

УДК 543.26

**ЧАГИНА Наталья Борисовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры химии института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 38 научных публикаций, в т. ч. двух учебных пособий

**ИВАНЧЕНКО Николай Леонидович**, кандидат химических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии института теоретической и прикладной химии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 21 научной публикации, в т. ч. одной монографии

## **НАКОПЛЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СНЕГОВЫХ ВЫПАДЕНИЯХ АРХАНГЕЛЬСКОГО ПРОМУЗЛА И С. ПОРОГ ОНЕЖСКОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ\***

В статье обсуждается использование снегового покрова как индикаторного объекта геохимического мониторинга атмосферы городской среды в зимнее время. Анализируется характер распределения водорасстворимых форм тяжелых металлов в снеговых выпадениях населенных пунктов Архангельской области к концу формирования снежного покрова за период 2011–2012 годов. Рассчитаны коэффициенты концентрирования подвижных форм тяжелых металлов ( $K_c$ ) и суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ) подвижными формами тяжелых металлов указанных территорий.

**Ключевые слова:** снеговой покров, экологический мониторинг, загрязнение атмосферы, тяжелые металлы.

**Введение.** Состояние окружающей среды городов обычно оценивается по состоянию отдельных ее составляющих: атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв и растительного покрова, здоровья горожан. Наиболее динамичной и поэтому наиболее сложной для анализа является атмосфера, которая оказывает существенное влияние на состояние всех компонентов экосистемы. Для мониторинга атмосферы используют различные объекты и методы анализа, каждый

из которых имеет свои ограничения и достоинства. Наиболее широко используется метод непосредственного анализа воздуха приземной атмосферы, который проводится либо на стационарных станциях контроля, либо с использованием разового или периодического отбора проб воздуха в наиболее подверженных загрязнению районах города. Данный метод, особенно в автоматическом режиме, при достаточно большом количестве станций имеет несомненные преимущества. К наиболее важным

---

\* Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

из них можно отнести оперативность оценки состояния атмосферы и, соответственно, возможность быстрого реагирования при аварийных ситуациях, а также возможность автоматической компьютерной обработки и обобщения получаемой информации. Но вместе с тем это дорогостоящий метод мониторинга, т. к. требует полного охвата исследуемой территории такими станциями, с привлечением большого числа сотрудников и оборудования. Кроме того, затруднено получение интегральных показателей загрязненности, которые позволили бы говорить об экологическом состоянии того или иного микрорайона города и суммарном воздействии загрязняющих показателей на состояние окружающей среды, в т. ч. и на человека. Для комплексного исследования используются различные природные объекты, которые кумулируют атмосферные поллютанты, что позволяет оценить и прогнозировать распространение загрязнителей в окружающей среде в течении сезонов или лет. В этом смысле наиболее информативным в зимнее время является сбор и анализ снеговых осадков, а т. к. в Архангельской области снежный покров сохраняется в течение 5-6 месяцев, и именно в это время осуществляется наиболее интенсивное сжигание топливных ресурсов, то качество снежного покрова позволяет проследить пространственное распределение загрязняющих веществ по территории и получить достоверную картину зон влияния конкретных предприятий. Кроме того, в снеговых выпадениях, накопленных за зимний период, концентрация загрязняющих веществ на 2-3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе, что позволяет производить анализ достаточно простыми методами, а легкий отбор проб не требует специального сложного оборудования [1, с. 12]. Традиционно в сети ФГБУ «Северное УГМС» на стационарных пунктах в пробах воздуха определяют содержание оксидов азота, углерода, серосодержащих веществ, бенз(а)пирена и взвешенных частиц [2, с. 1]. Определение содержания растворимых форм тяжелых металлов выходит за рамки данной схемы наблюдения и, следовательно, не

учитывается при оценке общей экологической ситуации.

