

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА г. БИЙСКА АЛТАЙСКОГО КРАЯ АЭРОЗОЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Проведен мониторинг загрязнения атмосферы и рассмотрены пространственно-временные характеристики запыленности воздушного бассейна г. Бийска. Показана зависимость концентрации пыли в воздухе от сезонного хода климатических показателей. Исследованы тенденции изменения концентрации пыли в условиях современного изменения климата. Выявлены значимые статистические зависимости различных характеристик ветрового режима от средних значений скорости ветра.

Ключевые слова: мониторинг; качество воздуха; пыль; предельно допустимые концентрации; аэрозоли.

Атмосферный воздух является одним из основных жизненно важных компонентов окружающей природной среды, неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных. Проблема загрязнения атмосферы остается одной из главных в современных городах, в том числе в г. Бийске Алтайского края. В настоящее время г. Бийск является вторым по численности населения и в промышленном отношении городом в Алтайском крае, в котором находится 132 промышленных предприятия, из них – 44 больших и средних, 88 – малых.

Основным источником загрязнения окружающей среды, в том числе атмосферы, являются предприятия топливной энергетики (ОАО «Бийскэнерго»), отопительные котельные, а также предприятия химической промышленности (ОАО «Бийская химическая компания», ФГУП «Бийский олеумный завод», ФГУП «ФНПЦ Алтай»), машиностроения (ГУП БПО «Сибприбормаш», ОАО «Бийский котельный завод», ООО ПКФ «Бийский машиностроительный завод», деревообрабатывающей промышленности (ЗАО «Бийская мебельная фабрика») и др. Почти все предприятия расположены в городской черте и сосредоточены, главным образом, в Приобском районе г. Бийска в западной его части.

Характерной особенностью воздуха г. Бийска является его значительная запыленность. Наиболее высокие уровни запыленности воздуха отмечаются в районах спичечной фабрики, котельного завода, организаций «Бийскэнерго», табачной фабрики, ДРСУ, олеумного завода. Высокая запыленность наблюдается вблизи главных магистралей города: ул. Трофимова, ул. Мерлина, пер. Коммунарский, ул. Васильева и др. В загрязнении атмосферы высока доля автотранспорта. По данным за 2008 г. в Бийске насчитывалось 68 тыс. единиц автотранспорта.

Оценка загрязнения атмосферного воздуха в современном городе является важнейшим методологическим вопросом мониторинга загрязнения окружающей среды, так как от этого зависят природоохранные мероприятия и распределение средств на их выполнение. Сохранение благоприятного состояния атмосферного воздуха необходимо для обеспечения оптимальных условий жизни и хозяйственной деятельности человека.

В предлагаемой статье рассмотрено современное состояние загрязнения атмосферы в Бийске аэрозольными компонентами естественного и антропогенного происхождения.

На загрязнение воздуха в городских условиях влияют 3 основные группы факторов:

1) экономический фактор, определяющий расположение жилых домов, промышленных предприятий и

интенсивность движения автотранспорта – основных источников антропогенного загрязнения;

2) уровень загрязнения атмосферы аэрозолями частично определяется метеорологическими факторами, влияющими как на эффективность удаления примесей от первоначальных источников загрязнения, так и на увеличение концентрации пыли в воздухе;

3) на распространение примесей в атмосфере оказывают влияние местные орографические факторы (например, расположение в долине, на возвышенности, в котловине и пр.).

Совместное действие этих факторов приводит к тому, что загрязнение атмосферы оказывается наиболее сильным в отдельных кратковременных случаях, способных вызвать серьезные последствия.

Следует учитывать не только местные локальные очаги загрязнения, но и вещества, которые могут быть перенесены из других регионов (трансграничный перенос загрязняющих веществ). Отделить их друг от друга часто не представляется возможным.

Многие атмосферные примеси поступают из естественных источников. К твердым естественным примесям относятся пыль, образующаяся при физическом выветривании земной коры, частицы соли морского происхождения, частицы дыма, образующиеся при лесных пожарах, пыльца, переносимая из покрытых растительностью районов.

