

Инженерная геология, мерзловедение и грунтоведение

УДК 551.510.42 (571.56-25)

DOI 10.31242/2618-9712-2020-25-1-4

Загрязнение атмосферы города Якутска взвешенными веществами

В.Н. Макаров, Н.В. Торговкин

*Институт мерзлотоведения Сибирского отделения РАН, Якутск, Россия
makarov@mpi.ysn.ru*

Аннотация. Определены основные физико-химические свойства (содержание химических элементов, минералогический и гранулометрический состав) взвешенных веществ в атмосфере Якутска. На территории города было проведено геохимическое изучение почв, снежного покрова и взвешенных веществ (ВВ) в приземной атмосфере. Поступающие в приземную атмосферу ВВ полидисперсны и представляют собой совокупность твердых частиц разного размера. Около 70 % количества ВВ в атмосфере относится к собственно пыли, аэросуспензии занимают 20 %, средне-мелкодисперсные – около 10 %. В полидисперсных ВВ присутствуют токсичные элементы: Мп, Со, Си, Cd, Pb, Zn. Экологически наиболее опасны средне-мелкодисперсные частицы ВВ с высоким содержанием элементов 1 и 2 классов токсичности Cd, Pb и Си. Среднегодовые концентрации ВВ в воздухе города в 1,8 раза выше санитарных норм. Взвешенные вещества (пыль и аэрозоли) пагубно воздействуют на здоровье человека.

Ключевые слова: городская атмосфера, взвешенные частицы, дисперсность, микроэлементы, токсичность.

Благодарности. Авторы благодарят ООО «Группа Компаний Синет» за материальную и информационную поддержку наших исследований.

Введение

Загрязнение воздуха является одной из основных причин смертности во всем мире. Точная оценка его пространственного и временного распределения является обязательной для проведения эпидемиологических исследований, способных оценить долгосрочные (например, ежегодные) и краткосрочные (например, ежедневные) последствия для здоровья.

Загрязняющие воздух взвешенные вещества (ВВ) – это дым, сажа, пыль и капельки жидкости, образующиеся при хозяйственной деятельности (сгорании топлива) и присутствующие в воздухе. Способность ВВ неблагоприятно влиять на здоровье человека была замечена еще многие столетия назад, но только исследованиями последних лет доказана серьезная угроза здоровью людей при их воздействии. Так, достоверно установлена связь между уровнем ВВ в атмосферном воздухе и увеличением суточной смертности [1]. Взвешенные частицы могут быть причиной биологического загрязнения воздуха, т. е. содержать вредные микроорганизмы, включаю-

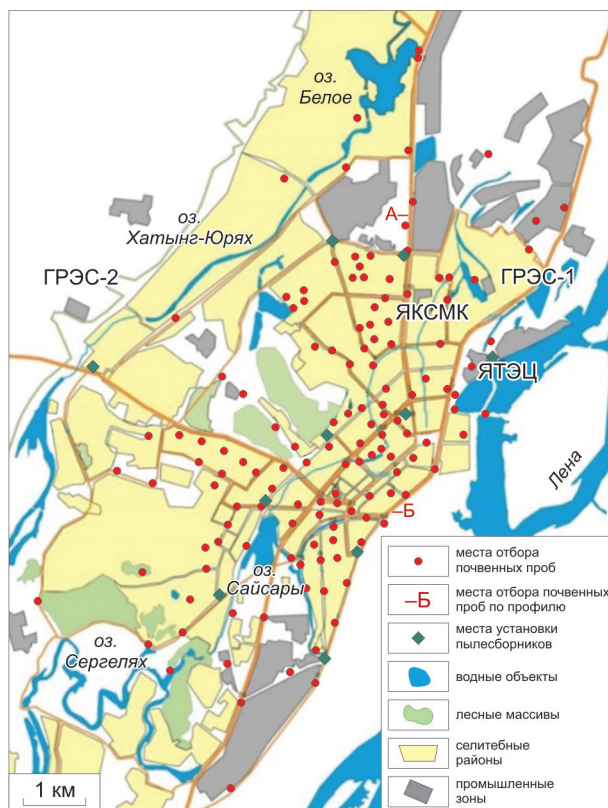
щие бактерии, вирусы и грибки. Считается, что ингаляционный (через легкие) путь поступления загрязнений в организм наиболее опасный [2].

