

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 504.064

DOI: 10.17072/2079-7877-2020-2-130-140

ОЦЕНКА МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА БЕРЕЗНИКОВСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

Евгения Сергеевна УшаковаORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2016-7356>, Scopus ID: 56951387500,

Author ID: 708723

e-mail: ushakova.evgeniya@gmail.com*Естественнаучный институт ПГНИУ, Пермь***Алексей Юрьевич Пузик**ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7148-7344>, Author ID: 823258e-mail: alex.puzik@mail.ru*Естественнаучный институт ПГНИУ, Пермь***Татьяна Ивановна Караваева**ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0077-3399>, Scopus ID: 56951197500,

Author ID: 708119

e-mail: georisk@psu.ru*Естественнаучный институт ПГНИУ, Пермь*

Урбанизированные территории испытывают мощную техногенную нагрузку, особенно если ядро города связано с промышленной деятельностью. Пермский край в 2018 г. занял четвертое место по объему выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Приволжском федеральном округе. Химическая деятельность и горнодобывающая промышленность в Березниковском городском округе Пермского края вносят значительный вклад в повышение уровня загрязнения атмосферного воздуха. Ранее установлено, что на распределение загрязнителей по территории города оказывают влияние физико-географические характеристики местности и метеорологические условия рассеивания загрязняющих веществ. В работе показана необходимость осуществления мониторинга аэротехногенного рассеивания элементов в снежном покрове в пределах Березниковского городского округа Пермского края. Исследования микроэлементного состава снежного покрова по 25 элементам проведены в марте 2018 г. Дана оценка эколого-химического распределения элементов с учетом функционального использования территории (промышленные, рекреационные, транспортные и жилые зоны). Степень техногенного уровня загрязнения талых снеговых вод определена по коэффициентам накопления и рассеяния. На основании коэффициента концентрации выявлены аномалии с повышенными содержаниями относительно фона, в которую входит ассоциация – Pb-Ti-Ge-Ga-Se, Ni и V. Установлено, что места досугового пребывания людей подвержены повышенной техногенной нагрузке относительно промышленных территорий. Произведен анализ пространственного распределения микроэлементов в снежном покрове территории исследования с использованием показателя суммарного загрязнения Zс. В ходе исследований установлена необходимость расширения перечня наблюдаемых веществ в рамках проведения мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в городском округе, дополнения программ наблюдений за контролем загрязнении снежного покрова.

Ключевые слова: снежный покров, микроэлементы, аэротехногенное рассеивание, функциональное зонирование, влагозапас.



Экология и природопользование
Ушакова Е.С., Пузик А.Ю., Караваяева Т.И.

MICROELEMENT COMPOSITION OF THE SNOW COVER IN THE BEREZNIKI URBAN DISTRICT (PERM REGION)

Evgenia S. Ushakova

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2016-7356>, Scopus ID: 56951387500,

Author ID: 708723

e-mail: ushakova.evgeniya@gmail.com

Natural Sciences Institute of Perm State University, Perm

Alexey Yu. Puzik

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7148-7344>, Author ID: 823258

e-mail: alex.puzik@mail.ru

Natural Sciences Institute of Perm State University, Perm

Tatiana I. Karavaeva

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0077-3399>, Scopus ID: 56951197500,

Author ID: 708119

e-mail: georisk@psu.ru

Natural Sciences Institute of Perm State University, Perm

Urbanized areas experience heavy technological load, especially if the core of the city is associated with industrial activities. In 2018, the Perm region ranked fourth in the Volga Federal District in terms of air emissions. Chemical and mining activities in the Berezniki urban district of the Perm region make a huge contribution to increasing air pollution. Previously, it was established that the distribution of pollutants across the city was affected by the physical and geographical characteristics of the area and meteorological conditions of pollutant dispersion. The paper shows the need to monitor aerotechnogenic dispersion of elements in the snow cover within the Berezniki urban district. In March 2018, the microelement composition of the snow cover was studied with regard to 25 elements. The environmental and chemical distribution of the elements was assessed taking into account the functional use of the territory (industrial, recreational, transport, and residential areas). The degree of technogenic pollution level of melt snow water was determined by the accumulation and dispersion coefficients. On the basis of the concentration coefficient, there were identified anomalies with increased content relative to the background, those including the association Pb-Ti-Ge-Ga-Se, Ni and V. Recreational facilities were found to be subject to increased technogenic load relative to industrial areas. Spatial distribution of microelements in the snow cover of the study area was analyzed using the total pollution index Z_c . The research established the need to expand the list of substances observed in the monitoring of atmospheric air pollution in the urban district and to supplement the observation programs with control of the snow cover pollution.

Keywords: snow cover, microelements, aerotechnogenic dispersion, functional zoning, moisture reserves.

Введение

Территории горнопромышленных районов характеризуются трансформацией природной среды, которая выражается загрязнением, изменением поверхностной и подземной гидросферы, активизацией опасных инженерно-геологических процессов. Активная урбанизация территорий, тесно переплетающаяся с промышленной деятельностью, провоцирует техногенное рассеивание металлов.

