

УДК 551.513.551.551.55

## Оценка качества атмосферного воздуха Новосибирска по массовой концентрации твердых частиц

Т. С. СЕЛЕГЕЙ<sup>1</sup>, К. П. КУЦЕНОГИЙ<sup>2</sup>, Н. Н. ФИЛОНЕНКО<sup>1</sup>, С. А. ПОПОВА<sup>2</sup>, Т. Н. ЛЕНКОВСКАЯ<sup>1</sup>, М. А. БИЗИН<sup>2</sup><sup>1</sup>Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, ул. Советская, 30, Новосибирск 630099 (Россия)

E-mail: selegey@sibnigmi.ru

<sup>2</sup>Институт химической кинетики и горения Сибирского отделения РАН, ул. Институтская, 3, Новосибирск 630090 (Россия)

E-mail:koutsen@kinetics.nsc.ru

(Поступила 10.06.10)

### Аннотация

Произведена оценка качества атмосферного воздуха Новосибирска твердыми взвешенными веществами (ТВЧ), измеряемыми системой Росгидромета и Институтом химической кинетики и горения СО РАН. Установлено, что доля частиц фракции  $\leq 10$  мкм ( $ВЧ_{10}$ ) в составе ТВЧ равна 0.67. Оценка качества атмосферного воздуха по  $ВЧ_{10}$  не выявила иных загрязнений в атмосферном воздухе города, установленных Росгидрометом по существующей методике.

**Ключевые слова:** качество атмосферного воздуха, твердые взвешенные частицы (ТВЧ), массовая концентрация аэрозоля, частицы фракции  $\leq 10$  мкм ( $ВЧ_{10}$ ), предельно допустимая концентрация, стандарт качества, здоровье населения, продолжительность жизни

### ВВЕДЕНИЕ

По современным оценкам Европейской секции Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), содержание в атмосферном воздухе аэрозольных частиц наряду с озоном представляет основную опасность для здоровья населения [1]. Крупные и мелкие по размерам частицы оказывают различное влияние на здоровье человека. Если первая группа аэрозолей проникает только в область верхних дыхательных путей, то вторая, как правило, проникает в легкие и оседает в нижних слоях дыхательного тракта. Таким образом, степень риска возникновения заболеваний, связанных с поступлением в организм человека частиц аэрозоля, будет зависеть от их фракций. В России и бывших странах СССР исследования загрязнения атмосферного воздуха пылью проводятся без разделения час-

тиц на грубо- и мелкодисперсную фракции. Измеряются “взвешенные вещества”, которые включают в себя весь спектр твердых частиц, в то время как в странах Европы и США практикуется иной подход к оценке качества атмосферного воздуха по его загрязнению пылью. Так, для характеристики качества атмосферного воздуха введено понятие  $PM_{10}$  ( $ВЧ_{10}$ ), которое характеризует фракцию общих взвешенных частиц с аэродинамическим диаметром 10 мкм, хотя в составе  $PM_{10}$  могут присутствовать и более крупные взвешенные частицы с большим диаметром.

Россия начинает активно вписываться в европейское и мировое сообщество, является членом ВОЗ, поэтому актуальное значение приобретает задача нивелирования подходов к оценке качества атмосферного воздуха по содержанию в нем ряда примесей, в том числе и пыли. Благодаря объединению

усилий Сибирского регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института и Института химической кинетики и горения СО РАН, в Новосибирске проведена оценка качества атмосферного воздуха на основании данных по концентрации в нем пыли, определенной различными методами.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Государственный контроль качества атмосферного воздуха Новосибирска осуществляет Западно-Сибирский центр мониторинга окру-

жающей среды (ЗапСибЦМС) Росгидромета, который проводит наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха пылью (взвешенными веществами) на девяти пунктах наблюдений за загрязнением (ПНЗА). Наблюдения проводятся ежедневно в 7.00, 13.00 и 19.00 местного времени ежедневно, кроме воскресных и праздничных дней. На рис. 1 указано расположение этих пунктов. Метод отбора проб основан на определении массы взвешенных частиц пыли, задержанных фильтром АФА-ХА-20 при прохождении через него определенного объема воздуха в течение 20 мин. Относительная погрешность метода составляет