Методика исследований

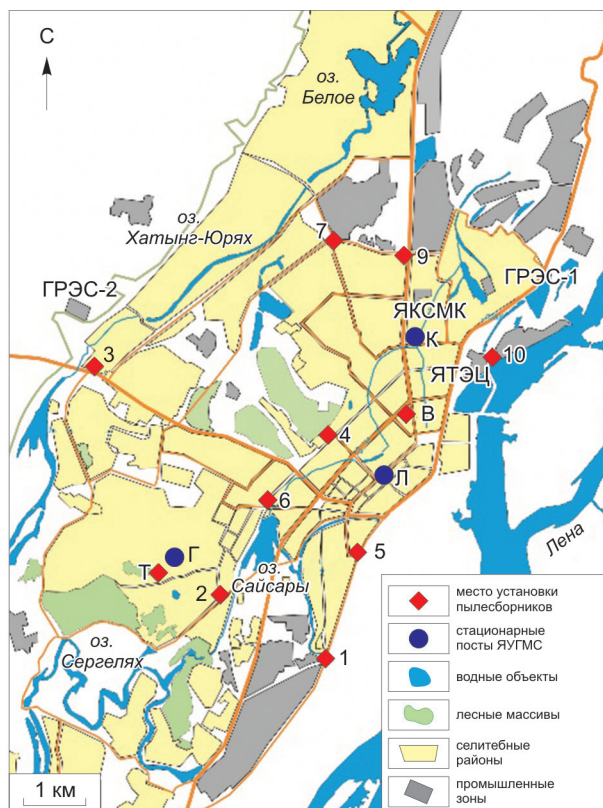
Для получения информации о количестве, происхождении и химическом составе ВВ Якутска авторами в 2018–2019 гг. на территории города было проведено геохимическое изучение почв, снега и пыли в приземной атмосфере.

Почвенный покров является основным источником поступления загрязнителей в атмосферу и одновременно одним из депонов веществ-загрязнителей. Основные пути попадания загрязняющих веществ в почвогрунты города: эоловый перенос и выпадение атмосферных осадков. Уровень накопления химических элементов в почвах связан с их концентрацией в выпадениях, объемом выпадений и с продолжительностью их поступлений.

Для выявления качественных и количественных особенностей химического состава городских почв в 2018 г. было отобрано 180 литохимических проб (рис. 1).



Литохимическое опробование
Lithochemical testing



Расположение пылесборников
Location of dust collectors

Рис. 1. Схема фактического материала.

Fig. 1. Scheme of the actual material.



Рис. 2. Пылесборники на территории города

a – пылесборник в районе речного порта; *б* – Стационар «Туймаада».

Fig. 2. Dust collectors in the city

a – a dust collector in the area of the river port; *б* – The Tuymaada training ground.

Для исследования запыленности приземной атмосферы на территории города было установ-

лено 10 пылесборников (рис. 2, *a*). Сбор пыли происходил в период с 17 июля по 15 октября

2019 г. Фоновый пункт наблюдений находился на стационаре «Туймаада» ИМЗ СО РАН (рис. 2, б).

Содержание ВВ в зимней атмосфере города изучалось путем определения количества пылевых выпадений в снежном покрове. Снежный покров как естественный накопитель дает действительную величину сухих и влажных выпадений в холодный сезон и может служить индикатором атмосферного загрязнения [3].

Также были использованы данные Якутской УГМС о концентрации ВВ в атмосферном воздухе на территории г. Якутск.