Исследованиями М.А. Шишкина и А.К. Лаптевой [15] установлено, что в снежном покрове на территории Пермского края присутствуют ассоциации металлов, активно используемых в промышленности: Mn, Co, Zr, Cu и Sn. При этом в отдельных регионах края аэротехногенное рассеивание металлов, оцененное по суммарному показателю загрязнения (Z_c) снежного покрова, составляет 269 единиц, что соответствует оценочной

Экология и природопользование
Ушакова Е.С., Пузик А.Ю., Караваева Т.И.

категории «очень высокий уровень загрязнения» [2]. Таким образом, на территории края существуют условия высокого уровня аэрогенной нагрузки, обусловленной присутствием в атмосферных потоках технофильных элементов.

Город Березники – крупный промышленный центр Пермского края, расположенный в верхнем течении р. Камы и входящий в Березниковско-Соликамскую градопромышленную агломерацию. Город занимает достаточно выгодное экономико-географическое положение, располагаясь почти в центре Пермского края. В промышленности доминируют предприятия горнодобывающей деятельности, химической, целлюлозно-бумажной, нефтеперерабатывающей, имеются предприятия лесозаготовительной и деревообрабатывающей, пищевой, полиграфической отраслей и промышленности строительных материалов. Специфика деятельности каждого предприятия, расположенного в пределах Березниковского городского округа, предопределяет вклад техногенного рассеивания и тем самым формирование региональных источников загрязнения.

Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух по Пермскому краю в 2018 г. составили 658,1 т/год. Наиболее существенный объем загрязняющих веществ поступил от передвижных источников – 365,3 т/год, величина поступления от стационарных источников несколько ниже – 292,8 т/год. За последние 5 лет в крае наблюдается тенденция увеличения валового выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух, при этом выбросы передвижных источников выросли с 2013 г. на 96,2 т/год, от стационарных источников снизились на 75,1 т/год.

В 2018 г. основной вклад в суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников вносили 10 предприятий Пермского края, из них на территории Березниковского городского округа: филиал «Азот» АО ОХК «УРАЛХИМ» в г. Березники (1,08%), АО «Березниковский содовый завод» (2,7%), ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» (17,43%), ООО «Газпром трансгаз Чайковский» (37,52%). Последние два предприятия имеют на территории округа свои подразделения по добыче сырой нефти и транспортированию по трубопроводам газа и продуктов его переработки. Вклад в загрязнение атмосферного воздуха города вносят также предприятия цветной металлургии «АВИСМА» филиал ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», энергетики – филиал ПАО «Т Плюс «Пермский», Березниковская ТЭЦ-2» и автомобильный транспорт. Валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников загрязнения за 2018 г. в г. Березники составил 19,812 тыс. т, от передвижных источников – 10,9 тыс. т.

Состояние атмосферного воздуха г. Березники контролируется Пермским ЦГМС – филиал ФГБУ «Уральское УГМС» на 2 стационарных постах по 24 показателям. Показатели качества воздуха: СИ=8,6 (этилбензол), НП=2,6% (фенол). ИЗА=низкий. Общее количество превышений ПДК за год – 207 случаев [4].

За период с 2014 по 2018 г. наметилась тенденция роста загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами, фенолом, формальдегидом, ароматическими углеводородами (бензол, этилбензол, ксилолы, толуол), тяжелыми металлами (никель, кадмий). Снизились концентрации серы диоксида, углерода оксида, азота диоксида, азота оксида, сероводорода, хлорида водорода, аммиака, тяжелых металлов (свинец, хром, железо, магний, марганец), бенз(а)пирена. Средние концентрации тяжелых металлов (медь, цинк) остались без изменения [4].

Установлено, что на загрязнение снежного покрова оказывает влияние региональный перенос загрязнителей. В частности, исследования на территории заповедника «Басеги» подтверждают интенсивное аэротехногенное воздействие, связанное с региональным переносом загрязнителей и аккумуляцией их в почвенно-растительных субстратах, несмотря на относительную удаленность от промышленных центров и заповедный режим [13].

Экология и природопользование
Ушакова Е.С., Пузик А.Ю., Караваева Т.И.

По данным Пермского ЦГМС за 1966–2018 гг. особенность ветрового режима в течение года характеризуется высокой повторяемостью ветров южного направления. Учитывая общее преобладающее направление ветра, для рассматриваемой территории характерен значительный вынос загрязняющих веществ в северном и северо-восточном направлениях. На территории района за год в среднем выпадает 660 мм атмосферных осадков. Залегание снежного покрова составляет в среднем 173 дня (с конца октября по середину апреля). Таким образом, в зимний период времени осадки в виде снега составляют в среднем 227 мм.

Город Березники окружен кольцом промышленных предприятий и при любом направлении ветра жилые районы города оказываются под влиянием промышленных выбросов. Поскольку основная промышленная зона расположена на севере и северо-западе городской территории, неблагоприятное направление ветра, обеспечивающее поступление загрязняющих веществ, северное и северо-западное. Повторяемость случаев повышенного загрязнения воздуха при застойных явлениях в г. Березники составляет 74%. Таким образом, уровень загрязнения воздуха в городе определяет и совокупность метеорологических факторов [5].