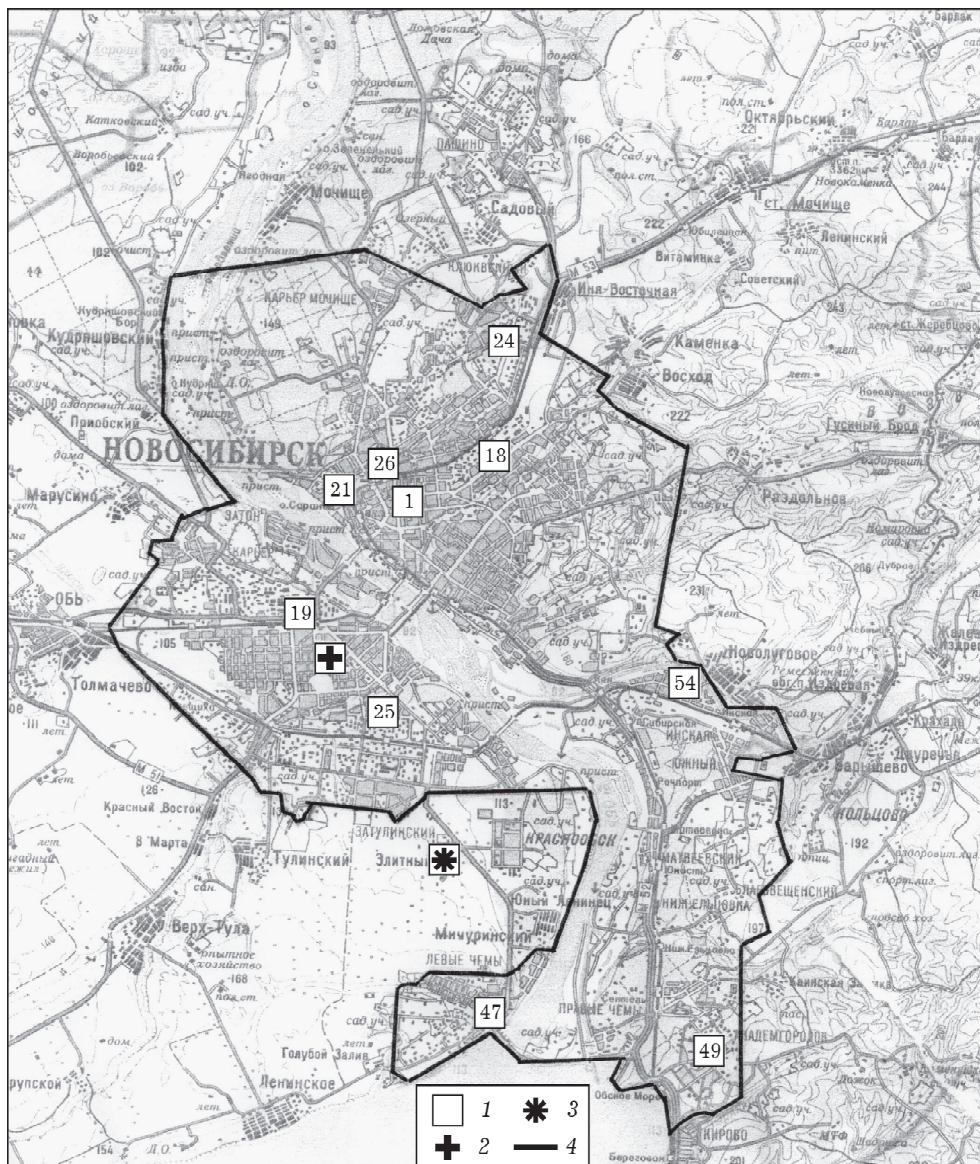


Рис. 1. Расположение пунктов наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха в Новосибирске: 1 – пункт наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха (ПНЗА) и его номер; 2 – пункт наблюдений за массовой концентрацией аэрозоля; 3 – метеостанция пос. Огурцово; 4 – граница территории города.

