

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Роман Юрьевич ПОЖИТКОВ<sup>1</sup>  
Дмитрий Валерьевич МОСКОВЧЕНКО<sup>2</sup>  
Александр Алексеевич КУДРЯВЦЕВ<sup>3</sup>

УДК 550.42

### ГЕОХИМИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА Г. НИЖНЕВАРТОВСКА

<sup>1</sup> магистрант кафедры социально-экономической географии и природопользования,  
Тюменский государственный университет  
pozhitkov-roma@yandex.ru

<sup>2</sup> доктор географических наук, главный научный сотрудник  
ТюмНЦ СО РАН; ведущий научный сотрудник,  
Международный институт криологии и криософии,  
Тюменский государственный университет  
moskovchenko1965@gmail.com

<sup>3</sup> кандидат физико-математических наук,  
аналитик Агробиотехнологического центра,  
Государственный аграрный университет Северного Зауралья (г. Тюмень)  
kudrphys55@mail.ru

#### Аннотация

В пробах снега, отобранных в г. Нижневартовске (Ханты-Мансийский автономный округ — Югра) определено содержание металлов в растворимой и нерастворимой формах, значения рН и электропроводность. Целью исследования было выявление

---

**Цитирование:** Пожитков Р. Ю. Геохимия снежного покрова г. Нижневартовска / Р. Ю. Пожитков, Д. В. Московченко, А. А. Кудрявцев // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2018. Том 4. № 1. С. 6-24.  
DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-1-6-24

---

источников загрязнения и оценка экологического состояния городской среды. Измерение содержания тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Pb, Fe, Mn, Cr, Ni) в фильтрате талого снега и твердом остатке осуществлялось с использованием атомно-абсорбционной спектрофотометрии. На территории города отмечено увеличение электропроводности и значений pH снеготалых вод, рост концентрации металлов. На фоновом участке преобладают растворимые формы металлов, в городских условиях увеличивается доля твердофазной составляющей, что свидетельствует об увеличении пылевых выпадений. Выявлено значительное, в 10-50 раз, увеличение содержания в твердой фракции Mn, Ni, Fe, Zn. Большинство металлов в твердофазных выпадениях связано между собой сильной корреляционной связью ( $r > 0,7$ ), что, вместе с высоким содержанием Mn и Fe, дает основания для вывода о поступлении их с почвенной пылью. Уровень загрязнения на территории Нижневартовска в целом определен как высокий, опасный. Вместе с тем отмечена положительная динамика загрязненности. Концентрация тяжелых металлов в снеготалых водах на территории Нижневартовска в 2016 г. была ниже, чем в период 2009-2010 гг. Отмечено низкое содержание свинца по сравнению с данными 1990-х гг., что связано с прекращением использования этого элемента в качестве добавки к моторным топливам.

**Ключевые слова**

Техногенез, снежный покров, рассеянные элементы, Нижневартовск, атмосферные выпадения, растворимые формы, суммарное загрязнение.

**DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-1-6-24**

**Введение**

Одной из главных экологических проблем современности является ухудшение состояния городской среды. Концентрация источников загрязняющих веществ в городах исключительно высока, разнообразен состав поллютантов. Города — это «горячие точки» окружающей среды с высокой концентрацией населения, капитала, инфраструктуры и источников загрязнения, где формируется особая техногенная среда, нередко неблагоприятная для жизни [16]. Усиление экологической угрозы определяет необходимость постоянного мониторинга компонентов природной среды, которые прямо влияют на здоровье населения, в особенности атмосферного воздуха.

В Ханты-Мансийском автономном округе проблема загрязнения атмосферы стоит весьма остро, одной из причин выступают метеоусловия, способствующие накоплению вредных примесей в приземном слое. Усиление загрязнения происходит как зимой в безветренную морозную погоду, так и летом при усилении фотохимических процессов при высоких температурах воздуха [14]. Одно из первых мест в округе по количеству выбросов в атмосферу занимает Нижневартовск, расположенный в восточной части ХМАО-Югры и окруженный многочисленными участками нефтедобычи. В недавнее время здесь был отмечен

рост содержания твердых веществ в воздухе на 17% [13]. Твердые пылевые примеси в атмосфере являются носителями тяжелых металлов, в том числе 1-го и 2-го классов опасности. Ранее при оценке экологической ситуации в Нижневартовске была отмечена загрязненность снега высокотоксичными свинцом и кадмием [6, 8]. Это делает необходимым использование методов, позволяющих надежно индентифицировать интенсивность воздушной эмиссии тяжелых металлов. Одним из таких методов является исследование состава снега, обладающего способностью аккумулировать в своем составе разнообразные вещества. По данным, приведенным в [18], на территории водосборов Средней Оби в снеготалых водах суммарное содержание ионов приблизительно вдвое превышает содержание в дождевых осадках. Таким образом, снежный покров является накопителем разнообразных веществ, что делает его удобным объектом мониторинга.

В Западной Сибири проведены многочисленные исследования, выявившие изменение состава снега урбанизированных территорий. Доказано, что содержание химических веществ зависит, прежде всего, от влияния локальных источников атмосферных эмиссий [2, 8, 19, 20]. Дополнительным фактором загрязнения является дальний перенос воздушных масс.

Целью представленного исследования было выявление основных источников техногенного загрязнения атмосферы и оценка эколого-геохимической ситуации в г. Нижневартовске на основании анализа содержания металлов в водорастворимой и нерастворимой компонентах снега.

#### **Район и методика исследований**

Нижневартовск (60°56' с. ш. и 76°34' в. д.) расположен на востоке ХМАО-Югры и находится в области резко континентального климата с суровой продолжительной зимой. Устойчивый снежный покров устанавливается в последней декаде октября, сход происходит 15-25 мая. Средняя мощность снежного покрова составляет 34 см [4]. В зимний период преобладают ветры южного и юго-западного направления.

Основным источником загрязнения воздушного бассейна города является автомобильный транспорт. Согласно данным администрации города, доля автотранспорта в загрязнении воздуха составляет более 55%. Дополнительное влияние оказывают объекты инфраструктуры нефтедобывающего комплекса, прежде всего факела сжигания попутного газа на многочисленных месторождениях, соседствующих с Нижневартовском [1, 21]. Выбросы котельных оказывают меньшее влияние на загрязнение атмосферного воздуха, поскольку в настоящее время их топливом служит природный газ, конечными продуктами сжигания которого являются  $\text{CO}_2$  и вода. Отопительных предприятий, работающих на угле, в Нижневартовске практически не осталось. В структуре загрязнителей жидкие и газообразные вещества преобладают над твердыми (таблица 1).