По ряду проведенных исследований выявлено, что путями поступления тяжелых металлов в атмосферу Архангельской области являются трансграничный перенос воздушных масс в зимнее время, направленный из центральных индустриальных районов России и Европы на северо-запад: региональный – вокруг промышленных центров, а также локальный, связанный с местными источниками. С частицами почвы в атмосферу поступают соединения железа, марганца, никеля, хрома, свинца; при сжигании бытовых отходов – кадмий и кобальт; при сжигании угля – кадмий, ванадий, никель, свинец; при эксплуатации транспортных средств – свинец, цинк, марганец, хром и медь [6, с. 433]. На территории Архангельского промышленного узла выделяют в качестве аэрогенных источников форм тяжелых металлов электроэнергетические предприятия (Северодвинская ТЭЦ-1, до перехода на газ – Архангельская ТЭЦ и Северодвинская ТЭЦ-2), судоремонтные и судостроительные предприятия (ОАО «Производственное объединение Севмаш», ОАО «Центр судоремонта «Звездочка»», ОАО «СРЗ «Красная Кузница»»), авто- и железнодорожный транспорт [4, с. 21], в составе выбросов которых присутствуют железо, хром, марганец, никель, кадмий, медь, свинец [4, с. 30]. В частности, в ходе прямых измерений, проводимых в сети Севгидромета за период 1993–1996 годов, содержание в воздухе железа ( $\text{мг/м}^3$ ) составило 0,76-0,73; марганца – 0,100-0,033; никеля – 0,0250-0,012; хрома – 0,0040-0,0015; меди – 0,021-0,011; свинца – 0,110-0,015 [6, с. 431]. Полученные данные позволяют построить следующий концентрационный ряд присутствия тяжелых металлов в атмосфере:  $\text{Fe} > \text{Pb} > \text{Mn} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Cr}$ . Непосредственные исследования городской пыли показали, что в содержание железа на территории городов Архангельска и Северодвинска соответствует 6940 и 8370 мг/кг; никеля – 238 и 132 мг/кг; цинка – 200 и 231 мг/кг; ванадия – 133 и 286 мг/кг; меди – 105 и 165 мг/кг, свинца –

105 и 165 мг/кг, хрома – 40 и 165 мг/кг, марганца – 29 и 110 мг/кг [6, с. 433]. Ряды распределения металлов в пыли для территорий Архангельска и Северодвинска получаются, соответственно, следующие: Fe>Ni>Zn>V>Cu,Pb>Cr>Mn и Fe>V>Zn>Cu,Cr,Pb>Ni>Mn. Содержание тяжелых металлов фоновых территориям Архангельской области преимущественно представлены исследованиями почв, поверхностных вод, мхов и лишайников.

Подвижные формы тяжелых металлов образуются в результате выщелачивания из твердых частиц и растворения атмосферными осадками. В период снеготаяния с тальми водами они попадают в почву и поверхностные водоемы, внося свой вклад в загрязнение этих объектов. По данным ГКУ Архангельской области «Центр охраны окружающей среды», в поверхностных водах крупных городов Архангельской области в 2011 году отмечается повышенное содержание железа, меди и цинка, что, по-видимому, обусловлено техногенным влиянием [4, с. 163]. Но в целом данные по содержанию подвижных форм тяжелых металлов в аэрозолях и атмосферных выпадениях нашего региона ограничены.

**Методы.** Снеговые осадки отбирались в марте 2012 года в начале периода снеготаяния в городах Архангельск и Северодвинск вблизи крупных источников загрязнения, для сравнения отбирали снег с пробных площадей в с. Порог Онежского района Архангельской области вдали от значительного техногенного влияния. Эти площади отнесли к условно фоновым. Аналитическая проба представляла собой усредненную с пяти пробных площадей (ПП) по периметру каждого крупного источника загрязнения. Керны снега отбирались с площади 25×25 см на всю толщину снежного покрова без тонкого (2-3 см) приземного слоя, чтобы исключить попадание в пробу частиц почвы. Выделенный снеговой блок переносили совком в подготовленный полиэтиленовый пакет, плотно закрывали для транспортировки в лабораторию. На пакете обозначали маркировку места отбора пробы. Высота снежного покро-

ва измерялись при отборе с помощью линейки (в среднем около 20 см), интервал рабочих температур – от –10 до 0 °С. Отбор проб снега производился с ровной поверхности в количестве, чтобы получалось 2,5 л талой воды [7, с. 7]. Транспортирование проб в лабораторию для проведения анализа производили в оптимально короткие сроки после отбора проб. При этом применяли ящики-холодильники, обеспечивающие сохранность и чистоту проб. Снег таял при комнатной температуре. Для анализа использовали талую воду.

