,6	20,3	23,1	24,8	25,6	27,4	29,3
<i>Травянистые растения</i>												
<i>Agropyron pectinatum</i> P. Beauv.	3,9	4,8	5,4	5,7	6,5	—	36,1	40,0	42,6	44,0	47,0	—
<i>Agrostis gigantea</i> Roth.	1,9	2,6	3,1	3,3	3,5	3,8	25,5	29,7	32,2	33,6	34,4	36,0
<i>Arrhenatherum elatius</i> C. Presl	3,6	4,4	4,7	4,9	5,0	5,2	34,7	38,4	39,9	40,7	41,2	41,7
<i>Bromus inermis</i> Leyss.	4,2	5,3	6,0	6,6	6,7	8,6	37,6	42,1	45,1	47,2	47,7	53,7
<i>Dactylis glomerata</i> L.	2,8	4,1	5,4	6,7	8,0	9,9	30,8	37,2	42,7	47,4	52,0	57,8
<i>Elytrigia intermedia</i> Nevski	5,4	7,3	9,1	12,4	13,4	14,5	42,5	49,6	55,4	64,6	67,3	70,0
<i>Elytrigia repens</i> Nevski	4,4	5,5	6,4	8,1	8,6	10,0	38,5	43,0	46,6	52,1	53,9	58,0
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	3,4	4,6	5,2	5,9	5,9	6,4	33,7	39,4	41,8	44,6	44,8	46,6
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	3,0	4,1	4,6	5,0	5,3	5,4	32,0	37,0	39,3	41,0	42,2	42,9
<i>Phalaroides arundinacea</i> Rauschert	3,1	4,3	5,2	5,9	6,5	6,7	32,4	38,1	42,0	44,6	46,8	47,6
<i>Phleum pratense</i> L.	3,2	4,5	5,7	7,0	8,2	8,7	32,6	39,0	43,9	48,7	52,7	54,2
<i>Zea mays</i> L.	22,6	27,2	29,6	32,8	34,7	37,2	87,4	95,7	100,0	105,1	108,2	112,0

**Таксономический состав, сезонная
и суточная динамика содержания
пыльцы в атмосфере**

Пыльца и споры растений присутствовали в воздухе на протяжении всего периода наблюдений. В пробах АА отмечены 37 различных таксонов, представленных 29 родами и 30 семействами растений. Найдено небольшое количество (982) деформированных и инкрустированных минеральными частицами ПЗ, чью таксономическую принадлежность определить

не удалось. Общее число ПЗ различных таксонов и их агломератов, присутствовавших в пробах АА на протяжении вегетационного периода, приведено в табл. 2. Нумерация таксонов произведена в порядке появления их на подложках импактора.

Последовательная смена одних цветущих растений другими во время вегетационного периода вела к изменению таксономического состава пыльцы, представленной в пробах атмосферного аэрозоля. В зависимости от того, пыльца каких растений преобладала в воздухе, весь вегетационный период можно условно разделить на этапы с преобладанием пыльцы в тех или иных таксонах (рис. 2).

Таблица 2

Количество пылевых агломератов в пробах АА, отобранных в 2004 г.

№ таксона	Таксономическая принадлежность		Число агломератов, в состав которых входит следующее количество ПЗ						
	Род	Семейство	1	2	3	4	5	6	≥ 7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Береза	березовые	180211	17073	3730	935	426	36	15
2	Ива	ивовые	351	47	8	4	3	2	12
3	Тополь	тополиные	1931	133	6	9	4	1	2
4	Лиственница	сосновые	33	2	—	—	—	—	—
5	Клен	кленовые	4526	462	156	25	—	1	2
6	Ольха	березовые	21	—	—	—	—	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	Принадлежность не установлена		982	—	—	—	—	—	—
8	Осока	осоковые	145	—	—	—	—	—	—
9	Дуб	буковые	93	4	1	—	—	—	—
10	Облепиха	лоховые	40	—	—	—	—	—	—
11	Ель		1164	36	5	—	—	—	—
12	Сосна	сосновые	13231	1331	331	128	31	—	—
13	Пихта		50	6	—	—	—	—	—
14	Орех	ореховые	7	—	—	—	—	—	—
15	Хвоц	хвоцевые	37	—	—	—	—	—	—
16	—	Злаки	7120	251	19	2	1	—	2
17	Одуванчик	цикориевые	4	1	—	—	—	—	—
18	—	Бобовые	20	1	—	—	—	—	—
19	—	Крестоцветные	26	1	—	—	—	—	—
20	—	Розоцветные	52	—	2	1	—	—	1
21	Кровохлебка		24	—	1	—	1	—	—
22	—	зонтичные	83	4	—	—	—	—	—
23	—	маревые	1801	81	14	4	—	2	—
24	Подорожник	подорожниковые	236	8	3	1	—	—	—
25	Полынь	сложноцветные	7955	515	129	56	24	9	11
26	Лопух	сложноцветные	16	—	—	—	—	—	—
27	Орляк	гиполеписовые	31	2	1	—	—	—	—
28	Щавель	гречишные	121	6	—	—	—	—	—
29	Лилия	лилейные	13	1	—	—	—	—	—
30	Василистник	лютиковые	22	—	—	—	—	—	—
31	Конопля	коноплевые	1824	55	4	1	—	1	—
32	Рогоз	рогозовые	—	—	—	12	—	—	—
33	Крапива	крапивные	4328	79	12	10	1	3	1
34	Липа	липовые	77	10	2	2	1	—	1
35	—	Сложноцветные	185	4	2	—	2	2	1
36	Кочедыжник	кочедыжниковые	8	—	—	—	—	—	—
37	Цикорий	цикориевые	87	6	1	—	—	1	—
38	Страусник	оноклеевые	2	—	—	—	—	—	—
Σ	29	30	226857	20118	4426	1190	494	58	48