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу Нижневартовска от стационарных источников

Год	Суммарное количество загрязняющих веществ	Твердых веществ	Газообразных и жидких веществ
2014	10,39	0,67	9,72
	0,71	1,18	0,69
2015	9,47	0,61	8,86
	0,68	1,18	0,66
2016	8,40	0,72	7,69
	0,59	1,23	0,56

Примечание: в числителе указано количество выбросов, тыс. т, в знаменателе — процентная доля от суммарного выброса по округу

Table 1

Emissions of pollutants into the atmosphere of Nizhnevartovsk from stationary sources

Note: the numerator indicates the amount of emissions (thousands of tons); the denominator — the percentage of total emissions in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug

Опробование снежного покрова было проведено в период максимального снегозапаса (6-8 апреля 2016 г.), при этом были охвачены жилые, деловая и производственная зоны города (рис. 1).

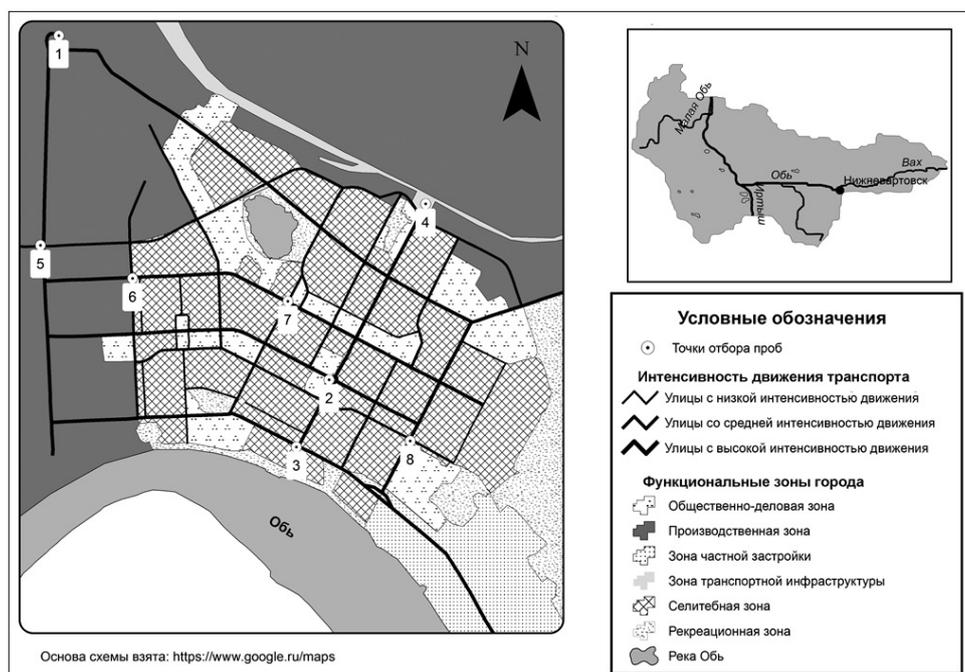


Рис. 1. Схема отбора проб

Fig. 1. The map of sampling and the location of the study area

Поскольку основным загрязнителем воздуха в Нижневартовске является автотранспорт, пункты отбора проб были размещены на участках со средней и высокой транспортной нагрузкой. Средняя интенсивность движения в пунктах наблюдений составляла от 14,3 до 32,6 тыс. единиц транспорта в сутки (таблица 2). Для сопоставления было проведено опробование на фоновой территории, расположенной в 80 км от города (61°31' с. ш. 77°19' в. д.), вне сферы влияния локальных техногенных источников.

Таблица 2

Table 2

**Пункты опробования снежного покрова**

**The places of the snow cover sampling**

№№	Место отбора	Среднесуточная интенсивность движения транспорта, ед.
Фон	80 км от территории города, 61°31' с. ш., 77°19' в. д.	—
1	Территория около памятника «Алеша»	28 649
2	Перекресток Чапаева — Ленина	31 987
3	Перекресток 60 лет Октября — Чапаева	32 609
4	Территория ж/д вокзала	23 549
5	Перекресток Индустриальная — Авиаторов	28 548
6	Перекресток Мира — Кузоваткина	20 408
7	Перекресток Мира — Нефтяников	25 621
8	Перекресток Омская — Ханты-Мансийская	14 307

Отбор проб осуществлялся с помощью весового снегомера ВС-43. После извлечения керна удаляли нижний, прилегающий к земле слой, извлекали крупные инородные включения механического происхождения (ветки, листья, кусочки мерзлого грунта). Опробование выполнено по методу «конверта» — снег в пункте наблюдений отобран из пяти дискретных точек, расстояние между которыми не превышало 1 м. Пробы тщательно перемешивались и помешались в специально подготовленные чистые пятилитровые емкости (ПЭТ-бутылки для питьевой воды с удаленным верхом), предварительно ополоснутые дистиллированной водой, после чего измерялся вес снега в емкостях [17]. После таяния сразу измерялась величина рН с использованием портативного прибора рН-009(І). Затем производилось фильтрование талой воды через химически чистый фильтр «синяя лента» в предварительно отмытые дистиллированной водой новые ПЭТ-бутылки. Таким образом, были получены суммарные пробы для измерения содержания водорастворимых веществ. Остаток нерастворимой взвеси, оставшейся на фильтре, подсушивался, при необходимости из него

удалялись крупные инородные включения. Фильтр помещался в полиэтиленовый пакет для проведения последующих лабораторных анализов содержания тяжелых металлов.

Выполнение химических анализов было проведено в центре коллективного пользования Института химии ТюмГУ. Образцы нерастворимой взвеси, выделенной из снега, вместе с фильтром были озолены в муфельной печи сначала на воздухе при подъеме температуре до 350°C в течение одного часа и затем при температуре 550°C при закрытой дверце печи в течение двух часов. Полученная зола растворялась в 10 мл 5М азотной кислоты марки о. с. ч. Определение содержания восьми тяжелых металлов (Fe, Mn, Ni, Cr, Cu, Pb, Zn, Cd) в пробах снеготалой воды и нерастворимой взвеси осуществлялось с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра «Спираль 17» с электротермической атомизацией. Для измерения электропроводности талой воды использовался цифровой кондуктометр LF 539. Чтобы оценить соотношение растворимой и нерастворимой форм металлов, было рассчитано количество взвешенной компоненты в одном килограмме снега, при таянии которого получается 1 л воды, поэтому для удобства сравнения используется размерность в мкг/л.

