

**ПРИМЕНЕНИЕ КАППАМЕТРИИ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ  
СОСТАВА ДОРОЖНОЙ ПЫЛИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ Г. КАРАГАНДА  
(РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)**

**Сапрунова И.А.**

Научный руководитель доцент Таловская А.В.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является современной проблемой урбанизированных территорий из-за постоянной эмиссии загрязняющих веществ, образующихся в результате различных промышленных операций. В составе выбросов, как правило, присутствуют и различные магнитные частицы.

Город Караганда является урбанизированной территорией и считается промышленной столицей Республики Казахстан. В Караганде функционирует целый комплекс промышленных предприятий: металлургической, горнодобывающей, энергетической, пищевой и машиностроительной отрасли. Оценить степень антропогенного воздействия на урбанизированные территории можно с помощью изучения компонентов природной среды.

Одним из таких компонентов является дорожная пыль, состоящая из осевших твердых частиц со сложным химическим составом. Дорожная пыль может служить индикатором техногенных геохимических аномалий на урбанизированных территориях в летнее время года [2].

Одним из экспрессных методов оценки загрязнённости окружающей среды является метод каппаметрии, который позволяет установить степень загрязненности твердых компонентов природной среды тяжёлыми металлами группы железа (железо, хром, кобальт) [4].

Отбор проб дорожной пыли осуществлялся летом 2022 года автором работы по территории г. Караганда с целью определения минерало-геохимических особенностей. Отбор проводился в соответствии с методическими рекомендациями [2], а также на основании многочисленных эколого-геохимических исследований, проводимых сотрудниками ИШПР ТПУ [1, 3, 4].

Пробы были отобраны по регулярной точечной сети с шагом от 1000 до 2000 м, учитывая доступность отбора на территории города. Вес каждой пробы составлял от 400 до 700 г. Автором работы отобранные пробы были высушены при комнатной температуре и просеяны через сита с диаметром ячейки 1 мм для отделения проб от улично-бытового мусора. В лабораториях МИНОЦ «Урановая геология» осуществлялось измерение магнитной восприимчивости и определение минерально-вещественного состава дорожной пыли.

Определение магнитной восприимчивости проводилось для всех проб при помощи портативного каппаметра Model: КТ-5 в соответствии с методикой [5]. По результатам каппаметрии было установлено, что средние значения объемной магнитной восприимчивости дорожной пыли г. Караганды варьируются от  $0,43 \cdot 10^{-3}$  до  $3,38 \cdot 10^{-3}$  ед. СИ, и сопоставимы с аналогичными показателями дорожной пыли г. Междуреченска, а также других городов России [3, 4]. По данным изучения, максимальные значения магнитной восприимчивости были зафиксированы в промышленных районах города, где концентрируются металлургические и энергетические предприятия.

При исследовании проб инструментальным нейтронно-активационным анализе на ядерном реакторе ТПУ (исполнитель А.Ф. Судыко) были определены концентрации элементов группы железа. Определено, что средние содержания железа в дорожной пыли г. Караганда составляют – 2,6 мг/кг, хрома – 217,7 мг/кг и кобальта – 10,4 мг/кг. Исследование химических элементов группы железа в дорожной пыли показало, что величина магнитной восприимчивости пыли положительно коррелирует со содержанием в ней железа (Fe), кобальта (Co) и хрома (Cr).

Одним из факторов, влияющих на величину магнитной восприимчивости, является минерально-вещественный состав проб. В связи с этим, актуальным было его изучение.

Согласно изучению вещественного состава дорожной пыли на бинокулярном стереоскопическом микроскопе Leica EZ4D с видео приставкой согласно запатентованной методике [6] было определено, что в составе дорожной пыли преобладают частицы природного происхождения (75–80 %), в то время как количество частиц, имеющих техногенное происхождение, составляет 20–25 %. При визуальном анализе к природным частицам, обнаруженным в составе дорожной пыли, были отнесены бесцветные прозрачные частицы различной окатанности (кварц), частицы неправильной формы светлых оттенков (карбонаты), частицы темных оттенков с жирным металлическим блеском (железистые), чешуйчатые частицы разного цвета (слюды), а также растительность. К частицам техногенного происхождения были отнесены шлаки, компоненты угольной пыли и угольных частиц, асфальтоподобные включения, металлические микросферы.

На рисунках 1–3 представлены распределения величины магнитной восприимчивости дорожной пыли по территории г. Караганда, а также процентное содержание некоторых частиц, найденных в процессе изучения вещественного состава дорожной пыли, вносящие вклад в формирование данной величины.

По рисункам видно, что ореолы максимальных содержаний найденных частиц сопоставимы с ореолами максимальных величин магнитной восприимчивости дорожной пыли.

Некоторые пробы, у которых величина магнитной восприимчивости была выше среднегородского значения, были дополнительно изучены методом рентгеновской дифрактометрии (дифрактометр D2 Phaser). Минеральный состав исследуемых проб, определил наличие минералов, содержащих железо – магнетита ( $(\text{Fe}_{1,24} \text{Ti}_{0,61}) \text{O}_4$ ), гематита ( $\text{Fe}_{1,98}\text{O}_3$ ) и ильменита ( $\text{Fe}^{+2}\text{TiO}_3$ ). На их долю приходится около 1–2 %.