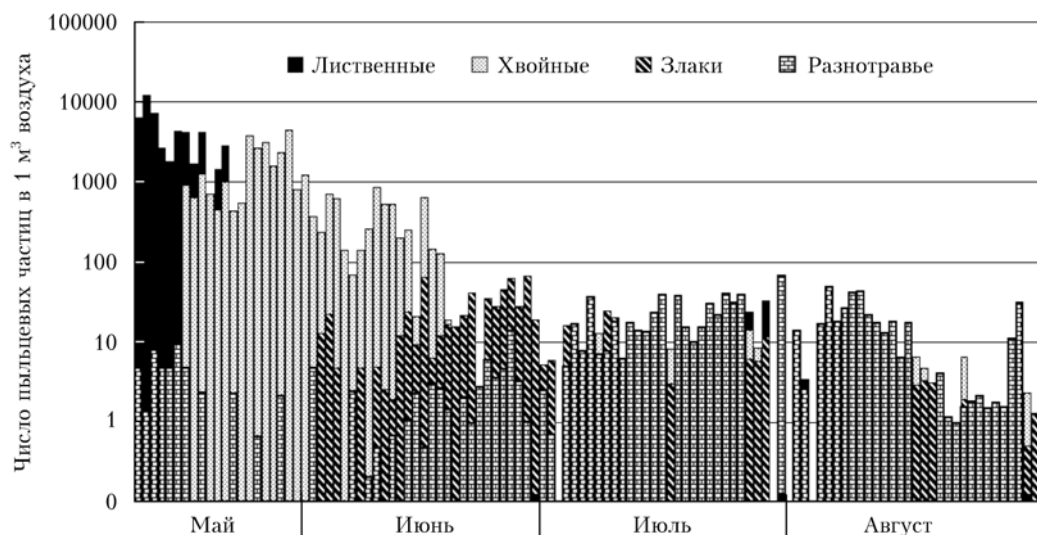


Рис. 2. Периоды преобладания в атмосфере пыли древесных растений, злаков и разнотравья в светлое время суток (с 9 до 21 ч) на протяжении вегетационного периода 2004 г.

С 12 до 24–25 мая в пробах атмосферного аэрозоля преобладает пыльца лиственных древесных растений — главным образом березы, а также тополя, клена, ив. С 24–25 мая до 6 июня происходит массовый выброс в атмосферу пыли сосны и в пробах

атмосферного аэрозоля преобладает пыльца хвойных, что, благодаря вторичному подъему с поверхности почвы, продолжается до 13–15 июня. С 14–16 июня по 5 июля в воздухе количественно преобладает пыльца злаков, с 5 июля по 20 августа — пыльца

