

## **1.8. ВЫЯВЛЕНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ В ВОЗДУХЕ БЕЛКОВОГО АЭРОЗОЛЯ С АЛЛЕРГИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ НАСЕЛЕНИЯ (г. БЕРДСК, АКАДЕМГОРОДОК)**

(Отв. исп. д.м.н. Гичев Ю.П., к.м.н. Турбинский В.В., Гришина М.Г., Аверьянова М.М., — ИРПиПМ СО РАМН, к.х.н. Слепнева И.А., к.х.н. Вольдман Я.Ю., к.ф.-м.н. Пащенко С.Э. — ИХКиГ СО РАН)

С целью изучения неблагоприятных последствий влияния выбросов белкового аэрозоля Бердского химического завода на состояние здоровья населения Академгородка в 1993 году были проведены следующие исследования:

- 1) Определены концентрации и распределения по размерам белкового аэрозоля в источнике (БХЗ) и воздухе Академгородка.
- 2) Проведен анализ состояния здоровья репрезентативных выборок детского населения Бердска и Академгородка.
- 3) Проведено многократное одновременное измерение концентрации белкового аэрозоля в воздухе Академгородка и числа случаев аллергических заболеваний и реакций в типопредставительной группе детского населения на протяжении 6 месяцев с целью выявления корреляции между ними.

### **Основные результаты данной работы**

1. Известно, что аэрозоли размером от 0,2 до 2—3 мкм обладают способностью проникать глубоко в воздухоносные пути организма и вызывать наиболее выраженные патологические изменения в бронхолегочной системе. Эта же фракция аэрозолей переносится на значительные расстояния, далеко выходя за санитарные зоны предприятий. Поэтому ясна необходимость определения в выбросах БХЗ доли аэрозолей в этой размерной фрак-

ции, включая и их белковую компоненту. Данные для двух типов сушилок цеха № 31 БХЗ представлены в таблице 1 и 2. Распределение частиц по размерам после скруббера при выбросе в атмосферу — на рис. 1а (стр. 44). В таблице 1 представлены данные по общей массе аэрозоля и белка во всем диапазоне размеров частиц от 0,1 до десятков мкм для сушилки № 3 цеха № 31. В таблице 2 для сушилки ЦТ-500 представлены следующие размерные фракции: больше 10, 1,5—10 и меньше 1,5 мкм (соответственно 1, 2 и 3 строчка в таблице 2 для каждой точки отбора). На рис. 1б (стр. 44) показана зависимость коэффициента проскока через очистные устройства цеха № 31 БХЗ общего и белкового аэрозоля в зависимости от размера частиц.

**Таблица 1**

**Результаты измерения общей массы аэрозолей и массы белка  
(цех 31 БХЗ 21.10.93)**

Место отбора	Фильтр, отборник	Масса аэрозоля мг/м <sup>3</sup>	Масса белка мг/м <sup>3</sup>	Доля белка %
1. После малой сушилки	Отбор из потока на В/Т фильтр	2800	202	7,2%
2. После циклона	Отбор из потока на В/Т фильтр	1250	39	3,1%
3. После скруббера (выброс в атмосферу)	Отбор из потока на В/Т фильтр		4,7	

**Таблица 2**

**Результаты измерения общей массы аэрозолей и массы белка  
в различных размерных фракциях (цех 31 БХЗ 18.11.93)**

Место отбора	Фильтр, отборник	Масса аэрозоля мг/м <sup>3</sup>	Масса белка мг/м <sup>3</sup>	Доля белка %
1. После сушилки ЦТ -500	Отбор из потока на В/Т фильтр	7060	111,3	1,6%
	Отбор на СП-34 на стекло (первый)	221	3,1	1,4%
	СП-25 В/Т фильтр (второй)	53	2,8	5,3%
2. После циклона	Отбор из потока на В/Т фильтр	740	6,6	0,9%
	СП-21 стекло	207	2,7	1,3%
	СП-25 фильтр	27	0,7	2,6%
3. После скруббера (выброс в атмосферу)	Отбор из потока на В/Т фильтр	-	1,4	-
	СП-5 стекло	27	0,6	2,2%
	СП-34 фильтр	21	0,3	1,4%