Согласно опубликованным данным за последние десятилетия происходит увеличение выпадений тяжелых металлов из атмосферы, что приводит к расширению площади аномалий в снежном покрове городских территорий [9]. Основные источники поступления тяжелых металлов и металлоидов в городскую среду связаны как с естественными, так и техногенными процессами (промышленные предприятия, автотранспорт). Для каждого региона перечень накапливающихся элементов соответствует источникам техногенного воздействия. Например, в Москве – это Ni, Pb, Cu, Zn, в Санкт-Петербурге – V, Fe, Cr, Pb, Bi, в Архангельске – Fe, Cu, Mn, Ni, Pb, в Улан-Баторе в городе – Mo, Be, Sn, промышленной зоне – As, Ni, Co, Mn [6; 9; 14; 16]. Самая высокая концентрация микроэлементов в снежном покрове в центральной части урбанизированного региона Польши зафиксирована для Pb, Ni, Zn, Cu, Cr, As и Cd [17–19]. В свою очередь, поступление большого количества взвешенных частиц и тяжелых металлов в атмосферный воздух отражается на здоровье населения, в частности, среди прочих последствий приводит к росту респираторных заболеваний.

Материалы и методы исследования

Авторами проведено инициативное исследование снежного покрова в пределах Березниковского городского округа Пермского края с целью оценки техногенной геохимической нагрузки. Высокая сорбционная способность снежного покрова позволяет отследить аккумуляцию загрязняющих веществ, оседающих на земную поверхность между снегопадами. Химический состав снега формируется и в результате взаимодействия снежного покрова с земной поверхностью и почвенно-растительным покровом [7]. В связи с этим он является удобным индикатором загрязнения не только атмосферных осадков и воздуха, но и последующего загрязнения почв и природных вод.

Данный вид исследования применяется в рамках инженерно-экологических изысканий и является косвенной оценкой загрязненности воздуха, как правило, работа выполняется в случае недостаточной изученности или неполноте информации существующих систем мониторинга [10]. Систематические наблюдения за состоянием окружающей среды в рамках государственной наблюдательной сети осуществляются федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. При этом службой осуществляются наблюдения только за высотой и плотностью снежного покрова.

Согласно методическим подходам [3] оценка химического состава снега производится в период максимального устойчивого снежного покрова. Как правило, это первая декада марта. Таким образом, снежный покров фактически характеризует поступления загрязнений за весь зимний период, который в среднем составляет 4–5 месяцев. При снеготаянии часть талых вод поступает в грунтовую толщу, часть распределяется на поверхностный сток [11; 12].

Экология и природопользование
Ушакова Е.С., Пузик А.Ю., Каравеева Т.И.

Отбор проб снежного покрова в рамках данных исследований проводился согласно методическим указаниям [3] и руководящим документам по контролю загрязнения атмосферы [8]. Расположение точек опробования обусловлено границами Березниковского городского округа, преимущественным направлением ветра и расположением промышленных предприятий. Количество точек наблюдений составило 17, исследования проведены в марте 2018 г. (рис. 1).

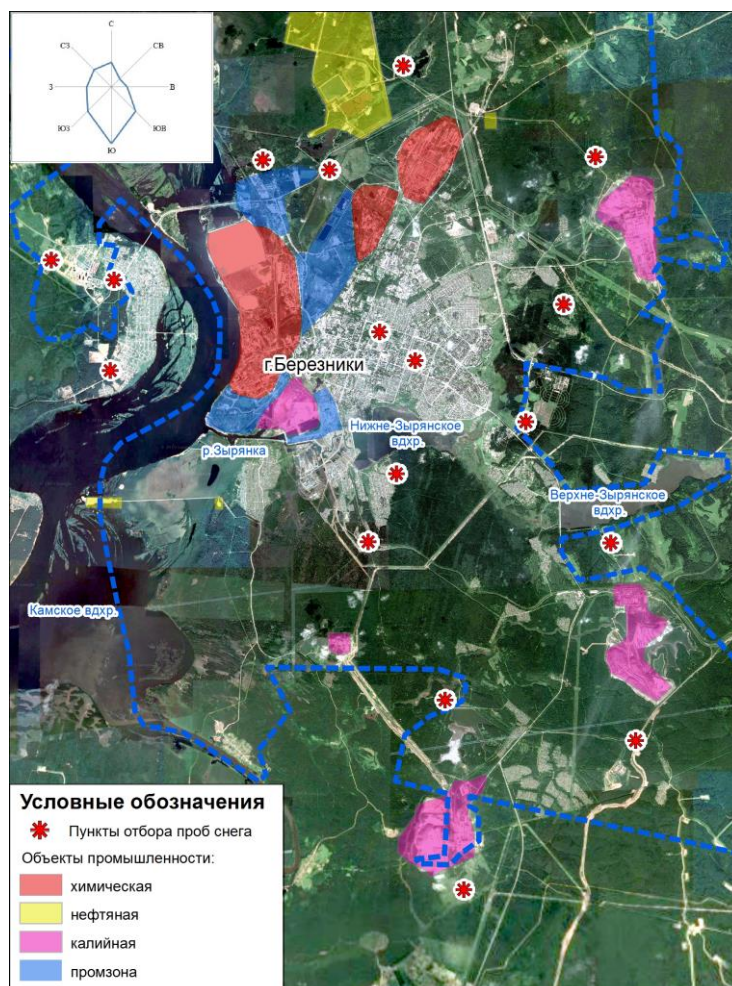


Рис. 1. Источники загрязнения и функциональное зонирование Березниковского городского округа, Пермский край
Fig. 1. Pollution sources and functional zoning of the Bereznyki urban district, Perm region

