

УДК 504.03

**ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА  
ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ИЖЕВСКА КАК РЕЗУЛЬТАТ АЭРОГЕННОЙ МИГРАЦИИ  
ПОЛЛЮТАНТОВ**

Семакина Алсу Валерьевна, Сырых Иван Викторович, Рубцова Ирина Юрьевна  
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», АУ "Управление Минприроды УР"  
[alsen13@list.ru](mailto:alsen13@list.ru), [bibicus@mail.ru](mailto:bibicus@mail.ru), [irrubcov@yandex.ru](mailto:irrubcov@yandex.ru)

*загрязнение снежного покрова, загрязнение атмосферного воздуха, Ижевск, тяжелые металлы*

*Представлен анализ структуры загрязнения снежного покрова на территории г.Ижевска. Наиболее контрастные ореолы пылевого загрязнения снежного покрова на территории в г.Ижевска сформированы воздействием стационарных источников центральной промышленной зоны. Пространственная конфигурация ореолов пылевого загрязнения повторяет конфигурацию полей концентраций железа. Выявлена корреляционная связь средней степени тесноты между комплексными показателями загрязненности атмосферного воздуха и снежного покрова*

**THE FEATURES OF POLLUTION OF SNOW COVER HEAVY METALS IN THE TERRITORY  
OF THE CITY IZHEVSK AS AEROGENNOY MIGRATION POLLYUTANTOV'S RESULT**

Semakina Alsu Valerievna, Sirih Ivan Viktorovoch, Rubtsova Irina Yurievna

FGBOOU VO "The Udmurt state university", AU "Management of the Ministry of Natural  
Resources UR"

*pollution of snow cover, pollution of atmospheric air, Izhevsk, heavy metals*

*The analysis of structure of pollution of snow cover in the territory of Izhevsk is submitted. The most contrast auras of dust pollution of snow cover in the territory in Izhevsk are created by influence of stationary sources of the central industrial zone. The spatial configuration of auras of dust pollution repeats a configuration of fields of concentration of iron. Correlation communication of average degree of narrowness between complex indicators of impurity of atmospheric air and snow cover is revealed*

Сравнительный анализ результатов многолетнего контроля уровня загрязнения атмосферного воздуха и данных химического загрязнения снежного покрова позволяет получить более полный ряд данных за различные по степени осреднения временные промежутки, выделить характерные ассоциации загрязняющих веществ. Исследования такого рода для г.Ижевска проводились в середине 90-х гг. прошлого века В.И. Стурманом, однако за более чем двадцатилетний период времени произошли изменения пространственно-временной и компонентной структуры загрязнения атмосферного воздуха.

**Материалы и методы исследования.** В качестве мест расположения пунктов отбора проб снежного покрова, были использованы точки мониторинга за загрязненностью атмосферного воздуха федеральной государственной сети (осуществляемого Удмуртский центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) и точки эпизодического контроля (осуществляемого сотрудниками кафедры ЭиП ФГБОУ ВО «УдГУ») (рис.1).