Определения растворимых форм тяжелых металлов проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) на спектрометре ICPE-9000 согласно М-02-1109-08 (Св-во об аттестации ФГУП ВНИИМ №242/61-09 от 10.09.2009). Метод основан на измерении в аксиальном режиме интенсивности излучения атомов элементов, возникающего при распылении анализируемой пробы в индуктивно-связанную аргоновую плазму. Исходную пробу талой воды делили на две части (две параллельные пробы). Талую воду без осадка анализировали напрямую на содержание железа, марганца, никеля, свинца, меди, кадмия, хрома, селена, кобальта. В талой воде содержание свинца и селена оказалось ниже предела обнаружения данным методом (меньше 0,01 мг/л и 0,005 мг/л) и поэтому в обсуждении результатов не рассматривается.

Определение pH – потенциометрическим методом с помощью потенциометра «Checker» с точностью ±0,01 pH.

Статистическую обработку данных проводили методом корреляционного анализа при 95 % доверительном интервале путем расчета линейных корреляций.

**Результаты и их обсуждение.** Содержание подвижных форм металлов в снеговых выпадениях на пробных площадях (ПП) совместно с данными по кислотности представлены в табл. 1. По полученным данным были рассчитаны относительные содержания элементов (рис. 1), средние значения концентраций подвижных форм металлов в снеге [5, с. 105], распределе-

Таблица 1

СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СНЕГЕ (МАРТ 2012 ГОДА, МГ/Л)

п/п	Место взятия проб	Медь	Никель	Кадмий	Кобальт	Хром	Марганец	Железо	рН
1	Новый мост, г. Архангельск	0,0072±0,0009	0,0116±0,0015	<0,0005	<0,005	0,0012±0,0004	0,2710±0,0352	0,1370±0,0151	6,80±0,05
2	ул. Кр. Партизан, г. Архангельск	0,0094±0,0012	0,0071±0,0009	<0,0005	<0,005	<0,001	0,1480±0,0192	0,0301±0,0033	6,49±0,04
3	Наб. Сев. Двина, переход на о. Кегостров г. Архангельск	0,0098±0,0013	0,0200±0,0026	0,0017±0,0005	0,0055±0,0009	0,0019±0,0006	0,1610±0,0209	0,0650±0,0072	6,81±0,05
4	ТЭЦ г. Архангельск	0,0083±0,0011	0,0125±0,0016	0,0071±0,0021	<0,005	0,0010±0,0003	0,1750±0,0228	0,0250±0,0028	5,50±0,02
5	Соломбальский ЦБК	0,0110±0,0014	0,0131±0,0017	0,0006±0,0002	<0,005	0,0010±0,0003	0,1190±0,0155	0,0151±0,0020	5,65±0,02
6	ПО «Красная кузница»	0,0054±0,0007	0,0738±0,0096	<0,0005	<0,005	0,0033±0,0011	0,5350±0,0696	0,4870±0,0536	5,65±0,02
7	Ж.д. вокзал, г. Архангельск	0,0059±0,0008	0,0053±0,0007	<0,0005	<0,005	0,0021±0,0007	0,0080±0,0010	0,0362±0,0040	6,18±0,02
8	Автовокзал, г. Архангельск	0,0137±0,0018	0,0167±0,0022	0,0006±0,0002	<0,005	0,0012±0,0004	0,1750±0,0228	0,8550±0,0094	5,38±0,02
9	Мемориал, г. Северодвинск	0,0150±0,0020	0,0111±0,0014	0,0156±0,0045	0,0203±0,0035	0,0023±0,0007	0,0646±0,0084	0,0359±0,0039	6,41±0,03
10	Наб. Зрячева, г. Северодвинск	0,0134±0,0017	0,0494±0,0064	0,0051±0,0015	0,0088±0,0015	0,0011±0,0004	0,1180±0,0153	0,1740±0,0191	6,51±0,02
11	ул. К. Маркса, г. Северодвинск	0,0069±0,0009	0,0112±0,0015	0,0016±0,0005	<0,005	0,0017±0,0005	0,0397±0,0052	0,0238±0,0025	6,3±0,04
12	с. Порог (усл. фон)	0,0053±0,0007	<0,005	0,0018±0,0005	<0,005	<0,001	0,0119±0,0015	0,0128±0,0017	4,63±0,02
13	с. Порог, устье р. Онега, (усл. фон)	0,0080±0,0010	<0,005	<0,0005	<0,005	0,0017±0,0005	0,0170±0,0022	0,0076±0,0010	5,35±0,01
	ПДК в воде, мг/л СанПиН [5]	1	0,1	0,001	0,1	0,05	0,1	0,3	5,5–8,5
	Фон АЗРФ, мг/л [8]	0,0022	0,0006	0,0002	–	0,0003	–	–	–