Математическая обработка данных была выполнена с помощью программ Microsoft Office Excel и Statistica 6.0. Определена зависимость содержания металлов с физико-химическими показателями (рН, электропроводность) и с интенсивностью движения транспорта путем подсчета коэффициентов корреляции Спирмена. Для оценки экологической ситуации вычислены коэффициенты концентрации  $K_c$  (отношение содержания вещества в исследуемом объекте к фоновому содержанию) и суммарный показатель загрязнения  $Z_c$  по формуле

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

Уровень загрязнения и экологической опасности оценен в соответствии со шкалами нормирования [7, 16].

### Результаты и обсуждение

Полученные результаты состава снеготалой воды представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели химического состава снеготалой воды в г. Нижневартовске

Table 3

Concentration of chemical substances in the snowmelt water in Nizhnevartovsk

Пункт наблюдений	Концентрация элементов, мкг/л								рН, ед.	Удельная проводимость, $\mu\text{S}/\text{cm}$
	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Фон	11,8	0,68	3,65	3,5	0,005	<0,01	0,59	<0,5	5,5	72
	4,56	0,23	0,78	2,42	0,006	<0,02	0,1	0,21		

Окончание таблицы 3

Table 3 (end)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	30,7	11,4	<u>2,02</u>	<u>14,8</u>	<u>0,006</u>	<u>0,03</u>	<u>0,92</u>	<u>&lt;0,5</u>	7	533
	213,6	29,8	6,93	64,3	0,016	1,85	2,99	4,51		
2	22,1	<u>2,96</u>	<u>4,1</u>	<u>6,7</u>	<u>0,005</u>	<u>&lt;0,01</u>	<u>1,09</u>	<u>&lt;0,5</u>	7,3	496
	32,6	10,4	3,75	17,4	0,012	0,53	1,58	3,17		
3	<u>15,6</u>	<u>2,2</u>	<u>4,2</u>	<u>18,5</u>	<u>0,014</u>	<u>&lt;0,01</u>	<u>0,4</u>	<u>&lt;0,5</u>	7	417
	52,1	9,7	3,56	50,8	0,004	0,68	0,39	3,94		
4	<u>25,5</u>	<u>4,96</u>	<u>5,4</u>	<u>10,1</u>	<u>0,056</u>	<u>0,07</u>	<u>1,95</u>	<u>&lt;0,5</u>	6,8	340
	56	7,4	5,5	11,8	0,004	0,84	0,93	2,39		
5	<u>54,7</u>	<u>9,56</u>	<u>2,9</u>	<u>17,5</u>	<u>0,014</u>	<u>0,09</u>	<u>1,16</u>	<u>0,9</u>	7	436
	194,6	21,3	4,97	35,4	0,014	1,34	1,69	6,32		
6	<u>45,2</u>	<u>25,1</u>	<u>1,3</u>	<u>2,84</u>	<u>0,046</u>	<u>0,01</u>	<u>1,58</u>	<u>0,58</u>	7,1	898
	183,1	28,2	5,38	22,3	0,016	1,75	3,2	6,05		
7	<u>29,2</u>	<u>5,22</u>	<u>2,4</u>	<u>4,76</u>	<u>0,005</u>	<u>&lt;0,02</u>	<u>1,27</u>	<u>0,71</u>	7,1	538
	188,3	32,9	9,39	31,1	0,0002	2,56	3,79	5,57		
8	<u>25,5</u>	<u>6,2</u>	<u>1,7</u>	<u>12,3</u>	<u>0,033</u>	<u>&lt;0,02</u>	<u>1,27</u>	<u>&lt;0,5</u>	7,4	864
	181,3	27,7	6,38	29,8	0,01	2,2	3,86	6,56		
Среднее по городу	<u>31,1</u>	<u>8,5</u>	<u>3,0</u>	<u>10,9</u>	<u>0,021</u>	<u>&lt;0,01-0,09</u> 1,45	<u>1,2</u>	<u>&lt;0,5-0,9</u> 5,0	7,1	565,3

Примечание: числитель — содержание металла в фильтрате талого снега (мкг/л), знаменатель — содержание в твердой фазе, приведенное к объему талой воды (мкг/л). Для растворимых форм Pb и Ni приведен нижний предел обнаружения

Notes: the numerator indicates the metal content in the melted snow filtrate ( $\mu\text{g/l}$ ), the denominator — the content in the particulate phase, reduced to the volume of melted water ( $\mu\text{g/l}$ ); for soluble forms of Pb and Ni, the detection limit is provided

Значение рН на фоновом участке составило 5,5 ед., что соответствует обычной кислотности зимних осадков в Среднем Приобье, где реакция снеготалых вод, как правило, слабокислая [2, 10]. В городе наблюдается подщелачивание — значения рН изменялись от 6,8 до 7,4. Увеличение рН снеготалых вод было ранее отмечено вблизи населенных пунктов и автодорог на территории ХМАО-Югры [10] и в Тюмени [11], что связано с выпадением карбонатных пылевых частиц. Также многократно (в среднем в 7,8 раза) увеличивается удельная проводимость, индицирующая рост минерализации. Одной из основных причин

увеличения содержания солей в снеготалых водах является применение на дорогах антигололедных реагентов, включая традиционную техническую соль.

Подсчеты соотношения водорастворимой и твердой фаз снега (рис. 2), показали, что в условиях города химические элементы, за исключением Cd, содержатся преимущественно в нерастворимой фазе, что совпадает с выводами, сделанными для г. Томска [20]. На фоновой территории преобладают растворимые формы, что свидетельствует о слабой запыленности атмосферы вне зон техногенного влияния и преобладании слаборастворимых соединений в городских выбросах.

