

© С.В. Клейн<sup>1</sup>, С.Ю. Загороднов<sup>1</sup>, А.А. Кокоулина<sup>1</sup>, Е.В. Попова<sup>1</sup>,  
Новоселов В.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»,

<sup>2</sup>ГБОУ ВПО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А.Вагнера»

г. Пермь, Россия

## ОЦЕНКА ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА С УЧЁТОМ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЧАСТИЦ КАК ФАКТОРА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

**Аннотация (Резюме).** В статье проведена оценка риска здоровью населения промышленно нагруженной территории с выделением доли пылевых частиц, в том числе мелкодисперсных, в формировании рисков. В ходе работ устанавливался фракционный состав пылевых выбросов. Уточнённые значения концентраций пылевых частиц в атмосферном воздухе определялись путём аппроксимации концентраций, полученных по результатам инструментальных исследований и расчётов рассеивания. Оценку риска проводили в соответствии с Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Было установлено, что в воздухе обследуемой территории присутствуют мелкодисперсные частицы РМ<sub>10</sub> и РМ<sub>2.5</sub> в долях от 0 до 98%. Для населения рассматриваемой территории при воздействии 5 приоритетных загрязняющих веществ (РМ<sub>10</sub>, азота диоксид, аммиак, водород хлористый, взвешенные вещества) существует недопустимый риск развития заболеваний органов дыхания при остром и хроническом воздействии. Повышенный хронический риск в основном обусловлен воздействием взвешенных веществ. Вклад взвешенных веществ в хронический риск развития патологии органов дыхания может составлять до 96,32 %, в острый – до 60,5%.

© S.V. Kleyn<sup>1</sup>, S.Yu. Zagorodnov<sup>1</sup>, A.A. Kokoulina<sup>1</sup>, E.V. Popova<sup>1</sup>,  
Novoselov V.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific Centre for Medical and Preventive Population Health Risk  
Management Technologies

<sup>2</sup>Perm State Medical University named after E.A. Wagner

Perm, Russia

## ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION WITH DUST TAKING INTO ACCOUNT PARTICLE FRACTION COMPOSITION AS A HEALTH RISK FACTOR FOR PEOPLE LIVING IN AN INDUSTRIAL TERRITORY

**Abstract.** The article presents the assessment of health risk of people living in an industrial territory producing dust particles. The research studied the fraction composition of dust emissions. The adjusted values of the concentration of dust particles in the atmospheric air were found using concentration approximation received according to the results of instrumental investigations and scattering calculation. Risk assessment was determined according to P 2.1.10.1920-04. Guide on the assessment of population health risk under the influence of chemical substances polluting the environment. It was determined that the air of the investigated territory had high concentrations of fine particles PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in the amounts of 0 - 98%. People living in that territory influenced by 5 priority pollutants (PM<sub>10</sub>, nitrogen

dioxide, ammonia, chloride hydrogen, suspended materials) are at high risk of the development of acute and chronic respiratory diseases. High chronic risk of respiratory pathologies is mostly caused by the influence of suspended materials. This influence can reach 96,32 % in chronic forms, 60,5% - in acute ones.

**Keywords:** health risk, pollution with dust, fine particles, suspended materials, industrial territory.

**Введение.** Опасность воздействия пылевых частиц на здоровье человека подтверждена исследованиями авторов разных стран и отраслей наук [6,7,9,12-15,17-20,22,23]. Особенно актуально вопрос пылевого загрязнения стоит для индустриальных урбанизированных территорий, где источниками большого количества пыли в атмосферном воздухе являются выбросы промышленных предприятий, при этом пылевые выбросы очень сложны и разнообразны по своему составу, а соответственно и свойствам [1,3]. Наряду с химическими и физическими характеристиками пылевых частиц важным фактором их воздействия на здоровье является размер. При этом наибольшую угрозу представляют частицы мелких фракций (с размерами менее 10 мкм -  $PM_{10}$  и менее 2.5 мкм –  $PM_{2.5}$ ), что обусловлено их способностью проникать глубоко в нижние отделы дыхательных путей, а также долгое время задерживаться в атмосфере и переноситься на большие расстояния [11,16,21].

**Цель исследования** – оценить вклад пылевых частиц с учётом их мелкодисперсной фракции в риск здоровью населения промышленно нагруженной территории для обоснования санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия пылевых выбросов.

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования является атмосферный воздух и здоровье населения г. Березники Пермского края, который характеризуется близостью жилой застройки к промышленным территориям и местам складирования отходов горнодобывающей промышленности (отвалам и хвостохранилищам). Как следствие, значительное количество населения проживает под воздействием

промышленных выбросов сложного состава, в том числе выбросов твердых частиц (пылей).

Уровни общего содержания взвешенных веществ (total suspended particles, TSP) в атмосферном воздухе оценивали по данным 3-х стационарных постов наблюдения Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (далее – Росгидромет). Анализировали уровни максимальных разовых и среднесуточных приземных концентраций, полученных в динамике за 5 лет.