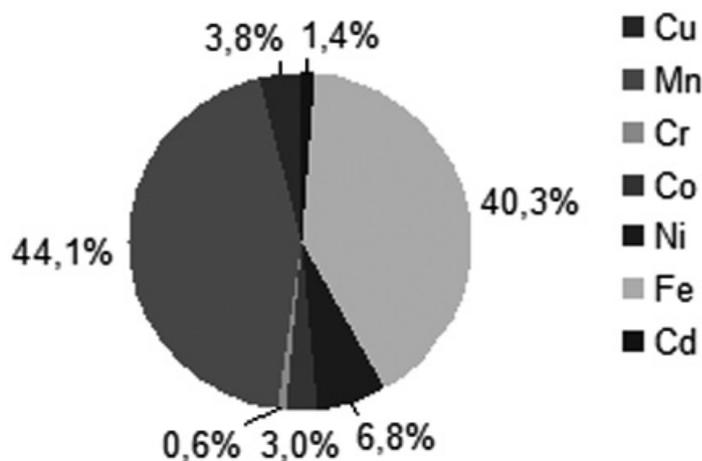


Рис. 1. Диаграмма относительного распределения тяжелых металлов в снеговых выпадениях

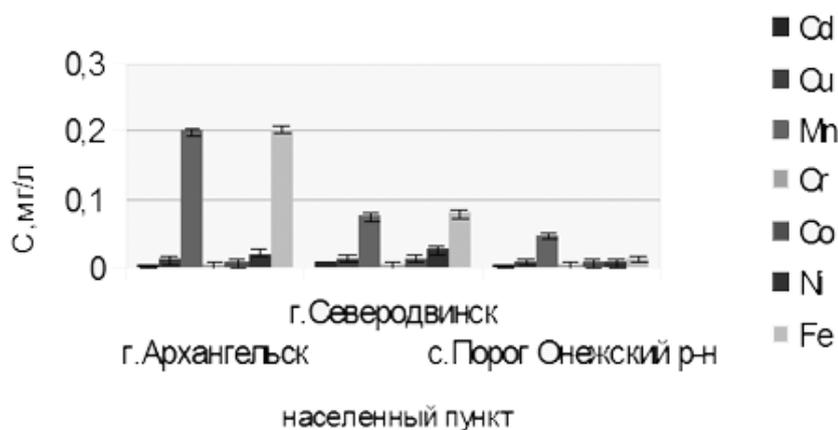


Рис. 2. Диаграмма среднего содержания тяжелых металлов в пробах снеговых выпадений населенных пунктов Архангельской обл.

ние которых по населенным пунктам представлены на диаграмме (рис. 2). Среднее содержание марганца и железа в снеговых выпадениях с исследованных пробных площадей населенных пунктов составляет 0,1061 и 0,0969 мг/л, что соответствует 44,1 и 40,3 %. В сумме марганец и железо составляют 84,4 % от доли тяжелых металлов в пробах снега. Доля никеля по сравнению с другими металлами также является заметной, среднее содержание составляет 0,0163 мг/л, что соответствует 6,8 %.

Содержание прочих металлов варьируется от 0,0015 мг/л для хрома до 0,0091 мг/л для меди и соответствует 0,6 и 3,8 %.