Взвешенные вещества (пыль) оказывают неблагоприятное воздействие на функционирование организмов, экосистем и биосферы в целом. Приведем лишь некоторые сведения из литературных источников о влиянии пыли на здоровье человека.

По данным Всемирной организации здравоохранения при концентрации пыли в атмосферном воздухе $0,08 \text{ мг/м}^3$ ощущается дискомфорт. При дальнейшем увеличении содержания пыли до $0,25\text{--}0,5 \text{ мг/м}^3$ наблюдается ухудшение состояния больных с легочными заболеваниями. Постоянное пребывание людей в атмосфере с концентрацией пыли выше $0,5 \text{ мг/м}^3$ приводит к более частым заболеваниям и возрастанию смертности. Действие пыли на кожный покров сводится в основном к механическому раздражению [1]. Вследствие такого раздражения возникает зуд, а при расчесах может появиться покраснение и некоторая припухлость кожного покрова.

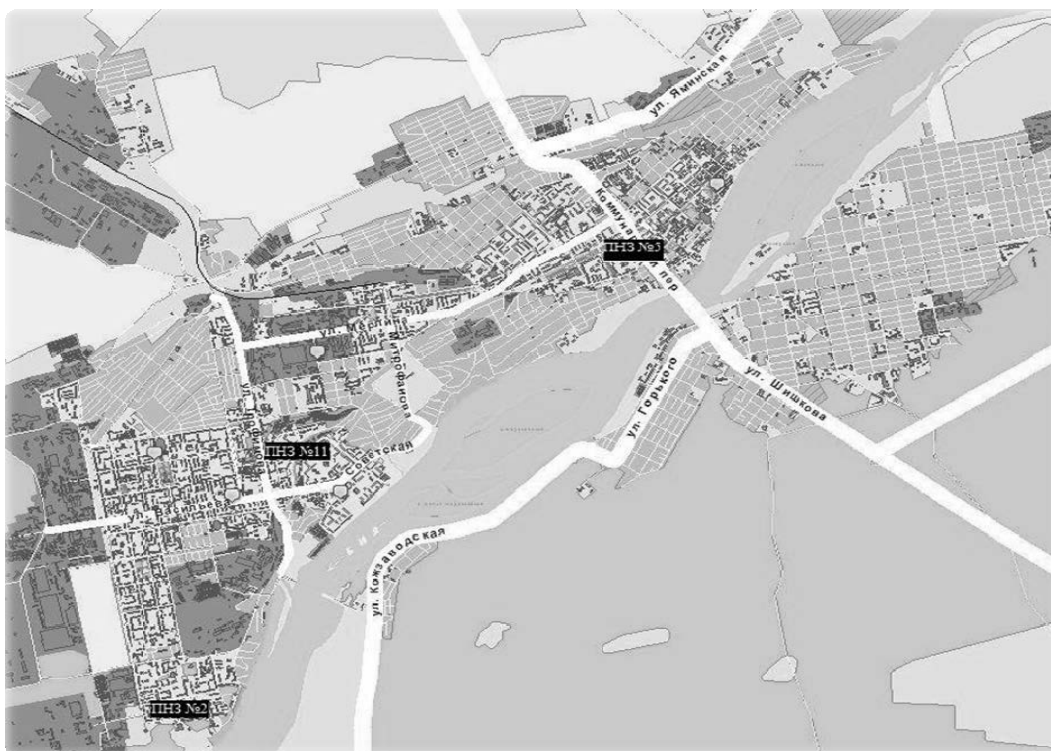
Пылинки могут проникать в поры потовых и сальных желез, закупоривая их и тем самым затрудняя их работу. Это приводит к сухости кожного покрова, иногда появляются трещины, сыпь.

При попадании пыли на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей ее раздражающее действие

На органы пищеварения могут оказывать действие лишь некоторые токсические пыли, которые, попав туда даже в относительно небольшом количестве, всасываются и вызывают интоксикацию (отравление).