Инструментальные исследования содержания взвешенных веществ с учётом их дисперсного состава качества атмосферного воздуха были выполнены в испытательном лабораторном центре ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». Отборы проводили в 5 точках, репрезентирующих всю территорию города и расположенных на территориях детских дошкольных учреждений. В течение 3-х месяцев было отобрано и проанализировано 25 проб атмосферного воздуха (по 5 проб в каждой точке). Пробы воздуха исследовали на содержание пылей, которые характерны для выбросов промышленных предприятий рассматриваемой территории. Определялись суммарные концентрации пылей, концентрации частиц нормируемых фракций (PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>) в атмосферном воздухе и дисперсный состав отобранных образцов.

Отбор проб воздуха производили при помощи аспиратора на фильтры АФА-ХП-20 в течение 20 минут со скоростью 20 л/мин (общий объем отобранного воздуха составляет 4м<sup>3</sup>). Метод анализа TSP – гравиметрический. Распределение частиц по фракциям исследовали в полученном растворе на лазерном анализаторе частиц Microtrac S3500.

Определение долевого содержания частиц пыли с размерами менее 2,5 мкм и менее 10 мкм выполняли по формулам (1,2):

$$PM_{2,5} = \frac{m_{пыли} \cdot 10^3 \cdot \%(\text{частиц} < 2,5 \text{ мкм})}{V_{воздуха} \cdot 100\%} \quad (1)$$

и

$$PM_{10} = \frac{m_{пыли} \cdot 10^3 \cdot \%(\text{частиц} < 10 \text{ мкм})}{V_{воздуха} \cdot 100\%}, \text{ где} \quad (2)$$

$m_{пыли}$  - масса пыли в анализируемой пробе, мг

$V_{воздуха}$  - V прокачанного воздуха, м<sup>3</sup>.

На основании полученных данных рассчитывались максимальные разовые (г/с) и валовые (т/год) выбросы частиц нормируемых фракций (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>), которые использовались для проведения расчётов рассеивания.

Для оценки пространственного распределения пыли по территории выполнялись сводные расчёты рассеивания с использованием программного продукта, реализующего положения «Методики расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86) [8]. При расчётах учитывали выбросы взвешенных веществ и PM<sub>10</sub> от всех стационарных источников промышленных предприятий территории. Для каждого выброса взвешенных веществ и PM<sub>10</sub> уточнялся коэффициент оседания (седиментации) [5]. Расчётная площадка охватывала всю обследуемую территорию. Концентрации определялись в узлах расчётной сетки с шагом 100x100м с перебором для всех направлений и скоростей ветра. В геоинформационной системе ARCGIS 9.0 на основе векторной карты города получали поля концентраций методами построения изолиний.

Верификацию расчетных данных выполняли данными натурных наблюдений с постов Росгидромета и собственных исследований с применением метода сопряжения [2,4].

Оценку риска для здоровья населения от воздействия пылевых выбросов с учётом содержания мелкой фракции проводили в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920-04) [10].

Источниками информации об опасности явились:

- данные статистической отчетности предприятий о выбросах в атмосферный воздух;
- результаты натурных исследований качества атмосферного воздуха на постах Росгидромета;
- результаты сопряжения расчетных и натурных концентраций загрязняющих веществ с постов Росгидромета и исследований специалистов ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Оценку риска проводили с учетом экспозиции 5 приоритетных для данной территории примесей: взвешенных веществ (в т.ч.  $PM_{10}$ ), диоксида азота, аммиака, хлористого водорода и бенз(а)пирена.

В качестве сценария экспозиции принимали стандартный сценарий для селитебной зоны.

Для решения задач снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха пылевыми выбросами осуществляли определение приоритетных видов пылей и источников их выделения и выбросов на территории.

Основные загрязнители атмосферного воздуха приоритетными пылями (промышленные предприятия) определялись по совокупности показателей: вклад в максимальное загрязнение атмосферного воздуха, вклад в среднегодовое загрязнение атмосферного воздуха, вклад в формирование валового выброса.

### **Результаты и обсуждения**

Установлено, что за последние 5 лет на постах Росгидромета в городе систематически регистрируются превышения гигиенических нормативов на пылям. Так, за 2010-2014 годы было отмечено более 70 случаев превышения ПДК по пылям с уровнем до 2,4ПДК. Среднегодовые концентрации взвешенных веществ за указанный период сохранялись в целом по городу около 1,1ПДКс.с. Мониторинг за содержанием мелкодисперсных частиц

(PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>) в атмосферном воздухе на стационарных постах не осуществляется.

Вместе с тем, установлено, что доля мелкодисперсных частиц в твердой компоненте загрязнения атмосферы города существенно колеблется и составляет от 0,1% до 86,8% по PM<sub>10</sub> и от 0,0 до 49,3% по PM<sub>2.5</sub>.

Приземные концентрации TSP и мелкодисперсных пылей PM<sub>10</sub>, формируемые всеми стационарными источниками предприятий рассматриваемой территории, верифицированные данными натурных исследований, представлены на рисунках 1 и 2. Определено, что участки высокого загрязнения атмосферного воздуха суммой пылевых частиц (TSP) расположены в промышленной зоне города вблизи мощных источников выбросов, а также на территории, прилегающей к промзоне жилой застройки.