Аналитическая обработка геохимических проб проведена в лаборатории подземных вод и геохимии криолитозоны Института мерзлотоведения СО РАН (аналитики Л.Ю. Бойцова, Е.С. Петрова, О.В. Шепелева), в Центральной геологической лаборатории АО «Якутскгеология» и в Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (г. Черноголовка, Московская обл.).

Минералогический состав ВВ определен в лаборатории общей геокриологии ИМЗ СО РАН ведущим инженером И.В. Климовой.

Геохимические пробы направлялись на химический, приближенно-количественный атомно-эмиссионный спектральный, атомно-абсорбционный и масс-спектрометрический анализы. Все определения проводились по методикам, включенным в Государственный реестр методик количественного химического анализа.

Результаты и обсуждение

Взвешенные вещества представляют собой собирательное понятие, включающее твердые частицы, атмосферные аэрозоли, непосредственно поступающие в воздух, и те частицы, которые образуются в процессе превращения газов. Размер частиц в воздухе колеблется от 0,01 до 100 мкм. Крупные частицы размером больше 10 мкм осаждаются быстрее и улавливаются, в основном, при очистке. Мельчайшие частицы от 0,01 до 0,1 мкм определяются в большинстве случаев в небольшом количестве проб воздуха. Среди мелкой фракции частиц, которые накапливаются в воздухе и могут переноситься на большие расстояния, преобладают частицы размером от 0,1 до 2,5 мкм.

Уровень загрязнения ВВ, измеряемый обычно в микрограммах на кубический метр, является одним из важнейших показателей качества воз-

духа, которым дышат люди. Взвешенные вещества – недифференцированная по составу пыль (аэрозоль), содержащаяся в воздухе населенных пунктов; показатель вредности – резорбтивное действие, класс опасности – 3, на уровне таких токсичных металлов как V, W, Mn, Ge и др. Установленная величина ПДК (мг/м³) ВВ атмосфере: максимальная разовая (ПДК_{мр}) – 0,5, среднесуточная (ПДК_{сс}) – 0,15 [4].

Концентрация ВВ в приземной атмосфере города измерена Якутским УГМС на трех стационарных постах (пр. Ленина, ул. Кальвица и Гимеин). Загрязнение атмосферного воздуха оценивалось при сравнении фактических концентраций примесей (в мг/м³) с ПДК – предельно допустимыми концентрациями, установленными Минздравсоцразвития России [4]. Концентрация взвешенных веществ в воздухе города в течение десятилетнего периода (2008–2018 гг.) постоянно превышает ПДК_{сс}. Среднегодовые концентрации ВВ в течение этого времени были в 1,8 раза выше санитарных норм, в летний период – в 2,1, зимний – в 1,6 раза (рис. 3).

Опасность ВВ определяется не только их количеством в атмосфере, но и физико-химическими свойствами.

По данным анализа материала, собранного пылесборниками, ВВ в приземной атмосфере Якутска полидисперсны и представляют собой совокупность твердых частиц разного размера. В разных частях города дисперсный состав ВВ в основном относится к собственно пыли, фракция РМ₁₀₋₁₀₀ занимает около 70 % объема ВВ (РМ – аббревиатура «particulate matter», цифра показывает содержание всех частиц диаметром 10–100 мкм). Частицы крупной фракции РМ_{>100} –

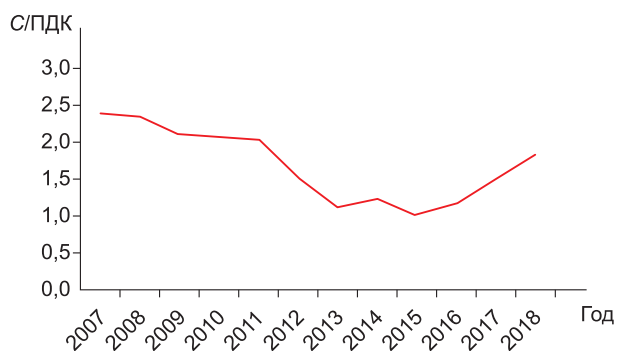


Рис. 3. Концентрация взвешенных веществ в приземной атмосфере Якутска (по данным Якутского УГМС).