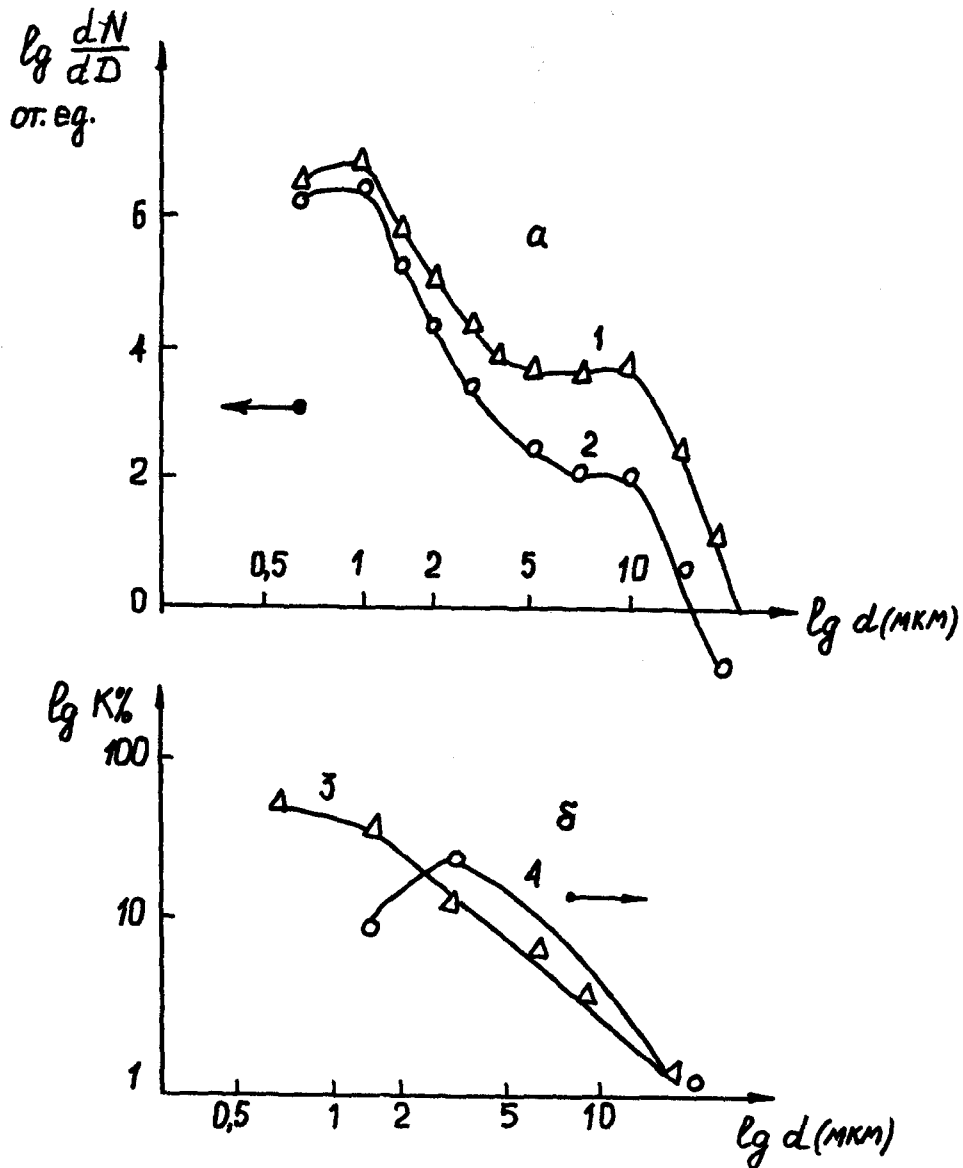


Рис. 1. Распределение частиц по размерам (а) и коэффициент проскока частиц различного размера через очистные фильтры цеха 31 БХЗ (б).  
 Кривая 1 — распределение по размерам аэрозольных частиц, включая и белковые частицы, в сушильном аппарате (на выходе); 2 — при выбросе в атмосферу после очистных фильтров; 3 — коэффициент проскока всех аэрозольных частиц в зависимости от размера через фильтры; 4 — коэффициент проскока для белкового аэрозоля