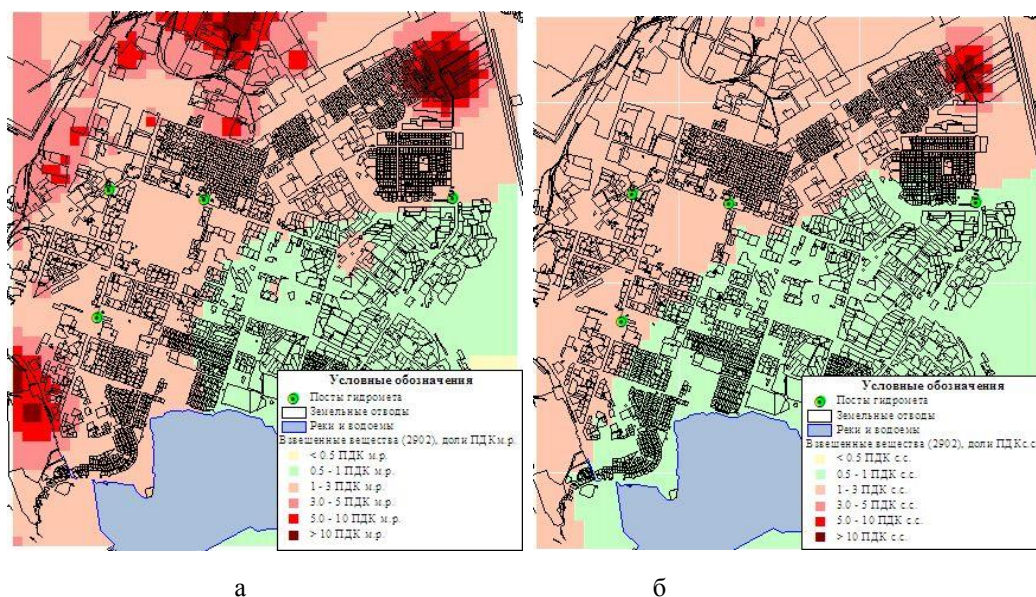


Рис. 1. Поля максимальных разовых (а) и среднегодовых (б) концентраций взвешенных веществ в атмосферном воздухе исследуемой территории

Следует отметить, что влияние промышленных выбросов пылей распространяется на значительную часть города, в которой расположены как малоэтажная, так и высотная застройка. Распределение концентраций взвешенных веществ в жилой застройке находилось на уровне: максимально-разовые – от 0,55 до 5,53 ПДКм.р. (от 0,917 до 9,217 доли ARfc), среднегодовые – от 0,47 до 1,56 ПДКс.с. (от 0,947 до 3,12 доли Rfc).

На рис. 2. представлены поля концентраций по мелкодисперсным пылям (PM<sub>10</sub>). Изменение концентраций PM<sub>10</sub> в жилой застройке находилось на уровне: максимально-разовые – от 0,01 до 4,13 ПДКм.р. (0,013 до 8,26 долей ARfc), среднегодовые – от 0,013 до 2,69 ПДКс.г. (от 0,01 до 2,16 долей Rfc). Представляется интересным факт, что зона влияния мелкодисперсных частиц с размером 10 мкм при разовом загрязнении охватывает практически весь город. Уровни загрязнения ниже, но негативное воздействие может испытывать практически все населения Березников.

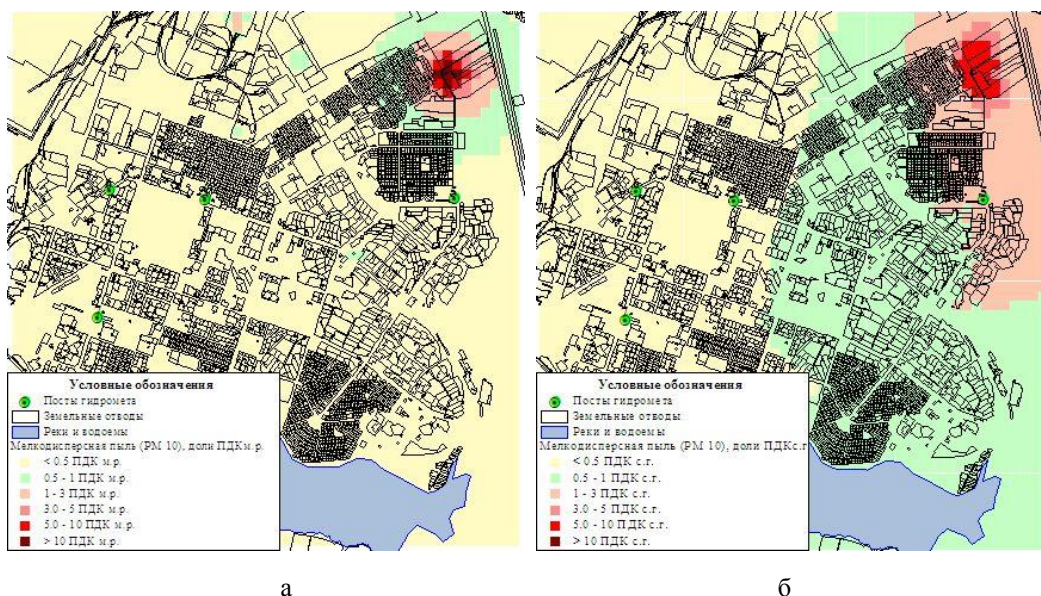


Рис. 2. Поля максимальных разовых (а) и среднегодовых (б) концентраций PM<sub>10</sub> в атмосферном воздухе исследуемой территории (результаты аппроксимации данных инструментальных измерений с учетом результатов расчетов рассеивания)

Среднегодовые уровни загрязнения мелкодисперсными частицами ниже, чем для TPS, а, следовательно, предполагаются и более низкие уровни рисков для здоровья. В этой связи в дальнейшем оценивали риски для здоровья с учетом только всей суммы пылевых частиц, применяя при этом адекватные критерии оценки (референтные уровни для суммы взвешенных частиц).

При проведении оценки риска в результате идентификации опасности установлено, что воздействие 4 исследованных веществ – азота диоксида,

аммиака, хлористого водорода, и взвешенных частиц (пылей) могут вероятностно определять нарушение функций органов дыхания.

Результаты расчета коэффициентов и индексов опасности в отношении органов дыхания с учетом измеренных концентраций четырех представлены в таблицах 1,2.

Таблица 1

**Риск развития нарушений функций органов дыхания при острой ингаляционной экспозиции веществ (95%-ный перцентиль)**

| Вещество                       | Коэффициенты опасности в точках в жилой застройке |             |             |             |             |
|--------------------------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                | Точка максимума                                   | 1           | 2           | 3           | 4           |
| Азота диоксид                  | <b>1,01</b>                                       | 0,98        | 0,89        | 0,7         | 0,38        |
| Аммиак                         | 0,78  | 0,1         | 0,15        | <b>1,74</b> | 0,74        |
| Водород хлористый              | 0,39  | 0,1         | 0,25        | 0,46        | 0,59        |
| <b>Взвешенные вещества</b>     | <b>3,38</b>                                       | <b>2,67</b> | 1,52        | 0,85        | <b>2,67</b> |
| Индекс опасности               | <b>5,56</b>                                       | <b>3,85</b> | <b>2,81</b> | <b>3,75</b> | <b>4,38</b> |
| Вклад пылевых частиц в риск, % | <b>60,8</b>                                       | <b>69,4</b> | <b>54,1</b> | <b>22,7</b> | <b>61,0</b> |

Таблица 2

**Риск развития поражения органов дыхания при хронической ингаляционной экспозиции по данным натурных замеров на постах наблюдений Росгидромета**

| Вещество                             | Коэффициенты опасности веществ (HQ)  |                  |                  |                  |                                   |
|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------------------|
|                                      | Точки постов наблюдения Росгидромета |                  |                  |                  | Точка максимума в жилой застройке |
|                                      | 1                                    | 2                | 3                | 4                |                                   |
| Азота диоксид                        | <b>1,78±0,36</b>                     | 0,99±0,20        | <b>1,02±0,20</b> | 1,31±0,26        | 1,05±0,16                         |
| Аммиак                               | 0,24±0,05                            | 0,10±0,01        | 0,30±0,11        | 0,21±0,09        | 0,44±0,19                         |
| Водород хлористый                    | 0,10±0,01                            | <b>3,23±0,65</b> | <b>6,33±1,27</b> | <b>3,48±0,70</b> | <b>4,59±0,12</b>                  |
| Взвешенные вещества                  | <b>2,20±0,44</b>                     | <b>1,50±0,36</b> | <b>0,62±0,12</b> | <b>2,16±0,66</b> | <b>2,86±0,57</b>                  |
| <b>Индекс опасности (риска) (HI)</b> | <b>3,32±0,86</b>                     | <b>5,82±1,22</b> | <b>8,27±1,70</b> | <b>7,16±1,71</b> | <b>8,94±</b>                      |
| Вклад пылевых частиц в риск, %       | <b>66,3</b>                          | <b>25,8</b>      | <b>7,5</b>       | <b>30,2</b>      | <b>32,0</b>                       |



В целом полученные индексы опасности, которые характеризуют риски возникновения неканцерогенных эффектов для здоровья, превышали приемлемый уровень (1,0) практически повсеместно на исследованной территории. Индексы опасности, характеризующие острые негативные эффекты, колебались в диапазоне от 2,8 до 5,5ИИ, что позволяло оценивать риски для здоровья как умеренные. Индексы опасности при хроническом воздействии были выше и составляли от 3,3 до 8,9ИИ, что оценивали как повышенные риски для здоровья. Наибольшие риски были отмечены в северо-западной части города, где расположено крупное горно-металлургическое производство, объекты энергетики, транспорта и ряд иных производств. Пыли вносят во внешнесредовые ингаляционные риски нарушения функций органов дыхания для здоровья от 10 до 70% в зависимости от зоны города.

Следует отметить, что анализ уровней первичной заболеваемости населения г. Березники болезнями органов дыхания (по обращаемости), выполненный для оценки степени реализации установленных рисков, показал, что здоровье населения города на протяжении многих лет имеет менее благоприятные показатели, чем в целом по региону. Так, при среднемноголетнем (1992-2014 гг.) показателе заболеваемости детского населения края болезнями органов дыхания 1101,72 сл./1000 в Березниках этот показатель составил 1241,75 сл./1000. Для взрослых показатели соответственно составляют 182,9 сл./1000 (Пермский край) и 195,2 сл./1000 (Березники). Загрязнение атмосферного воздуха, несомненно, вносит вклад в повышенный уровень заболеваемости. Оценка доли этого вклада – задача другого исследования. Однако, очевидно, что пыли являются существенным фактором риска для жителей города, который формирует не просто неприемлемые, но довольно высокие риски для здоровья.

Анализ структуры выбросов и загрязнения атмосферы разными видами пыли показал, что приоритетными являются при остром воздействии: пыль

неорганическая (70-20% SiO<sub>2</sub>), пыль неорганическая (до 20% SiO<sub>2</sub>), пыль абразивная, пыль древесная, мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий). Для хронического воздействия – взвешенные вещества, мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий), пыль неорганическая с содержанием 70-20% SiO<sub>2</sub>, пыль неорганическая с содержанием SiO<sub>2</sub> до 20%, пыль древесная.

Основными источниками загрязнения атмосферы приоритетными видами взвешенных частиц являются крупные предприятия города, в частности, горнодобывающие и горнохимические, такие как ОАО «Уралкалий» и ОАО «Азот», а также ТЭЦ. Немалый вклад в загрязнение вносят размещенные в городской черте или в непосредственной близости к ней полигоны складирования отходов, прежде всего – отходы добычи калийных солей.

Наибольший эффект по снижению пылевой нагрузки на атмосферный воздух может быть достигнут при выполнении следующих мероприятий:

- совершенствование технологических процессов и системы регулирования выбросов;
- совершенствование системы контроля за соблюдением технологических регламентов;
- оснащение технологических процессов пылеочистными установками, соответствующими дисперсному составу выбросов.

Особое внимание следует уделить мерам по ужесточению выполнения мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при наступлении неблагоприятных метеорологических условий (НМУ).

Для промышленных предприятий, признанных основными источниками приоритетных видов пылей, были разработаны природоохранные мероприятия, направленные как на снижение

пылевыведения непосредственно на источнике, так и на модернизацию технологического оборудования.

Выполненные исследования позволили сделать следующие **выводы**:

1. Уровень загрязнения атмосферного воздуха г.Березники в последние годы не снижается, сохраняясь на уровне 1,1ПДК<sub>с.с.</sub>. На постах Росгидромета регулярно фиксируются повышенные уровни суточного загрязнения атмосферы взвешенными веществами.

2. В воздухе обследуемой территории присутствуют мелкодисперсные частицы  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$ . Доля частиц мелких фракций от 0 до 98% в зависимости от точки отбора. Результаты выборочных инструментальных исследований указывают на отсутствие превышений гигиенических нормативов содержания указанных частиц в приземном слое атмосферы.

3. Аппроксимация данных с постов Росгидромета, результатов инструментальных исследований ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» и результатов сводных расчётов рассеивания позволила сформировать наиболее полную картину загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами в целом и мелкодисперсными частицами в частности. При сопряжении расчетных и натуральных концентраций загрязняющих веществ в точках жилой застройки установлено, что посты Росгидромета довольно надежно характеризуют качество среды обитания населения, однако в жилой застройке, приближенной к промышленным площадкам могут регистрироваться загрязнения на более высоком уровне, достигая по взвешенным веществам до 5,5 ПДК<sub>м.р.</sub> и 1,56 ПДК<sub>с.с.</sub>, в том числе по мелкодисперсным пылям ( $PM_{10}$ ) – до 4,13 ПДК<sub>м.р.</sub> и 2,69 ПДК<sub>с.с.</sub>

4. Оценка влияния на здоровье населения загрязнений атмосферного воздуха показала, что для населения рассматриваемой территории при воздействии 5 приоритетных загрязняющих веществ ( $PM_{10}$ , азота диоксид, аммиак, водород хлористый, взвешенные вещества) существует

недопустимый риск развития заболеваний органов дыхания при остром и хроническом воздействии. Повышенный хронический риск в основном обусловлен воздействием взвешенных веществ. Вклад взвешенных веществ в хронический риск развития патологии органов дыхания может составлять до 96,32 %, в острый – до 60,5%.

### Список литературы:

1. *Зайцева Н.В., Май И.В., Макс А.А., Загороднов С.Ю.* Анализ дисперсного и компонентного состава пыли для оценки экспозиции населения в зонах влияния выбросов промышленных стационарных источников. // Гигиена и санитария. – 2013. - № 5. – С.19-23.
2. *Май И.В., Вековщина С.А., Чигвинцев В.М.* Сопряжение данных инструментальной и расчетной оценки качества атмосферного воздуха г. Перми для задач эколого-гигиенического зонирования территории. // Вестник Пермского университета. Серия: Биология.- 2010.- № 2.- С. 60-64.
3. *Май И.В., Загороднов С.Ю., Макс А.А., Загороднов М.Ю.* Оценка потенциального загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными частицами в зоне расположения машиностроительного предприятия. // Урбанистика. – 2012. - 2(6). – С. 109 – 119.
4. *Май И.В., Клейн С.В., Чигвинцев В.М., Балашов С.Ю.* Методические подходы к повышению точности оценки экспозиции населения на основе сопряжения расчетных и натуральных данных о качестве атмосферного воздуха // Анализ риска здоровью. - 2013.- № 4. - С. 17-25.
5. *Май И.В., Макс А.А., Загороднов С.Ю., Чигвинцев В.М.* Методические подходы к учету скорости оседания различных пылевых фракций для задач оценки экспозиции населения мелкодисперсными частицами. // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. – 2012. – Т. 14, № 5 (3). – С. 971– 975.
6. Материалы международной конференции в Дрездене Ultrafine Particles in Urban Air. Dresden 23 to 24/10/2007.
7. *Намазбаева З.И., Мукашева М.А., Гулаева О.В., Салимбаева Б.М., Дюсембаева Н.К., Адильбекова А.А. и др.* Воздействие пыли на нарушение репродуктивной функции организма. Гигиена и санитария. – 2005. - № 5. - С. 72 – 75.
8. ОНД-86 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Общесоюзный нормативный документ / ГГО им. Воейкова. – Л., 1987. – 64 с.

9. *Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Авалиана С.Л., Буштуева К.А.* Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Под ред. Рахманина Ю.А., Онищенко Г.Г. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.
10. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Москва, 2004.
11. *Ревич Б.А., Шапошников Д.А.* Климатические условия, качество атмосферного воздуха и смертность населения Москвы в 2000-2006 г.г.// Сборник материалов «Климат, качество атмосферного воздуха и здоровье москвичей». Под ред. проф. Б.А. Ревича. – М., 2006, стр. 102-141.
12. Air Quality Guidelines. Global Update 2005 // World Health Organization, 2006. – 496 p.
13. Airborne Particulate Concentrations and Numbers in the United Kingdom (phase 2) - Annual Report – 2010. Report Date: 31/08/2011. Author: S Beccacaci, D Muhunthan, D Sarantaridis, J Tompkins, D Butterfield, P Quincey, R Brown, D Green, A Grieve, G Fuller, A Jones.
14. Correia, Andrew W.a; Pope, C. Arden IIIb; Dockery, Douglas W.c; Wang, Yuna; Ezzati, Majidd; Dominici, Francesca. Effect of Air Pollution Control on Life Expectancy in the United States: An Analysis of 545 U.S. Counties for the Period from 2000 to 2007 // Epidemiology: January 2013 - Volume 24 - Issue 1 - p 23–31. doi: 0.1097/EDE.0b013e3182770237. Air Pollution
15. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. / Official Journal of the European Union. 11.06.2008
16. *Joksic Jasminka D, Jovasevic-Stojanovic Milena V, Bartonova Alena, Radenkovic Mirjana B, Yttri Karl-Espen, Matic-Besarabic Snezana, Ignjatovic Ljubisa M.* Physical and chemical characterization of the particulate matter suspended in aerosols from the urban area of Belgrade (Article). - Journal of the serbian chemical society, (2009), vol. 74 br. 11, str. 1319-1333.
17. Health risk and air pollution in Europe – HRAPIE Project. New emerging risk to health from air pollution – results from the survey of experts// World Health Organization, 2013. – 65 p.
18. *Kassomenos P.A., Dimitriou K., Paschalidou A.K.* Human health damage caused by particulate matter PM(10) and ozone in urban environments: the case of Athens, Greece. Environ Monit Assess (2013)
19. *Richard D. Cadle.* Particles in the atmosphere and space. - Reinhold, 1966. - 226 p.
20. *Usanee U Vinitketkumnuen, Kittiwat K Kalayanamitra, Teera T Chewonarin, Richard R Kamens.* Particulate matter, PM 10 & PM 2.5 levels, and airborne mutagenicity in Chiang Mai, Thailand. Mutat Res 519(1-2):121-31 (2002), PMID 12160897

21. Williams M.M.R. and Loyalka S.K. Aerosol science: theory and practice. - 1991, 446 p.

22. Wiesław A Jedrychowski, Frederica P Perera, John D Spengler, Elzbieta Mroz, Laura Stigter, Elzbieta Flak, Renata Majewska, Maria Klimaszewska-Rembiasz, Ryszard Jacek // Intrauterine exposure to fine particulate matter as a risk factor for increased susceptibility to acute broncho-pulmonary infections in early childhood. *Int J Hyg Environ Health* (2013) Jul. 216(4); pp.395-401. DOI: 10/1016.

23. Wilson R and Spengler J, Editors. Particles in Our Air: Concentrations and Health Effects. Cambridge, MA: Distributed by Harvard University Press, 1996.

## References

1. Zaytseva N.V., May I.V., Maks A.A., Zagorodnov S.Yu. Analiz dispersnogo i komponentnogo sostava pyli dlya otsenki ekspozitsii naseleniya v zonakh vliyaniya vybrosov promyshlennykh stacionarnykh istochnikov [Analysis of dispersed and component composition of dust for the assessment of exposure of population in the zones of the influence of industrial emissions]. *Gigiena i sanitariya*, 2013, no. 5, pp. 19-23 (in Russian).

2. May I.V., Vekovshina S.A., Chigvintsev V.M. Sopryazhenie dannykh instrumental'noy i raschetnoy otsenki kachestva atmosfernogo vozdukh g. Permi dlya zadach ekologo- gigienicheskogo zonirovaniya territorii [Integration of the data of instrumental and calculating assessment of the atmospheric air quality in Perm aimed at ecological-hygienic zoning of the territory]. *Vestnik Permskogo universiteta*, 2010, no. 2, pp. 60-64 (in Russian).

3. May I.V., Zagorodnov S.Yu., Maks A.A., Zagorodnov M.Yu. Otsenka potentsial'nogo zagryazneniya atmosfernogo vozdukh melkodispersnymi chastitsami v zone raspolozheniya mashinostroitel'nogo predpriyatiya [Assessment of potential pollution of the atmospheric air with fine particles in the zone of a machine building enterprise]. *Urbanistika*, 2012, no. 2(6), pp. 109–119 (in Russian).

4. May I.V., Kleyn S.V., Chigvintsev V.M., Balashov S.Yu. Metodicheskie podkhody k povysheniyu tochnosti otsenki ekspozitsii naseleniya na osnove sopryazheniya raschetnykh i naturnykh dannykh o kachestve atmosfernogo vozdukh [Methodological approaches to the improvement of the assessment of population exposure based on integration of calculating and field data of the atmospheric air]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2013, no. 4, pp. 17-25 (in Russian).

5. May I.V., Maks A.A., Zagorodnov S.Yu., Chigvintsev V.M. Metodicheskie podkhody k uchetu skorosti osedaniya razlichnykh pylevykh fraktsiy dlya zadach otsenki ekspozitsii naseleniya melkodispersnymi chastitsami [Methodological approaches to measurement of the rate of sedimentation of different dust fractions aimed at the assessment of population exposure to fine

particles]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk*, 2012, vol. 14, no. 5 (3), pp. 971–975 (in Russian).

6. Materials of the International Conference in Dresden “Ultrafine Particles in Urban Air”. Dresden, 23-24.10.2007. (in Russian).

7. Namazbaeva Z.I., Mukasheva M.A., Gulaeva O.V., Salimbaeva B.M., Dyusembaeva N.K., Adil'bekova A.A. i dr. Vozdeystvie pyli na narushenie reproduktivnoy funktsii organizma [Influence of dust on reproduction function disturbances]. *Gigiena i sanitariya*, 2005, no. 5, pp. 72–75 (in Russian).

8. OND-86 Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfernom vozdukh vrednykh veshchestv, sodержashchikhsya v vybrosakh predpriyatiy. Obshchesoyuznyy normativnyy dokument / GGO im. Voeykova [OND-86 Method of calculating of the concentration of industrial pollutants in the atmospheric air. All-union normative document]. Leningrad, 1987. 64 p. (in Russian).

9. Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A., Avaliana S.L., Bushtueva K.A. Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu / Pod red. Rakhmanina Yu.A., Onishchenko G.G. [Bases of the assessment of population health risk under the influence of chemical substances polluting the environment. Edited by Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G.]. Moscow: NII ECh i GOS, 2002. 408 p. (in Russian).

10. R 2.1.10.1920-04. Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu [R 2.1.10.1920-04. Guide on the assessment of population health risk under the influence of chemical substances polluting the environment.]. Moscow, 2004. (in Russian).

11. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. Klimaticheskie usloviya, kachestvo atmosfernogo vozdukh i smertnost' naseleniya Moskvy v 2000-2006 g.g. [Climate conditions, atmospheric air quality and mortality of Moscow population in 2000-2006]. Collection of materials “Climate, atmospheric air quality and health of Moscow people”. Edited by prof. B.A. Revich. Moscow, 2006. pp. 102-141. (in Russian).

12. Air Quality Guidelines. Global Update 2005. World Health Organization, 2006. 496 p.

13. Airborne Particulate Concentrations and Numbers in the United Kingdom (phase 2). Annual Report, 2010. Author: S. Beccaceci, D. Muhunthan, D. Sarantaridis, J. Tompkins, D. Butterfield, P. Quincey, R. Brown, D. Green, A. Grieve, G. Fuller, A. Jones.