Fig. 3. The concentration of suspended solids in the surface atmosphere of Yakutsk (according to the Yakut UGMS).

аэроусуспензии, на территории города распределяются неравномерно, составляя в среднем около 20 % количества ВВ, но в местах высокой транспортной нагрузки объем крупной фракции возрастает до 43 %. Частицы PM_{10} – средне-мелкодисперсной фракции распределены наиболее равномерно, их количество в среднем составляет около 10 % ВВ. Адсорбируя на своей поверхности токсичные вещества, PM_{10} могут находиться во взвешенном состоянии несколько суток и переноситься на десятки (иногда сотни) километров от источника воздействия, представляя серьезную угрозу для здоровья населения [5]. Частицы этой фракции наиболее опасны, поскольку могут проникать в глубокие отделы легких, вплоть до альвеол и задерживаться там. Подсчитано, что альвеол достигает около 10 % вдыхаемых пылинков, а 15 % заглатывается со слюной.

С повышением дисперсности пыли увеличивается поверхность частиц, создается большая площадь соприкосновения мелких пылевых частиц с тканью легких, повышаются их хими-

ческая активность и сорбционная способность. Пылевые частицы сорбируют своей поверхностью газы, пары, радиоактивные вещества, ионы, свободные радикалы и др. Вдыхание с пылью токсических веществ усиливает вредное действие пыли.

Минералогический состав основной массы ВВ (PM_{10-100}) в атмосфере города представлен в легкой фракции: кварцем и карбонатами (по 36 %) и полевым шпатом (24 %); в тяжелой: преимущественно амфиболами (49 %), эпидотом и пироксенами (по 10–11 %), ильменитом и гранатами (около 7 %).

Наблюдается значимая корреляционная связь во ВВ между аномалиями ряда тяжелых металлов и минералами тяжелой фракции: гидроокислами железа и моноклинными пироксенами.

Минералогический состав снеговой пыли (PM_{10}) сложен в основном карбонатами (около 70 %), углистыми соединениями (15 %), включениями кварца и полевого шпата (10 %) и ожелезненного (?) растительного детрита (5 %). В твердой фазе снега по сравнению с составом летних ВВ существенно уменьшилось поступление в атмосферу из почвы, покрытой снегом, кварца и полевого шпата; вследствие отопительного сезона возросло количество углистых соединений.

Основная масса атмосферной пыли формируется в результате выдувания материала придорожных почв, применения противогололедной песчаной подсыпки, выпадений аэрозолей из атмосферы, воздействия транспортных средств и инфраструктуры.

Объем выпадений ВВ из атмосферы на фоновом пункте наблюдений (станция «Туймаада» ИМЗ СО РАН) с июля и до конца 2019 г. изменялся в пределах от максимальных в теплое время 0,009–0,019 до минимальных значений в октябре–декабре после выпадения снега 0,001–0,004 г/(м²·сут.). В среднем величина выпадения ВВ из атмосферы на фоновом пункте наблюдений в период действия пробоотборников с 17 июля по 15 октября 2019 г. была равна 0,013 г/(м²·сут.).

Поступление из ВВ атмосферы на территории города в теплое время года (июль–октябрь 2019 г.) оказалось на два порядка выше фоновых значений и составляла в среднем 5 г/(м²·сут.) (медиана – 4,3). Диапазон выпадения ВВ изменялся от 1,6 в районе речного порта до 8–9 г/(м²·сут.) в районах высокой транспортной нагрузки – улицы Лермонтова, Жорницкого (рис. 4).

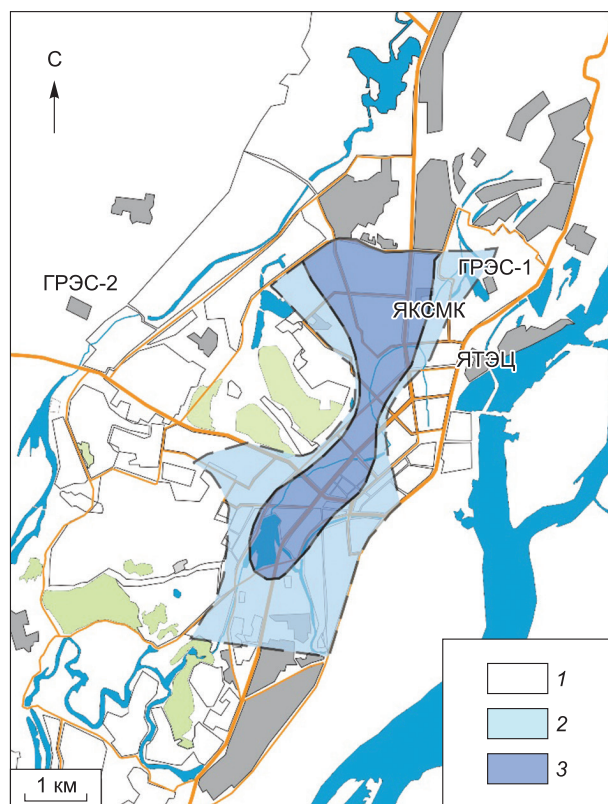


Рис. 4. Объем выпадения ВВ из атмосферы, г/(м²·сутки)
1 – менее 2; 2 – 2–5; 3 – 5–9.

Fig. 4. The volume of SS from the atmosphere, g/(m²·day)
1 – less than 2; 2 – 2–5; 3 – 5–9.

Важное значение имеет химический состав ВВ, обуславливающий раздражающее, токсическое, аллергическое, канцерогенное действие на организм. ВВ, насыщенные токсичными элементами, быстро проникают в организм и вызывают острые отравления.

Химический состав выпадающих из атмосферы частиц сильно различается в зависимости от их размера и происхождения. Типоморфный комплекс микроэлементов в составе частиц ВВ различной крупности неоднороден и различается в наиболее распространенных (PM_{10-100}) и наиболее экологически опасных (PM_{10}) гранулометрических фракциях (рис. 5).

Во фракции PM_{10-100} наблюдается преимущественное присутствие сидерофильных (Ti, Mn, Co, Ni, W), поступающих в атмосферу в комплексе с минералами группы железа, и халькофильных (Zn, Ga, Sn) элементов. В более дисперсных частицах (PM_{10}) концентрируются литофильные (Sc, Cr, Y) и экологически наиболее опасные халькофильные (Cu, Cd, Pb) элементы. Остаются инертными, присутствующими примерно в равных концентрациях в различных фракциях ВВ, литофильные породообразующие элементы (Be, V, Nb, Mo).

Состав халькофильных элементов, концентрирующихся в окружающей среде Якутска, близок к наблюдаемому в других зонах урбанизации (табл. 1).

Как в PM_{10-100} , так и в PM_{10} присутствуют элементы третьего (Mn), второго (Co, Cu) и даже первого (Cd, Pb, Zn) класса опасности. Содержание большинства этих элементов во ВВ ниже санитарных норм для почв населенных пунктов. Концентрация даже такого распростра-

