

**Федеральное бюджетное учреждение науки
«Федеральный научный центр медико-
профилактических технологий управления
рисками здоровью населения»**

**Исследования пылевых выбросов
промышленных предприятий для
задач оценки экспозиции населения**

**Научн. сотр. лаборатории методов
социально-гигиенического мониторинга
С.Ю. Загороднов**

Актуальность исследования

- Накопление значительного объема научных данных об опасности мелкодисперсных частиц для здоровья человека.
- Отсутствие актуальных сведений о дисперсном и компонентном составе пылевых выбросов промышленных предприятий.
- Экологическое нормирование выбросов твердых частиц осуществляется без учета фракционного состава.
- Недостаточность данных для корректной оценки риска здоровью населения, в том числе при обосновании СЗЗ.

ГН 2.1.6.2604-10 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнение N 8 к ГН 2.1.6.1338-03» – установление ПДК для взвешенных частиц PM_{2,5} и PM₁₀;

Приказ МПР РФ № 579 от 31.12.2010 "О Порядке установления источников выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, подлежащих государственному учету и нормированию, и о Перечне вредных (загрязняющих) веществ, подлежащих государственному учету и нормированию - регламент нормирования выбросов пыли с учетом дисперсности.

Цель исследования

Оценка пылевой экспозиции населения, проживающего в зоне влияния промышленного предприятия, с учетом дисперсности и химического состава выбросов.

Задачи:

- ✓ анализ компонентного и фракционного состава пылевых выбросов промышленных предприятий;
- ✓ обоснование оптимальных коэффициентов скорости оседания частиц при расчетах рассеивания;
- ✓ оценка пылевой экспозиции в зоне влияния источников пылевых выбросов;
- ✓ разработка рекомендаций по учету мелкодисперсных пылевых частиц в выбросах предприятий.

Объект исследований

В 2011-2013 г.г. выполнены комплексные исследования компонентного и дисперсного состава **пылевых выбросов**, образующиеся на крупных промышленных предприятиях Пермского края.

В перечень изученных производств - источников пылей вошли:

- машиностроительное;
- горнодобывающее;
- чёрная и цветная металлургия;
- нефтехимическое.

Основные источники выделения пыли

Исследовано более **70** типовых источников пылевыведения.

Источники металлургического производства

1. Загрузка колошниковой шихты грейфером
2. Загрузка моношихты грейфером
3. Загрузка металлургического шлака грейфером
4. Смешение шихты
5. Спекание агломерата
6. Выгрузка агломерата (после спекания)
7. Мешалка (приготовление смеси для укладки форм)
8. Электросталеплавильная печь
9. Выпуск чугуна (литейный двор)
10. Выпуск шлака (литейный двор)
11. Продувка чугуна в конвертере
12. Прокат заготовок на стане
13. Печь обжига извести во вращающейся печи
14. Выплавка феррованадия (электросталеплавильная печь)
15. Рубка стали
16. Дробемётная камера

Проанализировано более **250** проб.

Источники машиностроительного производства

1. Плоскошлифовальные станки
2. Отрезные станки
3. Заточные станки с алмазным кругом
4. Заточные станки
5. Горизонтально-расточные станки
6. Сверлильные станки
7. Токарные станки
8. Фрезерные станки
9. Наждаки
10. Галтовочные барабаны
11. Камеры очистные дробеметные
12. Токарные станки (обработка неметаллических материалов)
13. Полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа
14. Полуавтоматическая сварка в среде аргона

Источники горнодобывающего производства

1. Места пересыпа руды на ленточный конвейер
2. Печь КС (сушка КСІ дымовыми газами)
3. Пылевые выбросы от пересыпа готовой продукции – смесители
4. Пересып готовой продукции (конвейеры)
5. Грохоты
6. Вибрационная сушильно-охлаждающая установка (ВСОУ)
7. Просеивающие машины
8. Склад зернового концентрата (КСІ) (мелкая грануляция)
9. Склад зернового концентрата (КСІ) (крупная грануляция)
10. Пересыпка руды на конвейер
11. Склад сильвинита (склад дробленой руды)

Методы исследования

- Пробоотбор пылегазовой смеси с максимальным сохранением фракционного состава пыли.
- Определение дисперсного состава с применением **лазерного анализатора Microtrac S3500** (охватываемый диапазон размера частиц от 20 нм до 2000 мкм).
- Микроскопирование пылей с целью установления формы частиц и определения компонентного состава пылевых выбросов с использованием **сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения** (степень увеличения – от 5 до 300 000 крат).
- Определение химического состава с использованием рентгеновского **дифрактометра XRD-700 «Shimadzu»**.