14. Correia Andrew W.A; Pope C. Arden; Dockery Douglas W.C; Wang Yuna; Ezzati Majidd; Dominici Francesca. Effect of Air Pollution Control on Life Expectancy in the United States: An Analysis of 545 U.S. Counties for the Period from 2000 to 2007. *Epidemiology*, 2013, vol. 24, issue 1, pp. 23–31. doi: 0.1097/EDE.0b013e3182770237. Air Pollution

15. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. *Official Journal of the European Union*. 11.06.2008

16. *Joksic Jasminka D.*, Jovasevic-Stojanovic Milena V., Bartonova Alena, Radenkovic Mirjana B., Yttri Karl-Espen, Matic-Besarabic Snezana, Ignjatovic Ljubisa M. Physical and chemical characterization of the particulate matter suspended in aerosols from the urban area of Belgrade (Article). *Journal of the serbian chemical society*, 2009, vol. 74, no. 11, pp. 1319-1333.

17. Health risk and air pollution in Europe – HRAPIE Project. New emerging risk to health from air pollution – results from the survey of experts. World Health Organization, 2013. 65 p.

18. *Kassomenos P.A.*, Dimitriou K., Paschalidou A.K. Human health damage caused by particulate matter PM(10) and ozone in urban environments: the case of Athens, Greece. *Environ Monit Assess* (2013).

19. *Richard D. Cadle*. Particles in the atmosphere and space. Reinhold, 1966. 226 p.

20. *Usanee U. Vinitketkumnuen*, Kittiwat K. Kalayanamitra, Teera T. Chewonarin, Richard R. Kamens. Particulate matter, PM 10 & PM 2.5 levels, and airborne mutagenicity in Chiang Mai, Thailand. *Mutat Res*, 2002, vol. 519(1-2), pp. 121-31. PMID 12160897

21. *Williams M.M.R.*, Loyalka S.K. Aerosol science: theory and practice. 1991, 446 p.

22. *Wiesław A. Jedrychowski*, Frederica P. Perera, John D. Spengler, Elzbieta Mroz, Laura Stigter, Elzbieta Flak, Renata Majewska, Maria Klimaszewska-Rembiasz, Ryszard Jacek. Intrauterine exposure to fine particulate matter as a risk factor for increased susceptibility to acute broncho-pulmonary infections in early childhood. *Int J Hyg Environ Health*, 2013. Jul. 216(4); pp.395-401. DOI: 10/1016

23. *Wilson R.* and Spengler J., Editors. Particles in Our Air: Concentrations and Health Effects. Cambridge, MA: Distributed by Harvard University Press, 1996.

**Клейн Светлана Владиславовна** – кандидат медицинских наук, заведующий отделом системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», тел. (342) 237-18-04; электронная почта: [kleyn@fcisk.ru](mailto:kleyn@fcisk.ru)

**Загороднов Сергей Юрьевич** – научный сотрудник ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», тел.(342) 237 18 04, электронная почта: [zagorodnov@fcisk.ru](mailto:zagorodnov@fcisk.ru)

**Кокоулина Анастасия Александровна** – научный сотрудник ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», тел. (342) 237 18 04, электронная почта: [maks@fcisk.ru](mailto:maks@fcisk.ru)



**Попова Екатерина Владимировна** – инженер по ГИС ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», тел. (342) 237 18 04, электронная почта: [popova@fcisk.ru](mailto:popova@fcisk.ru)

**Новоселов Владимир Григорьевич** – профессор каф. гигиены питания и гигиены детей и подростков ГБОУ ВПО ПГМА им. академика Е.А.Вагнера Минздрава России, г. Пермь [Vnov2001@mail.ru](mailto:Vnov2001@mail.ru) (342) 2125338

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

ГБОУ ВПО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А.Вагнера» Минздрава России, Россия, 614990, г.Пермь, ул.Петропавловская, 26

**Klein Svetlana Vladislavovna** – Candidate of Medical Science, head of the department of sanitary-hygienic analysis and monitoring systemic methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Population Health Risk Management Technologies, Perm, phone: (342)-237-18-04; e-mail: [kleyn@fcrisk.ru](mailto:kleyn@fcrisk.ru)

**Zagorodnov Sergei Yurevich** - researcher, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Population Health Risk Management Technologies, Perm, phone: (342) 237-18-04; e-mail: [zagorodnov@fcrisk.ru](mailto:zagorodnov@fcrisk.ru)

**Kokoulina Anastasiya Aleksandrovna** - researcher, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Population Health Risk Management Technologies, Perm, phone: (342) 237-18-04; e-mail: [maks@fcrisk.ru](mailto:maks@fcrisk.ru)

**Popova Ekaterina Vladimirovna** – GIS Engineer, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Population Health Risk Management Technologies, Perm, phone: (342) 237-18-04; e-mail: [popova@fcrisk.ru](mailto:popova@fcrisk.ru)

**Novoselov Vladimir Gennadyevich** – Doctor of Medical Science, professor, department of nutrition, children and teenagers` hygiene, Perm State Medical University named after E.A. Wagner, Perm, phone: (342) 21-25-338, e-mail: [vnov2001@mail.ru](mailto:vnov2001@mail.ru).

Federal Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center for Medical and Preventive Population Health Risk Management Technologies”, 82, Monastyrskaya str., 614045, Perm, Russia.

State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Training “Perm State Medical University named after E.A. Wagner”, 26, Petropavlovskaya str., 614990, Perm, Russia.