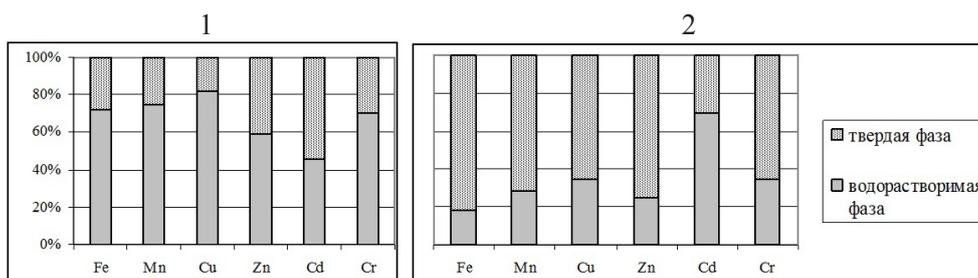


Рис. 2. Соотношение водорастворимой и твердой фаз снега для фоновых (1) и техногенного (2) участков

Fig. 2. The ratio of dissolved and solid snow phases for the background (1) and urban (2) areas

На территории города максимальная доля растворимой составляющей характерна для халькофильных Cu и Cd, что обусловлено зависимостью концентрации растворенных форм металлов от содержания ионов  $SO_4^{2-}$  [3, 16]. Содержание растворимого кадмия, в фоновых условиях составляющее 0,005 мкг/л, на территории города на некоторых участках увеличилось в 2,8-11 раз в особенности вблизи железнодорожного вокзала (пункт наблюдений 4). Для твердой фазы различия не столь существенны, превышение фонового уровня в 2,3-2,7 раза отмечено в западной части города (пункты наблюдений 1,5,6).

Содержание свинца как в растворимой, так и в твердой фазе на фоновом участке было ниже предела обнаружения. В пунктах наблюдений, расположенных в промышленной зоне города, содержание Pb в твердофазных выпадениях увеличивается на 1-2 математических порядка. Высокие концентрации Pb связаны с оседанием пыли, поднятой с дорожного полотна и не покрытых снегом придорожных участков. Многократный рост концентрации свинца в твердой фазе снега в условиях города ранее был отмечен в [23].

Содержание свинца не связано корреляционной зависимостью с интенсивностью движения транспорта (таблица 4). Отсутствие зависимости, вероятно, связано с тем фактом, что использование свинца в качестве добавки к моторным топливам запрещено с 2003 г., что привело к существенному сокращению эмиссий этого элемента.

Таблица 4

Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена для содержания металлов, физико-химических показателей и транспортной нагрузки

Table 4

Spearman's rank correlation coefficients for metal content, physicochemical parameters, and transport load

Показатели	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	pH	Проводимость, эл.	Транспорт
Fe	1	<b>0,80</b>	<b>0,73</b>	0,70	0,40	<b>0,78</b>	0,65	<b>0,67</b>	0,16	0,53	0,15
Mn	<b>0,92</b>	1	<b>0,80</b>	0,58	0,29	<b>0,88</b>	<b>0,87</b>	<b>0,68</b>	0,58	0,85	0,12
Cu	-0,58	<b>-0,77</b>	1	0,37	-0,01	<b>0,92</b>	<b>0,80</b>	0,48	0,37	0,62	-0,07
Zn	0,06	-0,02	0,30	1	0,21	0,50	0,33	0,52	0,17	0,32	0,62
Cd	0,33	0,42	-0,08	0,16	1	0,05	0,24	0,35	0,18	0,40	0,03
Pb	<b>0,71</b>	0,57	0,00	0,26	0,52	1	<b>0,92</b>	<b>0,75</b>	0,50	<b>0,77</b>	-0,12
Cr	0,50	0,49	-0,25	-0,39	0,61	0,39	1	<b>0,83</b>	<b>0,76</b>	<b>0,92</b>	-0,18
Ni	0,63	0,35	-0,13	-0,15	-0,12	0,42	0,19	1	0,64	<b>0,77</b>	-0,07
pH	0,21	0,36	-0,52	-0,09	-0,02	-0,38	0,27	-0,12	1	<b>0,82</b>	0,10
Проводимость, эл.	0,57	<b>0,75</b>	<b>-0,85</b>	-0,23	0,16	-0,09	0,43	0,11	<b>0,82</b>	1	-0,08
Транспорт	0,03	-0,07	0,38	0,62	-0,21	0,05	-0,43	0,15	0,10	-0,08	1

Примечания: правая верхняя часть таблицы — коэффициенты для твердофазных выпадений, левая нижняя — для растворимых форм. Выделены жирным шрифтом значения достоверные при  $p < 0,05$ ; графа «Транспорт» — интенсивность движения транспорта, ед. в сутки (см. таблица 2)

Notes: the upper right of the table is the coefficients for particulate forms, the lower left for dissolved forms; the values in bold are significant at  $p < 0.05$ ; the "Transport" graph denotes the intensity of traffic, units per day (see Table 2)

Весьма информативным индикатором техногенного воздействия является цинк. В проведенных ранее наблюдениях [6] было отмечено, что средняя концентрация Zn на территории Нижневартовска составляла в 2008-2009 гг. 58 мкг/л, достигая в отдельных пунктах наблюдений 425-445 мкг/л. Полученные нами значения ниже — в растворенной форме максимальное содержание Zn составило 18,5 мкг/л (в среднем 10,9 мкг/л) твердофазная составляющая достигает 64,3 мкг/л (в среднем 32,9 мкг/л). Суммарное содержание Zn в твердой

и жидкой фазах составило в среднем 44 мкг/л. Таким образом, можно отметить некоторое снижение содержания цинка в снеготалых водах по сравнению с наблюдениями 2009-2010 гг. Для цинка характерна наибольшая вариабельность концентрации на территории города, отмечены различия между отдельными пунктами наблюдений в 6 раз. Содержание цинка связано корреляционной зависимостью с интенсивностью движения транспорта ( $r = 0,62$ ), хотя достоверна связь только при низком уровне значимости ( $p < 0,1$ ).

Исследования содержания никеля особенно актуально для районов нефтедобычи, поскольку атмосферные аэрозоли, образующиеся при сжигании нефти, содержат повышенное количество этого элемента [22]. Фоновые концентрации никеля в атмосферных осадках составляют 0,1 мкг/л [15]. На территории ХМАО-Югры уровень содержания никеля в снеготалых водах значительно выше. Так, по данным [9], на месторождениях Среднего Приобья концентрация Ni в снеге в среднем составляет 2,97 мкг/л. Среднее фоновое значение для ХМАО-Югры — 1,1 мкг/л [10]. Как показали наши исследования, на территории Нижневартовска содержание растворенных форм в большинстве проб ниже предела обнаружения ( $< 0,5$  мкг/л), содержание в твердофазной составляющей достигает 6,32-6,56 мкг/л и превышает фоновое значения приблизительно в 30 раз. Суммарное содержание Ni в растворимой и твердой формах в условиях города составляет от 3,2 до 7,2 мкг/л.