Негативное влияние пыли в атмосфере сказывается и на современных промышленных производствах, связанных с микроэлектроникой, инновационными нанотехнологиями и т.д. На таких предприятиях вынуждены принимать различные меры по очистке воздуха. По этим причинам изучению качества атмосферного воздуха и мероприятиям по удалению загрязняющих веществ уделяется большое внимание.

Мониторинг качества воздуха в г. Бийске проводит Комплексная лаборатория по мониторингу загрязнения окружающей среды (КЛМС) на трех стационарных постах наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха (ПНЗ). Условно названные «городскими фоновыми», посты расположены в жилых районах на юго-западе (квартал АБ) (ПНЗ-2) и центральной части города (поселок Котельщиков) (ПНЗ-11), а «транспортным» – ПНЗ-5 в пер. Коммунарский (северо-восточная часть города). План-схема расположения постов наблюдения (ПНЗ) представлены на рис. 1. На всех этих пунктах измеряются концентрации пыли, диоксида серы, оксида и диоксида азота, оксида углерода, 3,4-бензапирена и ряда других специфических для г. Бийска примесей в воздухе: сажи, формальдегида, хлористого водорода, растворимых сульфатов.



В работе основное внимание уделено мониторингу концентрации пыли в атмосфере. К настоящему време-

Средняя многолетняя величина концентрации пыли в атмосфере г. Бийска на всех трех стационарных постах наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха приведена в табл. 1.

Таблица 1

Средняя концентрация пыли на пунктах ПНЗ в г. Бийске за период 1985–2009 гг., мг/м³

Пункт	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ПНЗ-2	0,04	0,05	0,04	0,17	0,22	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,08	0,03	0,11
ПНЗ-5	0,06	0,07	0,08	0,39	0,36	0,27	0,25	0,27	0,26	0,34	0,13	0,04	0,21
ПНЗ-11	0,04	0,04	0,03	0,09	0,10	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,05	0,04	0,07

Значительное превышение ПДК в среднем за год отмечается только на ПНЗ-5. В среднем по городу запыленность составляет 0,17 мг/м³, что чуть выше ПДК, однако с апреля по ноябрь концентрация пыли существенно превышает ПДК [2]. Предельно допустимая среднесуточная концентрация пыли в атмосфере составляет 0,15 мг/м³ [4].

Больше всего концентрация пыли – на ПНЗ-5 (пер. Коммунарский, центр города, федеральная трасса Новосибирск – Бийск – Ташанта), концентрация в среднем за год составляет 0,21 мг/м³. На ПНЗ-2 (юго-запад) составляет 0,11 мг/м³. В центральной части города ПНЗ-11 – 0,07 мг/м³.

На ПНЗ-2 и ПНЗ-11 средняя концентрация не превышает ПДК (0,15 мг/м³). Годовой ход на всех трех

пунктах носит синхронный характер (рис. 2). Максимум концентрации пыли наблюдается в переходные сезоны года (апрель, май и октябрь). Наименьшая концентрация пыли отмечается в холодный период, когда мерзлая подстилающая поверхность покрыта снежным покровом.

Определялся коэффициент корреляции между значениями концентрации пыли на разных ПНЗ г. Бийска в различные месяцы года [5]. В холодный период года (с декабря по март) концентрация пыли в атмосфере города минимальная, значения коэффициента корреляции (0,70–0,90) статистически значимы на уровне значимости 0,05 и показывают большую тесноту связи концентрации пыли на всех пунктах наблюдений (табл. 2).