Среднее содержание подвижного марганца по абсолютному значению в снеговых выпадениях г. Архангельска в 1,9 раза больше, чем среднее значение по области, в 2,7 раз больше, чем в г. Северодвинске и в 13,9 раз больше чем в с. Порог Онежского района. В пробах г. Северодвинска содержание марганца меньше среднего значения по области в 1,4 раза, но

**ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ( $K_c$ )  
ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ  
ПО ОТНОШЕНИЮ К УСЛОВНО ФОНОВОЙ ТЕРРИТОРИИ В 2011–2012 годах**

Населенный пункт	Fe	Cu	Mn	Cr	Co	Cd	Ni	$Z_c$	Уровень загрязнения
г. Архангельск	19,85	1,31	13,87	1,00	1,02	1,25	4,00	36,3	низкий
г. Северодвинск	7,63	2,62	5,14	1,20	2,28	6,17	4,78	23,82	низкий

*Примечание:* низкий уровень загрязнения соответствует значению  $Z_c$  от 32 до 64 [5, с. 7].

больше, чем в пробах снега с. Порог в 5,2 раза. Содержание марганца в пробах снега с. Порог меньше среднего значения в 7,4 раза. Среднее содержание железа в снеге г. Архангельска в 2,3 раза больше, чем среднее значение, в 2,6 раз больше чем в г. Северодвинске и в 19,9 раз больше чем в с. Порог. В снеговых выпадениях г. Северодвинска железа меньше, чем среднее значение в 1,2 раза, но больше, чем в с. Порог в 7,6 раз. Выпадения с. Порог содержат в 9,5 раз меньше железа, чем среднее значение по населенным пунктам. Содержание никеля в снеге г. Архангельска и г. Северодвинска мало различимы и близки к среднему значению 0,0163 мг/л. В осадках с. Порог содержание никеля в 32,6 раза меньше, чем среднее значение по области. Содержание меди, хрома, кобальта, кадмия на порядок меньше, чем марганца и железа с этих же территорий, но в осадках с пробных площадей г. Северодвинска содержание меди, кобальта и кадмия превосходит содержание этих металлов в пробах г. Архангельска и с. Порог в 2,0–6,7 раз. Полученные значения подвижных форм металлов на всех территориях не превышают ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01 [9, с. 82], но в среднем на порядок больше, чем данные по фону арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) [8, с. 173]. Следовательно, можно говорить о значительной техногенной нагрузке прежде всего в районе Архангельского промузла. На условно фоновой территории с. Порог – рассеянием пепла от местных котельных, работающих на угле, а также трансграничным переносом воздушных масс (г. Череповец, Кольский п-ов) [6, с. 434]. По полученным средним значениям содержания

элементов были рассчитаны коэффициенты концентрирования  $K_c$  (представляющие собой отношение фактической концентрации металла в талой воде к фоновым концентрациям) и относительный суммарный показатель загрязнения снега ( $Z_c$ ):  $Z_c = \sum K_c - (n-1)$  [3, с. 8] (табл. 2).

Распределению содержания металлов в снеговых выпадениях по пробным площадям относительно различных источников загрязнения характерна неоднородность, а именно: во всех пробах значительная доля приходится на марганец + железо (57,7–93,8 %). Доля никеля в пробах варьируется от 1,6 до 13,4 %. Доля прочих элементов соответствует интервалу 1,2 до 30,5 % (табл. 3).

На рис. 3 представлена динамика накопления металлов в абсолютных значениях по пробным площадям в течение зимнего перио-

Таблица 3

**ОТНОСИТЕЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ  
МЕТАЛЛОВ В ПРОБАХ СНЕГА, %**

ПП	Fe+Mn	Ni	Cu+Cr+Co+Cd
1	93,8	2,7	3,5
2	88,6	3,5	7,9
3	86,0	7,4	6,6
4	85,5	5,3	9,2
5	87,0	5,4	7,6
6	92,1	6,7	1,2
7	70,4	8,4	21,2
8	96,6	1,6	1,5
9	62,8	6,7	30,5
10	79,0	13,4	7,6
11	70,7	12,5	16,8
12	60,0	12,2	27,8
13	57,7	11,2	31,1