Опробование проведено с учетом зон функционального назначения – 4 точки были расположены в производственной зоне на расстоянии 500 м от предприятий, 2 точки – в зоне инженерной и транспортной инфраструктуры, 5 точек – в рекреационной зоне, 5 – в жилой зоне. С учетом преобладания южных ветров в качестве условного фона использованы данные по точке, расположенной в юго-восточной части городского округа, вне промышленных влияний.

В каждой точке опробования проведены отбор проб снега, измерение высоты и плотности снежного покрова, которое позволило оценить запасы содержащейся в снеге воды. Каждая проба являлась сборной, состоящей из нескольких (не менее 5) частных проб (кernels снега), отбираемых с помощью стандартного снегомера-плотномера (метод конверта). Пробы снега после растапливания при комнатной температуре были профильтрованы. Исследования химического состава проб снега проводились в аккредитованной лаборатории сектора наноминералогии ПГНИУ по стандартной методике на спектрометре индуктивно-связанной

Экология и природопользование
Ушакова Е.С., Пузик А.Ю., Караваева Т.И.

плазмы с масс-спектральным детектированием Auroa M90 «Bruker» с определением валового содержания 25 элементов. Согласно результатам проведенных исследований содержания Zr, Mo, Ag, Tl находятся ниже предела обнаружения.

Результаты и их обсуждение

Высота снежного покрова в первой декаде марта 2018 г. в пределах исследованных точек Березниковского городского округа составила 57–91 см при среднем значении 72 см, что ниже среднемноголетних значений [1]. Плотность снежного покрова – 0,13–0,25 г/см³ при среднем значении 0,20 г/см³, величина влагозапаса от 83 до 207 мм.

Предельно допустимые концентрации элементов в снежном покрове в настоящее время не разработаны. Оценка химического состава снежного покрова выполнена с использованием фонового подхода и коэффициентов концентрации (K_c), как отношение концентрации элемента в конкретной точке опробования к его концентрации в фоновой точке. По значению K_c элементы, обнаруженные в снежном покрове, можно условно разделить на рассеянные ($K_c < 1$), близкие к средним концентрациям ($K_c = 1-2$), и накапливающиеся ($K_c > 2$) [15]. Полученные расчетные значения коэффициентов K_c послужили основой для построения рядов поглощения исследованных элементов (таблица).

Количественное распределение микроэлементов в составе снежного покрова
на территории Березниковского городского округа
Quantitative distribution of trace elements in the snow cover in the territory of the Berezniki urban district

Зона функционального назначения	Порядок значений			Zc (число элементов при расчете показателя)
	$K_c < 1$	$K_c = 1-2$	$K_c > 2$	
Производственная	Be _{0,97} W _{0,92} Co _{0,89} Sr _{0,87} Ba _{0,85} Cd _{0,84} Rb _{0,5}	As _{1,69} Cu _{1,35} Li _{1,28} Mn _{1,23} V _{1,21} Sb _{1,15} Sn _{1,14} Bi _{1,02}	Pb _{12,74} Ge _{7,2} Ga _{4,64} Se _{4,28} Ti _{3,49} Ni _{2,68}	30,1 (14)
Транспортная	Be _{0,99} Mn _{0,99} Cd _{0,98} Sn _{0,97} Co _{0,88} Ba _{0,85} Ni _{0,38} Rb _{0,38} Cu _{0,3}	V _{1,52} W _{1,43} As _{1,39} Sr _{1,22} Sb _{1,14} Li _{1,03} Bi _{1,02}	Ti _{7,96} Ga _{6,79} Se _{4,45} Pb _{4,36} Ge _{4,21}	23,52 (12)
Рекреационная	Li _{0,99} Ba _{0,98} Sn _{0,98} Co _{0,93} Cu _{0,84} Cd _{0,82} W _{0,61} Ni _{0,6} Rb _{0,5}	Mn _{1,95} As _{1,39} Sr _{1,23} Sb _{1,18} Be _{1,04} Bi _{1,01}	Pb _{10,62} Ti _{9,5} Ge _{5,96} Ga _{5,63} Se _{5,06} V _{2,07}	33,64 (12)
Жилая	Co _{0,99} Cu _{0,98} Ni _{0,97} Mn _{0,93} W _{0,93} Sn _{0,91} Ba _{0,88} Li _{0,86} Cd _{0,81} Sr _{0,69} Rb _{0,48}	V _{1,33} Sb _{1,24} Be _{1,07} As _{1,04} Bi _{1,01}	Ti _{3,94} Ge _{3,77} Se _{3,69} Pb _{3,31} Ga _{3,20}	12,6 (10)

«Рассеянные» элементы, обнаруженные в снежном покрове, – Rb, Cd, Ba, Co, зафиксированы во всех функциональных зонах. Также в данной группе элементов повсеместно присутствуют следующие элементы: Li, Mn, W, Be, Sr, Sn и Cu. По ряду элементов зафиксированы аномалии, несколько превышающие фон в функциональных зонах. Например, в группе элементов на уровне фона выделяются следующие элементы: Li характерен для производственной и транспортной зон, Mn – производственная и рекреационная зоны, W – транспортная зона, Be – рекреационная и жилая зоны, Sr – транспортная и рекреационная зоны, Sn и Cu – производственная зона. Для всех функциональных зон на уровне фона характерны элементы Sb, Bi, As.