Исследования пылевых частиц проводилось совместно с Центром коллективного пользования на базе Пермского Национального Исследовательского политехнического университета.

Практически в составе всех выбросов выделены фракции РМ10 и РМ2,5

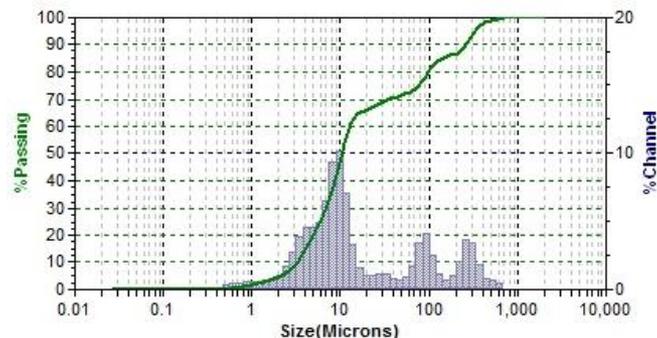
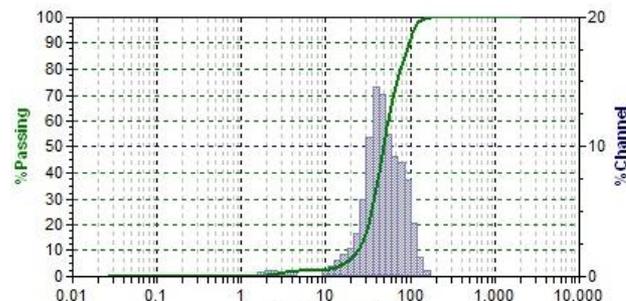
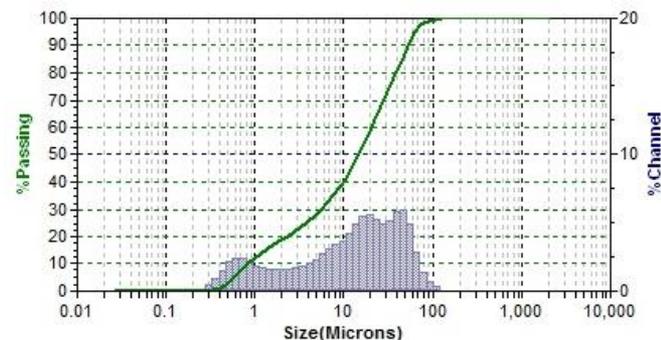
Технологическая операция	Массовая доля частиц, %			Медианный размер частиц, мкм
	Менее 2,5 мкм	Менее 10 мкм	Более 10 мкм	
Загрузка колошниковой шихты	5,4±0,81	24,77±4,21	74,59±12,68	40,00±3,60
Загрузка металлургического шлака	44,46±7,56	55,52±8,32	42,58±6,38	4,00±0,60
Смешение шихты	11,4±1,71	31,14±5,29	68,16±10,22	30,00±1,50
Выгрузка агломерата	5,24±0,89	15,41±2,31	82,33±12,34	20,00±3,00
Перегрузка руды: местный агломерат	4,07±0,61	25,57±3,83	74,43±12,65	20,00±3,00
Выпуск чугуна (литейный двор)	78,53±11,78	84,34±12,61	15,66±2,34	1,00±0,15
Выпуск шлака (литейный двор)	17,56±2,63	53,91±9,16	46,12±6,91	8,50±1,27
Продувка чугуна в конвертере	1,22±0,21	10,79±1,61	89,21±15,16	8,50±1,27
Прокат заготовок на стане: стан 370	12,06±1,81	26,87±4,03	72,15±10,82	40,00±6,00
Печь обжига извести	6,06±0,91	40,98±6,96	62,67±10,65	10,00±1,50
Выплавка феррованадия (электросталеплавильная печь)	4,71±0,80	26,95±4,04	73,05±10,95	20,00±3,00
Обработка рессоры дробью (дробемётная камера)	35,51±5,33	47,91±7,18	52,09±7,81	10,00±1,50

Результаты исследований Дисперсный состав

Предприятия черной и цветной металлургии содержат: **PM10 8–84%**, **PM 2.5 4-78%**. Медианный размер частиц **10-150 мкм**.

Машиностроительные предприятия содержат: **PM10 4-40%**, **PM2.5 5-20%**. Медианный размер частиц **80-400 мкм**.

Предприятия горнодобывающей промышленности содержат: **PM10 15-50%**, **PM2.5 2-25%**. Медианный размер частиц **20-200 мкм**.



Гистограммы дисперсного состава пылей различных производств

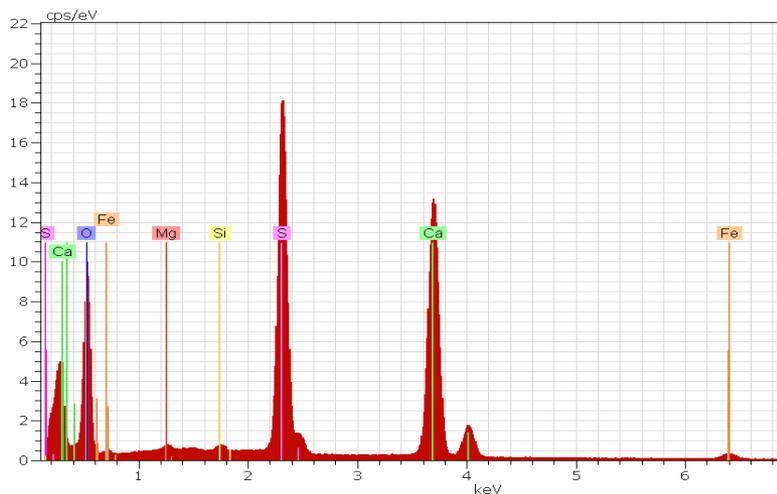
Результаты исследований компонентного состава пыли

Машиностроительное производство

Технологическая операция «шлифовка» (плоскошлифовальный станок 3E756, сталь 45)

Компонент	Содержание, %
Оксид серы	42
Оксид кальция	36
Оксид железа	21,5
Оксид магния	0,5

В ведомости инвентаризации пыль учтена как «Пыль абразивная» (корунд белый)



Спектрограмма выбросов пыли от работы плоскошлифовального станка

Необходим пересмотр в ведомости инвентаризации пылевых выбросов предприятия

Результаты исследований Компонентный состав

Машиностроительное производство
Технологическая операция «резка металла» (отрезной станок)

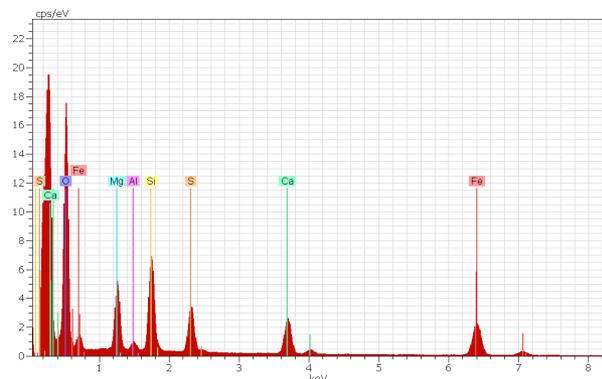
Компонент	Содержание, %
Оксид железа	19
Оксид магния	14
Оксид кремния	9
Оксид кальция	7
Оксид серы	5
Оксид алюминия	4

Металлургическое производство
Технологическая операция «выпуск металла из печи»

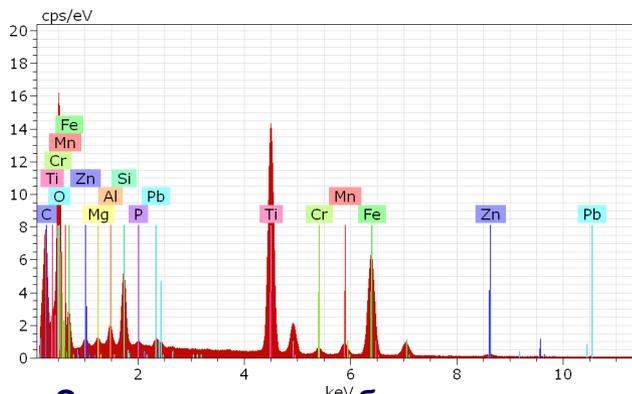
Компонент	Содержание, %
Оксид железа	15
Оксид титана	10
Оксид кремния	9
Оксид кальция	7
Оксид магния	5
Оксид алюминия	4
Оксид хрома	2
Оксид марганца	0,5

Горнодобывающее производство
Технологическая операция «пересып руды на конвейер»

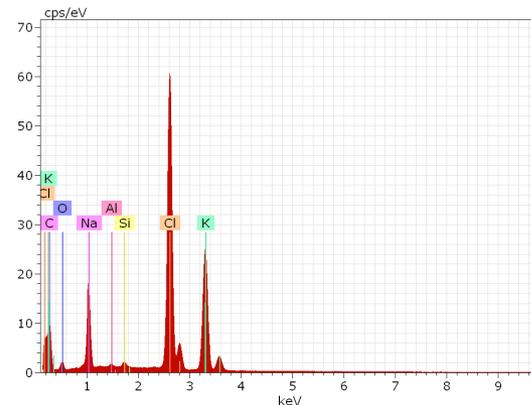
Компонент	Содержание, %
Калий хлор	24
Натрий хлор	16
Оксид алюминия	5
Оксид кремния	1
Оксид серы	0,3



Спектрограмма выбросов пыли от работы отрезного станка



Спектрограмма выбросов пыли от выпуска металла из печи

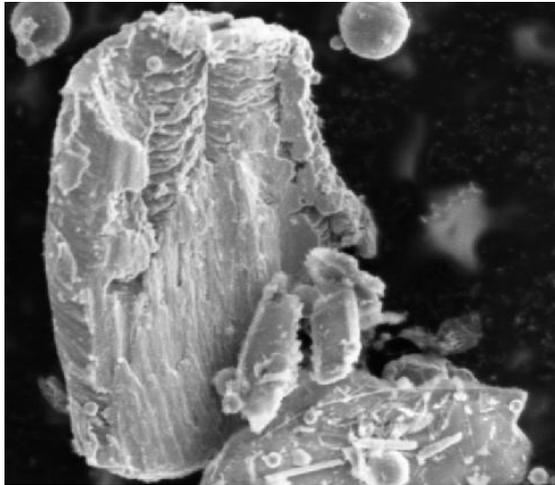


Спектрограмма выбросов пыли от пересыпа руды на конвейер

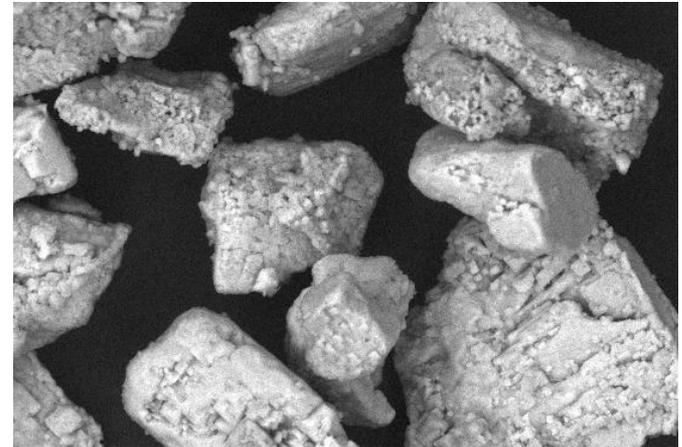
Результаты исследований

Формы частиц

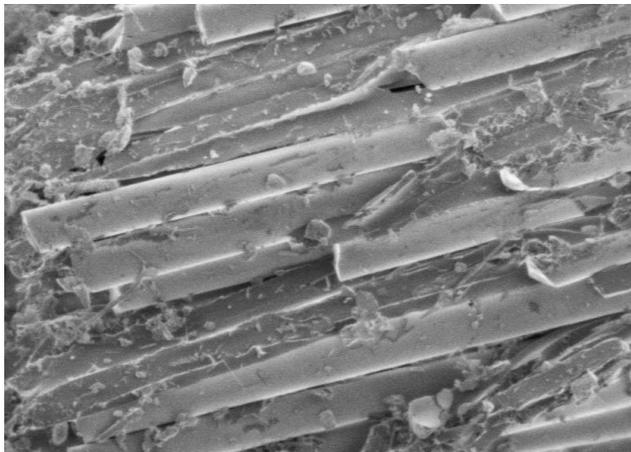
Машиностроительная промышленность
(пересып руды на конвейер)



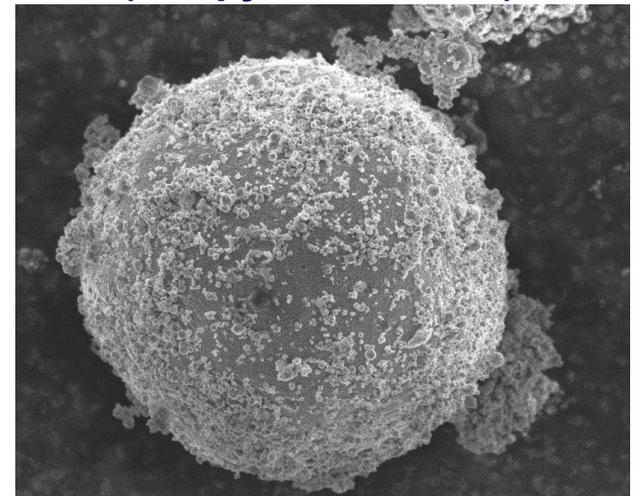
Горнодобывающая промышленность
(пересып руды на конвейер)



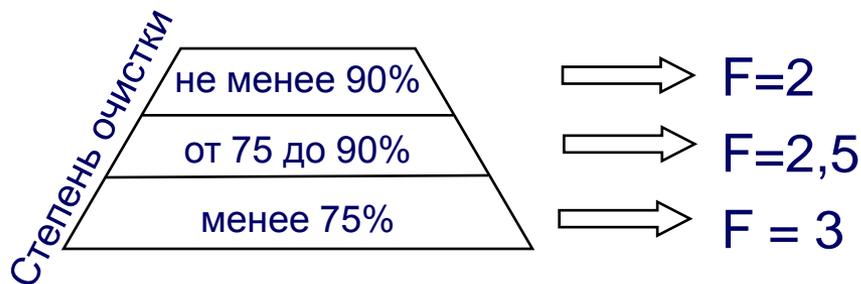
Машиностроительная промышленность
(обработка неметаллических материалов)



Цветная металлургия
(выгрузка из печи)

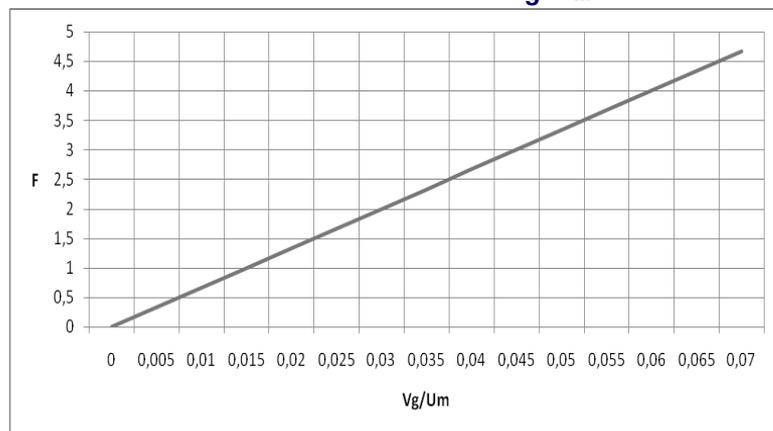


Подбор оптимального коэффициента скорости оседания твердых частиц



$$v_g' = \frac{10^{-8} * d_g^2 * \rho * g}{18 * \mu}$$

График зависимости коэффициента F от соотношения v_g/u_m



Значение коэффициента χ для частиц различной формы

Форма частиц	Значение χ
Шаровая	1
Округлённая с неровной поверхностью	2,4
Продолговатая	3
Пластинчатая	5
Для смешанных тел	2,9

Подобранные оптимальные значения коэффициента оседания F (с точностью до 0,1), позволяют более достоверно определять максимальные значения призмных концентраций твердых частиц различных размеров.

Оценка пылевой экспозиции в жилой застройке

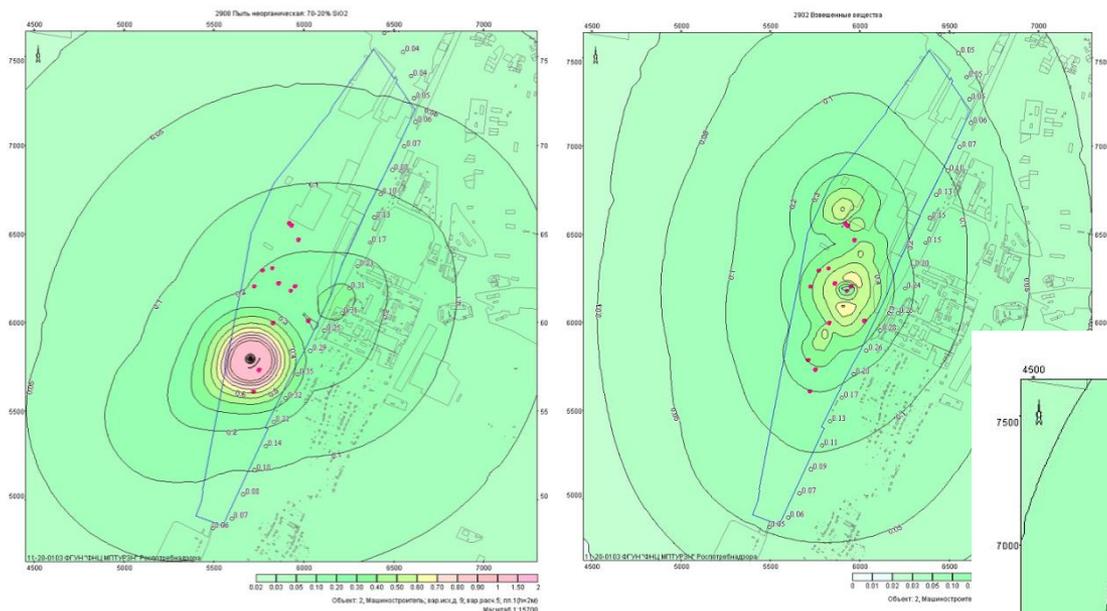
На примере крупного металлургического предприятия Пермского края были определены уровни пылевой экспозиции населения, проживающего вблизи предприятия, и установлены зоны формирования различных концентраций пылевых частиц.

Результаты модельных расчетов рассеивания выбросов твердых частиц в точках жилой застройки

№ точки	Загрязняющие вещества				
	Железа оксид	Пыль неорганическая: до 20% SiO ₂	Взвешенные вещества	Взвешенные частицы PM10	Взвешенные частицы PM2,5
	доли ПДК м.р.	доли ПДК м.р.	доли ПДК м.р.	доли ПДК м.р.	доли ПДК м.р.
1	0.15	0.19	0.28	0.57	0.49
2	0.18	0.30	0.32	0.93	0.96
3	0.09	0.19	0.27	0.81	0.89
4	0.07	0.13	0.18	0.58	0.62
5	0.07	0.07	0.11	0.35	0.4
6	0.08	0.06	0.12	0.37	0.2
7	0.05	0.05	0.08	0.24	0.49