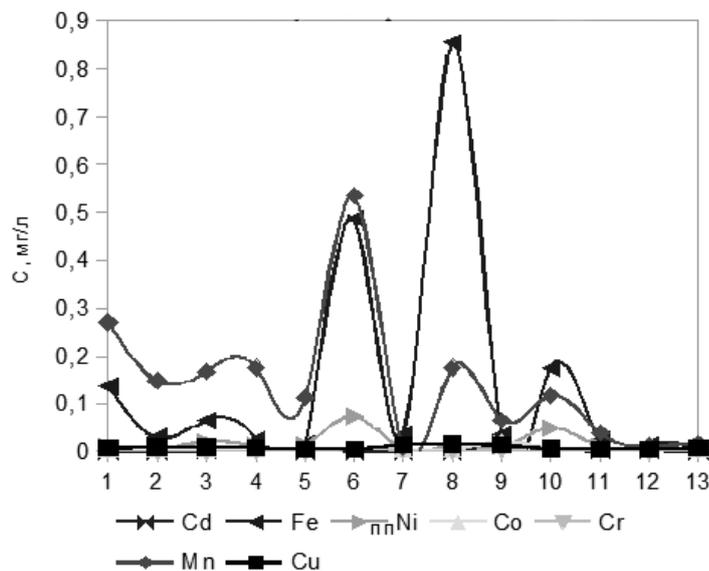


Рис. 3. Динамика накопления тяжелых металлов в снеге ПП населенных пунктов Архангельской области

да 2011–2012 годов. Максимальные значения графических зависимостей соответствуют ПП 6 (г. Архангельск, завод «Красная Кузница»), ПП 8 (г. Архангельск, автовокзал) и ПП 10 (г. Северодвинск, о. Ягры, наб. Зрячева). Кроме того, в снеге ПП 9 и 10 Северодвинска отмечено превышение хрома и кадмия по сравнению со значениями других ПП. Содержания металлов в снеге ПП 12 и 13 (с. Порог Онежского района) невелики. Рассчитанные высокие значения коэффициентов линейной корреляции между никелем и железом (0,760), марганцем и железом (0,739), железом и медью (0,821) свидетельствуют о довольно тесной связи между этими элементами в снеговых выпадениях, что может являться указанием на один источник поступления, например сжигание каменного угля или мазута, выщелачивание из почвенных частиц. Напротив, связь между железом и хромом, кобальтом и хромом менее существенна.

По полученным данным построены концентрационные ряды распределения подвижных форм тяжелых металлов в снеге от характера техногенного влияния (см. табл. 4).

Из данных таблицы следует, что триада загрязнителей атмосферы в обследованных на-

селенных пунктах представлена прежде всего марганцем, железом и никелем, веществами второго и третьего класса опасности. Особое внимание привлекает зона ПП 9 (г. Северодвинск), где местонахождение в ряду кобальта и кадмия (веществ первого класса опасности) в отличие от других рядов можно рассматривать как аномальное, что, возможно, свидетельствует о специфическом технологическом влиянии на данной территории (ТЭЦ, ПО «Звездочка»). В целом, выявленные особенности в распределении тяжелых металлов могут быть связаны с характером производственных процессов, движением автотранспорта, видом сжигаемого топлива, а в городской черте – с особенностями застройки и характером циркуляции атмосферы.

Полученные данные необходимо интерпретировать с осторожностью и следует рассматривать как дополнение к результатам, полученным альтернативными исследованиями в данной области.