Согласно полученным результатам анализа талой воды в группе «накапливающихся» элементов выделяется Pb с максимальным превышением фона в диапазоне 10–12 раз в производственной и рекреационной зонах. Для транспортной и жилой зон превышение относительно фона этого элемента составляет 3,3–4,4 раза.

Экология и природопользование
Ушакова Е.С., Пузик А.Ю., Караваева Т.И.

В пределах рекреационной и транспортной зон фиксируется локальная аномалия Ti (превышение фона 7,96–9,5 раза), для остальных зон превышение этого элемента отмечено на уровне 3 раз. Во всех зонах в повышенных концентрациях (3–7 раз от фона) присутствуют Ge, Ga и Se.

Локальная аномалия Ni (до 2,7 раз) зафиксирована в производственной зоне, в остальных – содержание данного элемента на уровне фона. Для рекреационной зоны характерна аномалия по V (до 2 раз), в других зонах порядок значений Kс этого элемента составил 1–2.

Согласно проведенным исследованиям снежного покрова для промышленной зоны Березниковского городского округа характерно интенсивное аэротехногенное поступление Pb, Ge, Ga, Se, Ti и Ni. Аналогичная ассоциация с близкими концентрациями, за исключением Ni и V, характерна для участков транспортной инфраструктуры. Жилая зона характеризуется минимальными уровнями содержания элементов для группы «накапливающиеся» в сравнении с прочими функциональными зонами.

Особое внимание заслуживают полученные результаты по рекреационным зонам. В рамках данных исследований к рекреационным зонам отнесены зоны спортивных сооружений и пляжей, зоны лесопарков, отдыха, туризма и санаторно-курортного лечения, гостиниц и пансионатов, дачные участки. Среди накапливающихся элементов здесь выделяются Pb и Ti, остальные элементы характеризуются минимальными уровнями накопления относительно других зон.

Вещественный состав снежного покрова показывает, что места досугового пребывания людей подвержены повышенной техногенной нагрузке, уровень которой с учетом индекса Zс оказался выше промышленных территорий (таблица). Жилая зона характеризуется несколько меньшей нагрузкой, при этом ассоциация аккумулирующихся элементов аналогична указанной выше.

Сравнение полученных результатов с ранее проведенными исследованиями [15] показали изменение средних показателей аэротехногенного поступления металлов за последние 10 лет. Прежде всего, отмечено существенное снижение величины показателя суммарного загрязнения снежного покрова (Zс) в сравнении с ранее полученными результатами. При этом на высоком уровне по-прежнему остались содержания Pb, Ti, Ni, а концентрации Sn, Cu, Mn, Co и Cd существенно снизились. Полученные результаты демонстрируют возможность использования снежного покрова в качестве экспресс-метода оценки аэротехногенной геохимической нагрузки в пределах урбанизированных территорий.

Высокий уровень микроэлементов в снежном покрове на территории Березниковского городского округа фиксируется в северо-восточной и северной частях округа, чему способствует общее преобладающее южное направление ветра.

При рассмотрении пространственного распределения микроэлементов в снежном покрове зафиксированы аномалии по Zс в двух ореолах: первый является рекреационным местом, а именно спортивно-досуговым центром города, кроме того, данная территория осложнена повышенным автомобильным трафиком (автомобильная развязка Пермь – Березники – Соликамск); второй расположен вблизи подразделений по добыче сырой нефти и транспортированию по трубопроводам газа и продуктов его переработки, а также осложнен повышенным автомобильным трафиком (автомобильная развязка Пермь – Березники – Соликамск). Помимо перечисленных источников необходимо учитывать расположение в северной части города металлургического предприятия по производству титана, ферротитана и алюминия, а также геохимическую специфику подстилающих терригенно-карбонатных пород (рис. 2).

Источники загрязнения атмосферного воздуха и определение геохимической ассоциации в Березниковском городском округе требуют дополнительных исследований.

Экология и природопользование
Ушакова Е.С., Пузик А.Ю., Караваяева Т.И.