Полученные результаты показали, что общая эффективность улавливания аэрозоля (по массе) составляет 99 %, по белковому компоненту 98 %. Однако, при анализе этих величин, на первый взгляд свидетельствующих о высокой степени очистки, следует обратить внимание на то, что эта величина получается в первую очередь за счет эффективного улавливания больших частиц ( $d > 10$  мкм) в циклоне и в скруббере — 99 %. Частицы промежуточной фракции (1,5 — 10 мкм) в циклоне практически не захватываются, в скруббере их оседает до 80 %. Но особо респираторно опасные частицы размером менее 1,5 мкм проходят через очистные устройства почти с вероятностью 50 % (каждая вторая!), поступающая в атмосферу для участия в дальнем атмосферном переносе.

Проведены расчеты по переносу белковых аэрозолей с учетом всех полученных выше экспериментальных данных. Основные расчеты проводились для неблагоприятных метеословий атмосферы, в том числе опасной скорости ветра. Для Новосибирска число таких

случаев в зимнее время может достигать 70 %. Особенностью БХЗ как источника аэрозолей является малая высота выбросов, около 10 м, и значительная площадь, на которой расположены источники аэрозолей. В расчетах принимали ее равной  $500 \times 500 \text{ м}^2$ . Общий объем выбросов для БХЗ варьировался от  $10^5$  до  $3 \times 10^5 \text{ м}^3/\text{час}$  (в зависимости от режимов работы предприятия). Средняя концентрация белковой компоненты в выбросах аэрозолей принималась равной  $1 \text{ мг}/\text{м}^3$  (согласно данным таблицы 1 и 2). Тогда суммарный выброс белкового аэрозоля будет равен  $Q_b = 20 \dots 60 \text{ мг}/\text{с}$ . Расчетные данные приведены на рис. 2. Отметим, что концентрация белка в зоне до 4 км падает в несколько раз, тогда как в зоне от 4 до 10 км изменяется всего на 30 % и в среднем составляет от 10 до  $30 \text{ мкг}/\text{м}^3$ .