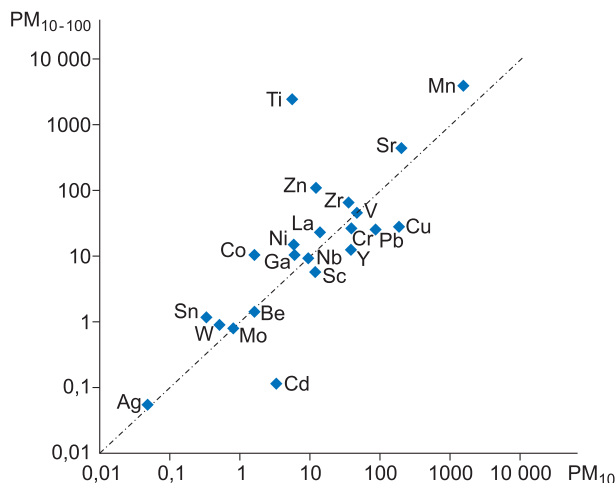


Рис. 5. Соотношение микроэлементов во ВВ приземной атмосферы, мг/кг (фракции PM_{10-100} и PM_{10}).

Fig. 5. The ratio of trace elements in the explosive surface atmosphere, mg/kg (fractions PM_{10-100} and PM_{10})

ненного в почвах города металла, как свинец, в большинстве проб пылевой фракции PM_{10-100} не достигает уровня ПДК_{почв}. Содержание других опасных токсикантов (Zn, As) во всех пробах ВВ превышает санитарные нормы для почв (табл. 2).

Особенно неблагоприятны с санитарно-экологической точки зрения дисперсные ВВ, составляющие около 10 % приземной атмосферы города, в которых накапливаются Cd, Pb и Cu (ул. Лермонтова, Жорницкого на пересечении с окружным шоссе).

Важно отметить, что в PM_{10} доля биологически доступных форм токсичных металлов Ag, Co, Mn, Mo и Sb составляет 40–60 %, Cu, Ni и Zn – 60–80 %, а Cd, Pb и Tl – более 80 % [7].

Таблица 1
Микроэлементы-концентраторы во взвешенных веществах атмосферы, почве и снеге

Table 1

Trace elements in suspended atmospheric substances, soil and snow

Компоненты окружающей среды	Якутск	Города [5]
Снег, пыль ($PM_{<10}$)	Be, Y, Sc, Cr, Cu, Cd, Pb	V, Cr, Mn, Zn, Cu, Se, Pb, Ni, Cd, Pt, Pd, Rd
Пыль (PM_{10-100})	Ti, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, Sr, Zr, Sn, La	Zn, Pb, As, Cr, Sb, Cu, Ni, Sn, Sr, Cd, Mo, Ag
Почвы	Li, Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, As, Nb, Mo, Ag, Sn, W, Pb, Hg, Cu	Zn, Pb, As, Cr, Sb, Cu, Ni, Ti, Mn, V, Sn, Cd, Mo, Ag, Hg

Таблица 2

Распределение химических элементов во ВВ приземной атмосферы Якутска, мг/кг

Table 2

Distribution of chemical elements in SS of the surface atmosphere of Yakutsk, mg/kg

Химические элементы	Содержание				Стандарт. отклон.	ПДК _{почв} [6]
	Миним.	Максим.	Среднее арифм.	Среднее геомет.		
Li	11,31	14,98	13,01	12,96	1,19	50-100
Be	1,33	1,67	1,47	1,47	0,10	-
Sc	4,85	7,08	5,87	5,82	0,89	-
V	35,00	58,22	45,89	45,38	7,30	150
Cr	16,38	42,03	26,90	25,99	7,51	100
Co	6,93	16,33	10,81	10,33	3,49	5
Ni	12,78	17,51	15,17	15,12	1,36	50
Cu	12,94	40,71	28,51	26,79	9,50	33
Zn	77,19	157,41	111,49	108,32	28,15	55
As	2,43	3,94	3,19	3,15	0,57	2-10
Ag	0,020	0,267	0,063	0,041	0,079	-
Cd	0,071	0,208	0,115	0,107	0,050	0,5-2
Sn	0,714	1,733	1,198	1,166	0,293	50
Sb	0,649	2,600	1,620	1,477	0,647	4.5
W	0,750	1,140	0,923	0,915	0,129	-
Pt	0,004	0,045	0,021	0,016	0,014	-
Pb	21,5	37,0	26,883	26,481	7,44	32
Hg	0,008	0,020	0,013	0,013	0,015	2,1
Tl	0,300	0,390	0,333	0,332	0,074	10
Th	3,700	10,600	5,683	5,337	0,930	-