Значения показателя суммарного загрязнения  $Z_c$  в снеготалых водах варьируют довольно сильно, от 31 до 104 (таблица 5), что связано с пространственной изменчивостью загрязнения на городской территории. Минимальное загрязнение отмечено в общественно-деловой зоне (пункт наблюдений 2). Пробы, отобранные в производственной зоне (№ 1 и № 5), имеют высокий уровень загрязнения. Максимальный уровень загрязнения отмечен на границе селитебной и производственной зон в пункте наблюдений 6. Однако однозначного вывода о зависимости загрязнения от промышленного воздействия сделать нельзя, поскольку высокий уровень загрязнения отмечен также в пункте 8, расположенном на границе селитебной и общественно-деловой зон. Повышенный уровень загрязнения металлами был отмечен в этой части города и в предшествующих исследованиях [6, 8]. Среднее для города значение  $Z_c = 69$ , что соответствует высокому уровню загрязнения и опасной для здоровья человека экологической ситуации. Следует отметить, что величина  $Z_c$  определяется величиной коэффициентов концентрации и числом учитываемых элементов. Поскольку в нашем исследовании рассмотрено только 8 химических элементов, величина  $Z_c$ , вероятно, была бы выше в случае анализа более широкого круга веществ. Тем не менее полученные значения  $K_c$  и  $Z_c$  весьма убедительно свидетельствуют преобладании высокого, опасного уровня загрязнения снега.

Таблица 5

Ассоциации элементов-загрязнителей и уровни загрязнения снежного покрова г. Нижневартовска (суммарное содержание водорастворимой и нерастворимой компоненты)

Table 5

Sets of pollutant elements and the levels of snow cover in Nizhnevartovsk (total concentrations of non- and soluble components)

№ пунктов наблюдений	Ассоциация элементов-загрязнителей	$Z_c$	Уровень загрязнения и экологической опасности
1	$Mn_{45}Fe_{15}Zn_{13}Ni_{10}Pb_7Cr_5Cu_2Cd_2$	93	Высокий, опасный
2	$Mn_{15}Ni_7Zn_4Fe_3Cr_3Pb_2Cu_2Cd_2$	31	Низкий, неопасный
3	$Mn_{13}Zn_{12}Ni_9Fe_4Pb_3Cu_2Cd_2$	39	Средний, умерено опасный
4	$Mn_{14}Zn_4Ni_6Cd_5Fe_5Pb_3Cr_3Cu_2$	36	Средний, умерено опасный
5	$Mn_{34}Ni_{16}Fe_{15}Zn_9Pb_5Cd_3Cr_3Cu_2$	80	Высокий, опасный
6	$Mn_{59}Ni_{14}Fe_{14}Pb_7Cr_6Cd_6Zn_4Cu_2$	104	Высокий, опасный
7	$Mn_{42}Ni_{14}Fe_{13}Pb_{10}Zn_6Cr_6Cu_3$	88	Высокий, опасный
8	$Mn_{37}Ni_{15}Fe_{13}Pb_8Zn_7Cr_6Cd_4Cu_2$	85	Высокий, опасный
В среднем для города	$Mn_{32}Ni_{11}Fe_{10}Zn_7Pb_6Cr_4Cd_3Cu_2$	69	Высокий, опасный

Примечание: величина  $K_c$  каждого элемента указана в подстрочном индексе

Notes: the value of the concentration coefficient  $K_c$  for each element is indicated in the subscript index

Значения коэффициентов концентрации выше для нерастворимой формы элементов, за исключением кадмия (рис. 3). Таким образом, рост содержания загрязнителей на территории города вызван прежде всего увеличением пылевых выпадений, аэрозольная составляющая, несущая растворимые формы, играет меньшую роль. Отмечалось, что Zn, Pb, Mn, Fe содержатся в выбросах в основном в форме слабо растворимых соединений [16], что подтверждается нашими данными — на территории города загрязнение марганцем, железом, цинком в твердофазной составляющей выражено значительно сильнее.

В твердофазных выпадениях большинство металлов связано между собой сильной корреляционной связью ( $r > 0.7$ ) (таблица 4). Железо и марганец демонстрируют достоверную зависимость с практически всеми микроэлементами. Вероятная причина этого — нахождение металлов в форме железорганических комплексов.

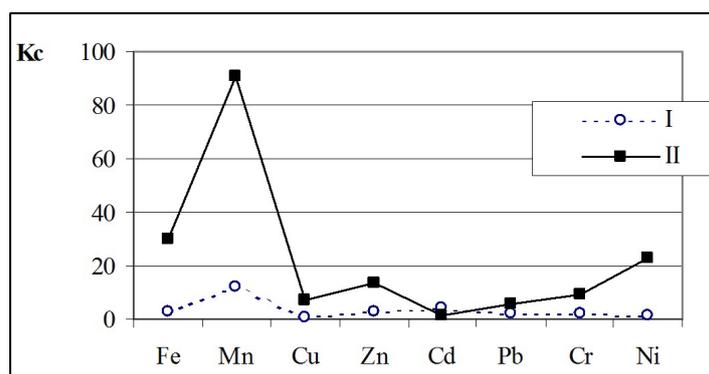


Рис. 3. Значения коэффициентов концентрации элементов  $K_c$  для твердой (I) и растворимой (II) фаз

Fig. 3. The values of the concentration coefficients of the elements ( $K_c$ ) for solid (I) and dissolvable (II) concentrations

Ассоциация загрязнителей в разных пунктах опробования имеет высокое сходство (таблица 5). Наиболее активно накапливается марганец ( $K_c > 10$ ), в группу элементов интенсивного накопления входят Ni, Fe, Zn ( $K_c = 4 - 15$ ). Менее активно накапливаются Pb, Cr, Cd ( $K_c = 2 - 10$ ); содержание меди превышает фоновый уровень в 2-3 раза. Ведущая роль в ассоциации загрязнителей марганца и сильная корреляционная связь между большинством элементов в твердофазных выпадениях дает основания для вывода о преимущественном влиянии почвенной пыли на уровень загрязнения, причем пыли из поверхностных органогенных горизонтов почв. Марганец отличается высокой биогенной активностью и в повышенном количестве содержится в поверхностных горизонтах таежных почв Западной Сибири [11]. К основным биогеохимическим особенностям верховых болот Западной Сибири является повышенное содержание Mn в торфе [12]. Сопоставление показателей загрязнения снега в Нижневартовске с участками добычи углеводородного сырья в регионе (таблица 6) также показало, что на территории города наблюдается повышенное содержание Zn, Mn, Fe, что вызвано более интенсивным поступлением почвенной пыли из-за высокого числа транспортных средств и большой площади участков удаленным снежным покровом.