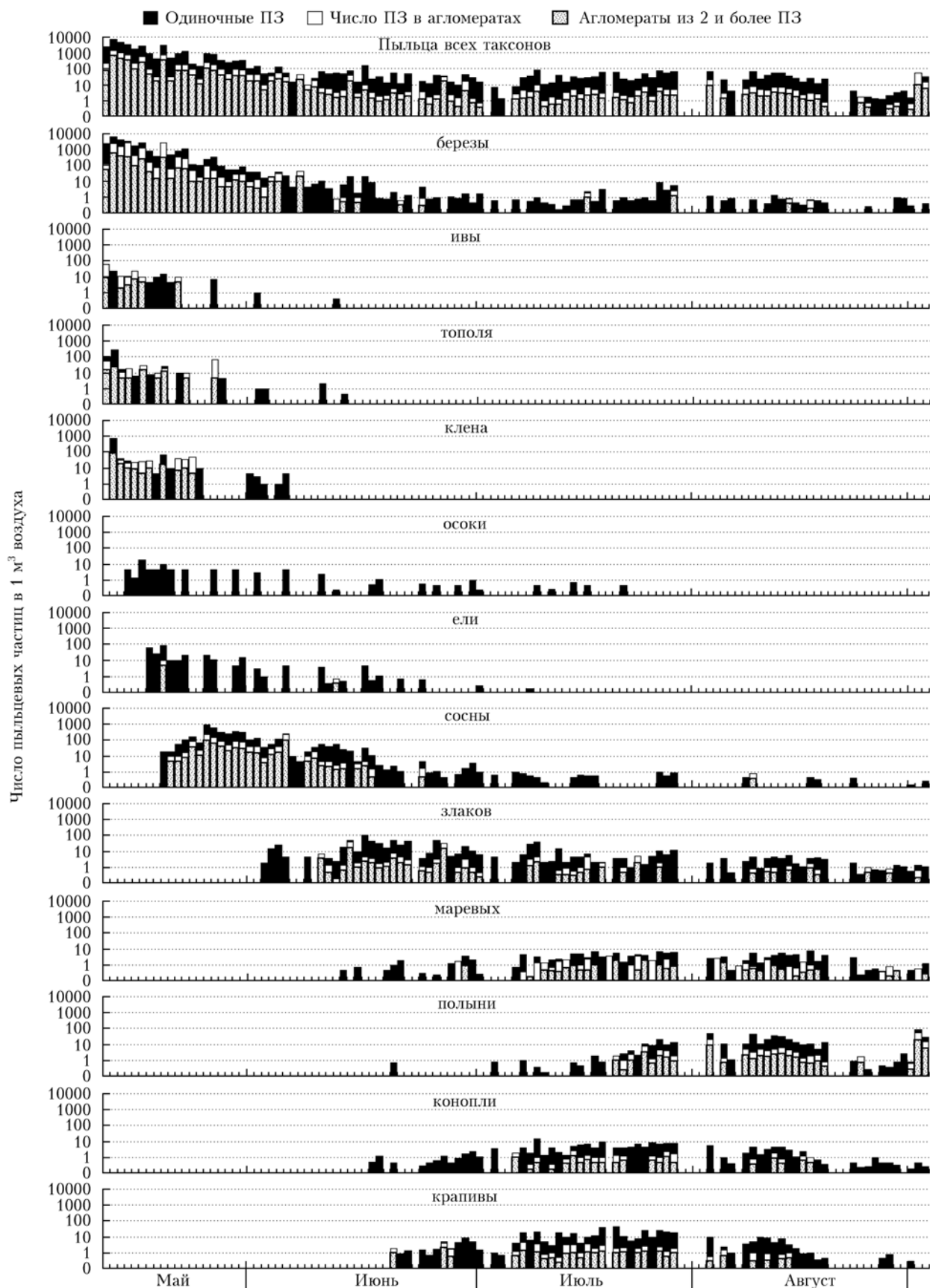


Рис. 3. Сезонная динамика содержания в атмосфере одиночных ПЗ и их агломератов в светлое время суток (с 9 до 21 ч) на протяжении вегетационного периода 2004 г.

разнотравья. С 20 августа и до начала сентября пыльца была представлена в пробах атмосферного аэрозоля почти исключительно зернами, вторично поднятыми с поверхности почвы. Наличие интервалов, на протяжении которых на подложках импактора отсутствовала пыльца, обусловлено выпадением осадков.

Полученные данные свидетельствуют о крайне неравноценном вкладе представителей различных родов и семейств в суммарную счетную (и массовую) концентрацию пыльцевого компонента АА. Максимальные концентрации пыльцевых зерен или спор в атмосфере могут различаться на 5 порядков. Основной вклад в счетную и массовую концентрации пыльцевого компонента АА вносят представители 12 родов и семейств анемофильных растений (перечислены в порядке убывания их вклада в счетную концентрацию АА): береза, сосна, клен, тополь, ель, злаки, крапива, полынь, ива, конопля, маревые, осока. Сезонная динамика содержания в атмосфере пыльцевых частиц данных таксонов приведена на рис. 3.