±25 %, абсолютная погрешность определения массы пыли на фильтре – 0.2 мг, предельная относительная погрешность определения объема воздуха, прошедшего через фильтр, составила 6 % [2].

В ИХКиГ СО РАН в рамках программы “Аэрозоли Сибири” в последние десятилетия ведутся планомерные работы по изучению аэрозолей. В ряде стационаров института осуществляются измерения массовой концентрации аэрозоля. Один из таких стационаров расположен в Новосибирске на территории городской больницы № 34 (левобережная часть города), где в период 2005–2007 гг. измерялась массовая концентрация аэрозоля. Отбор

проб массовой концентрации аэрозоля производился также на тонковолокнистые аэрозольные фильтры АФА-ХА-20 с помощью фильтровентиляционной установки, прокачивающей воздух со скоростью 13 м<sup>3</sup>/ч за 1 сут. Погрешность метода составляет ±1 %. Наблюдения проводились сериями продолжительностью 30 сут каждая по сезонам (зима, весна, лето, осень). При этом средние за сутки значения массовой концентрации аэрозолей получены не по календарным суткам, а со сдвигом на 8–12 ч, что в дальнейшем повлияло на результаты сравнительного анализа.

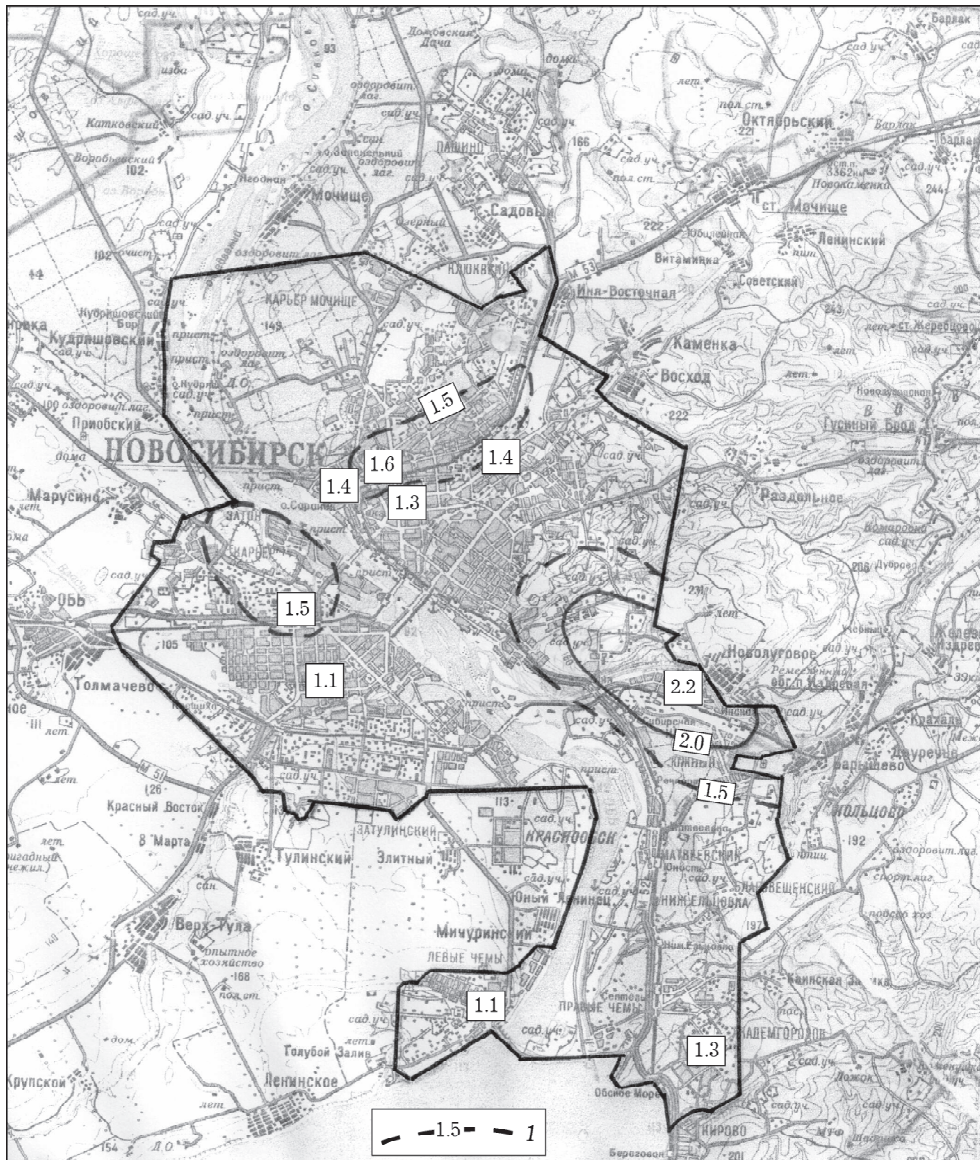


Рис. 2. Распределение среднегодовых концентраций взвешенных веществ по Новосибирску (2005–2007 гг.): 1 – изолинии концентраций взвешенных веществ, доли ПДК<sub>с/с</sub>.

Таким образом, измеряемые твердые взвешенные вещества (ТВЧ), характеризующие все фракции частиц атмосферной пыли, называются в Росгидромете “взвешенными веществами” ( $q$ ), а в Институте химической кинетики и горения СО РАН – “массовой концентрацией аэрозоля” ( $C$ ). Они являются аналогичными характеристиками качества атмосферного воздуха по содержанию в нем пыли и должны иметь тесную взаимосвязь.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде чем перейти к сравнительному анализу осредненных за сутки концентраций взвешенных веществ ( $q_{\text{ср}}$ ,  $C$ ), необходимо прояснить ситуацию с загрязнением атмосферного воздуха взвешенными веществами (пылью) в Новосибирске за рассматриваемый период. Для этих целей с использованием данных работы [3] были обработаны наблюдения

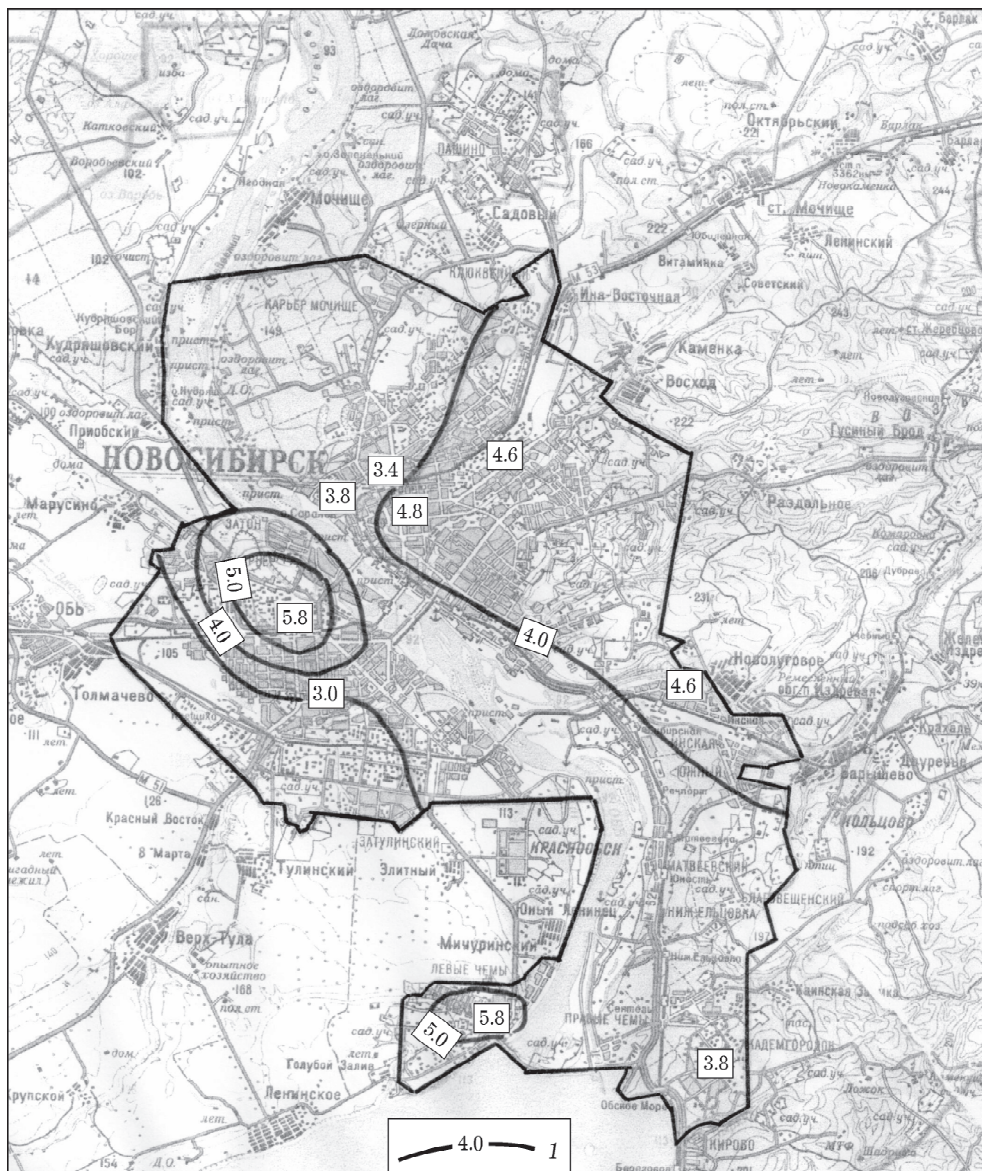


Рис. 3. Распределение максимальных концентраций взвешенных веществ по Новосибирску (2005–2007 гг.); 1 – изолинии концентраций взвешенных веществ, доли ПДК<sub>м/р</sub>

за концентрациями взвешенных веществ отдельно по каждому ПНЗА и в целом по городу. По результатам построены карты-схемы распределения среднегодовых и максимальных концентраций взвешенных веществ по территории г. Новосибирска (рис. 2, 3).

Видно (см. рис. 2), что загрязнение пылью атмосферного воздуха на всей территории Новосибирска в рассматриваемый период превышает санитарно-гигиенические нормы в 1.1–2.2 раза. На этом фоне выделяются три очага с самым грязным воздухом по пыли: Первомайский р-н ( $q_{cp} = 2.2 ПДК_{c/c}$ , где  $ПДК_{c/c}$  – предельно допустимая среднесуточная концентрация); Заельцовский р-н, вдоль путепровода ( $q_{cp} = 1.6 ПДК_{c/c}$ ); Ленинский р-н, вблизи расположения ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 и других промышленных объектов ( $q_{cp} = 1.5 ПДК_{c/c}$ ).

В Первомайском районе загрязнение атмосферного воздуха взвешенными веществами обусловлено наличием большого количества мелких котельных, частного сектора и недостаточным благоустройством территории. Пункт наблюдений за концентрациями пыли в Заельцовском р-не (ПНЗА № 26) расположен на оживленной автомагистрали, вдоль которой расположены многочисленные гаражи, авторемонтные мастерские и др. В Ленинском р-не повышенное загрязнение атмосферного воздуха пылью связано с выбросами ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 и других промышленных объектов. Относительно чистым районом города является его юго-западная территория (Затулинка, Чемы), где  $q_{cp}$  составляет 1.1  $ПДК_{c/c}$ .

Максимально разовые концентрации взвешенных веществ (см. рис. 3) в различных районах города за рассматриваемый период превышали предельно допустимые максимально разовые концентрации ( $ПДК_{м/р}$ ) в 3.0–5.8 раз. Наиболее высокие концентрации отмечались в районе ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 (ПНЗА № 19) и составляли 5.8  $ПДК_{м/р}$ . Столь высокие концентрации пыли зафиксированы в этот период и на территории ОбьГЭС (ПНЗА № 47), но они носили кратковременный характер в апреле.

Таким образом, загрязнение атмосферного воздуха Новосибирска взвешенными веществами различно для разных районов города и определяется близостью тех или иных промышленных объектов, оживленностью автомагистралей, переносом воздушных потоков и т. п.

Возникает вопрос: с какими концентрациями взвешенных веществ сравнивать массовую концентрацию аэрозоля? Пункты наблюдений, расположенные в правобережной части города, исключаются, так как значительно удалены от места наблюдений за величиной  $C$  и находятся в собственном микроциркуляционном процессе, рубежом которого выступает р. Обь как естественный разделительный фактор. Она втягивает в свое русло загрязненные потоки воздуха и уносит их вниз по течению [4]. Для сравнения остаются два левобережных пункта наблюдений: ПНЗА № 19 и 25. Самый ближайший пункт наблюдений – ПНЗА № 19 – находится на расстоянии 1.75 км к северу от больницы № 34, где проводились наблюдения за массовой концентрацией аэрозоля ИХГК СО РАН; ПНЗА № 25 удален от больницы на 4 км к юго-востоку. Для исключения ошибочных выводов сравнительный анализ величин  $C$  и  $q_{cp}$  проведен по двум вышеназванным ПНЗА.

На рис. 4 показан годовой ход среднемесячных концентраций взвешенных веществ на ПНЗА № 19 и 25 и массовой концентрации аэрозоля. Видно, что годовой ход среднемесячных концентраций взвешенных веществ на ПНЗА № 19 и среднемесячных концентраций  $C$  в районе горбольницы № 34 имеет один и тот же максимум, время наступления которого одинаково (апрель). Максимум среднемесячных концентраций пыли на ПНЗА № 25 сдвинут на май. Кривые годового хода для каждого рассматриваемого пункта имеют свои особенности и не совсем идентичны, но со-

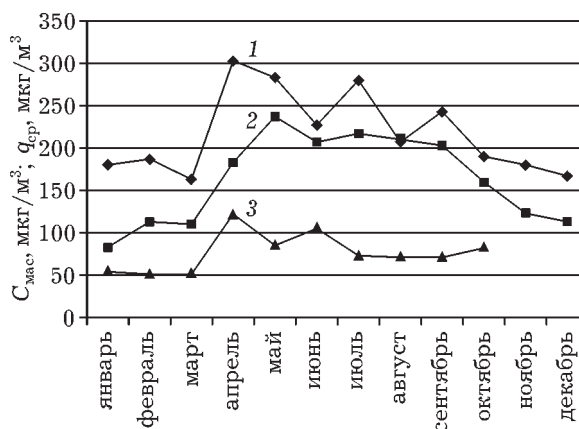


Рис. 4. Годовой ход  $q_{cp}$  (1, 2) и  $C_{max}$  (3): 1, 2 – ПНЗА № 19 и 25 соответственно, 3 – горбольница № 34.

храняют общую тенденцию к увеличению среднемесячных концентраций в весенние месяцы и их понижению в зимние месяцы.

Из анализа данных рис. 4 следует, что среднемесячные концентрации взвешенных веществ ( $q_{cp}$ ) превышают значения  $C$  в 1.5–5.0 раз. С одной стороны, такое завышение объясняется отсутствием в системе Росгидромета наблюдений в ночное время, в результате чего сутки охвачены не полностью. С другой стороны, основное различие заключается в способе измерений концентраций. Так, если службой Росгидромета отбор проб производится три раза в сутки по 20 мин каждая, и по результатам трех полученных значений рассчитывается среднесуточная концентрация, то в ИХКГ СО РАН пробы воздуха собираются на фильтр в течение 1 сут, а полученные данные усредняются за суточный интервал времени. По этой причине для одного и того же материала (в первом случае это аэрозоль, во втором – взвешенные вещества), отобранного на одни и те же фильтры, но с различной прокачкой загрязненного воздуха, временем отбора проб и различным периодом осреднения, получены различные результаты.

Сравнительный анализ среднесуточных значений  $C$  и  $q_{cp}$  в районе больницы № 34 по синхронному ряду наблюдений, как для ПНЗА № 19, так и для ПНЗА № 25, показал их большое расхождение. Коэффициенты корреляции  $r$  между  $C$  и  $q_{cp}$  отдельно по сезонам и в целом за год для ПНЗА № 19 и 25 приведены ниже:

	Зима	Весна	Лето	Осень	Годовые
№ 19	0.10	0.53	0.08	0.02	0.35
№ 25	0.01	0.23	0.04	0.10	0.29

Видно, что для ПНЗА № 19 коэффициент корреляции относительно значим только весной (в период максимальной запыленности) и составляет 0.53. В остальные сезоны связи между двумя рассматриваемыми величинами практически отсутствуют, что и следовало ожидать, так как сравниваемые ряды не совсем корректны. Дело в том, что места наблюдений удалены друг от друга на значительные расстояния, а их уровни загрязнения формируются под влиянием различных метеорологических и эмиссионных факторов.

Как отмечалось выше, в странах Европы и США для оценки качества атмосферного воздуха пылью измеряется не весь фракционный состав твердых взвешенных веществ, а только определенные их фракции. Для этих целей введено понятие  $PM_{10}$  ( $ВЧ_{10}$ ), которое характеризует фракцию взвешенных веществ с аэродинамическим диаметром 10 мкм и менее, хотя в составе могут присутствовать и крупные взвешенные частицы с большим диаметром [1].

Разные методы определения загрязнения атмосферного воздуха пылью в Российской Федерации и странах ЕС и США определяют и различные применяемые стандарты для установления его качества. В России измеренные концентрации взвешенных частиц сравнивают с предельно допустимой концентрацией (ПДК). Разовые (измеренные за интервал времени в 20 мин) концентрации соотносят с максимально разовой предельно допустимой концентрацией (ПДК<sub>м/р</sub>), которая не должна превышать 500 мкг/м<sup>3</sup>. Среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые концентрации сравнивают со среднесуточной предельно допустимой концентрацией (ПДК<sub>с/с</sub>), равной 150 мкг/м<sup>3</sup> [5]. Стандарт качества атмосферного воздуха для  $ВЧ_{10}$  в 15 странах Европы для среднесуточной концентрации пыли составляет 50 мкг/м<sup>3</sup>, для среднегодовой – 20 мкг/м<sup>3</sup> [4].

Если считать, что массовая концентрация аэрозоля  $C_{мас}$  соответствует концентрациям твердых взвешенных частиц (ТВЧ) в определениях ВОЗ, то необходимо установить долю частиц фракции  $ВЧ_{10}$  в составе  $C_{мас}$ . Для условий сибирских городов в ИХКГ СО РАН проведены расчеты по выделению доли спектров различных фракций в составе  $C_{мас}$ . Установлено, что для сибирских городов  $C_{10}(ВЧ_{10}) = 0.67C_{мас}$ . Это значение близко к данным работ [6, 7], где приведены коэффициенты перехода от значений ТВЧ к  $ВЧ_{10}$  для ряда европейских городов. Для них отношение концентраций  $ВЧ_{10}/ТВЧ$  варьирует в пределах 0.5–0.7.