**Выводы.** В ходе проведенных исследований были получены следующие выводы.

Определено содержание в снеговых осадках подвижных форм железа, меди, никеля, кобальта, кадмия, хрома, марганца. Полученные

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СНЕГОВЫХ ВЫПАДЕНИЯХ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

Населенный пункт	ПП	Вид техногенной нагрузки	Концентрационные ряды относительного распределения тяжелых металлов
г. Архангельск	1	Автотранспорт	Mn > Fe > Ni > Cu > Co > Cr > Cd
	2		Mn > Fe > Cu > Ni > Co > Cr > Cd
	3		Mn > Fe > Ni > Cu > Co > Cd > Cr
	4	Сжигание мазута и природного газа на ТЭЦ	Mn > Fe > Ni > Cu > Cd > Co > Cr
	5	Целлюлозно-бумажное производство	Mn > Fe > Ni > Cu > Co > Cr > Cd
	6	Судоремонтные и гальванические технологии, автотранспорт	Mn > Fe > Ni > Cu > Co > Cr > Cd
	7	Ж/д транспорт	Fe > Mn > Cu > Ni > Co > Cr > Cd
	8	Автотранспорт	Fe > Mn > Ni > Cu > Co > Cr > Cd
г. Северодвинск	9	Утилизация АПЛ на предприятии «Звездочка», сжигание угля на ТЭЦ	Mn > Fe > Co > Cd > Cu > Ni > Cr
	10		Fe > Mn > Ni > Cu > Co > Cd > Cr
	11	Автотранспорт	Mn > Fe > Ni > Cu > Co > Cr > Cd
с. Порог	12	Сжигание угля в местных котельных	Mn > Fe > Cu > Ni > Co > Cd > Cr
	13		Mn > Fe > Cu > Ni > Co > Cr > Cd
Архангельская обл.	Ср.	Сжигание топлива, специфические технологические процессы	Mn > Fe > Ni > Cu > Co > Cd > Cr

значения (за исключением железа и марганца) не превышают установленные уровни ПДК для воды (СанПин), но заметно отличаются от фоновых значений для арктической зоны Российской Федерации.

Рассчитаны коэффициенты концентрирования ( $K_c$ ) подвижных форм элементов и суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ) по отношению к условно фоновой территории. Значения  $K_c$  находятся в интервале значений от 19,85 (для железа) до 1,00 (для хрома); значения  $Z_c$  – от 23,8 до 36,3, что по существующим нормати-

вам загрязнения снежного покрова относится к низкому уровню.

В исследованных пробах на долю марганца и железа приходится от 53,7 до 93,8 %, на долю остальных элементов – от 12,8 до 43,9 %. На территории г. Архангельска и с. Порог Онежского района качественный состав триады основных загрязнителей в сезон 2011–2012 годов представлен подвижными формами железа, марганца и никеля. Для Северодвинска характерными загрязнителями указанного временного периода являются марганец, железо, кобальт и кадмий.

## Список литературы

1. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л., 1985.
2. Голубева Н.И. Загрязнение атмосферы Арктики токсичными тяжелыми металлами // Биология и океанография Северного морского пути: Баренцево и Карское моря. М., 2007. С. 173–189.
3. ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. Введен впервые 07.01.1986. М., 1986.
4. Доклад об экологической обстановке в Архангельской области в 2011 году. Архангельск, 2012. URL: [www.dvinaland.ru/files/power/departments/comeco/envir/sbornik\\_2011](http://www.dvinaland.ru/files/power/departments/comeco/envir/sbornik_2011) (дата обращения: 12.11.2012).
5. МР 5174-90. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. М., 1990.
6. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические нормативы к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Утв. 28 июля 2010 года. URL: [www.water\\_quality\\_in\\_ca/files/sanpin\\_2-1-4-1074-01](http://www.water_quality_in_ca/files/sanpin_2-1-4-1074-01) (дата обращения: 04.09.2012).
7. Система Белого моря. Т. 1. Природная среда водосбора Белого моря. 2010. URL: [www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o\\_17675#1](http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_17675#1) (дата обращения: 04.09.2012).
8. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха в марте 2012 года. URL: [www.sevmeteo.ru/articles/27/649.shtml](http://www.sevmeteo.ru/articles/27/649.shtml) (дата обращения: 07.05.2012).
9. Чагина Н.Б., Иванченко Н.Л. Тяжелые металлы в снеговых выпадениях Архангельской области // Успехи современного естествознания. 2012. № 10. С. 105.