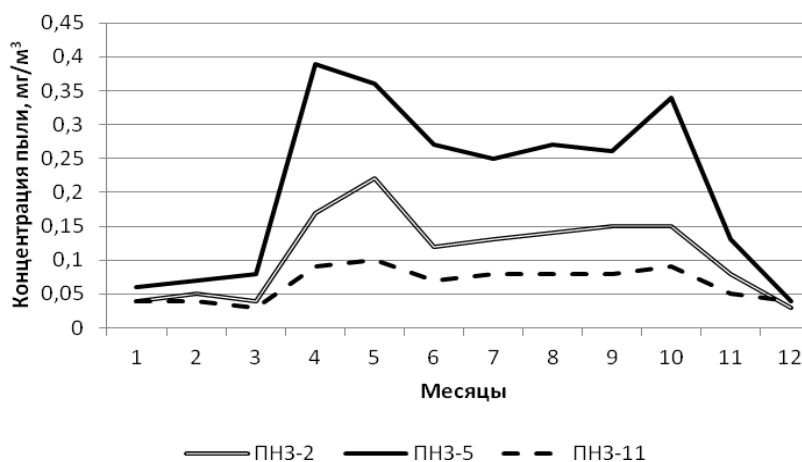


Рис. 2. Годовой ход средних значений концентрации пыли на ПНЗ (1985–2009 гг., г. Бийск)

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между значениями концентрации пыли в атмосфере на ПНЗ г. Бийска

ПНЗ	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ПНЗ-2–ПНЗ-11	0,67	0,88	0,67	0,57	0,45	0,70	0,64	0,58	0,69	0,66	0,79	0,58
ПНЗ-5–ПНЗ-11	0,77	0,78	0,75	0,47	0,48	0,52	0,60	0,52	0,63	0,58	0,66	0,75
ПНЗ-2–ПНЗ-5	0,70	0,89	0,86	0,27	0,04	0,46	0,02	0,11	–0,05	0,28	0,56	0,79

В другие сезоны года теснота связи величин концентрации пыли на разных ПНЗ уменьшается благодаря местным факторам, влияющим на увеличение концентрации пыли в атмосфере (увеличенный поток автотранспорта, влияние локальных источников и др.).

В теплое время года значимые коэффициенты корреляции наблюдаются лишь между пунктами наблюдений, расположенными на расстоянии до 4–5 км (между ПНЗ-2 и ПНЗ-11, ПНЗ-5 и ПНЗ-11). Статистические зависимости между концентрациями пыли на отдаленных друг от друга ПНЗ-2 и ПНЗ-5 на расстояние около 10 км статистически незначимы. Это подтверждает предположение о местном (локальном) происхождении пыли в атмосфере г. Бийска.

Результаты непрерывного мониторинга за концентрацией пыли в Бийске за продолжительный период с 1985 по 2009 г. позволили сделать следующие выводы. На всех ПНЗ г. Бийска происходит постоянное снижение концентрации пыли. Максимум содержания пыли в воздухе зарегистрирован на ПНЗ-2 в 1985 г., 1997–1999 гг., на ПНЗ-5 – в 1991 и 1993 гг., на ПНЗ-11 – с 1994 по 1997 г. Наиболее загрязненной можно назвать территорию центральной части города (ПНЗ-5), где большой вклад в загрязнение пылью атмосферного воздуха вносит автотранспорт.

Анализ концентрации взвешенных веществ за весь период наблюдений показал, что средние годовые уровни загрязнения превышали ПДК в среднем в 1,2–

2,7 раза до 2000 г. Наибольшее превышение среднегодовой нормы было зарегистрировано в 1985 г. и составило 0,4 мг/м³ (2,7 ПДК).

Средняя многолетняя концентрация пыли в атмосфере г. Бийска и ее изменчивость в различные месяцы приведены в табл. 3.

Таблица 3

Средняя многолетняя концентрация (мг/м³) и среднее квадратическое отклонение (σ) взвешенных частиц в атмосфере г. Бийска (1985–2009 гг.)

Показатель	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднее	0,09	0,08	0,08	0,24	0,26	0,20	0,19	0,19	0,19	0,22	0,13	0,09	0,17
σ	0,08	0,06	0,07	0,10	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09	0,12	0,10	0,07	0,08

Концентрация пыли в атмосфере осредненная для всего г. Бийска, имеет хорошо выраженный годовой ход (рис. 3). Наибольшие значения концентрации пыли характерны для теплого периода года. Максимальные значения концентрации пыли (значительно больше ПДК) наблюдаются в весенний период (апрель–май) и осенью (октябрь). Наиболее вероятная причина такого годового хода – усиление скорости

ветра в переходные сезоны года. В летний период скорости ветра уменьшаются, увеличивается число дней с осадками и количество осадков. Дополнительную роль в уменьшении концентрации пыли летом в атмосфере играет полив улиц. В зимний период года поверхность почвы замерзает, образуется устойчивый снежный покров и концентрация пыли в городе уменьшается.