Закключение

Одним из существенных экологических факторов состояния окружающей среды является загрязнение атмосферы. Считается, что ингаляционный (через легкие) путь поступления загрязнений в организм наиболее опасен, так как загрязнения попадают сразу внутрь организма, сильнее происходит и усвоение токсичных веществ. К группе загрязнителей окружающей среды, пагубно воздействующих на здоровье человека, относятся видимые загрязнения: взвешенные вещества (пыль и аэрозоли), источниками которых являются в основном пыление почв, выбросы объектов энергетики и выхлопные газы автомобилей.

Загрязнение атмосферного воздуха Якутска взвешенными веществами ежегодно превышает санитарные нормы в среднем в 1,8 раза, а в летний период – в 2,1 раза.

Поступающие в приземную атмосферу ВВ полидисперсны и представляют собой совокупность твердых частиц разного размера. Наиболее опасны средне-мелкодисперсные РМ₁₀, составляющие около 10 % объема ВВ в атмосфере города и способные проникать в глубокие отделы легких, вплоть до альвеол.

Определен химический состав различных гранулометрических фракций ВВ, распространенных в атмосфере города. Как в пылевых, так и в средне-мелкодисперсных ВВ присутствуют токсичные элементы: Mn, Co, Cu, Cd, Pb, Zn. Особенно неблагоприятны с санитарно-экологической точки зрения средне-мелкодисперсные частицы с высоким содержанием элементов 1 и 2 классов токсичности Cd, Pb и Cu, формирующие аномалии в приземной атмосфере ряда районов города.

Высокие темпы урбанизации, рост численности населения и автомобилизации привели к за-

грязнению атмосферного воздуха Якутска, формированию специфической среды и техногенных аномалий загрязняющих веществ. Чистота воздуха — один из основных факторов качества жизни, и одной из первоочередных задач окружной администрации Якутска является разработка и реализация программы борьбы с запыленностью территории города.

Литература

1. Ревич Б.А., Быков А.А. Оценка риска смертности населения России от техногенного загрязнения воздушного бассейна // Проблемы прогнозирования. М. 1989. Вып. 3. С. 147–162.
2. Константинов А.П. Экология и здоровье: опасности мифические и реальные // Экология и жизнь. 2012. № 8. С. 86–88.

3. Геохимия снежного покрова Якутии / В.Н. Макаров, Н.Ф. Федосеев, В.И. Федосеева. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1990. 152 с.

4. ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. М.: Минздрав России, 2003 (с изменениями 03.11.05 и 02.02.08).

5. *Urban airborne particulate matter: origin, chemistry, fate and health impacts* / Eds.: F. Zereini, C.L.S. Wiseman. Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. 656 p.

6. *National Emissions Inventory 2014*. United States Environmental Protection Agency, 2014. URL: <https://www.epa.gov/air-emissions-inventories/2014-national-emissions-inventory-nei-data> (дата обращения: 15.05.2019).

7. Falta T., Limbeck A., Koellensperger G., Hann S. Bioaccessibility of selected trace metals in urban PM_{2.5} and PM₁₀ samples: a model study // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2008 No. 390. P. 1149–1157.

Поступила в редакцию 29.01.2020

Принята к публикации 04.03.2020

Об авторах

МАКАРОВ Владимир Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Россия, 677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 36,

<http://orcid.org/0000-0002-6086-886X>, Makarov@mpi.ysn.ru;

ТОРГОВКИН Николай Владимирович, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Россия, 677010, Якутск, ул. Мерзлотная, 36, <https://orcid.org/0000-0003-2799-1468>, nick1805torg@gmail.com.

Информация для цитирования

Макаров В.Н., Торговкин Н.В. Загрязнение атмосферы города Якутска взвешенными веществами // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2020, Т. 25, № 1. С. 43–50. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2020-25-1-4>

DOI 10.31242/2618-9712-2020-25-1-4

Pollution of atmosphere in Yakutsk by suspended substances

V.N. Makarov, N.V. Torgovkin

Permafrost Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia
makarov@mpi.ysn.ru

Abstract. *The main physicochemical properties (content of chemical elements, mineralogical and granulometric composition) of suspended solids in the atmosphere of Yakutsk sampled in the summer of 2019 were determined on the territory of the city, a geochemical study of suspended solids (SS) in the surface atmosphere, soil and snow cover was carried out. SS entering the surface atmosphere are polydisperse and comprise a combination of solid particles of different sizes. About 70 % of the amount of SS in the atmosphere is related to dust itself, aerosuspensions account for 20 %, and medium-finely dispersed suspended*

particles account for about 10%. Polydisperse SS contain toxic elements: Mn, Co, Cu, Cd, Pb, Zn. The most environmentally hazardous particles are medium-finely dispersed ones with a high content of elements of the 1st and 2nd classes of toxicity: Cd, Pb, and Cu. The average annual concentration of SS in the air of the city is 1.8 times higher than the sanitary standards. Suspended substances (dust and aerosols) adversely affect human health.

Key words: urban atmosphere, suspended particles, dispersion, trace elements, toxicity.

Acknowledgements. Authors thank LLC Gruppa Kompaniy SINET for material and informational support of our research.

References

1. Revich B.A., Bykov A.A. Assessment of the risk of mortality of the Russian population from industrial pollution of the air basin // *Forecasting Problems*. 1989. No. 3. P. 147–162.
2. Konstantinov A.P. Ecology and health: mythical and real dangers // *Ecology and Life*. 2012. No. 8. P. 86–88.
3. *The geochemistry of the snow cover of Yakutia* / V.N. Makarov, N.F. Fedoseev, V.I. Fedoseev. Yakutsk: Institute of permafrost SB AS USSR, 1990. 152 p.
4. GN 2.1.6.1338-03 Maximum allowable concentrations (MPC) of pollutants in the atmospheric air of populated areas. M.: Ministry of Health of Russia, 2003 (with changes 03.11.05 and 02.02.08).
5. *Urban airborne particulate matter: origin, chemistry, fate and health impacts* / Eds.: F. Zereini, C.L.S. Wiseman. Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. 656 p.
6. *National Emissions Inventory 2014*. United States Environmental Protection Agency, 2014. URL: <https://www.epa.gov/air-emissions-inventories/2014-national-emissions-inventory-nei-data> (дата обращения: 15.05.2019).
7. Falta T., Limbeck A., Koellensperger G., Hann S. Bioaccessibility of selected trace metals in urban PM_{2.5} and PM₁₀ samples: a model study // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2008 No. 390. P. 1149–1157.

About the authors

MAKAROV Vladimir Nikolaevich, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, chief researcher, Melnikov Permafrost Institute SB RAS, 36 Merzlotnaya st., Yakutsk, 677010, Russia, <http://orcid.org/0000-0002-6086-886X>, Makarov@mpi.ysn.ru;

TORGOVKIN Nikolai Vladimirovich, candidate of geological and mineralogical sciences, researcher, Melnikov Permafrost Institute SB RAS, 36 Merzlotnaya st., Yakutsk, 677010, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-2799-1468>, nick1805torg@gmail.com.

Citation

Makarov V.N., Torgovkin N.V. Pollution of atmosphere in Yakutsk by suspended substances // *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2020, Vol. 25, N 1. P. 43–50. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2020-25-1-4>