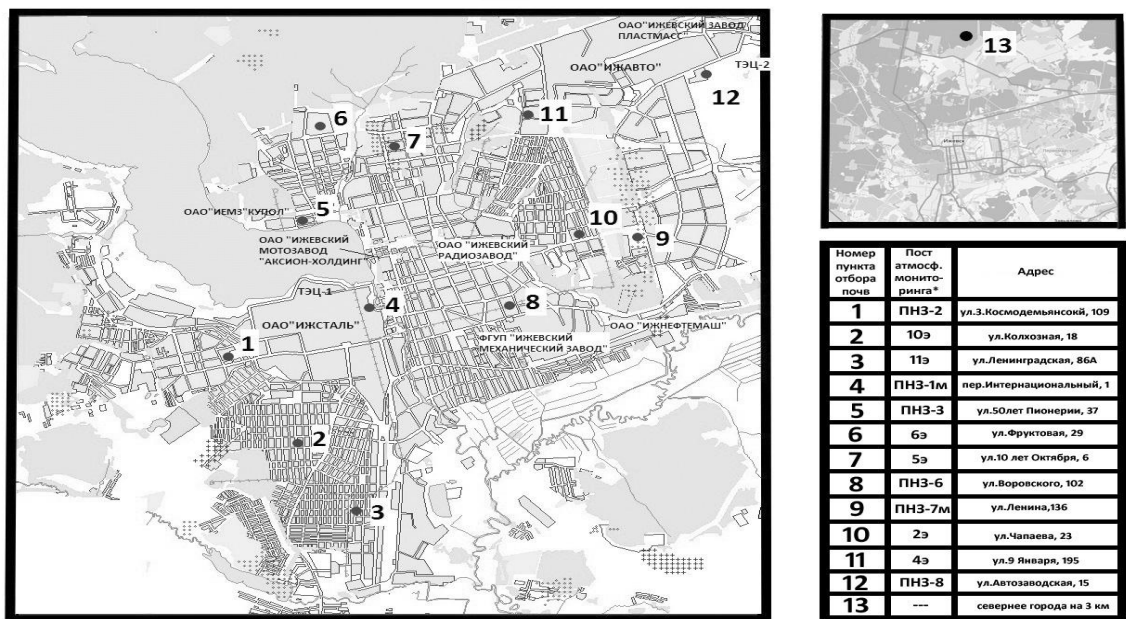


Рис.1. Места расположения пунктов отбора проб снежного покрова (\*ПНЗ-6 – стационарный пост федеральной мониторинговой сети; ПНЗ-1м - маршрутный пост федеральной мониторинговой сети; 4э – пост контроля за состоянием атмосферного воздуха, осуществляемого в рамках программы эпизодического контроля)

Пробы снежного покрова отбирались из шурфов с горизонтальными размерами 15см\*15см на всю мощность снежного покрова. Для достоверности результатов, места отбора проб располагались на удалении от дорог, троп и других мест, где вероятно попадание примесей [1-4].

Отбор проб снега осуществлялся в конце зимы (29 марта 2016г.), для того чтобы охватить максимально больший период, но до начала снеготаяния, чтобы избежать выщелачивания растворимых компонентов. Начало устойчивого снеговстава в 2015 г. пришлось на 29 октября. В среднем вес пробы варьировал от 4 до 5кг. В рамках данного исследования, проводился анализ только нерастворимой фазы на предмет содержания в ней свинца (Pb), цинка (Zn), меди (Cu), никеля (Ni), кобальта (Co), железа (Fe), марганца (Mn), хрома (Cr), ванадия (V), висмута (Bi). Обработка проб проводилась методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) в соответствии с действующими методиками на базе лаборатории химического анализа АУ "Управление Минприроды УР".

**Результаты и их обсуждение.** При характеристике полученных результатов использовались следующие показатели: пылевая нагрузка; коэффициент концентрации; общая нагрузка, создаваемая поступлением в окружающую среду элемента и коэффициент относительного увеличения нагрузки элемента; суммарный показатель загрязнения (Zс) и суммарный показатель нагрузки [2].

Расчет показателя **пылевой нагрузки Pn**, (мг/м<sup>2</sup>\*сут) снежного покрова (155сут.) показал, что максимальные значения абсолютных показателей пылевой нагрузки характерны для участка отбора проб расположенного в непосредственной близости от ПНЗ-6 (1600 мг/м<sup>2</sup>\*сут). Повышенные значения абсолютные показатели пылевой нагрузки характерны для ПНЗ-2, ПНЗ-7, ПНЗ-8 и пунктов эпизодического контроля 6э и 11э (1083-1134 мг/м<sup>2</sup>\*сут). Самые низкие значения пылевой нагрузки зафиксированы на poste мониторинговой сети ПНЗ-1, пунктах эпизодического контроля 2э, 4э и фоновой точке отбора проб.