Уровень концентраций в жилой застройке в **3 раза выше** при учете дисперсного состава промышленных пылей

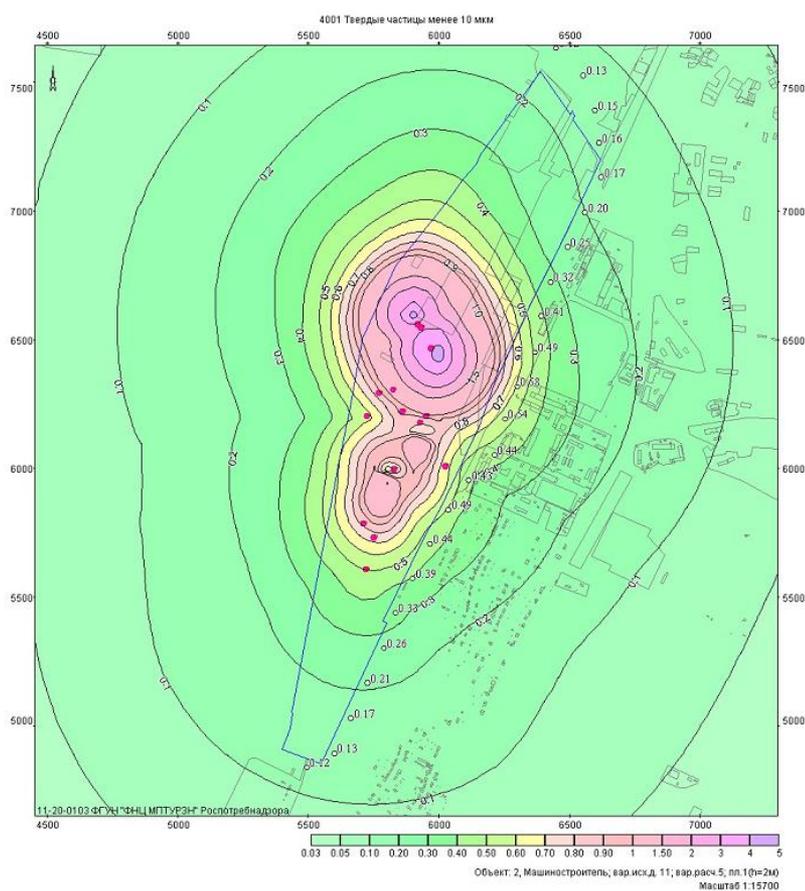
Оценка пылевой экспозиции



Влиянию пылевых выбросов подвергаются более **350 человек**

Результаты расчетов рассеивания без учета дисперсности (коды **2902** и **2908**)

Изолинии рассеивания **PM10**



Выводы

- Задача корректного определения экспозиции населения, проживающего под влиянием пылевых выбросов, требует наличия сведений о выбросах мелкодисперсных частиц.
- Установлено, что реальный компонентный состав пылевых выбросов в большинстве случаев не соответствует классификации, используемой предприятиями при нормировании выбросов.
- Полученные результаты исследований указывают на присутствие в составе пылевых выбросов большого количества мелкодисперсных частиц (PM10 до 70-80%, PM2.5 до 50-60%).
- Зоны загрязнения атмосферного воздуха, установленные с учетом дисперсного состава пылей существенно отличаются от таковых, рассчитанных без учета фракционного состава.
- Полученные результаты подтверждают актуальность исследований пылевых выбросов для задач оценки их влияния на здоровье населения.
- Информация о реальной экспозиции населения в зоне влияния источников пылевых выбросов является основанием для разработки и внедрения природоохранных мероприятий.

A black and white scanning electron micrograph (SEM) showing a complex array of biological structures. The image features several large, flat, irregularly shaped plates with distinct striations or ridges. Interspersed among these plates are numerous spherical particles of varying sizes, some with a smooth surface and others with a more textured, porous appearance. The background is dark, highlighting the intricate details and three-dimensional nature of the specimens.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!