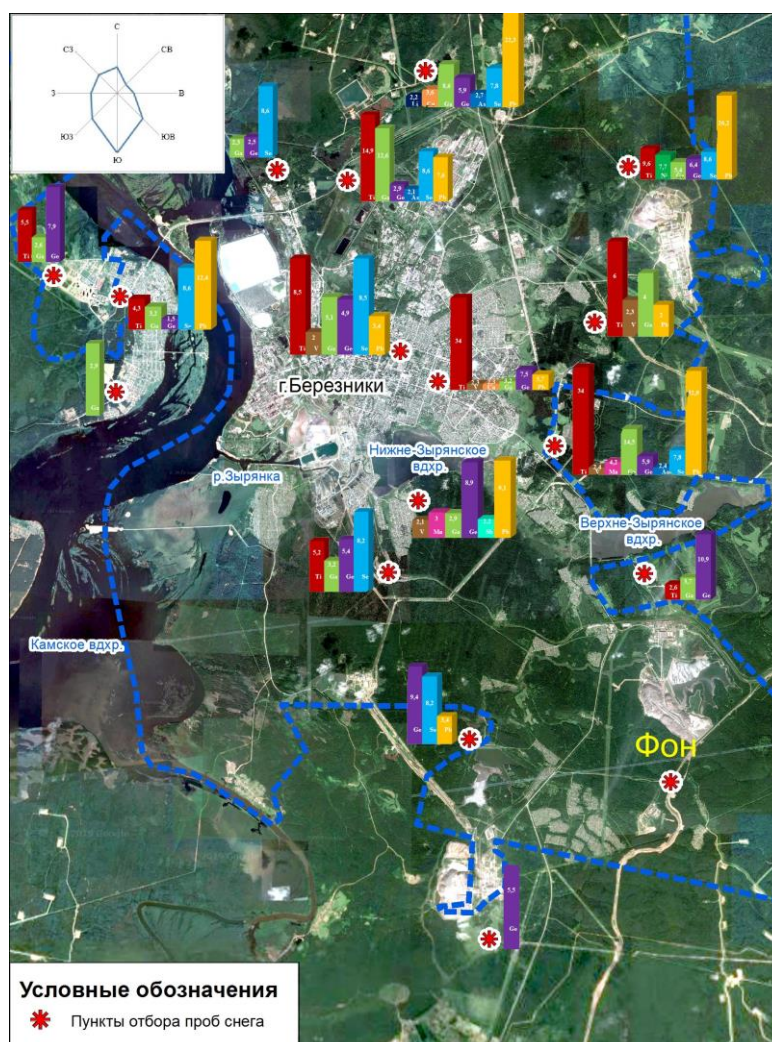


Рис. 2. Содержание микроэлементов в снежном покрове при $K_c > 2$

Fig. 2. Content of trace elements in the snow cover at $K_c > 2$

Выводы

Полученные данные по распределению исследованных элементов в снежном покрове указывают на повышенный уровень аэротехногенного поступления ассоциации Pb-Ti-Ge-Ga-Se во все функциональные зоны Березниковского городского округа. Оценивая полученные результаты по критериям санитарно-токсикологической опасности химических элементов в воде, здесь активно накапливаются элементы 2 и 3-го классов опасности. Такое распределение обусловлено выбросом загрязняющих веществ как стационарных, так и от передвижных источников.

Близкое расположение промышленных предприятий к жилой и рекреационным зонам предполагает оценку экологического баланса территории, включая анализ его ретроспективы, информирование населения об осуществляемых экологических мероприятиях предприятий по минимизации воздействий на окружающую среду.

В Российской Федерации правовые основы, обеспечивающие сохранение благоприятной сбалансированной окружающей среды, определены федеральным законом «Об охране окружающей среды». Кроме того, существует широкая нормативная база по обеспечению контроля за состоянием окружающей среды, согласно которой промышленный профиль территории предполагает выполнение природоохранных мероприятий с информированием населения о состоянии окружающей среды и необходимых мероприятиях по ее контролю.

Экология и природопользование
Ушакова Е.С., Пузик А.Ю., Караваева Т.И.

Таким образом, на сегодняшний день существует необходимость в организации мониторинговой сети наблюдений за состоянием окружающей среды на территории Березниковско-Соликамской градопромышленной агломерации, в программу наблюдений по которой рекомендуется включение наблюдений и за вещественным составом снежного покрова.

Благодарность. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-05-50071 и Министерства науки и высшего образования проект № 2019-0858.

Acknowledgements. The research was financially supported by the RFBR within the scientific project no.19-05-50071 and the Ministry of High Education and Science of the Russian Federation project no.2019-0858.

Библиографический список

1. Блинов С.М., Меньшикова Е.А., Батулин Е.Н., Ушакова Е.С., Золотарев Л.Р. О составе снега на территории Верхнекамского солевого месторождения // Лед и снег. 2015. Т. 55. №1. С. 121–128. doi: 10.15356/IS.2015.01.10.
2. Ворончихина Е.А., Блинов С.М., Меньшикова Е.А. Технофильные металлы в естественных и урбанизированных экосистемах Пермского края // Экология урбанизированных территорий. 2013. №1. С. 103–108.
3. *Временные методические указания* для производства отбора и обработки проб снежного покрова в городах и окрестностях на комплекс загрязняющих веществ. М.: Госкомгидромет, 1985.
4. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2018 году» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.permecology.ru/ежегодный-экологический-доклад-2017/> (дата обращения: 28.05.19).
5. Костарева Т.В. Учет влияния метеорологических факторов при разработке схем прогноза загрязнения воздуха в городах Пермского края // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №2(41). С. 91–99. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-91-99.
6. Нестеров Е. М., Зарина Л. М., Пискунова М.А. Мониторинг поведения тяжелых металлов в снежном и почвенном покровах центральной части Санкт-Петербурга // Вестник МГОУ. Сер. Естественные науки. 2009. №1. С. 27–34.
7. Осокин И.М. Химический состав снежного покрова на территории СССР // Известия АН СССР. Сер. географическая. 1963 №3. С. 26–34.
8. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М.: Государственный комитет СССР по гидрометеорологии, Минздрав СССР, 1991.
9. Сорокина О.И., Кошелева Н.Е., Касимов Н.С. и др. Тяжелые металлы в воздухе и снежном покрове Улан-Батора // География и природные ресурсы. 2013. №3. С. 159–170.
10. СП 47.13330.2012. СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».
11. Ушакова Е.С. Снегомерная съемка как косвенный метод оценки окружающей среды // Мат. X науч.-практ. конференции молодых специалистов. М., 2014. С. 93–95.
12. Ушакова Е.С. Применение снегомерной съемки в составе инженерно-экологических изысканий (на примере БКПРУ-2) // Мат. Межд. молод. науч. форума «Ломоносов-2013». URL: http://www.rssu.ru/archive/Lomonosov_2013/2125/52191_81be.pdf (дата обращения: 28.05.19).
13. Хайрулина Е.А., Никифорова Е.М., Ворончихина Е.А. Влияние регионального переноса загрязнителей на трансформацию биогеохимических параметров горно-таежных ландшафтов // Теоретическая и прикладная экология. 2011. №1. С. 61–68.
14. Чагина Н.Б., Айвазова Е.А., Иванченко Н.Л., Варакин Е.А., Соболев Н.А. Исследование содержания тяжелых металлов в снеговом покрове г. Архангельска и оценка их влияния на здоровье населения // Вестник САФУ. Сер. Естественные науки. 2016. №4. С. 57–68. doi: 10.17238/issn2227-6572.2016.4.57.
15. Шишкин М.А., Лантева А.К. Эколого-геохимический анализ современных ландшафтов Прикамья. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 285 с.
16. Galitskaya I.V., Rumyantseva N.A. Snow-cover contamination in urban territories (Lefortovo district, Moscow) // Annals of Glaciology. 2012. No 53(61). Pp. 23–26. doi: 10.3189/2012AoG61A009.

Экология и природопользование
Ушакова Е.С., Пузик А.Ю., Караваева Т.И.

17. Grigalavičienė I., Rutkoviėnė V., Marozas V. The Accumulation of Heavy Metals Pb, Cu and Cd at Roadside Forest Soil // Polish Journal of Environmental Studies. 2005. Vol. 14. No. 1. Pp. 109–115.
18. Siudek P., Frankowski M., Siepak J. Trace element distribution in the snow cover from an urban area in central Poland // Environmental Monitoring and Assessment. 2015. doi.org/10.1007/s10661-015-4446-1.
19. Zgłobicki, W., Telecka, M. & Skupiński, S. Assessment of short-term changes in street dust pollution with heavy metals in Lublin (E Poland)—levels, sources and risks // Environmental Science Pollution Research, 2019, Res 26, Pp. 35049–35060. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06496-x>.