Их вклад в концентрацию пыльцевого компонента АА в разные дни варьирует от 60,0 до 100%, составляя в среднем 95%. Вклад прочих анемофильных таксонов (лиственницы, ольхи, дуба, облепихи, пихты, ореха, кровохлебки, подорожника, василистника, рогоза, шавеля), а также энтомофильного рода (липа) в счетную концентрацию пыльцевого компонента атмосферного аэрозоля заметно ниже. Он варьирует от 0 до 45%, составляя в среднем 3%. Вклад пыльцы прочих насекомоопыляемых таксонов (зонтичных, розоцветных, крестоцветных, бобовых, сложноцветных (в том числе лопуха), лилии, одуванчика и цикория) также невелик. Он варьирует от 0 до 50%, составляя в среднем 1,5–2,5%. Споры папоротникообразных (хвоща, орляка, кочедыжника, страусника) представлены в пробах АА единичными частицами.

По данным круглосуточных наблюдений, максимальные концентрации пыльцы лиственных древесных пород отмечены в дневные, вечерние, ночные и утренние часы. Это обусловлено тем, что поздняя, затяжная весна и последовавший за периодом длительных заморозков резкий подъем температуры вызвали непрерывное цветение лиственных древесных растений в течение суток. Максимальные концентрации пыльцы хвойных древесных растений и злаков отмечены в светлое время суток, разнотравья – в утренние и ранние утренние часы.

Агрегатный состав пыльцевого аэрозоля

В пробах АА присутствовали агломераты ПЗ либо спор 28 различных таксонов ранга рода либо семейства (см. табл. 2). Девять таксонов (ольха, осока, облепиха, орех, василистник, лопух, хвощ, страусник, кочедыжник) представлены на подложках импактора лишь одиночными зернами пыльцы либо спор. Один род (рогоз) состоял исключительно из тетрад, т.е. из четырех ПЗ. Агломераты из двух или боль-

шего числа ПЗ присутствовали в 76,1% проб АА, отобранных на протяжении всего вегетационного периода (рис. 3). Их вклад в суммарную счетную концентрацию пыльцевых частиц в атмосфере составлял в среднем 7%, в их состав входило примерно 17% ПЗ, уловленных на подложки импактора.

Принципиально иной была картина в 3–4-дневные периоды интенсивного цветения растений, на протяжении которых в атмосферу поступает основная масса пыльцы цветущего таксона. В такие дни доля агломератов от общего числа уловленных пыльцевых частиц цветущих таксонов составляла около 34,4%. В их состав входило в среднем 49,3% ПЗ, уловленных на подложки импактора. После окончания периодов эмиссии пыльцы в атмосферу содержание пыльцевых агломератов отцветших растений в пробах АА быстро падало, снижаясь почти до нуля. Особенно наглядной иллюстрацией этому может служить практически полное отсутствие в пробах АА пыльцевых агломератов березы и сосны после окончания периодов их цветения (см. рис. 3), хотя единичные ПЗ данных таксонов встречались в пробах АА вплоть до начала сентября. Видимо, основной причиной этого служит не столько большая скорость седиментации данных частиц, сколько их малая механическая прочность, из-за которой подобные агломераты разрушаются от малейшего внешнего воздействия, в том числе и в процессе вторичного подъема в атмосферу с поверхности почвы.

Вклад пыльцевой компоненты в суммарную концентрацию АА

Анемофильные растения различных таксонов имеют разную пыльцевую продуктивность, в связи с этим последовательное их цветение на протяжении вегетационного периода сопровождается закономерными изменениями концентрации пыльцы в атмосфере.

Среднемесячные концентрации пыльцевых зерен растений в светлое время суток на протяжении вегетационного периода закономерно снижались: от 542–976 (2900–5900 нг/м³) в мае до 14–38 зерен/м³ воздуха (135–443 нг/м³) в июне, от 10–29 (65–133 нг/м³) в июле и до 7–14 зерен/м³ воздуха (1,7–3,1 нг/м³) в августе.

Одновременно снижался вклад пыльцы в суммарную массовую концентрацию атмосферного аэрозоля. Если в мае на долю пыльцевых зерен в дневные часы приходилось порядка 6%, то в июне – 0,2, в июле – 0,008, в августе – 0,006% от суммарной массовой концентрации атмосферного аэрозоля.

Заключение

1. В пробах АА, отобранных на протяжении вегетационного периода 2004 г., присутствовали пыльца и споры 37 различных таксонов. Основной вклад (95%) в счетную и массовую концентрации пыльцевого компонента АА вносили представители 12 родов и семейств анемофильных растений.