По сравнению с результатами опробования снежного покрова, проведенного в 1990-х гг. в других населенных пунктах региона — в г. Сургуте, Тюмени, пос. Вынгапуровском, обращает на себя внимание низкое содержание свинца (таблица 6). Существенное снижение содержания свинца, очевидно, связано с прекращением использования этилированного бензина. Сопоставление с данными опробования, проведенного в г. Нижневартовске в 2009-2010 гг. [6], затруднительно из-за отсутствия в этом источнике статистических показателей содержания рассеянных элементов. Исходя из разброса значений, можем отметить, что максимальные концентрации в 2016 г. были ниже, чем в предшествующий период.

Таблица 6

Суммарное содержание металлов (мкг/л) в снеготалых водах Нижневартовска в сравнении с предшествующими исследованиями

Table 6

The total concentrations of metals ( $\mu\text{g/l}$ ) in snowmelt waters of Nizhnevartovsk compared with total concentrations measured in previous studies

Участок	Период наблюдений, г.	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni
Нижневартовск, наши данные	2016	168,8	29,4	8,7	43,8	0,032	1,5	3,5	5,2
Нижневартовск [6]	2009-2010	—	—	—	0-445	0,08-45	0-100	—	—
Сургут [11]	1992-1993	—	64	5,3	41	—	23	8	10
Тюмень [11]	1992-1993	—	141	16	81	—	23	54	50
пос. Вынгапуровский [5]	1994-1995	—	6,0	3,2	15,3	—	7,0	0,35	0,5
Месторождения среднего Приобья [9]	Начало 2000-х	40	—	—	18,5	—	4,5	2,1	3
Месторождения ХМАО-Югры [10] кусты скважин фоновые участки	2007-2011	<u>103</u>	<u>10</u>	<u>8,4</u>	<u>22</u>	—	—	<u>8,1</u>	<u>4,5</u>
		64	6,3	1,1	13	—	—	1,7	1,1

### Заключение

На территории Нижневартовска по сравнению с фоновым участком наблюдается увеличение значений рН снеготалых вод и рост содержания рассеянных элементов. Взвешенные формы металлов, за исключением кадмия, преобладают над растворимыми. Коэффициенты концентрации загрязнителей выше для твердофазной составляющей, чем для растворимых форм. Отмечен высокий уровень загрязнения снега, среднее значение  $Z_c = 69$ . В промышленных зонах на окраинах города уровень загрязнения выше, чем в общественно-деловом центре.

В ассоциации элементов-загрязнителей первенствуют Mn, Ni, Fe, Zn, что говорит о ведущей роль дорожной пыли в структуре эмиссий. Содержание свинца было значительно меньше уровня, отмеченного в 1990-х гг. в других населенных пунктах региона.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонович В. В. Оценка качества воздуха нефтегазодобывающих районов / В. В. Антонович, Б. Д. Белан, В. И. Вавер и др. // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000. С. 216-220.
2. Большунова Т. С. Оценка степени трансформации природной среды в районах нефтегазодобывающего комплекса Томской области по данным изучения снегового покрова и лишайников-эпифитов: автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук / Т. С. Большунова. Томск, 2015. 22 с.
3. Грачева И. В. Геоэкология снежного покрова урбанизированных территорий северной лесостепи Южного Урала: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук / И. В. Грачева. СПб., 2011. 18 с.
4. Гребенюк Г. Н. Исследование динамики климата по метеоэлементам погоды (на примере города Нижневартовска) / Г. Н. Гребенюк, В. П. Кузнецова // Вестник НВГУ. 2009. № 1. С. 19-27.
5. Дорожукова С. Л. Эколого-геохимические особенности нефтегазодобывающих районов Тюменской области: автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук / С. Л. Дорожукова. Москва, 2004. 25 с.
6. Иванов В. Б. Распределение загрязнения тяжелыми металлами в снежном покрове г. Нижневартовск / В. Б. Иванов, Э. А. Мухаметдинова, В. С. Королик // Вестник ТюмГУ. 2010. № 3. С. 148-153.
7. Касимов Н. С. Геохимия снежного покрова в восточном округе Москвы / Н. С. Касимов, Н. Е. Кошелева, Д. В. Власов, Е. В. Терская // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2012. № 4. С. 14-24.
8. Кузнецова Э. А. Физико-географические факторы пространственно-временной изменчивости снежного покрова нефтегазопромыслового региона: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук / Э. А. Кузнецова. Томск, 2011. 22 с.
9. Макаренко И. Ю. Экологическая оценка воздействия нефтегазодобывающей деятельности на водные объекты Среднего Приобья: автореф. ... дисс. канд. геогр. наук / И. Ю. Макаренко. Ростов-на-Дону, 2007. 25с.
10. Московченко Д. В. Биогеохимические особенности верховых болот Западной Сибири / Д. В. Московченко // География и природные ресурсы. 2006. № 1. С. 63-70.
11. Московченко Д. В. Нефтегазодобыча и окружающая среда: эколого-геохимический анализ Тюменской области / Д. В. Московченко. Новосибирск: Наука, Сиб. предприятие РАН, 1998. 112 с.
12. Московченко Д. В. Особенности формирования химического состава снежного покрова на территории Ханты-Мансийского автономного округа / Д. В. Московченко, А. Г. Бабушкин // Криосфера Земли. 2012. Т. XVI. № 1. С. 71-81.
13. Об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе — Югре в 2016 году: доклад / Служба по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Ханты-Мансийск, 2017. 206 с.