По результатам сканирующей электронной микроскопии (микроскоп Hitachi S-3400N) в образцах, где наблюдалась повышенная магнитная восприимчивость в сравнении со среднегородским значением, были найдены микрочастицы, содержащие железо. В основном, такие частицы представлены оксидами и сульфатами железа, а также частицами Fe-Ti-O.

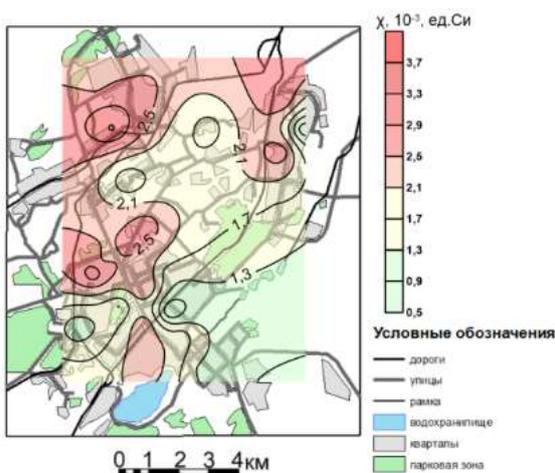


Рис. 1. Распределение величины МВ дорожной пыли по территории г. Караганда

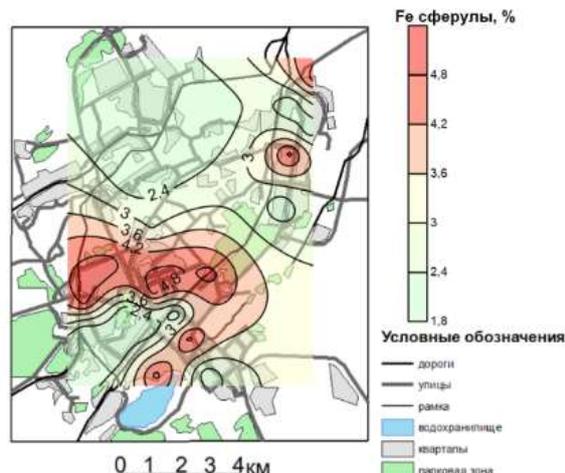


Рис. 2. Распределение металлических микросферул, найденных в процессе изучения вещественного состава дорожной пыли г. Караганда

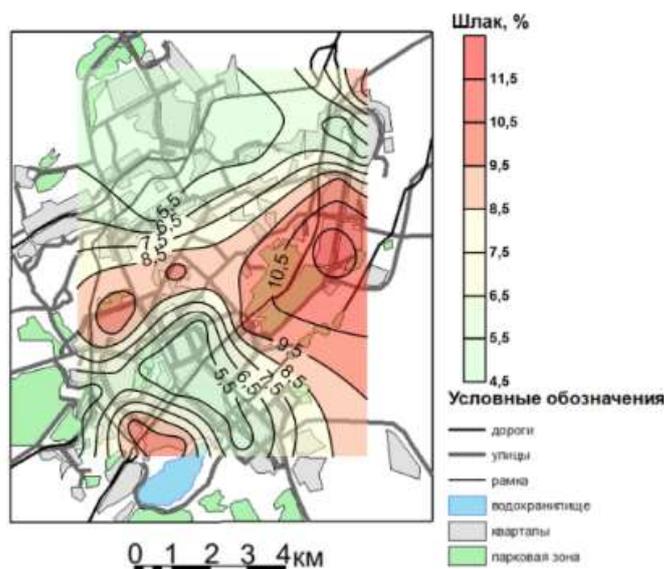


Рис. 3. Распределение шлаков, найденных в процессе изучения вещественного состава дорожной пыли г. Караганда

При изучении фазового состава некоторых проб было определено, что доля кристаллической фазы (75–85 %) преобладает над долей аморфной (15–25 %).

Обобщая изложенные данные, можно сказать, что в пробах дорожной пыли г. Караганда были обнаружены частицы природного и техногенного происхождения, вносящие вклад в формирование величины магнитной восприимчивости, определение которой на урбанизированных территориях позволяет фиксировать участки загрязнения тяжелыми металлами группы железа (железа, кобальта и хрома).

#### Литература

1. Адильбаева Т. Е. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в зоне влияния теплоэлектростанции города Караганды по данным снегогеохимической съемки // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 апреля 2016 г. Т. 2.—Томск, 2016. – 2016. – Т. 2. – С. 56-58.
1. Касимов Н. С. и др. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2012. – №. 4. – С. 14-24.
2. Таловская А. В., Беспалова А. И. Минерально-вещественный состав уличной пыли как индикатор экологического состояния промышленно-урбанизированной территории (на примере г. Томска) // Проблемы экоинформатики. – 2022. – С. 157-161.
3. Языков Е. Г. и др. Магнитная восприимчивость дорожной пыли как индикатор загрязнения территории в зоне воздействия предприятий угледобычи // Оптика атмосферы и океана. – 2021. – Т. 34. – №. 6. – С. 434-439.