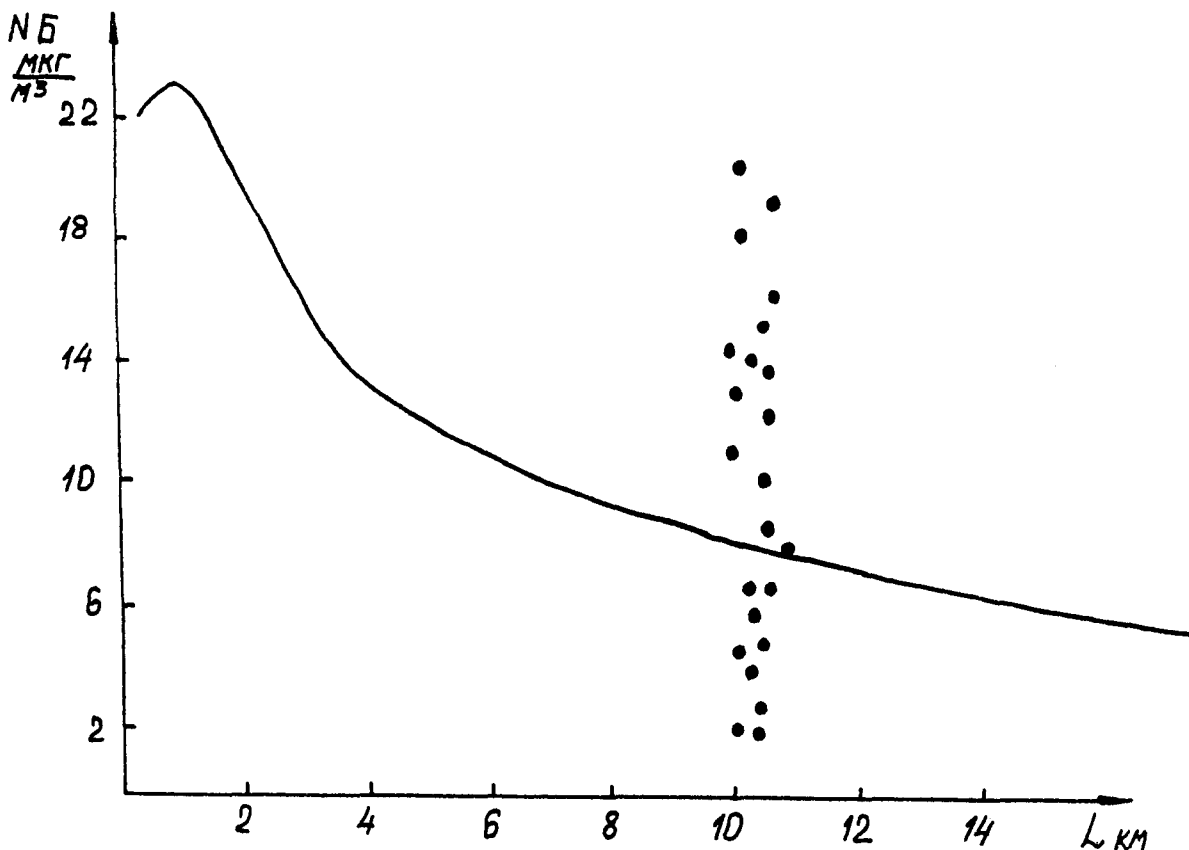


Рис. 2. Концентрация белкового аэрозоля в приземном слое атмосферы на различных расстояниях от источника белкового аэрозоля (БХЗ).

Кривая — теоретический расчет для нормального состояния атмосферы при скорости ветра — 5 м/с, точки — измерения в Верхней зоне Академгородка (10) при различных атмосферных условиях с июля по декабрь

2. Были проанализированы основные показатели заболеваемости детского контингента, который расценивается в качестве наиболее чувствительного индикатора состояния окружающей среды. Помимо этого изучалась распространенность основных форм экологически зависимой патологии. Сравнительный анализ заболеваемости проводился в двух репрезентативных выборках детского населения в Верхней зоне Академгородка (327 чел.) и Бердске (307 чел.).

Результаты исследования показали, что только 44,34 % детей из обследованной группы Академгородка и 52,77 % детей из обследованной группы Бердска могут считаться практически здоровыми. Обращают на себя внимание высокие показатели частоты распространенности очаговой хронической инфекции: 8,26 % в Академгородке и 11,07 % в Бердске; часто и длительно болеющих: 21,10 % в Академгородке и 21,50 % — Бердске; аллергологической патологии как основного заболевания: 15,9 % в Академгородке и 9,77 %

в Бердске; аллергологической патологии и как основного заболевания, и как сопутствующих проявлений при других заболеваниях: 20,18 % в Академгородке и 24,1 % в Бердске (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная оценка общей заболеваемости детей  
в Академгородке и г. Бердске

Патология	Академгородок	г. Бердск
Очаговая хроническая инфекция	5,81*	8,47
Ортопедическая патология	4,28	0,65
Заболевания желудочно-кишечного тракта	-	1,30
Заболевания печени	3,98	2,28
Аллергологическая патология как основное заболевание	15,90	9,77
Аллергологическая патология, включая аллергические реакции при других заболеваниях	20,18	24,10

\* - относительные показатели даны в %.

Анализ частоты встречаемости индикаторной патологии и экологически зависимой патологии в сравниваемых районах показал, что в Академгородке эти показатели составили 21,41 % и 9,14 %, а в г. Бердске — 24,43 % и 14,33 %, соответственно (табл. 4). В целом, представленные данные свидетельствуют о более выраженных проявлениях состояния здоровья детей, проживающих в г. Бердске.

Таблица 4

Сравнительная оценка распространенности  
экологически значимой патологии

Патология	Академгородок % (абс. число)	г. Бердск % (абс. число)
Индикаторная патология (в целом)	21,41 (70)	24,43 (75)
В т.ч.:		
онкологические заболевания	0,31 (1)	0,33 (1)
врожденная патология и генетические дефекты	0,99 (3)	0,33 (1)
аллергозы и аллергические реакции	20,18 (66)	23,78 (73)
Экологически зависимая патология (в целом)	9,14 (30)	14,33 (44)
В т.ч.:		
хронические поражения печени	6,12 (20)	3,58 (11)
перинатальные нарушения	3,06 (10)	10,75 (33)
Итого:	30,58 (100)	38,76 (119)

Выполнен углубленный анализ динамики регистрации аллергических заболеваний и аллергических реакций у 700 детей Академгородка, проведенной с 27 июня по 31 декабря 1990 г. (с частотой каждые 5 дней) и сопоставление этих показателей с показателями концентрации белка в трех пунктах Академгородка (район Института гидродинамики, район ТБК и точки пересечения Бердского шоссе и Морского проспекта), измеряемых с интервалом 6 — 14 дней (рис. 3, 4 на стр. 47, 48).