14. Об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе — Югре в 2015 году: доклад / Служба по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Ханты-Мансийск, 2016. 175 с.
15. Перельман А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. М.: Астрей-2000, 1999. 763 с.
16. Регионы и города России: Интегральная оценка экологического состояния / под ред. Н. С. Касимова. М.: ИП Филимонов М. В., 2014. 560 с.
17. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89 (действует с 01.07.1991). М.: Госкомгидромет, 1991.
18. Савичев О. Г. Условия формирования ионного стока в бассейне Средней Оби / О. Г. Савичев // Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308. № 2. С. 54-58
19. Таловская А. В. Оценка загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных районов Томской области по данным изучения снегового покрова / А. В. Таловская, Е. Г. Языков, Е. А. Филимоненко // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2014. № 5. С. 408-417.
20. Филимоненко Е. А. Эколого-геохимическая обстановка в районах расположения объектов теплоэнергетики по данным изучения нерастворимой и растворимой фаз снега (на примере Томской области): автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук / Е. А. Филимоненко. Томск, 2015. 22 с.
21. Шмойлова Г. С. Геоэкологическая оценка городских территорий (на примере Нижневартовска): автореф. дисс. ... канд. геогр. наук / Г. С. Шмойлова. Калуга, 2007. 22 с.
22. Nriagu J. O. Quantitative Assessment of Worldwide Contamination of Air, Water and Soils with Trace Elements / J. O. Nriagu, J. M. Pacyna // Nature. 1988. V. 333. Pp. 134-139.
23. Viklander M. Substances in Urban Snow. A Comparison of the Contamination of Snow in Different Parts of the City of Luleå, Sweden / M. Viklander // Water, Air and Soil Pollution. 1999. V. 114. Pp. 377-394.

**Roman Yu. POZHITKOV<sup>1</sup>**  
**Dmitrii V. MOSKOVCHENKO<sup>2</sup>**  
**Aleksandr A. KUDRYAVTSEV<sup>3</sup>**

## **THE GEOCHEMISTRY OF SNOW COVER IN NIZHNEVARTOVSK**

<sup>1</sup> Master Student, Department of Social and Economic Geography  
and Nature Management, University of Tyumen  
pozhitkov-roma@yandex.ru

<sup>2</sup> Dr. Sci. (Geogr.), Chief Researcher, Tyumen Scientific Center  
of the Siberian Branch of the RAS; Leading Researcher,  
International Institute of Cryology and Cryosophy, University of Tyumen  
moskovchenko1965@gmail.com

<sup>3</sup> Cand. Sci. (Phys.-Math.), Analytic, Agrobiotechnology Center,  
Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen)  
kudrphys55@mail.ru

### **Abstract**

This article analyzes the particulate and dissolved concentrations of metals as well as the pH and conductivity in snow samples collected in Nizhnevartovsk (Khanty-Mansi Autonomous Okrug, Russia).

This study aims to investigate the sources of atmospheric pollution and to estimate the city's ecological state. The authors have analyzed metals (Cu, Zn, Cd, Pb, Fe, Mn, Cr, and Ni) in the snowmelt filtrates and snow dust using atomic absorption spectrometry. Urban snow samples have shown raised pH and conductivity values. The soluble metals predominate in the background area; the particulate phase increases on the territory of the city. The particulate phase of urban snow are highly (10-50 times) enriched in Mn, Ni, Fe, and Zn. A large number of particulate metals strongly correlate with each other ( $r > 0.7$ ), which refers to their common origin — the mineral part of soils. Mn and Fe in high concentrations have been brought with soil dust.

---

**Citation:** Pozhitkov R. Yu., Moskovchenko D. V., Kudryavtsev A. A. 2018. "The Geochemistry of Snow Cover in Nizhnevartovsk". Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, vol. 4, no 1, pp. 6-24.

DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-1-6-24

---

The present study demonstrates significant atmospheric input of trace elements and iron to the urban snow. The level of pollution on the territory of Nizhnevartovsk can be defined as high and dangerous. However, there has been a positive trend. Trace-metal concentrations, measured in snow samples from the 2016 season, were generally lower than concentrations in snow from 2009-2010. A low lead content in the snow of Nizhnevartovsk was noted in comparison with the data of the 1990s as a result of using unleaded petrol.

### **Keywords**

Technogenesis, snow cover, trace elements, Nizhnevartovsk, atmospheric deposition, dissolved forms, total pollution.

**DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-1-6-24**

### **REFERENCES**

1. Antonovich V. V., Belan B. D., Vaver V. I. et al. 2000. "Otsenka kachestva vozdukhа neftegazodobyvayushchikh rayonov" [Assessment of Air Quality in Oil and Gas Producing Areas]. In: Issledovaniya ekologo-geograficheskikh problem prirodopol'zovaniya dlya obespecheniya territorial'noy organizatsii i ustoychivosti razvitiya neftegazovykh regionov Rossii: Teoriya, metody i praktika, pp. 216-220. Nizhnevartovsk: NGPI, KHMRO RAYEN, IOA SO RAN
2. Bolshunova T. S. 2015. "Otsenka stepeni transformatsii prirodnoy sredy v rayonakh neftegazodobyvayushchego kompleksa Tomskoy oblasti po dannym izucheniya snegovogo pokrova i lishaynikov-epifitov [Estimation of the Degree of Transformation of the Environment in the Areas of the Oil and Gas Production Complex of the Tomsk Region According to the Data on the Study of Snow Cover and Lichen Epiphytes]. Cand. Sci. (Geol.-Mineral.) diss. Tomsk: Tomsk National Research Polytechnic University.
3. Gracheva I. V. 2011. "Geoekologiya snegovogo pokrova urbanizirovannykh territoriy severnoy lesostepi Yuzhnogo Urala" [Geoecology of the Snow Cover of Urbanized Territories of the Northern Forest-Steppe of the Southern Urals]. Cand. Sci. (Geogr.) diss. Saint Petersburg: Saint Petersburg University.
4. Grebenyuk G. N. 2009. "Issledovaniye dinamiki klimata po meteoelementam pogody (na primere goroda Nizhnevartovska)" [Investigation of Climate Dynamics by Weather Meteorological Elements (On the Example of Nizhnevartovsk)]. Vestnik NVGU, no 1, pp. 19-27.
5. Sluzhba po kontrolyu i nadzoru v sfere okhrany okruzhayushchey sredy, ob'yektov zhivotnogo mira i lesnykh otnosheniy Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga — Yugry. 2016. "Doklad 'Ob ekologicheskoy situatsii v Khanty-Mansiyskom avtonomnom okruge — Yugre v 2015 godu'" [Report: Environmental Conditions of Khanty-Mansi Autonomous District — Yugra in 2015]. Khanty-Mansiysk.
6. Sluzhba po kontrolyu i nadzoru v sfere okhrany okruzhayushchey sredy, ob'yektov zhivotnogo mira i lesnykh otnosheniy Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga — Yugry. 2017. "Doklad 'Ob ekologicheskoy situatsii v Khanty-Mansiyskom avtonomnom okruge — Yugre v 2016 godu'" [Report: Environmental Conditions of Khanty-Mansi Autonomous District — Yugra in 2016]. Khanty-Mansiysk.