References

1. Blinov S.M., Menshikova E.A., Baturin E.N., Ushakova E.S., Zolotarev L.R. (2015), “On a snow cover composition in the vicinity of the Verkhnekamsky Salt Deposit”, *Ice and Snow*, V. 55, no. 1., pp. 121–128.
2. Voronchikhina E.A., Blinov S.M., Menshikova E.A. (2013), “Metals Disseminated by the Man within Natural and Urban Ecosystems of the Perm region”, *Ecology of Urban Areas*, no. 1., pp. 103–108.
3. Temporary methodological guidelines (1985) *Vremennye metodicheskie ukazaniya dlya proizvodstva otbora i obrabotki prob snezhnogo pokrova v gorodah i okrestnostyah na kompleks zagryaznyayushchih veshchestv* [Temporary guidelines for sampling and processing snow cover samples in cities and environs for a complex of pollutants], Moscow, USSR.
4. Annual environmental report of Perm Territory (2018) *Doklad «O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Permskogo kraja v 2018»* [Report "On the state and environmental protection of the Perm Territory in 2018"], available at: <http://www.permecology.ru> (Accessed on 24 December 2019).
5. Kostareva T.V. (2017), “The influence of meteorological factors on forecasting air pollution in cities and towns of the Perm region”, *Geographical Bulletin*, no.2. (41). pp. 91–99.
6. Nesterov E.M., Zarina L.M., Piskunova M.A. (2009), Monitoring of behaviour of heavy metals in snow and soil covers of the central part of St.-Petersburg, *Vestnik of Moscow State Regional University, Series Natural Sciences*, no. 1., pp. 27–34.
7. Osokin I.M. (1963), “The chemical composition of the snow cover on the territory of the USSR”, *Izvestiya. USSR Academy of Sciences. Series Geographical*, no. 3., pp. 26–34.
8. Guidance document. Air pollution control manual (1991) *RD 52.04.186-89. Rukovodstvo po kontrolyu zagryazneniya atmosfery* [RD 52.04.186-89. Air Pollution Control Guide], Moscow, USSR.
9. Sorokina O.I., Kosheleva N.E., Kasimov N.S. et al. (2013), “Heavy metals in the air and snow cover of Ulan Bator”, *Geography and Natural Resources*, no. 3., pp. 159–170.
10. Set of rules. Engineering survey for construction. Basic principles (2012) *SP 47.13330.2012. SNIIP 11-02-96 «Inzhenernye izyskaniya dlya stroitel'stva. Osnovnye polozheniya»* [Set of rules. 47.13330.2012. Building regulations 11-02-96 “Engineering surveys for construction. Basic principles”], Moscow, Russia.
11. Ushakova E.S. (2014), “Snow surveying as an indirect method of environmental assessment”, *Materials of the X scientific-practical conference of young specialists in Moscow*, Moscow, Russia, pp. 93–95.
12. Ushakova E.S. (2013), “The use of snow surveying as part of environmental engineering surveys (for example, BKPRU-2)”, *Materials of the International Youth Scientific Forum "Lomonosov-2013"*, Moscow, Russia, [Electronic resource]. M.: MAX Press.
13. Khayrulina E.A., Nikiforova E.M., Voronchikhina E.A. (2011), “Transboundary pollution impact on biogeochemical transformation of taiga-mountain landscapes”, *Theoretical and Applied Ecology*, no. 1, pp. 61–68.
14. Chagina N.B., Aivazova E.A., Ivanchenko N.L., Varakin E.A., Sobolev N.A. (2016), “Heavy metals in snow cover of Arkhangelsk and evaluation of their influence on population health”, *Northern Arctic Federal University Bulletin. Series Natural Sciences*, no. 4., pp.57–68.
15. Shishkin M.A., Lapteva A.K. (2009), *Ekologo-geohimicheskij analiz sovremennyh landshaftov Prikam'ya* [Ecological and geochemical analysis of modern landscapes of Prikamye], Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia.
16. Galitskaya I.V. Rummyantseva N.A. (2012), “Snow-cover contamination in urban territories (Lefortovo district, Moscow)”, *Annals of Glaciology*, V. 53(61), pp. 23–26.
17. Grigalavičienė I., Rutkoviėnė V., Marozas V. (2005), “The Accumulation of Heavy Metals Pb, Cu and Cd at Roadside Forest Soil”, *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 14, no. 1., pp. 109–115.
18. Siudek P., Frankowski M., Siepak J. (2015), “Trace element distribution in the snow cover from an urban area in central Poland”, *Environmental Monitoring and Assessment*, no.187: 225.

Экология и природопользование
Ушакова Е.С., Пузик А.Ю., Караваева Т.И.

19. Zgłobicki, W., Telecka, M. & Skupiński, S. (2019), "Assessment of short-term changes in street dust pollution with heavy metals in Lublin (E Poland) - levels, sources and risks", *Environmental Science Pollution Research*, Res 26, pp. 35049–35060.

Поступила в редакцию: 19.06.2019

Сведения об авторах

Евгения Сергеевна Ушакова

младший научный сотрудник
НИЛ биогеохимии техногенных ландшафтов,
Естественнаучный институт Пермского
государственного национального
исследовательского университета;
614990, Россия, г. Пермь,
ул. Генкеля, д. 4

e-mail: ushakova.evgeniya@gmail.com

Алексей Юрьевич Пузик

младший научный сотрудник
НИЛ биогеохимии техногенных ландшафтов,
Естественнаучный институт Пермского
государственного национального
исследовательского университета;
614990, Россия, г. Пермь,
ул. Генкеля, д. 4

e-mail: alex.puzik@mail.ru

Татьяна Ивановна Караваева

старший научный сотрудник
НИЛ экологической геологии,
Естественнаучный институт Пермского
государственного национального
исследовательского университета;
614990, Россия, г. Пермь, ул. Генкеля, д. 4

e-mail: georisk@psu.ru

About the authors

Evgenia S. Ushakova

Junior Researcher, Technogenic landscape
biogeochemistry Research Laboratory, Natural
Sciences Institute of Perm State University;
4, Genkel st., Perm, 614990, Russia

Alexey Yu. Puzik

Junior Researcher, Technogenic landscape
biogeochemistry Research Laboratory, Natural
Sciences Institute of Perm State University;
4, Genkel st., Perm, 614990, Russia

Tatiana I. Karavaeva

Senior Researcher, Technogenic landscape
biogeochemistry Research Laboratory, Natural
Sciences Institute of Perm State University;
4, Genkel st., Perm, 614990, Russia

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Ушакова Е.С., Пузик А.Ю., Караваева Т.И. Оценка микроэлементного состава снежного покрова Березниковского городского округа (Пермский край) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2020. №2(53). С. 130–140. doi 10.17072/2079-7877-2020-2-130-140.

Please cite this article in English as:

Ushakova E.S., Puzik A.Yu., Karavaeva T.I. Microelement composition of the snow cover in the Berezniki urban district (Perm region) // Geographical bulletin. 2020. №2(53). P. 130–140. doi 10.17072/2079-7877-2020-2-130-140.