По данным о коэффициенте перехода от ТВЧ к  $ВЧ_{10}$ , равном 0.7 (наихудшие условия), ряд наблюдений за массовой концентрацией аэрозоля в районе больницы № 34 переведен в ряд концентраций  $ВЧ_{10}$ . Затем осуществлена оценка качества атмосферного воздуха Новосибирска в районе больницы № 34 по стандар-

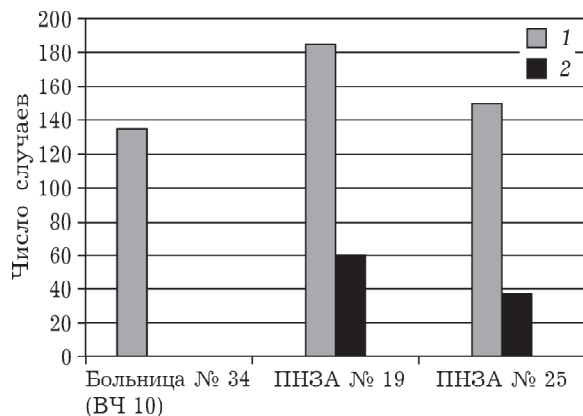


Рис. 5. Оценка качества атмосферного воздуха Новосибирска твердыми взвешенными веществами по стандартам  $ВЧ_{10}$  (больница № 34) и  $ПДК_{с/с}$  (ПНЗА № 19 и 25): 1 –  $>1ПДК$ , 2 –  $>2ПДК$ .

там ВОЗ (выбраны дни с концентрациями  $\geq 50$   $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ ). Параллельно проведена оценка качества атмосферного воздуха взвешенными веществами на ПНЗА № 19 и ПНЗА № 25 по  $ПДК_{с/с} = 150$   $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ . Такой анализ показал, что существующие оценки качества атмосферного воздуха на сети Росгидромета выявляют гораздо больше случаев загрязнений воздуха, нежели метод с использованием  $ВЧ_{10}$  (рис. 5).

Ряд наблюдений по взвешенным веществам за исследуемый период дал превышение  $ПДК_{с/с}$  в 185 случаях на ПНЗА № 19 и в 150 случаях на ПНЗА № 25. В результате наблюдений за массовой концентрацией аэрозоля, переведенных в  $ВЧ_{10}$ , выявлено всего 135 случаев превышения стандарта качества атмосферного воздуха по пыли. При этом более высокие концентрации ( $>2ПДК$ ) оценочной базой ВОЗ практически не фиксируются, в то время как при использовании стандартных подходов Росгидромета они выявлены в 60 случаях на ПНЗА № 19 и в 37 случаях на ПНЗА № 25.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования подтверждают выводы авторов [6], что переход методики

наблюдений за концентрациями пыли в РФ на стандарты ВОЗ не изменит наши представления о загрязнении воздуха пылью, но потребует значительных материальных затрат на создание дополнительной сети измерений за концентрациями  $ВЧ_{10}$ . В период экономического кризиса такая задача представляется практически невыполнимой. Однако в перспективе подходы к проблеме оценки качества атмосферного воздуха твердыми взвешенными веществами во всех странах-членах ВОЗ должны быть унифицированы.

Интерес к  $ВЧ_{10}$  связан с вредным воздействием аэрозолей этой фракции на здоровье человека, что подтверждается результатами значительного объема эпидемиологических и токсикологических исследований. Оценки по 25 странам Европейского Союза показали, что в результате воздействия воздуха, содержащего  $ВЧ_{10}$ , средняя продолжительность жизни населения снижается на 8.6 мес. [8].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека. Копенгаген, региональные публикации ВОЗ, Европейская секция. № 85. 293 с.
- 2 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186–89. М., 1992. С. 181–183.
- 3 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 2005–2008 гг. Новосибирск, 2006–2009.
- 4 Селегей Т. С. Формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах Сибири. Новосибирск: Наука, 2005. 347 с.
- 5 Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. СПб.: Интеграл, 2005. 290 с.
- 6 Безуглая Э. Ю., Смирнова И. В. Воздух городов и его изменения. СПб.: ЦНИТ “Астерион”, 2008. 253 с.
- 7 Качество атмосферного воздуха в крупнейших городах России за десять лет, 1998–2007 гг.: Аналитический обзор. СПб.: ЦНИТ “Астерон”, 2009. 133 с.
- 8 Цыро С. Г. // Метеорология и гидрология. 2008. № 2. С. 34–46.