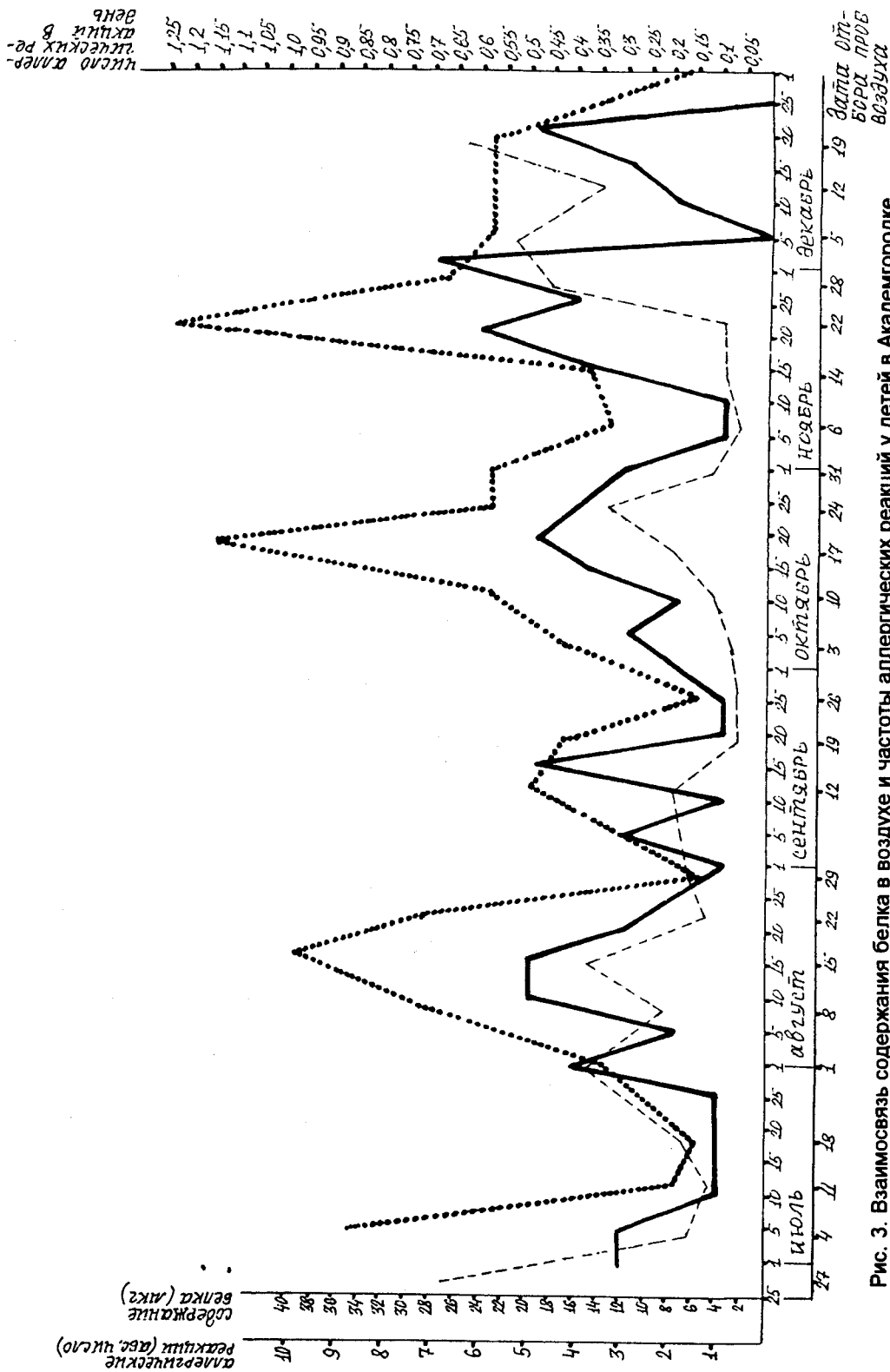


Рис. 3. Взаимосвязь содержания белка в воздухе и частоты аллергических реакций у детей в Академгородке.

- среднее значение содержания белка в воздухе, измеряемого в 3-х пунктах
- количество аллергических реакций (за каждые 5 дней)
- среднее арифметическое число аллергических реакций в интервале между двумя анализами воздуха

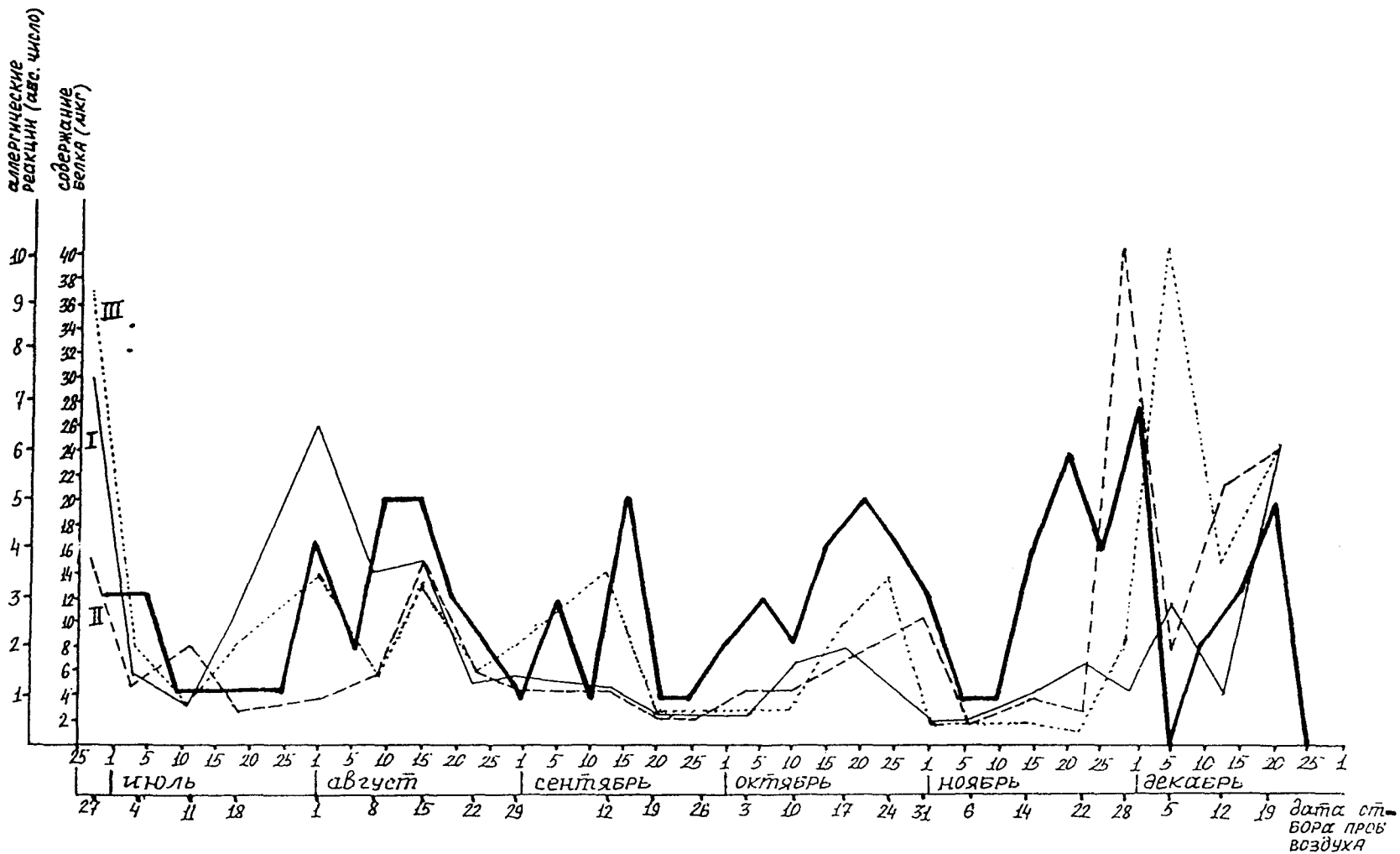


Рис. 4. Содержание белка в воздухе и число аллергических реакций у детей Академгородка.