7. Dorozhukova S. L. 2004. "Ekologo-geokhimicheskiye osobennosti neftegazodobyvayushchikh rayonov Tyumenskoy oblasti" [Ecological and Geochemical Features of Oil and Gas Producing Areas of the Tyumen Region]. Cand. Sci. (Geol.-Mineral.) diss. Moscow: IMGRE.
8. Ivanov V. B., Mukhametdinova E. A., Korolik V. S. 2010. "Raspredeleniye zagryazneniya tyazhelymi metallami v snezhnom pokrova g. Nizhnevartovsk" [Allocations of Heavy Metal Pollution in the Snow Cover of Nizhnevartovsk City]. Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, no 3, pp. 148-153
9. Kasimov N. S., Kosheleva N. Ye, Vlasov D. V., Terskaya Ye. V. 2012. "Geokhimiya snezhnogo pokrova v vostochnom okruge Moskvyy" [Geochemistry of Snow Cover within the Eastern District of Moscow]. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya, no 4, pp. 14-24.
10. Kuznetsova E. A. 2011. "Fiziko-geograficheskiye faktory prostranstvenno-vremennoy izmenchivosti snezhnogo pokrova neftegazopromyslovogo regiona" [Physico-Geographical Factors of the Spatiotemporal Variability of the Snow Cover in the Oil and Gas Field]. Cand. Sci. (Geogr.) diss. Tomsk: Tomsk State University.
11. Makarenkova I. Yu. 2007. "Ekologicheskaya otsenka vozdeystviya neftegazodobyvayushchey deyatel'nosti na vodnyye ob'yekty Srednego Priob'ya" [Environmental Assessment of the Impact of Oil and Gas Production on Water Bodies of the Middle Ob Region]. Cand. Sci. (Geogr.) diss. Rostov-na-Donu: Yuzhny Federal University.
12. Moskovchenko D. V., Babushkin A. G. 2012. "Osobennosti formirovaniya khimicheskogo sostava snegovogo pokrova na territorii Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga" [Features of the Formation of the Chemical Composition of the Snow Cover in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug]. Earth Cryosphere, vol. 16, no 1, pp. 71-81.
13. Moskovchenko D. V. 1998. "Neftegazodobycha i okruzhayushchaya sreda: ekologo-geokhimicheskiy analiz Tyumenskoy oblasti" [Oil and Gas Development and the Environment: Ecological and Geochemical Analysis of the Tyumen Region]. Novosibirsk: Nauka, Sib. predpriyatiye RAS.
14. Moskovchenko D. V. 2006. "Biogeokhimicheskiye osobennosti verkhovykh bolot Zapadnoy Sibiri" [Biogeochemical Features of West-Siberian Upper Bogs]. Geography and Natural Resources, no 1, pp. 63-70.
15. Perel'man A. I., Kasimov N. S. 1999. "Geokhimiya landshafta" [Landscape Geochemistry]. Moscow: Astreya-2000.
16. Kasimov N. S. Bityukova V. R, Malkhazova S. M et al. 2014. Regiony i goroda Rossii: Integral'naya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya [Regions and Cities of Russia: The Integrated Assessment of the Environment]. Edited by N. S. Kasimov. Moscow: IP Filimonov M. V.
17. Goskomgidromet. 1991. Rukovodstvo po kontrolyu zagryazneniya atmosfery. RD 52.04.186-89 [Guidebook on the Control of Atmospheric Pollution. RD 52.04.186-89]. Moscow: Goskomgidromet.
18. Savichev O. G. 2005. "Usloviya formirovaniya ionnogo stoka v bassejne Sredney Obi" [Conditions for the Formation of Ion Flow in the Middle Ob Basin]. Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, vol. 308, no 2, pp. 54-58.

19. Talovskaya A. V., Yazikov Ye. G., Filimonenko Ye. A. 2014. "Otsenka zagryazneniya atmosfernogo vozdukha urbanizirovannykh rayonov Tomskoy oblasti po dannym izucheniya snegovogo pokrova" [Assessment of Atmosphere Pollution in Urbanized Areas of the Tomsk Region According to the Results of Snow Cover Study]. *Geokologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya*, no 5, pp. 408-417.
20. Filimonenko Ye. A. 2015. "Ekologo-geokhimicheskaya obstanovka v rayonakh raspolozheniya ob'yektov teploenergetiki po dannym izucheniya nerastvorimoy i rastvorimoy faz snega (na primere Tomskoy oblasti)" [Ecological and Geochemical Situation in the Area of Location of Power Station Facilities According to the Study of Soluble and Dissolved Snow Phases (On the Example of Tomsk)]. *Cand. Sci. (Geol.-Mineral.) diss.* Tomsk: Tomsk National Research Polytechnic University.
21. Shmoylova G. S. 2007. "Geoekologicheskaya otsenka gorodskikh territoriy (na primere Nizhnevartovska)" [Geoecological Assessment of Urban Areas (On Example of Nizhnevartovsk)]. *Cand. Sci. (Geogr.) diss.* Kaluga: Kaluga State University.
22. Nriagu J. O., Pacyna J. M. 1988. "Quantitative Assessment of Worldwide Contamination of Air, Water and Soils with Trace Elements". *Nature*, vol. 333, pp. 134-139.
23. Viklander M. 1999. "Substances in Urban Snow. A Comparison of the Contamination of Snow in Different Parts of the City of Luleå, Sweden". *Water, Air and Soil Pollution*, vol. 114, pp. 377-394.