4. Язиков Е. Г., Шатилов А. Ю., Багазий Т. В. Способ определения загрязненности почвенного покрова техногенными компонентами. – 2004.
5. Язиков Е. Г., Шатилов А. Ю., Таловская А. В. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами. – 2004.
6. Язиков Е., Жорняк Л., Таловская А. Минералогия техногенных образований. Учебное пособие для академического бакалавриата. – Litres, 2015.

## ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ НЕРАСТВОРИМОГО ОСАДКА СНЕГОВОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРОДА ТОМСК

Санарова Р.Ю.

Научный руководитель доцент Таловская А.В.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Основными загрязнителями воздуха в городах являются аэрозоли антропогенного происхождения. Мелкодисперсные частицы (менее 10 мкм), проникая в нижние дыхательные пути, способны вызывать различные заболевания [1].

Главными источниками твердых частиц в атмосфере являются промышленные объекты. В ранее проведенных исследованиях на территории г. Томск выявлено, что повышенная пылевая нагрузка приходится на районы размещения ГРЭС-2 и предприятий стройиндустрии [3].

Целью представленной работы является определение закономерностей распределения гранулометрических фракций твердых частиц снегового покрова в зоне воздействия промышленных предприятий г. Томск. Предмет исследования – твердый осадок снегового покрова.

Сотрудниками и студентами отделения геологии ТПУ отобраны пробы снегового покрова по стандартным методикам в северном и северо-восточном направлении на расстоянии до 2 км от теплоэлектростанции ГРЭС-2, кирпичных заводов и завода по производству железобетонных конструкций (ЖБК) на территории г. Томск. Анализ гранулометрического состава нерастворимого осадка снегового покрова выполнялся на приборе фирмы Shimadzu (анализатор SALD-710; измерение размера частиц от 0,01 до 300 мкм) методом лазерной дифракции в НОЦ «Наноцентр» ТПУ. По результатам измерений в твердом осадке снегового покрова выделены такие группы гранулометрических фракций как 50–300, 10–50, 1–10 и менее 1 мкм согласно работе [2]. Кроме того, выделены фракции твердых частиц (PM), PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> и PM<sub>1</sub>, которые определены как опасные для здоровья человека в соответствии с работой [1].

В результате исследования проб из зоны воздействия ГРЭС-2 установлено увеличение долевого содержания мелкодисперсных частиц в 2-6 раз по мере удаления от труб теплоэлектростанции. Максимальная доля частиц PM<sub>10</sub> приходится на расстояние до 1,3 км. Максимальный процент фракций PM<sub>2.5</sub> и PM<sub>1</sub> определен на расстоянии от 1 до 2 км. В северном направлении явной закономерности не выявлено. Более мелкая фракция (PM<sub>1</sub> и PM<sub>2.5</sub>) выпадает на расстоянии до 1 км. Фракция PM<sub>10</sub> начинает возрастать на расстоянии от 1 до 2 км. Средний размер частиц по мере удаления от ГРЭС-2 уменьшается в север-восточном направлении, в северном направлении подобной закономерности не наблюдается, что связано с особенностями городской застройки и влиянием локальных источников (табл.).

В зоне воздействия кирпичных заводов большая часть грубодисперсных фракций выпадает на расстоянии 200 м, затем на расстоянии от 400 до 800 м наблюдается тенденция к снижению. Отличительной характеристикой зоны воздействия заводов ЖБК является преобладание в пробах фракции PM<sub>10</sub>. В районе расположения кирпичных заводов преобладает мелкодисперсная фракция (PM<sub>1</sub>). При этом средний размер частиц в пробах с увеличением расстояния уменьшается (табл.). Выделены общие черты для предприятий стройиндустрии, такие как преимущество доли грубодисперсной фракции (около 80 %) и увеличение доли мелкодисперсных частиц PM<sub>10</sub> по мере удаления.

*Таблица*

**Изменение среднего размера частиц в твердом осадке снегового покрова по мере удаления от предприятий г. Томска**

Северо-восточное направление от предприятий стройиндустрии					
Средний размер частиц, мкм	Расстояние от границы предприятия, км				
	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Кирпичные заводы	31,99	8,65	16,89	12,64	8,36
Заводы ЖБК	-	19,02	21,19		19,70
Район расположения ГРЭС-2					
Средний размер частиц, мкм	Расстояние от труб ГРЭС-2, км				
	0,7	1	1,3	1,6	2
Северное направление	0,49		21,76		14,14
Северо-восточное направление	16,99	7,23	2,95	6,19	4,16

Для определения степени воздействия исследуемых предприятий выполнено сравнение средних значений размеров частиц с данными по гранулометрическому составу твердого осадка снегового покрова в пробах с условно экологически чистых районов (Обсерватория «Фоновая» ИОА СО РАН и рекреационная зона в черте города (Лагерный Сад)) (рис.).