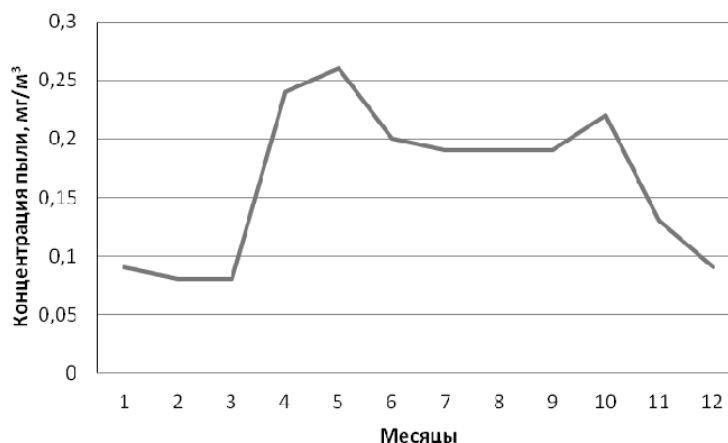


Рис. 3. Годовой ход средних месячных концентраций пыли в г. Бийске (1985–2009 гг.)

Значительный интерес представляет анализ динамики концентрации пыли в Бийске за весь период наблюдений с 1985 г. Известно, что в городе действовало и продолжает работать большое количество промышленных предприятий, в том числе общероссийского значения. Постоянные источники повышенной запыленности – отрасли металлургического, химического и текстильного производства, строительство, хозяйственная деятельность, транспорт. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являлись предприятия топливной энергетики (ТЭЦ-1, тепловые сети, отопительные котельные), деревообрабатывающей, химической и пищевой промышленности, рассредоточенные по всей территории города. Неоднократно г. Бийск характеризовался как один из самых загрязненных городов России [6]. На рис. 4 приведена динамика загрязнения пылью атмосферы Бийска за длительный период с 1985 г.

В 1985–1988 гг. зарегистрированы максимумы концентрации пыли за исследуемый период. Концентрация пыли превышала ПДК в два и более раза. С 1989 г. отмечено снижение уровня загрязнения воздуха. В 1992–1993 гг. наблюдалось небольшое увеличение уровня загрязнения воздуха пылью, но начиная с 1995 г. про-

исходит снижение средних годовых концентраций взвешенных веществ.

В отдельных случаях концентрация пыли значительно превышала ПДК. В 1993 г. самое высокое содержание пыли 8,6 ПДК зарегистрировано в мае в Приобском районе и 27 ПДК – в октябре при выездных эпизодических наблюдениях КЛМС г. Бийска на расстоянии 1 км от ТЭЦ-1. Был обнаружен главный источник загрязнения атмосферы – золоотвал ТЭЦ-1 (недалеко от ПНЗ-2).

Небольшие увеличения содержания пыли в атмосферном воздухе города наблюдались в 1995, 1997, 1999 гг. В 1995 г. максимум пыли зарегистрирован в октябре при усилении ветра до 20 м/с – 16,8 ПДК. В целом по городу за этот период было зарегистрировано четыре случая выше 5 ПДК пыли. В 1997 и 1999 гг. максимум зарегистрирован также при усилении ветра в апреле (8,4 ПДК) и в мае (11,4 ПДК) соответственно. Наибольшее число случаев с высокой концентрацией пыли в Бийске было связано с большой скоростью ветра, поднимающего пыль в воздух.

В 2000 г. впервые зарегистрировано среднегодовое содержание пыли в воздухе г. Бийска ниже ПДК. Устойчивые тенденции уменьшения концентрации пыли сохраняются и по настоящее время. Только в от-

дельных случаях наблюдались небольшие превышения ПДК пыли в теплый период года при значительном усилении скорости ветра.

Современные тенденции изменения концентрации пыли в воздухе по сезонам приведены на примере центральных месяцев (рис. 5). Во все сезоны года в

г. Бийске отмечается устойчивая тенденция уменьшения концентрации пыли.

Анализ значений концентрации пыли в Бийске показал, что наблюдается уменьшение ее концентрации во все месяцы года. В табл. 4 приведены коэффициенты тренда концентрации пыли.

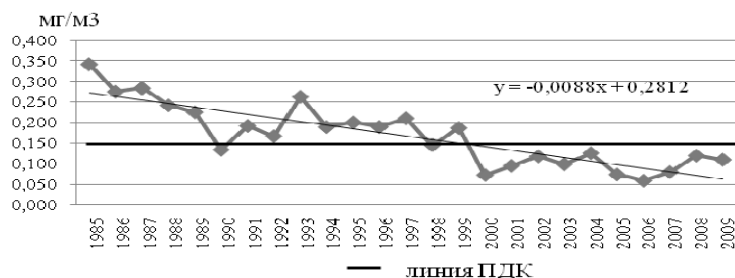


Рис. 4. Динамика среднегодовых концентраций пыли (1985–2009 гг., г. Бийск)

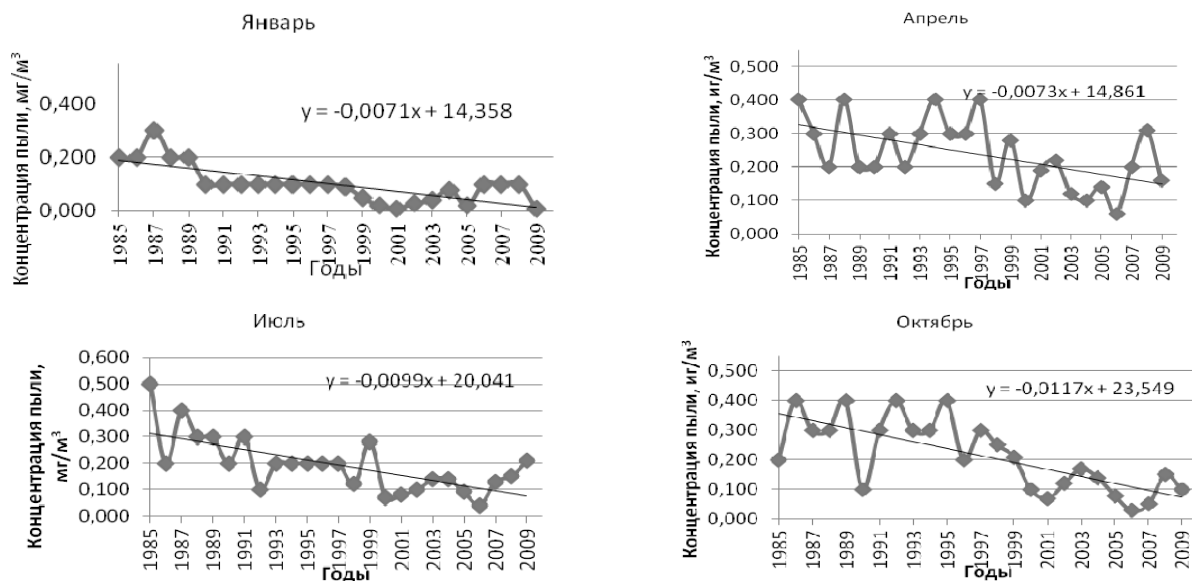


Рис. 5. Динамика загрязнения атмосферы пылью (1985–2009 гг., г. Бийск)

Таблица 4

Коэффициенты наклона линейного тренда уменьшения концентрации пыли в атмосфере г. Бийска, мг/м³ год