— количество аллергических реакций (за каждые 5 дней).

Пункты отбора проб воздуха: I – район Института гидродинамики (---)

II – район ТБК (----)

III – Бердское шоссе (в месте пересечения с Морским проспектом) (····)

При хронологическом сопоставлении кривых колебания частоты обращения детей по поводу аллергических заболеваний и аллергических реакций и средней концентрации белка выявлена отчетливая корреляция (рис. 5). Так, при концентрации белка до  $8 \text{ мкг/м}^3$ , частота аллергических проявлений составляла 0,714 случая в день на 1000 детей, а при возрастании концентрации белка до  $14\text{—}16 \text{ мкг/м}^3$  — увеличивалась почти в 2 раза, достигая  $1,142\text{—}1,785$  случая в день.

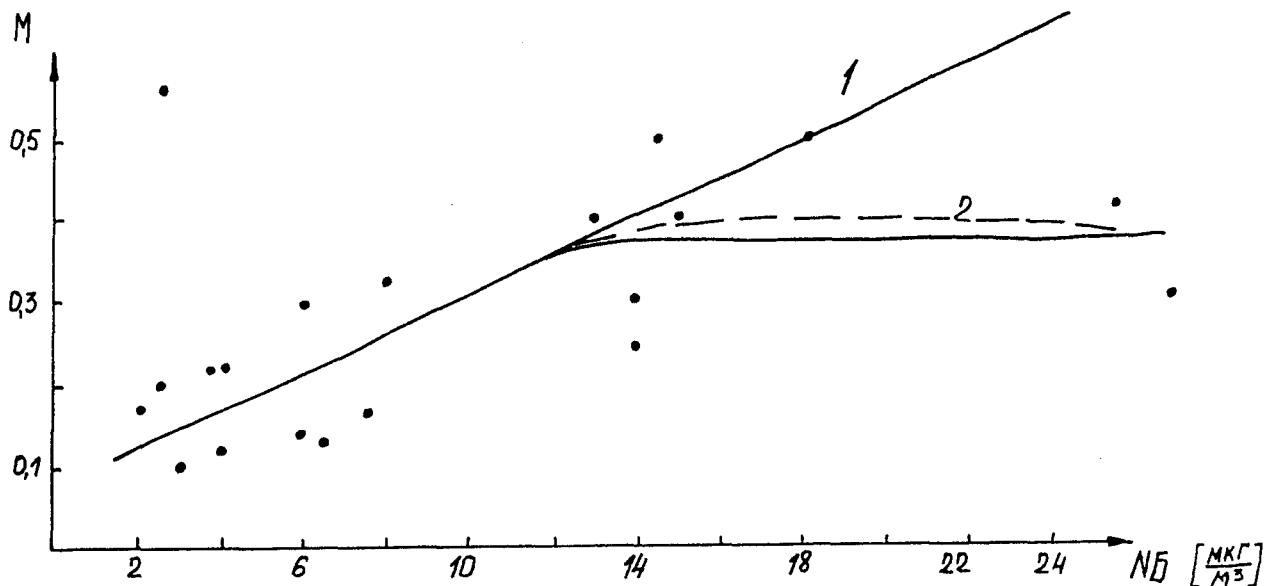


Рис. 5. Корреляционная функция между числом аллергических реакций в интервале усреднения 5 дней в Верхней зоне Академгородка и концентрацией белка (точки) при измерениях с июля по декабрь.

Прямая 1 — аппроксимация линейной зависимости  $M = A + B \cdot Nb$ , где  $A = 0,1$ ;  $B = 0,02$  (все численные значения нормированы на число обследованных детей, т.е. 700 человек).

При концентрациях белка выше  $20 \text{ мкг/м}^3$  возможно наступает эффект насыщения — кривая 2.