Необходимо отметить, что, несмотря на фиксированную площадь анализируемого участка снежного покрова, вес пробы варьировал от 4 до 5 кг, а объем снеготалой воды от 3,8 до 5,4л. Различия в объеме и весе пробы связаны с неоднородными условиями отложения снежных масс, формированием переметов. Таким образом, более правильным будет определение степени пылевой нагрузки с учетом веса или объема пробы. Анализ полученных результатов пылевой нагрузки с учетом объема пробы снежного покрова показал меньший разброс значений показателя. Максимальные значения зафиксированы на участках, расположенных в непосредственной близости от ПНЗ-6, пунктов эпизодического контроля 6э и 11э (287-311 мг/м<sup>2</sup>\*сут\*л). Повышенные значения относительного показателя пылевой нагрузки отмечаются на постах федеральной мониторинговой сети ПНЗ-2, ПНЗ-3, ПНЗ-7, ПНЗ-8 и пунктов эпизодического контроля 5э и 10э (191-237 мг/м<sup>2</sup>\*сут\*л.). Наименьшие значения приходятся, как и ранее приходятся на участки обора проб снега

вблизи поста мониторинговой сети ПНЗ-1, пункты эпизодического контроля 2э, 4э и фоновую точку отбора проб.

При расчете **коэффициента концентрации (Кс)** в качестве фонового содержания элемента в исследуемом объекте, были взяты значения концентраций элемента, полученные в пункте отбора проб №13. Необходимо отметить, что для всех проб (включая фоновую), наибольшие концентрации характерны для железа. Техногенным источником его поступления в атмосферный воздух является деятельность металлургического предприятия ОАО «Ижсталь», что подтверждается результатами анализа проб снежного покрова. Наибольшие значения коэффициента концентрации для железа (0,0026) характерны для пункта отбора проб, расположенного в непосредственной близости от границы предприятия (ПНЗ-1). Относительно высокие значения так же отмечаются вблизи поста мониторинга ПНЗ-3, пунктов эпизодического контроля 5э и 4э. С учетом преобладающего направления ветра (юго-западное) повышенное содержание железа в пробах снега в данных пунктах, так же объяснимо аэрогенным переносом примеси от центральной промзоны (ОАО «Ижсталь»). Еще меньшими значениями характеризуются посты ПНЗ-6 и 6э, находящиеся на периферии основного потока воздушных масс, переносящих примеси от источника воздействия. Для остальных точек значение коэффициента концентраций убывают пропорционально расстоянию от оси преобладающего юго-западного переноса загрязняющих веществ от «ОАО «Ижсталь»

Присутствие в снежной пробе свинца было зафиксировано вблизи постов федеральной мониторинговой сети ПНЗ-1, ПНЗ-6. На данный момент основной вклад в загрязнение снежного покрова приходится на металлургические предприятия и котельные, работающим на угле. Посты ПНЗ-1 и ПНЗ-6 расположены в непосредственной близости от крупных промышленных предприятий ОАО «Ижсталь» и ФГУП «Ижевский механический завод», что подтверждает данное утверждение.

Медь в снеговых пробах была обнаружена лишь на одном пункте, расположенном вблизи поста эпизодического контроля 4э. На данном этапе исследований, определить источники поступления меди в снеговую пробу затруднительно. Для определения источников поступления меди в снег, данном районе необходима пространственная детализация в изучении снежного покрова.

Анализ значений коэффициентов концентраций цинка, марганца и хрома показал, что данные примеси в относительно высоких концентрациях обнаружены на пунктах отбора проб, расположенных вблизи постов федеральной мониторинговой сети ПНЗ-1, ПНЗ-2, ПНЗ-3, ПНЗ-6, пунктов эпизодического контроля 4э и 5э. Высокие значения коэффициента концентрации цинка отмечены вблизи поста ПНЗ-1 и ПНЗ-3; хрома - ПНЗ-1, ПНЗ-3, ПНЗ-6; марганца – вблизи ПНЗ-1. В пространственном отношении пункты, на которых были получены относительно высокие значения коэффициентов концентрации Zn, Mn и Cr располагаются в непосредственной близости от следующих предприятий: ОАО «Ижсталь», ОАО «ИЕМЗ»Купол» и ФГУП «Ижевский механический завод».

В рамках используемого метода РФА, присутствие в снеговых пробах Ni, Co, V и Bi обнаружено не было. В целом распределение концентраций металлов по пунктам отбора снеговых проб имеет следующий вид:

ПНЗ-1, ПНЗ-6 - Fe>Cr>Mn>Zn>Pb;

ПНЗ-2 - Fe>Cr>Mn>Zn;

ПНЗ-3 - Fe>Zn>Cr>Mn ;

4э - Fe>Cu>Mn>Zn>Cr;

5э - Fe>Zn>Mn>Cr.

**Суммарный показатель загрязнения (Zс)** имел максимальное значение в точке отбора, расположенной вблизи ПНЗ-1. Повышенные значения суммарного показателя характерны для постов ПНЗ-3, ПНЗ-6, 4э и 5э. Наименьшие значения зафиксированы вблизи постов ПНЗ-7, ПНЗ-6, 2э и 11э. Таким, образом, зоны высоких значений суммарного показателя загрязнения в целом повторяют зону высоких значений концентраций железа, и характеризует воздействие на атмосферный воздух выбросов предприятий центральной промышленной зоны, а так же ОАО «ИЕМЗ»Купол» и ФГУП «Ижевский механический завод».

Распределение значений **суммарного показателя нагрузки** несколько отличается от суммарного показателя загрязнения. Максимальные значения данного показателя приурочены к ПНЗ-1, ПНЗ-6. Повышенные значения характерны для ПНЗ-3, пунктов эпизодического контроля 5э и 6э

Корреляционный анализ значений суммарного показателя загрязнения снежного покрова, а так же суммарного показателя нагрузки на снежный покров и комплексного индекса загрязнения атмосферы (КИЗА) показал связь средней степени тесноты. Средней степени тесноты корреляционная связь была между значениями КИЗА и концентрациями в снежном покрове цинка,

железа, марганца, хрома. В тоже время, корреляционная связь средней тесноты была зафиксирована между концентрацией диоксида азота в атмосферном воздухе и концентрацией марганца в снежном покрове. Умеренной тесноты корреляционная связь была получена между концентрацией диоксида азота в атмосфере и концентрациями цинка и хрома в снеге, концентрацией оксида углерода и цинка (соответственно), концентрацией формальдегида и цинка.

#### **Выводы**

Таким образом, на основании проведенного исследования, можно сформулировать ряд выводов:

1. Наиболее контрастные ореолы пылевого загрязнения территории в г.Ижевска сформированы воздействием стационарных источников центральной промышленной зоны.
2. Пространственная конфигурация ореолов пылевого загрязнения территории г.Ижевска повторяет структуру полей концентраций железа. При этом, наиболее контрастные ореолы вытянуты в северном и северо-восточном направлении от центральной промышленной зоны.
3. На данном этапе исследования обнаружена корреляционная связь средней степени тесноты между комплексными показателями загрязненности атмосферного воздуха и снежного покрова.
4. Для выявления достоверной связи между загрязнением атмосферного воздуха и снежного покрова, а так же выявления ассоциаций газообразных и твердых атмосферных поллютантов, в дальнейшем необходимо увеличение количества постов мониторинга за состоянием атмосферного воздуха, осуществляемого по программе постоянного и эпизодического контроля, и увеличение количества пунктов отбора проб снежного покрова.

#### **Литература**

1. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 66 с.;
2. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 15 мая 1990 г. N 5174- 90);
3. Василенко В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В.Н. Василенко, И.М. Назаров, Ш.Д. Фридман. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 181 с.);
4. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 112 с.

#### **References**

1. Metodicheskie rekomendacii po geohimicheskoi ocenke istochnikov zagraznenia okruzhaushei sredi [Methodical recommendations on geochemical estimates of sources of environmental pollution] M, IMGRE, 1982, 66 p. (in Russ).
2. Metodicheskie rekomendacii po ocenke stepeni zagraznenia atmosfernogo vozduha naseleennykh punktov metallami poi h sodержaniyu v snezhnom pokrove i pochve [Methodical recommendations according to extent of pollution of atmospheric air of settlements metals according to their contents in snow cover and the soil] Chief state health officer of the USSR on May 15, 1990 N 5174-90 (in Russ).
3. Vasilenko V.N., Nazarov I.M. and Friedman Sh.D.. Monitoring zagraznenia snezhnogo pokrova [Monitoring of pollution of snow cover], L.,Gidrometeoizdat, 1985, 181 p.; (in Russ).
4. Metodichiskie rekomendacii po geohimicheskoi ocenke zagraznenia territorii gorodov himicheskimi elementami [Methodical recommendations about geochemical assessment of pollution of the territory of the cities chemical elements], M, IMGRE, 1982. 112 p. (in Russ.).