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
-0,009	-0,007	-0,008	-0,007	-0,010	-0,011	-0,010	-0,009	-0,007	-0,012	-0,007	-0,007	-0,009

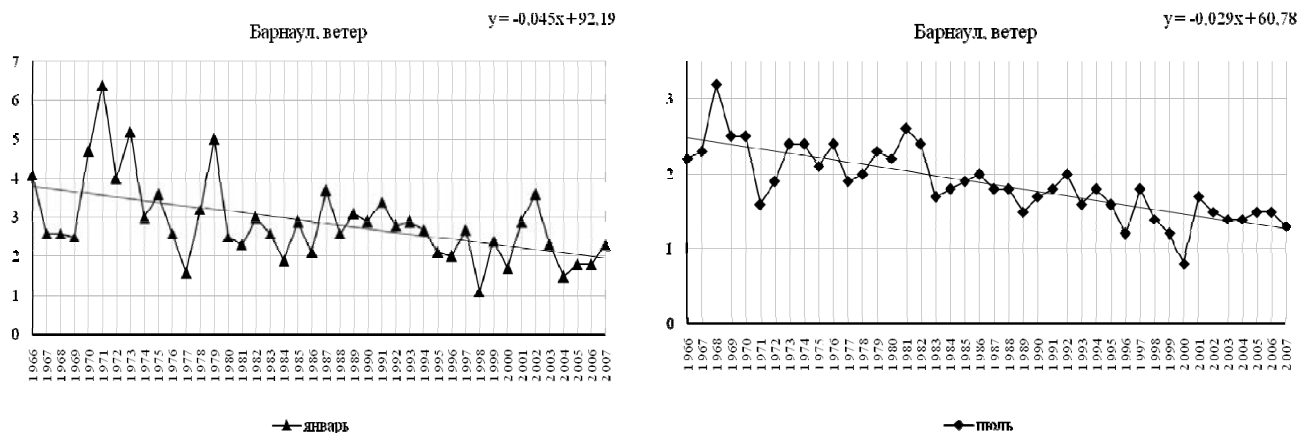


Рис. 6. Динамика средней месячной скорости ветра в г. Барнауле (Алтайский край)

Следует отметить, что уменьшение концентрации пыли происходит во все сезоны года лишь с несколько

большими темпами в теплый период года. Это означает, что наблюдается одновременное уменьшение концентра-

ции пыли как антропогенного, так и природного происхождения за счет пыли, поднимаемой с подстилающей поверхности. Этому в определенной степени благоприятствуют уменьшение объемов промышленного производства в городе, а также заметное улучшение состояния дорожного фонда и значительное внимание к его благоустройству. Свою роль играет и уменьшение средних годовых скоростей ветра, которое наблюдается в последнее время в Западной Сибири. В качестве примера приведены значения скорости ветра на метеорологической станции Барнаула (рис. 6) в январе и июле.

Уменьшение скорости ветра отмечено и в других регионах России.

Авторами сделана попытка оценить отдельно вклад в загрязнение пылью атмосферы в г. Бийске за счет антропогенного фактора и трансграничного переноса, а также пыли, поднимаемой с подстилающей поверхности. Отдельно рассмотрена концентрация пыли за холодный период года (ноябрь – март) и за теплый период (апрель – октябрь). Авторы исходят из предположения, что городские источники пыли поддерживают ее концентрацию круглый год (без учета работы отдельных котельных, печей в жилом частном секторе и т.д.).

В теплый период года концентрация пыли заметно увеличивается за счет естественной почвенной пыли. Следует учитывать относительно небольшое количество осадков в исследуемом регионе Алтайского края. Средняя концентрация пыли в теплый период составляет $1,44 \text{ мг/м}^3$, а в холодный – $0,40 \text{ мг/м}^3$. Простые расчеты показывают, что почвенная пыль в г. Бийске составляет около 70% от ее общего содержания. Поэтому для уменьшения запыленности в городе в теплый период (концентрация больше ПДК) следует продолжать улучшать состояние и благоустройство дорог в городе.