$M$  — относительная доля числа заболевших в день.  $Nb$  — концентрация белка

Результаты корреляционного анализа зависимости между числом заболеваний  $M_i$  и концентрацией белка  $Nb$  для Верхней зоны Академгородка представлены на рис. 5. Видно, что при концентрации белка от 2 до  $20 \text{ мкг/м}^3$  данные можно аппроксимировать линейной зависимостью  $M_i = A + B \cdot Nb$ , где  $A = 0,1$ ,  $B = 0,02$  (здесь все численные значения нормированы на число обследованных детей, т.е. 700 человек). При концентрациях выше  $20 \text{ мкг/м}^3$  возможно наступает эффект насыщения (кривая 2), когда все, имеющие аллергическую предрасположенность, уже обратились в поликлинику, и дальнейшее увеличение белка в воздухе не приводит к увеличению числа больных. Коэффициент корреляции для представленной зависимости составляет  $r = 0,91$  (при получении этой цифры не учитывались две явно выпадающих экспериментальных точки на рис. 5).

Предполагая, что найденная зависимость может быть распространена на другие районы Академгородка, можно на основе результатов, изложенных выше, т.е. зная мощность выбросов источника белкового аэрозоля БХЗ и используя программы по расчету распространения этого аэрозоля, с известной степенью достоверности предсказать число заболевших в результате воздействия белкового аэрозоля.

Значительный интерес представляют данные сопоставления показателей частоты аллергических проявлений среди 430 детей Академгородка с направлением господствующих ветров. Установлено, что 43,6% всех ветров относятся к южному, юго-западному и юго-восточному направлениям, дующим со стороны Бердска. При этом более половины всех случаев аллергических проявлений (54,31%) совпадают с южными направлениями ветров. Причем дифференцированный анализ частоты аллергологической патологии и реакций в зависимости от наличия и отсутствия снежного покрова показал, что частота последних в



зимнее время оказалась даже выше, чем в летний период (табл. 5). Эти данные, наряду с рассмотренными выше, позволяют исключить большое влияние аллергенов цветущих растений и трав на аллергизацию детского населения и связать эти проявления в основном с содержанием белков, приносимых преобладающими ветрами со стороны Бердска.

Таблица 5

**Частота возникновения аллергических реакций  
в зависимости от направления ветра у детей до 11 лет  
Советского района г.Новосибирска (1990-1991гг.)**

Время года		штиль, перемен- ные ветры	ветры северно- го направления (с-в, с, с-з)	ветры южного направления (ю-в, ю, ю-з)	другие ветры (з, в)
ноябрь-апрель (со снежным покровом)	ветры, % (абсол.)	26,67 (80)	11,0 (33)	47,67 (143)	14,67 (44)
	аллергич. реакции, % (абс. число)	5,38 (5)	10,75 (10)	66,67 (62)	17,20 (16)
май-октябрь (без снежного покрова)	ветры, % (абс. число)	25,28 (91)	15,56 (56)	40,28 (145)	18,89 (68)
	аллергич. реакции, % (абс. число)	16,35 (17)	19,23 (20)	43,27 (45)	21,15 (22)
январь-декабрь (1990-1991гг.)	ветры, % (абс. число)	25,91 (171)	13,48 (89)	43,64 (288)	16,97 (112)
	аллергич. реакции, % (абс. число)	11,16 (22)	15,23 (30)	54,31 (107)	19,29 (38)

### Выводы

1. Впервые получено распределение по размерам аэрозольных частиц в выбросах БХЗ, включая как общий аэрозоль, так и его белковую фракцию. Проведены систематические измерения концентрации белкового аэрозоля в воздухе Академгородка (5... 25 мкг/м<sup>3</sup>).
2. Полученные данные о дисперсном составе белкового аэрозоля и его массе (0,2 < D < 4 мкм) позволили определить мощность белковых выбросов БХЗ (20... 60 мг/с) и провести численные оценки концентрации белкового аэрозоля в Академгородке (5... 15 мкг/м<sup>3</sup>).
3. Получена корреляция между увеличением концентрации белкового аэрозоля в воздухе Академгородка и числом аллергических заболеваний и реакций у детей. Следовательно, изменение числа и характера аллергологических реакций типопредставительных выборок детей может рассматриваться как чувствительный и специфический биоиндикатор для оценки состояния окружающей среды.