2. Наблюдалась последовательная смена периодов с преобладанием пыльцы древесных растений, злаков и разнотравья. С мая по август закономерно снижались среднемесячные концентрации ПЗ (с 2900–5900 до 1,7–3,1 нг/м³) и вклад пыльцы в суммарную массовую концентрацию атмосферного аэрозоля (с 6 до 0,006%).

3. На протяжении всего вегетационного периода в состав пылевого аэрозоля входили агломераты из двух или большего числа ПЗ. Имеющиеся данные указывают, что в периоды интенсивного цветения в состав подобных частиц входит до 50% и более продуцируемой пыльцы. Их малая доля (7%) в пробах АА связана с преимущественным осаждением подобных частиц и их разрушением при вторичном подъеме с поверхности почвы.

1. *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.
2. *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.
3. *Pacini E., Hesse M.* Cytophysiology of pollen presentation and dispersal // *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plant.* 2004. V. 199, iss. 4. P. 273–285.
4. *Harrington J.B., Kurt M.* Ragweed pollen density // *Amer. J. Bot.* 1963. V. 50, N 6. P. 532–539.
5. *Culley T.M., Weller S.W., Sakai A.K.* The evolution of wind pollination in angiosperms // *Trends in Ecology and Evolution.* 2002. V. 17, N 8. P. 361–369.
6. *Pacini E., Franchi G.G.* Pollen grain sporoderm and types of dispersal units // *Acta Societatis Botanicorum Poloniae.* 1999. V. 68, N 4. P. 299–305.
7. *Pacini E.* From anther and pollen ripening to pollen presentation // *Plant Syst. Evol.* 2000. V. 222, N 1. P. 19–43.
8. *Fernandino F.J., Ailor D.E.* Settling speed of clusters of spores // *Phytopathology.* 1984. V. 74, N 8. P. 969–972.
9. *Di-Giovanny F., Kevan P.G., Nasr M.E.* The variability in settling velocities of same pollen and spores // *Grana.* 1995. V. 34, iss. 1. P. 39–44.
10. *Головко В.В., Куценогий К.П., Истомин В.Л.* Агрегатный состав пыльцы анемофильных растений, поступающей в атмосферу // *Оптика атмосф. и океана.* 2013. Т. 26, № 2. С. 150–154.
11. *Ogden E.C., Hayes J.V., Raynor G.S.* Diurnal patterns of pollen emission in Ambrosia, Phleum, Zea, and Ricinus // *Amer. J. Bot.* 1969. V. 56, N 1. P. 16–21.
12. *Bianchi E., Schwemmin D.J., Wagner W.H.* Pollen Release in the Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) // *Botanical Gazette.* 1959. V. 120, N 4. P. 235–243.
13. *Sosnoskie L.M., Webster T.M., Dales D., Rains G.C., Grey T.L., Culpepper A.S.* Pollen Grain Size, Density, and Settling Velocity for Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) // *Weed Science.* 2009. V. 57, N 4. P. 404–409.
14. *Фукс Н.А.* Механика аэрозолей. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1955. 352 с.
15. *Matthias-Maser S., Jaenicke R.* Examination of atmospheric bioaerosol particles with radii > 0.2 μm // *J. Aerosol Sci.* 1994. V. 25, N 8. P. 1605–1613.
16. *Jaenicke R., Blifford I.H.* The influence of aerosol characteristics on the calibration of impactors // *J. Aerosol Sci.* 1974. V. 5, N 3. P. 457–464.
17. *Истомин В.Л., Куценогий К.П., Головко В.В.* Определение аэродинамических диаметров пылевых зерен и их агломератов растений Западной Сибири // *Теплофиз. и аэромехан.* 2012. Т. 19, № 3. С. 381–390.

V.V. Golovko, K.P. Koutsenogii, V.L. Istomin. Agglomerate composition of pollen aerosol in the atmosphere of Novosibirsk.

The pollen component of atmospheric aerosol has been studied in the air of Novosibirsk during the vegetation period of 2004. Taxonomic composition, the dates of ingress of pollen of various taxons of anemophilous plants into the atmosphere, pollen number and mass concentrations have been determined upon blossoming. It has been established that during the entire vegetation period the pollen component of atmospheric aerosol is represented by both single pollen grains and their agglomerates. The aerodynamic characteristics of the individual pollen grains of anemophilous plants and their agglomerates have been estimated. The agglomerate composition was determined for the pollen aerosol of Novosibirsk.