Проводилось изучение статистических характеристик средних месячных концентраций пыли в Бийске в зависимости от климатических показателей, влияющих на возможности самоочищения атмосферы от пыли.

Учитывалась зависимость средних концентраций пыли от средних месячных скоростей ветра, числа дней с осадками в городе, повторяемости туманов, скоростей ветра больше 6 м/с и штилей.

По данным наблюдений метеорологических станций были получены зависимости показателей повторяемости скоростей ветра более 6 м/с и штилей (рис. 7).

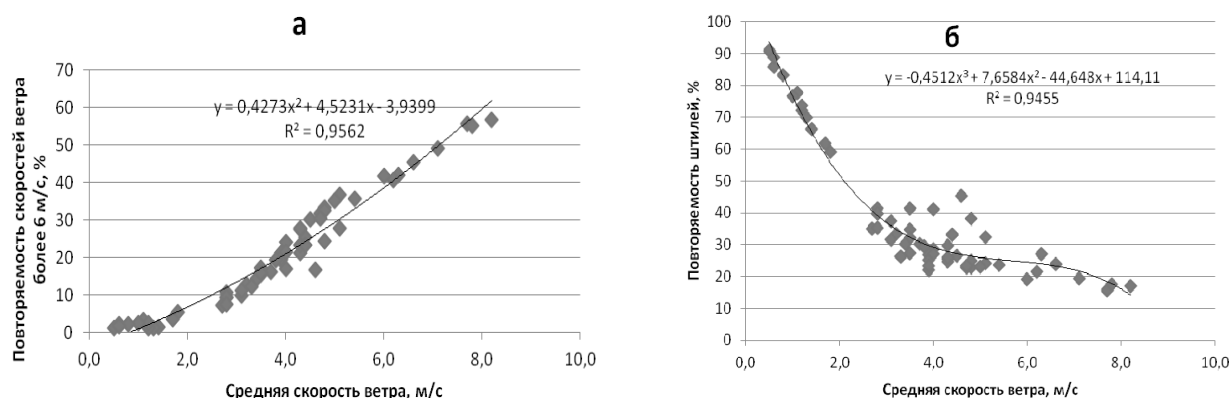


Рис. 7. Зависимость повторяемости скоростей ветра более 6 м/с (а) и штилей (б) от средней месячной скорости ветра, %

Приведенные уравнения регрессии статистически достоверно отражают полученные зависимости и использованы для определения параметров при наличии данных только о средних месячных скоростях ветра.

Наиболее высокая статистически значимая корреляционная связь наблюдается между величиной концентрации пыли в г. Бийске и повторяемостью штилей. Эта зависимости имеет отрицательный знак, т.е. чем

больше повторяемость штилей, тем меньше концентрация пыли.

Коэффициент корреляции статистически значим ($p = 0,05$) и изменяется в разные месяцы в пределах 0,40–0,71. Наиболее тесные связи отмечаются в теплый и холодный периоды, а в переходные сезоны – несколько меньше. Статистически значимых зависимостей концентрации пыли с другими климатическими параметрами не наблюдается.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Экология Алтайского края*. URL: <http://www.info@altaionline.ru> (дата обращения 01.04.2012).
2. *Ежегодник состояния загрязнения атмосферного воздуха в городах и промышленных центрах, расположенных на территории деятельности Западно-Сибирского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 1986–2010 гг.* Новосибирск : Новосибирский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с функциями регионального специализированного метеорологического центра всемирной службы погоды, 2004–2008.
3. *Охрана атмосферного воздуха*. URL: <http://www.air-protection.ru> (дата обращения 03.02.2012).
4. *Руководящий документ. Руководство по контролю загрязнения атмосферы*. М. : Гос. комитет СССР по гидрометеорологии. Министерство здравоохранения СССР, 1991. 693 с.
5. *Громыко Г.Л.* Статистика. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1976. 335 с.
6. *Селегей Т.С.* Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха городов Сибири // *География и природные ресурсы*. 1994. № 1. С. 76–81.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 17 мая 2012 г.