## References

1. Vasilenko V.N., Nazarov I.M., Fridman Sh.D. *Monitoring zagryazneniya snezhnogo pokrova* [Monitoring of Snow Cover Pollution]. Leningrad, 1985. 181 p.
2. Golubeva N.I. *Zagryaznenie atmosfery Arktiki toksichnymi tyazhelymi metallami* [Arctic Air Pollution with Toxic Heavy Metals]. *Biologiya i okeanografiya Severnogo morskogo puti: Barentsevo i Karaskoe morya* [Biology and Oceanography of the Northern Sea Route: the Barents and Kara Seas]. Moscow, 2007, pp. 173–189.
3. *GOST 17.1.5.05-85. Okhrana prirody. Gidrosfera. Obshchie trebovaniya k otboru prob poverkhnostnykh i morskikh vod, l'da i atmosferynykh osadkov* [Nature protection. Hydrosphere. General requirements for surface and sea waters, ice and atmospheric precipitation sampling]. Moscow, 1986. 17 p.
4. *Doklad ob ekologicheskoy obstanovke v Arkhangel'skoy oblasti v 2011 godu* [Report on the Environmental Situation in the Arkhangelsk Region in 2011]. Arkhangelsk, 2012. Available at: [www.dvinaland.ru/files/power/departments/comeco/envir/sbornik\\_2011](http://www.dvinaland.ru/files/power/departments/comeco/envir/sbornik_2011) (accessed 12 November 2012).
5. *MR 5174-90. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke stepeni zagryazneniya atmosfernogo vozdukha naseleennykh punktov metallami po ikh sodержaniyu v snezhnom pokrove i pochve* [Guidelines for assessing the degree of populated places' air pollution with metals by their content in the snow cover and soil]. Moscow, 1990. 9 p.
6. *SanPiN 2.1.4.1074-01 Pit'evaya voda. Gigenicheskie normativy k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodospabzheniya* [Drinking water. Hygienic regulations of the water quality of centralized drinking water supply system]. Available at: [www.water\\_quality\\_in\\_ca/files/sanpin\\_2-1-4-1074-01](http://www.water_quality_in_ca/files/sanpin_2-1-4-1074-01) (accessed 4 September 2012).
7. *Sistema Belogo morya* [The White Sea System]. *Prirodnaya sreda vodosbora Belogo morya* [The natural Environment of the White Sea Catchment Area]. 2010. Available at: [www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o\\_17675#1](http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_17675#1) (accessed 4 September 2012).
8. *Kharakteristika zagryazneniya atmosfernogo vozdukha v marte 2012 goda* [Characteristics of Air Pollution in March 2012]. Available at: [www.sevmeteo.ru/articles/27/649.shtml](http://www.sevmeteo.ru/articles/27/649.shtml) (accessed 7 May 2012).
9. Chagina N.B., Ivanchenko N.L. *Tyazhelye metally v snegovykh vypadeniyakh Arkhangel'skoy oblasti* [Heavy Metals in the Snow Fall of the Arkhangelsk Region]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2012, no.10, p.105.

***Chagina Natalya Borisovna***

Institute of Natural Sciences and Biomedicine, Northern (Arctic)  
Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

***Ivanchenko Nikolay Leonidovich***

Institute of Theoretical and Applied Chemistry,  
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

### **ACCUMULATION OF MOBILE HEAVY METALS IN THE SNOW-FALLS OF THE ARKHANGELSK INDUSTRIAL CLUSTER AND POROG VILLAGE IN THE ONEGA DISTRICT OF THE ARKHANGELSK REGION**

The article focuses on the use of snow cover as an indication object of geochemical monitoring of the atmosphere in the urban environment during winter. It analyzes the nature of the distribution of water-soluble heavy metals in the snow-falls of the Arkhangelsk Region populated areas during 2011-2012. The concentration coefficients of mobile forms of heavy metals ( $K_c$ ) and their total pollution index ( $Z_c$ ) on these territories have been calculated.

**Keywords:** *snow cover, environmental monitoring, air pollution, heavy metals.*

*Контактная информация:*

Чагина Наталья Борисовна

*e-mail:* chaginan26@mail.ru

Иванченко Николай Леонидович

*e-mail:* IvanchenkoNL@mail.ru

Рецензент – *Боголицын К.Г.*, доктор химических наук, профессор, проректор по научной работе Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, директор Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск)