

УДК 504.03

*А.В. Семакина, И.В. Сырых, Г.Р. Платунова***К АЭРОГЕННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ГОРОДА ИЖЕВСКА**

Работа посвящена оценке аэрогенного загрязнения снежного покрова г. Ижевска тяжелыми металлами. При обработке полученных образцов пыли использовался метод рентгенофлюоресцентного анализа. Представлен анализ структуры загрязнения снежного покрова. Проведена оценка пространственных связей источников атмосферного загрязнения и показателей загрязненности снега. Наиболее контрастные ореолы пылевого загрязнения снежного покрова сформированы воздействием стационарных источников центральной промышленной зоны города. Пространственная конфигурация ореолов пылевого загрязнения повторяет конфигурацию полей концентраций железа. При этом наиболее контрастные ореолы вытянуты в северном и северо-восточном направлении от центральной промышленной зоны. Выявлена корреляционная связь средней степени тесноты между комплексными показателями загрязненности атмосферного воздуха и снежного покрова.

Ключевые слова: загрязнение снежного покрова, загрязнение атмосферного воздуха, г. Ижевск, тяжелые металлы.

Снежный покров, перекрывая открытую поверхность почвы, снижает процесс естественного пылевыведения. Взвешенные частицы, находящиеся в атмосферном воздухе в период устойчивого снежного покрова, имеют преимущественно техногенное происхождение. В связи с этим химический состав снежного покрова в значительной степени связан с его техногенным загрязнением и техногенным загрязнением атмосферного воздуха. В процессе исследования выделение факторов химического загрязнения снега аэрогенного происхождения осуществляется путем исключения из исследования мест отбора проб, где возможно влияние других источников поступления примесей (дороги, лесопосадки, жилые постройки). Изучение содержания в снежном покрове химических примесей в репрезентативных точках позволяет определить объем атмосферных выпадений за зимний сезон. Снег может выносить из атмосферы самые разнообразные вещества (аэрозоли, ионы, газы, радиоактивные изотопы). Поскольку снежинки и снежные хлопья оседают на поверхность земли достаточно медленно и по сравнению с дождевыми осадками покрывают большую площадь земной поверхности, они дольше находятся под влиянием загрязнённого атмосферного воздуха, следовательно, являются наилучшими индикаторами этого загрязнения [1]. Именно поэтому в снежном покрове фиксируются загрязняющие вещества, которые не улавливаются прямыми инструментальными методами анализа, и вещества, содержания которых невозможно установить с помощью расчетных методик или модельных подходов [2], а концентрации загрязняющих веществ, накопленных в снеге, как правило, на несколько порядков выше аналогичных концентраций в атмосферном воздухе, что позволяет с высокой степенью надежности проводить измерения их содержания [3]. 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. Для других территорий, с разной степенью детальности проводились работы по изучению химического и минерально-вещественного состава снежного покрова в зарубежных городах, а также в регионах и городах России: на Камчатке [4], в Благовещенске [5;6], Хабаровске [7], Якутии [8], Республике Коми [9], Ханты-Мансийском автономном округе [10], Свердловской области [11], Челябинской области [12], Омске [13], в Алтайском крае [14,15], Иркутской области [16-18], в Казани и Республике Татарстан [19], Республике Удмуртии [20], Новгородской области [21], Воронеже [22], Самаре [23], Саратове [24], Мурманской области [25], в Санкт-Петербурге и Ленинградской области [26; 27], в Москве [28-32].

Материалы и методы исследования

Методика исследования загрязненности атмосферного воздуха освещена в соответствующей статье, характеризующей состояние атмосферного воздуха г. Ижевска. Местами расположения пунктов отбора проб снежного покрова были использованы точки мониторинга (осуществляемого Уд-

муртский центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) за загрязненностью атмосферного воздуха федеральной государственной сети и точки эпизодического контроля (осуществляемого сотрудниками кафедры ЭиП ФГБОУ ВО «УдГУ») (рис.1) [33].

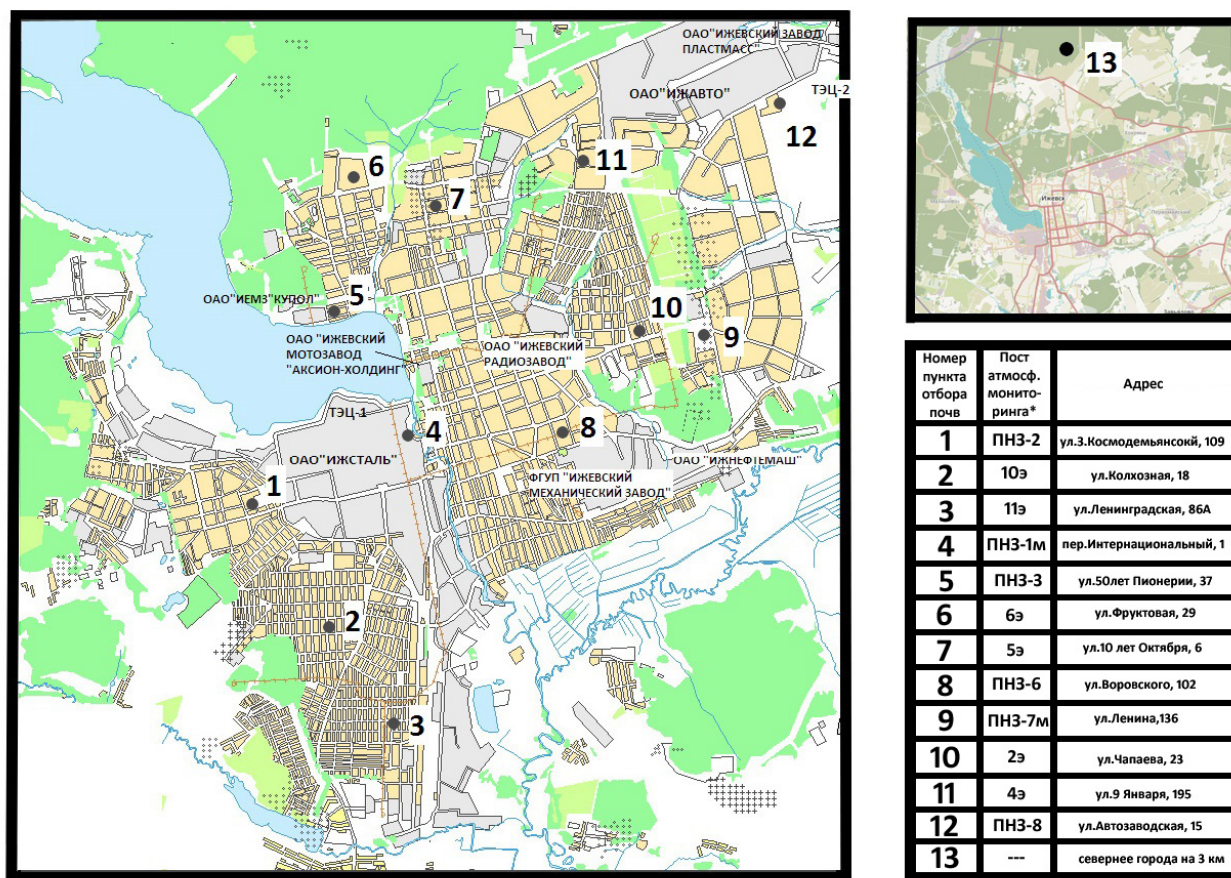


Рис. 1. Места расположения пунктов отбора проб снежного покрова (*ПНЗ-6 – стационарный пост федеральной мониторинговой сети; ПНЗ-1м – маршрутный пост федеральной мониторинговой сети; 4э – пост контроля за состоянием атмосферного воздуха, осуществляемого в рамках программы эпизодического контроля)

Пробы снежного покрова отбирались из шурфов с горизонтальными размерами 15см×15см (площадь основания составила 0,225 м²) на всю мощность снежного покрова. Результаты исследований при отборе проб снега на всю мощность снежного покрова являются наиболее представительными, так как исключают последствия флуктуации направления ветра и фактор непостоянства выбросов загрязняющих веществ. Для достоверности результатов места отбора проб располагались таким образом, чтобы исключить попадание в пробу частиц подстилающего грунта, мусора и т.д. Для этого места отборов проб располагались далеко от дорог, троп и других мест, где вероятно попадание примесей [34-38].

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 [34]. Начало устойчивого снеговосстава в 2015 г. пришлось на 29 октября. В среднем вес пробы варьировал от 4 до 5 кг. Отбор снега предполагает либо отдельный анализ нерастворимой и растворимой фаз, либо только его нерастворимой составляющей, которая состоит из атмосферной пыли, осаждаемой на поверхность снежного покрова. 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).

Процесс пробоподготовки начинается с таяния снега при комнатной температуре. Затем последовательно проводится декантация верхней части отстоянной талой воды, фильтрация нижней части снеготалой воды через беззольный фильтр типа «синяя лента», высушивание фильтра, просеивание

до фракции менее 1 мм и взвешивание фильтра с осадком (рис.2,3). Разница в массе фильтра до и после фильтрования характеризовала массу пыли в пробе.

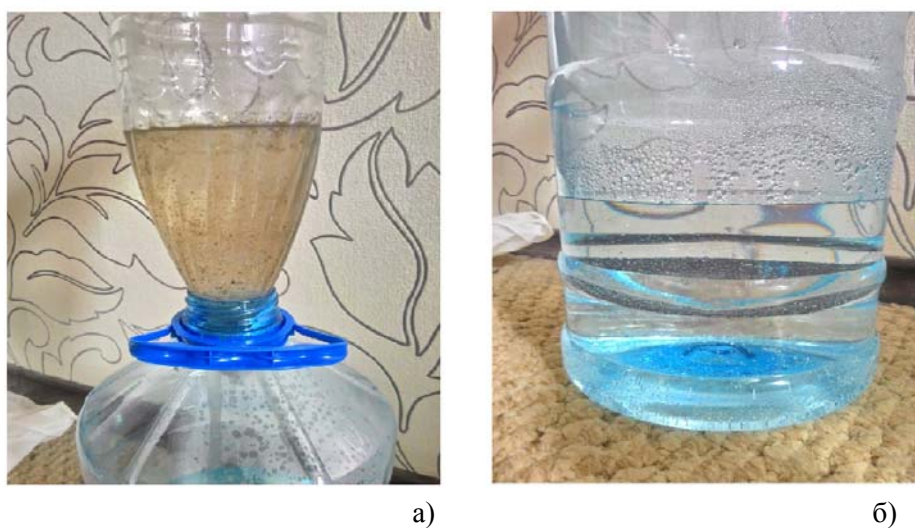


Рис. 2. Процесс фильтрации снеготалой воды: а) фильтрация нижней части снеготалой воды; б) снеготалая вода, прошедшая фильтрацию

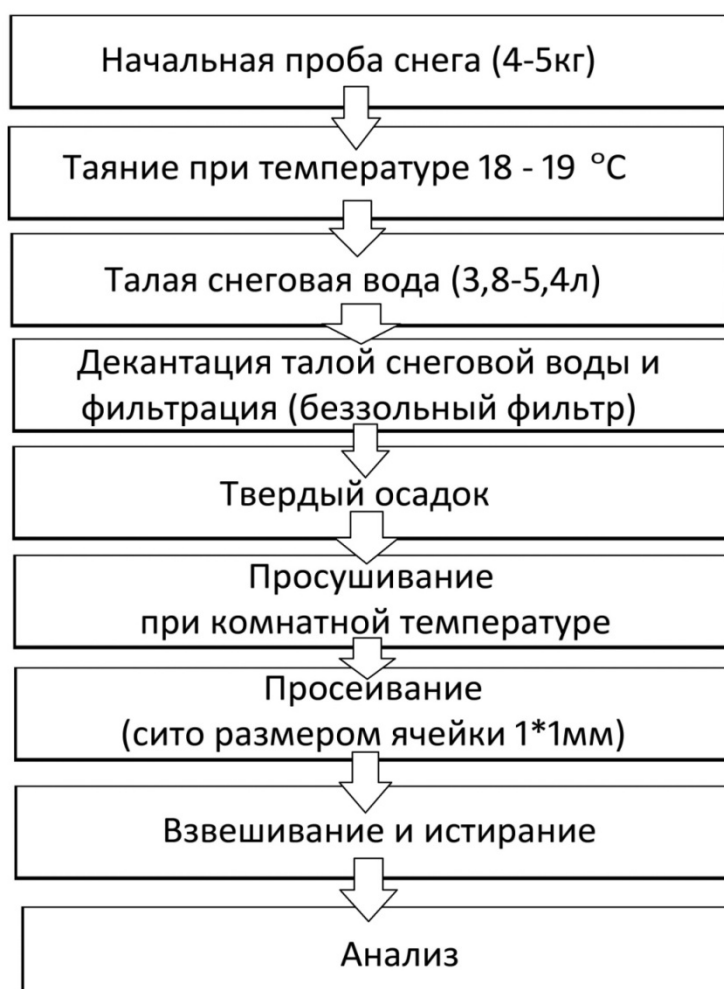


Рис. 3. Алгоритм процедуры пробоподготовки для анализа твердой фазы снеготалой воды

Обработка проб проводилась методом рентенофлуоресцентного 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 коэффициента относительного увеличения нагрузки элемента; суммарный показатель загрязнения (Z_c) и суммарный показатель нагрузки [28; 35].

Расчет **показателя пылевой нагрузки** P_n , ($\text{мг}/\text{м}^2\cdot\text{сут}$) осуществлялся по формуле:

$$P_n = P / (S \cdot t),$$

где P – вес пыли, осажженной снегом или масса пыли в пробе твердого осадка снега (мг ; кг);

S – проективная площадь осаднения или площадь шурфа ($0,0225 \text{ м}^2$);

t – временной интервал в сутках между моментом опробования и датой установления устойчивого снежного покрова (155 сут.)

По результатам расчета максимальные значения абсолютных показателей пылевой нагрузки характерны для участка отбора проб, расположенного в непосредственной близости от ПНЗ-6 ($1600 \text{ мг}/\text{м}^2\cdot\text{сут}$). Повышенные значения абсолютных показателей пылевой нагрузки характерны для ПНЗ-2, ПНЗ-7, ПНЗ-8 и пунктов эпизодического контроля 6э и 11э ($1083\text{--}1134 \text{ мг}/\text{м}^2\cdot\text{сут}$). Самые низкие значения пылевой нагрузки зафиксированы на poste мониторинговой сети ПНЗ-1, пунктах эпизодического контроля 2э, 4э и фоновой точке отбора проб (рис.4).

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 5,4 л. 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 ($287\text{--}311 \text{ мг}/\text{м}^2\cdot\text{сут}\cdot\text{л}$). 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 ($191\text{--}237 \text{ мг}/\text{м}^2\cdot\text{сут}\cdot\text{л}$). Наименьшие значения, как и ранее, приходятся на участки отбора проб снега вблизи поста мониторинговой сети ПНЗ-1, пункты эпизодического контроля 2э, 4э и фоновую точку отбора проб.

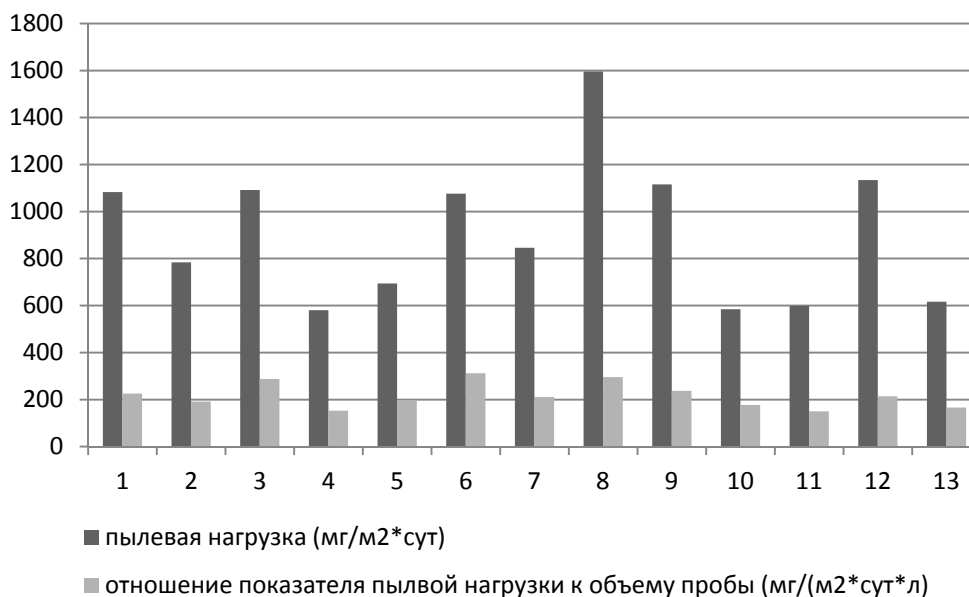


Рис. 4. Значения пылевой нагрузки

Определение **коэффициента концентрации** (K_c) осуществляется по формуле:

$$K_c = C/C_{\phi},$$

где C – содержание элемента в исследуемом объекте;

C_{ϕ} – фоновое содержание элемента.

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) (рис. 5). Относительно высокие значения также отмечаются вблизи поста мониторинга ПНЗ-3, пунктов эпизодического контроля 5э и 4э.

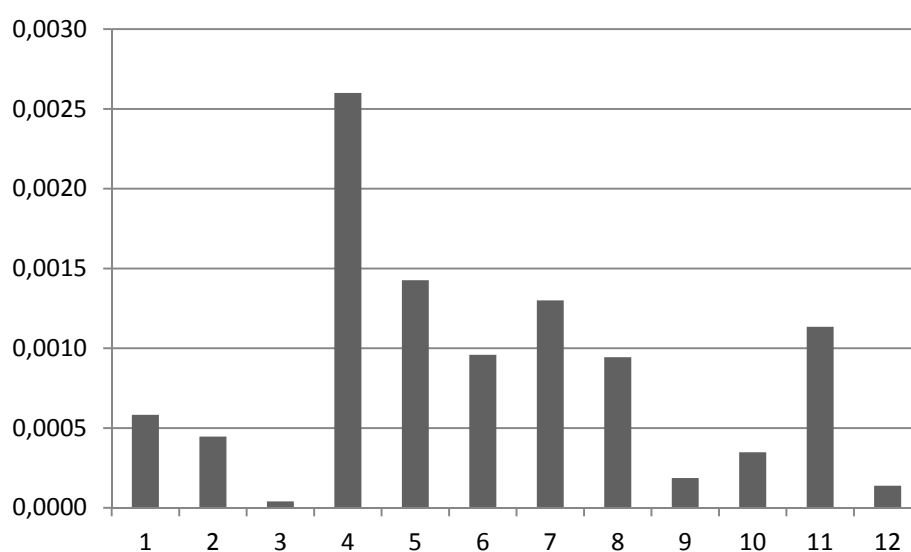


Рис. 5. Значения коэффициента концентрации железа в снежном покрове

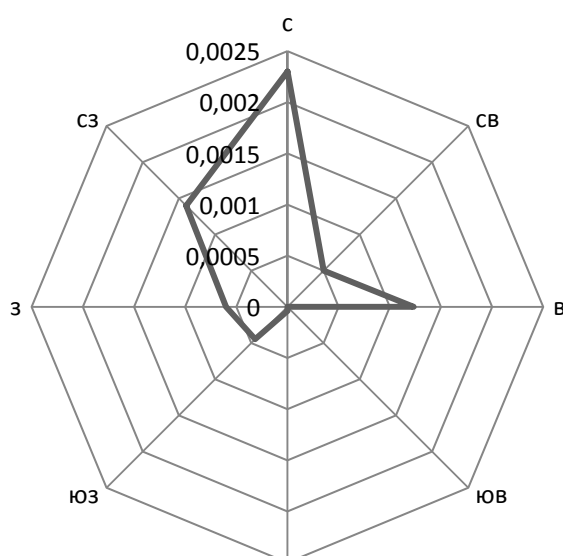


Рис. 6. Распределение средних значений коэффициентов концентраций железа в снежном покрове по сторонам света относительно центральной промышленной зоны

С учетом преобладающего направления ветра (юго-западное) повышенное содержание железа в пробах снега в данных пунктах также объяснимо аэрогенным переносом примеси от центральной промзоны (ОАО «Ижсталь»). Еще меньшими значениями характеризуются посты ПНЗ-6 и бэ, 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» (рис. 6).

Присутствие в снежной пробе свинца было зафиксировано вблизи постов федеральной мониторинговой сети ПНЗ-1, ПНЗ-6 (рис. 7). В предыдущие десятилетия основным источником поступления свинца в атмосферный воздух был автотранспорт. Впоследствии тетраэтилсвинец был исключен из использования в качестве топливной присадки, и ведущая роль в загрязнении атмосферного воздуха данным поллютантом перешла к металлургическим предприятиям и котельным, 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.

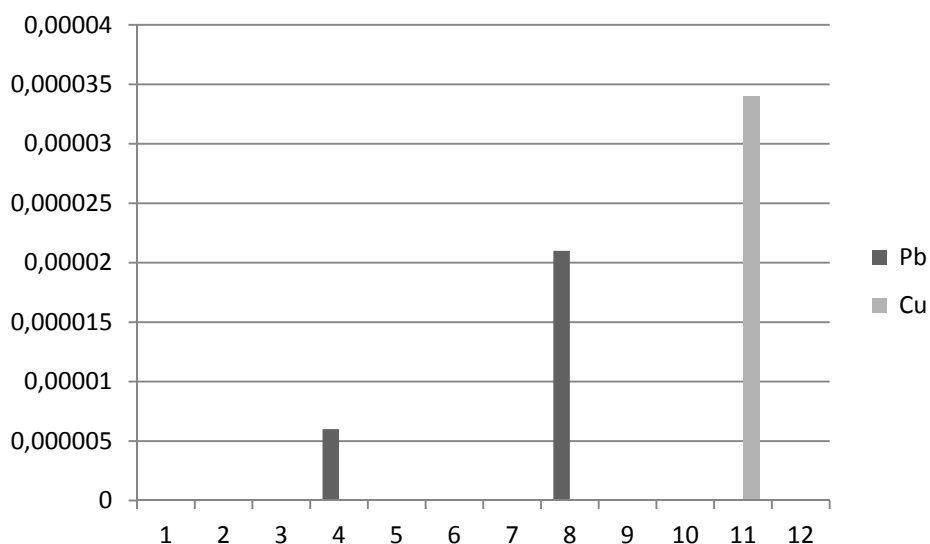


Рис. 7. Значения коэффициента концентрации свинца и меди в снежном покрове

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 в 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 (рис. 8). 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 «ИЭМЗ "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.

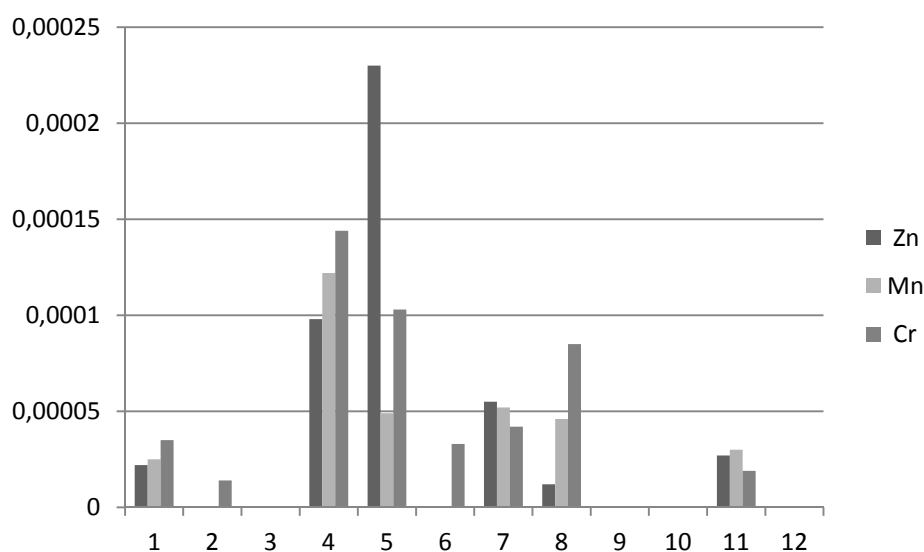


Рис. 8. Значения коэффициента концентрации цинка, марганца и хрома в снежном покрове

Суммарный показатель загрязнения (Z_c) рассчитывался по формуле:

$$Z_c = \sum K_c - (n - 1),$$

где n – число учитываемых аномальных элементов с K_c больше 1.

Максимальное значение суммарного показателя загрязнения было получено для точки 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 (рис. 9). Таким образом, зоны высоких значений суммарного показателя загрязнения в целом повторяют зону высоких значений концентраций железа и характеризуют воздействие на атмосферный воздух выбросов предприятий центральной промышленной зоны, а также ОАО «ИЭМЗ "Купол"» и ФГУП «Ижевский механический завод».

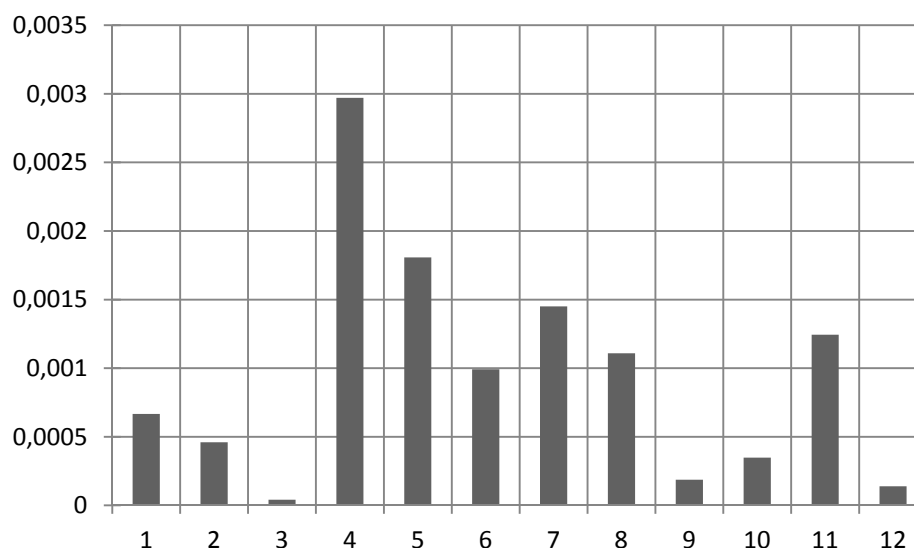


Рис. 9. Значения суммарного показателя загрязнения снежного покрова

Суммарный показатель нагрузки рассчитывался по формуле:

$$Z_p = \sum K_p - (n - 1),$$

где n – число учитываемых аномальных элементов K_p больше 1;

K_p – коэффициент относительного увеличения общей нагрузки элемента.

Коэффициент относительного увеличения общей нагрузки элемента определялся по формулам:

$$Kp = Rob_{ц} / Pф$$

$$Pф = Cф \times Pnф$$

$$Rob_{ц} = C \times Pn,$$

где $Cф$ – фоновое содержание исследуемого элемента;

$Pnф$ – фоновая пылевая нагрузка;

$Pф$ – фоновая нагрузка исследуемого элемента ($мг/км^2 \times сут$);

$Rob_{ц}$ – общая нагрузка, создаваемая поступлением химического элемента в окружающую среду ($мг/км^2 \cdot сут$);

Pn – пылевая нагрузка ($мг/км^2 \cdot сут$).

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.

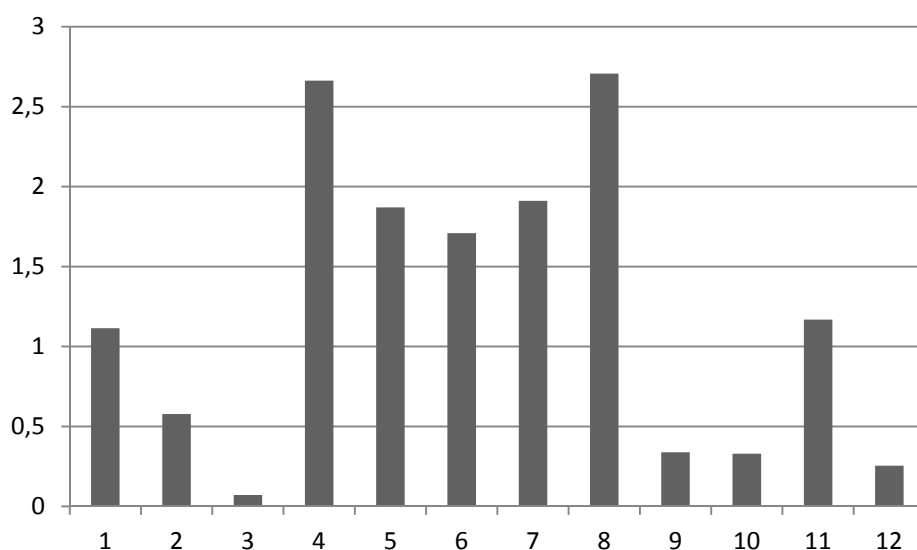


Рис. 10. Значения суммарного показателя нагрузки на снежный покров

Корреляционный анализ значений суммарного показателя загрязнения снежного покрова, а также суммарного показателя нагрузки на снежный покров и комплексного индекса загрязнения атмосферы (КИЗА) показал связь средней степени тесноты (табл.).

Степень тесноты корреляционной связи между показателями загрязнения атмосферного воздуха и снежного покрова

		показатели загрязнения атмосферного воздуха			
		КИЗА	концентрация CO	концентрация NO2	концентрация HCOH
показатели загрязнения снежного покрова	Zp	0,60	0,11	0,32	0,29
	Zn	0,68	0,18	0,48	0,18
	Kp Pb	0,11	-0,33	0,30	-0,17
	Kp Zn	0,63	0,49	0,15	0,45
	Kp Cu	-0,28	-0,14	-0,02	-0,28
	Kp Fe	0,59	0,11	0,30	0,29
	Kp Mn	0,50	-0,13	0,56	-0,06
	Kp Cr	0,60	-0,03	0,41	0,19

Средней степени тесноты корреляционная связь была между значениями КИЗА и концентрациями в снежном покрове цинка, железа, марганца, хрома. В то же 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.

Заключение

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

1. Наиболее контрастные ореолы пылевого загрязнения территории 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 также 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Снег: справочник / под ред. Д. М. Грея, Д. Х. Мэйла. Л.: Гидрометиздат, 1986. 751 с.
2. Воробьева И.Б., Напрасникова Е. В., Власова Н. В. Эколого-геохимические особенности снега, льда, и подледной воды южной части озера Байкал // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2009. № 1. С. 54-60.
3. Василенко В. Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометиздат, 1985. 181 с.
4. Малик Н.А. Импактный вклад вулканических извержений в формирование химического состава сезонного снежного покрова (Камчатка) // Лед и снег. 2010. № 4. С. 45-52.
5. Куимова Н.Г., Сергеева А.Г., Шумилова Л.П. и др. Эколого-геохимическая оценка аэротехногенного загрязнения урбанизированных территорий по состоянию снежного покрова // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2012. № 5. С. 422-435.
6. Юсупов Д.В., Степанов В.А., Трутнева Н.В. и др. Минеральный и геохимический состав твердого осадка в снеговом покрове г. Благовещенск (Амурская область) // Изв. Томского политех. ун-та. 2014. Т. 324, № 1. С. 184-189.
7. Новороцкая А.Г. Химический состав снежного покрова как индикатор экологического состояния Нижнего Приамурья: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Хабаровск, 2002. 23 с.
8. Макаров В.Н. Геохимия снежного покрова таежных и горных мерзлотных ландшафтов Якутии // Лед и снег. 2014. № 1 (125). С. 73-80.
9. Пристова Т.А., Шамрикова Е.В. Характеристика снежного покрова в условиях аэротехногенного загрязнения предприятиями республики Коми // Проблемы региональной экологии. 2010. № 5. С. 78-83.
10. Московченко Д.В., Бабушкин А.Г. Особенности формирования химического состава снеговых вод на территории Ханты-Мансийского автономного округа // Криосфера Земли. 2012. Т. 16. № 1. С. 71-81.
11. Баглаева Е.М., Сергеев А.П., Медведев А.Н. Пространственная структура техногенного загрязнения снежного покрова промышленного города и его окрестностей растворимыми и нерастворимыми формами металлов // Геоэкология. 2012. № 4. С. 326-335.
12. Удачин В. Н. Экогеохимия горнопромышленного техногенеза Южного Урала: дис. ... д-ра. геол.-мин. наук. Миасс, 2012. 352с.
13. Скрипко Т.В., Елисева А.В. Влияние выбросов предприятий промышленного мегаполиса на состояние снежного покрова // Омский научный вестник. 2013. № 2(124). С. 110-113.
14. Хвостов И.В. Элементный состав аэрозоля, накапливаемого в снеговом покрове Алтайского края: дис. ... канд. техн. наук. Барнаул, 2007. 109 с.
15. Микушин В.В., Каплинский А.Е., Суторихин И.А. и др. Оценка аэрозольного загрязнения атмосферы заселенных пунктов Алтайского края и Республики Алтай по данным мониторинга снежного покрова // Экология урбанизированных территорий. 2006. № 2. С. 87-93.
16. Оболкин В.А., Кобелева Н.А., Ходжер Т.В. и др. Элементный состав нерастворимой фракции атмосферных выпадений в некоторых районах Южного Прибайкалья // Оптика атмосферы и океана. 2004. Т. 17. № 5-6. С. 414-417.
17. Скворцов В.А., Федорова Н.В., Рогова В.П. и др. Твердые фазы аэрозолей в природно-технических системах городов Прибайкалья // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2011. № 1. С. 31-39.
18. Янченко Н.И., Баранов А.Н., Ершов В.А. и др. Распределение некоторых химических элементов в снежном покрове в г. Братске // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 4(20). С. 164-169.

19. Валетдинов А.Р. Технология комплексной оценки влияния промышленных объектов на загрязненность тяжелыми металлами природных сред по результатам мониторинга снежного покрова: на примере Республики Татарстан и города Казани: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2006. 22 с.
20. Смелов Ю.Е. Пространственно-временная характеристика техногенного загрязнения природной среды Удмуртии: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Пермь, 2004. 20 с.
21. Летенкова И.В., Литвинов В.Ф., Смержок В.Г. Химический анализ снежного покрова Новгородской области // Вестн. Новгород. гос. ун-та. 2014. № 76. С. 73-76.
22. Беспалова Е.В., Прожорина Т.И., Куролап С.А. Мониторинг техногенного загрязнения снежного покрова г.Воронежа // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геозология. 2015. №4. С.77-80.
23. Ардаков Г.Н. Использование снежного покрова в городах для оценки их влияния на окружающую природную среду: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Самара, 2004. 24 с.
24. Быкова М.А. Оценка степени антропогенной нагрузки на урбосистемы г. Саратова по данным экологического мониторинга снежного покрова: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2012. 23 с.
25. Раткин Н.Е., Шаблова А.В. Количественная оценка аэротехногенного загрязнения территории Мурманской области // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 8. С. 38-44.
26. Зарина Л.М. Геоэкологические особенности распределения тяжелых металлов в снежном покрове Санкт-Петербургского региона: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб, 2009. 19 с.
27. Воронцова А.В., Нестеров Е.М. Геохимия снегового покрова в условиях городской среды // Изв. Российского гос. пед. ун-та им. А.И. Герцена. 2012. № 147. С. 125-132.
28. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
29. Маркова Ю.Л. Оценка воздействия промышленности и транспорта на экосистему национального парка «Лосиный остров»: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2003. 24 с.
30. Еремина И.Д., Григорьев А.В. Кислотность и химический состав снежного покрова в Москве и Подмосковье за период 1999-2006 гг. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2010. № 3. С. 55-60.
31. Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Власов Д.В. и др. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2012. № 4. С. 14-24.
32. Еремина И.Д. Мониторинг химического состава атмосферных осадков по наблюдениям метеорологической обсерватории МГУ // Альтернативная энергетика и экология. 2013. Т. 128. № 6-2. С. 80-87.
33. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186 № 2932-83. М.: Госкомгидромет, 1991. 693 с.
34. Стурман В.И. Экологическое картографирование: учеб. пособие. М.: «Аспект Пресс», 2003. 251с.
35. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. М.: ИМГРЭ, 1982. 66 с.
36. 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. № 5174- 90). 17 с.
37. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 181 с.
38. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982. 112 с.

Поступила в редакцию 27.02.2018

Семакина Алсу Валерьевна, кандидат географических наук,
доцент кафедры экологии и природопользования
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1 (корп. 1)
E-mail: alsen13@list.ru

Сырых Иван Викторович, начальник сектора отбора и подготовки проб
Автономное учреждение «Управление охраны окружающей среды и природопользования
Минприроды УР»
426051, Россия, г. Ижевск, ул. Максима Горького, 73
E-mail: bibicus_@mail.ru

Платунова Гузель Рашидовна, кандидат биологических наук,
доцент кафедры экологии и природопользования
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1 (корп. 1)
E-mail: dyukina-guzel@yandex.ru

A.V. Semakina, I.V. Strykh, G.R. Platonova

ON AEROGENIC POLLUTION OF SNOW COVER OF THE CITY OF IZHEVSK

This work is devoted to the assessment of aerogenic pollution of snow cover of Izhevsk by heavy metals. When processing the received samples of dust, the method of X-ray fluorescent analysis was used. The analysis of structure of snow cover pollution in the territory of Izhevsk is presented. Assessment of spatial connections of sources of atmospheric pollution and indicators of impurity of snow is carried out. The most contrast aureoles of dust pollution of snow cover in the territory of Izhevsk are created by influence of stationary sources of the central industrial zone. The spatial configuration of aureoles of dust pollution repeats a configuration of patterns of iron concentration. At the same time, the most contrast aureoles are extended in the northern and north-eastern direction from the central industrial zone. Correlation of average degree of narrowness between complex indicators of impurity of atmospheric air and snow cover is revealed.

Keywords: pollution of snow cover, pollution of atmospheric air, Izhevsk, heavy metals.

REFERENCES

1. *Sneg: spravochnik* [Snow: reference book], Grey D.M. and Meil H.D. (ed), L.: Gidrometizdat, 1986, 751 p. (in Russ.).
2. Vorobjeva I.B., Naprasnikova E.V. and Vlasova N.V. [Ekologo-geokhimichesky features of snow, ice, and subglacial water of the southern part of Lake Baikal] in *Geoecology, engineering geology, hydrogeology, geocryology*, 2009, no. 1, pp. 54-60 (in Russ.).
3. Vasilenko V.N., Nazar I.M. and Friedman Sh.D. *Monitoring zagriaznenia snezhnogo pokrova* [Monitoring of pollution of snow cover], L.: Gidrometizdat, 1985, 181 p. (in Russ.).
4. Malik N.A. [Impaktny contribution of volcanic eruptions to formation of the chemical composition of seasonal snow cover (Kamchatka)] in *Ice and snow*, 2010, no. 4, pp. 45-52 (in Russ.).
5. Kuimova N.G., Sergeyev A.G., Shumilov L.P. and etc. [Ekologo-geokhimichesky assessment of aero technogenic pollution of the urbanized territories on a condition of snow cover] in *Geoecology, engineering geology, hydrogeology, geocryology*, 2012, no. 5, pp. 422-435 (in Russ.).
6. Yusupov D.V., Stepanov V.A., Trutneva N.V. and etc [Mineral and geochemical structure of a firm deposit in a snow cover Blagoveshchensk (Amur region)] in *News of the Tomsk Polytechnic University*, 2014, T. 324, no. 1, pp.184-189 (in Russ.).
7. Novorotskaya A.G. [Chemical composition of snow cover as indicator of an ecological condition of Nizhny Novgorod of Priamurye], Abstract of diss. Dr. Geogr. sci., Khabarovsk, 2002, 23 p. (in Russ.).
8. Makarov V.N. [Geokhimiya of snow cover taiga and mountain merzlotnykh of landscapes of Yakutia] in *Ice and snow*, 2014, no. 1 (125), p. 73-80 (in Russ.).
9. Pristova T.A., Shamrikova E.V. [The characteristic of snow cover in the conditions of aero technogenic pollution by the enterprises of the Komi Republic] in *Problems of regional ecology*, 2010, no. 5, pp. 78-83 (in Russ.).
10. Moskovchenko D.V., Babushkin A.G. [Features of formation of the chemical composition of snow waters in the territory of Khanty-Mansi Autonomous Okrug] in *Kriosfera Zemli*, 2012, vol. 16, no. 1, pp. 71-81 (in Russ.).
11. Baglayeva E.M., Sergeyev A.P., Medvedev A.N. [Spatial structure of technogenic pollution of a snow cover of the industrial city and its vicinities soluble and insoluble forms of metals] in *Geoecology*, 2012, no. 4, pp. 326-335. (in Russ.).
12. Udachin, V.N. [Ekogeokhimiya of a mining tekhnogenez of South Ural] Drs. Geol.-min. sciences diss., Miass, 2012, 352 p. (in Russ.).
13. Skripko T.V. and Yeliseyev A.V. [Influence of emissions of the enterprises of the industrial megalopolis on a condition of snow cover] in *Omsk scientific bulletin*, 2013, no. 2(124), pp.110-113 (in Russ.).
14. Hvostov I.V. [Element structure of the aerosol accumulated in a snow cover of Altai Krai] Cand.Tech.Sci.diss., Barnaul, 2007, 109 p. (in Russ.).
15. Mikushin, V.V., Kaplinsky A.E., Sutorikhin I.A. and etc [Otsenka of aerosol air pollution of populated points of Altai Krai and Altai Republic according to monitoring of snow cover] in *Ecology of the urbanized territories*, 2006, no. 2, pp. 87-93 (in Russ.).
16. Obolkin V.A., Kobeleva N.A., Hodzher T.V. and etc [The element structure of insoluble fraction of atmospheric losses in some areas of the Southern Baikal region] in *Optics of the atmosphere and ocean*, 2004, vol. 17, no. 5-6, pp. 414-417 (in Russ.).
17. Skvortsov V.A., Fedorova N.V., Rogova V.P. and etc [Firm phases of aerosols in the natural and technical systems of the cities of Baikal region] in *Geoecology, engineering geology, hydrogeology, geocryology*, 2011, no. 1, pp.31-39 (in Russ.).
18. Yanchenko N.I., Baranov A.N., Yershov V.A. and etc. [Distribution of some chemical elements in snow cover of century Bratsk] in *Systems. Methods. Technologie*, 2013, no. 4(20), pp. 164-169 (in Russ.).

19. Valetdinov A.R. [Tekhnologiya of complex assessment of influence of industrial facilities on impurity heavy metals of environments by results of monitoring of snow cover: on the example of the Republic of Tatarstan and the city of Kazan] Abstract of diss Cand.Tech.Sci, Kazan, 2006, 22 p. (in Russ.).
20. Smelov Yu.E. [Existential characteristic of technogenic pollution of the environment of Udmurtia] Abstract of diss. geogr. sciences, Perm, 2004, 20 p. (in Russ.).
21. Letenkova I.V., Litvinov V.F., Smorzok V.G. [Chemical analysis of snow cover of the Novgorod region] in *Messenger of the Novgorod state university*, 2014, no. 76, pp. 73-76 (in Russ.).
22. Bepalova E.V., Prozhorina T.I., Kurolap C.A [Monitoring of technogenic pollution of snow cover of Voronezh] *Messenger of the Voronezh state university*, 2015, no. 4, pp.77-80 (in Russ.).
23. Ardakov G.N. [Use of snow cover in the cities for assessment of their influence on the surrounding environment], Abstract of diss. Cand. Tech. sci, Samara, 2004, 24 p. (in Russ.).
24. Bykova M.A. [Otsenka of degree of anthropogenic load of urbosistema of Saratov according to environmental monitoring of snow cover], Abstract of diss. Cand. Biol. sci, Saratov, 2012, 23 p. (in Russ.).
25. Ratkin, N. E., Shablova A.V. [The quantitative assessment of aero technogenic pollution of the territory of Murmansk region] in *Theoretical and application-oriented ecology*, 2008, no. 8, pp. 38-44 (in Russ.).
26. Zarina L.M. [Geoecological features of distribution of heavy metals in snow cover of the St. Petersburg region], Abstract of diss. Cand.geogr. sciences, SPb, 2009, 19 p. (in Russ.).
27. Vorontsova A.V., Nesterov E.M. [Geokhimiya of a snow cover in the conditions of the urban environment] in *News of the Russian state pedagogical university of A.I. Herzen.*, 2012, no. 147, pp. 125-132 (in Russ.).
28. Sayet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. and etc. *Geohimia okruzhaushei sredi* [Environment geochemistry] M., Subsoil, 1990, 335 p. (in Russ.).
29. Markova Yu. L. [Otsenka of impact of the industry and transport on an ecosystem of national park Losiny Ostrov], Abstract of diss. geol.-min. sciences, Moscow, 2003, 24 p. (in Russ.).
30. Eremina I.D., Grigoriev A.V. [Kislotnost and the chemical composition of snow cover in Moscow and Moscow area during 1999-2006] in *Messenger of the Moscow university*, ser. 5, Geography, 2010, no. 3, pp. 55-60. (in Russ.).
31. Kasimov N.S., Kosheleva N.E., Vlasov D.V. and etc [Geokhimiya of snow cover in East district of Moscow] in *Bulletin of the Moscow university*, Seriya5, Geography, 2012, no. 4, pp.14-24 (in Russ.).
32. Eremina I.D. [Monitoring of the chemical composition of an atmospheric precipitation according to meteorological observatory of MSU] in *Alternative power engineering and ecology*, 2013, vol. 128, no. 6-2, pp. 80-87. (in Russ.).
33. *Rukovodstvo po kontrolyu zagrnzhenia atmosfery* [Guide to air pollution control. RD 52.04.186 No. 2932-83] M., Goskomgidromet, 1991, 693 p. (in Russ.).
34. Sturman V.I. *Ekologicheskoe kartografirovaniye* [Ecological mapping], M, Aspekt the Press, 2003, 251 p. (in Russ.).
35. *Metodicheskie rekomendacii po geohimicheskoi ocenke istochnikov zagrnzhenia okruzhaushei sredi* [Methodical recommendations on geochemical estimates of sources of environmental pollution] M: IMGRE, 1982, 66 p. (in Russ.).
36. *Metodicheskie rekomendacii po ocenke stepeni zagrnzhenia atmosfernogo vozduha naselennih 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, 17 p. (in Russ.).
37. Vasilenko V.N., Nazarov I.M. and Friedman Sh.D.. *Monitoring zagrnzhenia snezhnogo pokrova* [Monitoring of pollution of snow cover], L.: Gidrometeoizdat, 1985, 181 p. (in Russ.).
38. *Metodichiskie rekomendacii po geohimicheskoi ocenke zagrnzhenia 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.).

Received 27.02.2018

Semakina A.V., Candidate of Geography, Associate Professor of ecology and nature management Department Udmurt State University

Universitetskaya st., 1/1, Izhevsk, Russia, 426034

E-mail: alsen13@list.ru

Syrykh I.V., Head of the sector of sampling and preparation of samples

Autonomous Institution "Department of environmental protection and use of the Ministry of natural resources"

M. Gorkogo st., 73, Izhevsk, Russia, 426051

E-mail: bibicus_@mail.ru

Platunova G.R., Candidate of Biology, Associate Professor of ecology and nature management Department Udmurt State University

Universitetskaya st., 1/1, Izhevsk, Russia, 426034

E-mail: dyukina-guzel@yandex.ru