

УДК 535.4(-032.1)(98)

АТМОСФЕРНАЯ ВЗВЕСЬ НЕБОЛЬШОГО АРКТИЧЕСКОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ САЛЕХАРДА И ЛАБЫТНАНГИ)

К.С.Голохваст¹, Н.В.Ефимова², Т.А.Елфимова², В.А.Дрозд¹, В.В.Чайка¹

¹Дальневосточный федеральный университет, 690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

²Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований, 665827, г. Ангарск, 12а микрорайон, 3

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена исследованию атмосферных взвесей арктических населенных пунктов – г. Салехард и Лабытнанги с помощью метода лазерной гранулометрии. Показано, что приземный слой атмосферного воздуха небольших городов и сел содержит взвешенные частицы трех основных размерных классов: менее 10, 10-50 и более 700 мкм. Наиболее часто встречаются потенциально опасные для здоровья человека частицы размером менее 10 мкм (от 17,6 до 55,7%). На втором месте по частоте обнаружения находятся частицы от 10 до 50 мкм. Крупные частицы (от 400 мкм и выше) встречаются менее часто.

Ключевые слова: атмосферные взвеси, Арктика, микроразмерное загрязнение.

SUMMARY

ATMOSPHERIC SUSPENSION OF THE SMALL ARCTIC CITY (AT THE EXAMPLE OF SALEKHARD AND THE LABYTNANGI)

K.S.Golokhvast¹, N.V.Efimova², T.A.Elifimova², V.A.Drozd¹, V.V.Chaika¹

¹Far Eastern Federal University, 8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russian Federation

²East-Siberian Institute of Medical-Ecological Studies, 3 Mkr 12a, Angarsk, 665827, Russian Federation

The article is devoted to the research of atmospheric suspensions of the Arctic settlements – Salekhard and Labytnangi by the method of laser granulometry. It is shown that the weighed particles of three main dimensional classes are contained in the lowest layer of atmospheric air in small cities and villages: they are less than 10, 10-50 and more than 700 microns. Most often there are particles less than 10 microns in size (from 17.6 to 55.7%) and they are potentially hazardous to the human health. The particles from 10 to 50 microns take the second place in the frequency of detection. Large particles (from 400 microns and above) are found less often.

Key words: atmospheric suspensions, Arctic, microdimensional pollution.

Арктика – одна из самых важных и «хрупких» экологических систем планеты. Экологические проблемы Арктики могут стать из региональных планетарными. С 1989 по 1991 годы были проведены консультации, которые стали основой для Стратегии по защите окружающей среды Арктики (АЕПС). Документ подписали восемь арктических стран – Канада, Дания, Финляндия, Исландия, Норвегия, Российская Федерация, Шве-

ция и США. В 1996 г. страны арктического региона подписали Оттавскую декларацию и образовали Арктический совет [10].

Были приняты важнейшие документы, среди которых Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП). В частности, в ЮНЕП выделяются основные экологические проблемы Арктического региона [5]:

- изменение климата и таяние арктических льдов;
- загрязнение вод северных морей стоками нефти и химических соединений, а также морским транспортом;
- сокращение популяции арктических животных и изменение их среды обитания.

В Арктике существует Международная сеть наземных исследований и мониторинга INTERACT. Эта программа была предложена существующей сетью полевых станций, расположенных во всех восьми странах Арктики. Многочисленные исследования свидетельствуют о значительном загрязнении объектов окружающей среды и накопленном экологическом ущербе на территориях Арктики [2, 4, 11, 12]. Установлено, что в северных районах холодный период года характеризуется частыми инверсиями, штилями и другими метеорологическими феноменами, снижающими возможность рассеивания и естественного разбавления примесей, поступающих в атмосферный воздух в зонах производственной деятельности [8].

Атмосферное загрязнение арктических населенных пунктов важная государственная задача и именно поэтому целью данной работы стала оценка гранулометрического состава частиц взвесей, которые содержатся в снеге малых арктических городов – Салехард и Лабытнанги.

Материалы и методы исследования

Пробы отбирались в двух населенных пунктах (рис. 1): г. Салехард и г. Лабытнанги (Ямало-Ненецкий автономный округ).

Города Салехард (население на 1.01.2015 г. – 48313 человек) и Лабытнанги (26549 человек), расположены на восточных склонах Полярного Урала на, соответственно, правом и левом берегах Оби [3, 6].

Точки отбора снеговых осадков определены с учетом основных источников эмиссии – автомагистрали, котельные и промышленные предприятия (табл. 1).

Атмосферные осадки в виде снега отбирались в конце холодного сезона года (март) 2015 года. Пробы, во избежание вторичного загрязнения антропогенными аэрозолями, отбирались во время снегопадов. Собирался только верхний слой (5–10 см) свежеснеговывающего снега с площади 1 м². Отбор (n=3) проводился без использования подложки, поскольку слой снега состав-

лял в момент отбора более 20 см. Для чистоты эксперимента снег помещали в стерильные контейнеры вместимостью 3 л. Когда снег в контейнерах полностью растаивал (объем растопленной пробы составлял 390-400 мл), из каждого образца после взбалтывания набирали по 60 мл жидкости и анализировали на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTec plus (Fritsch, Германия).

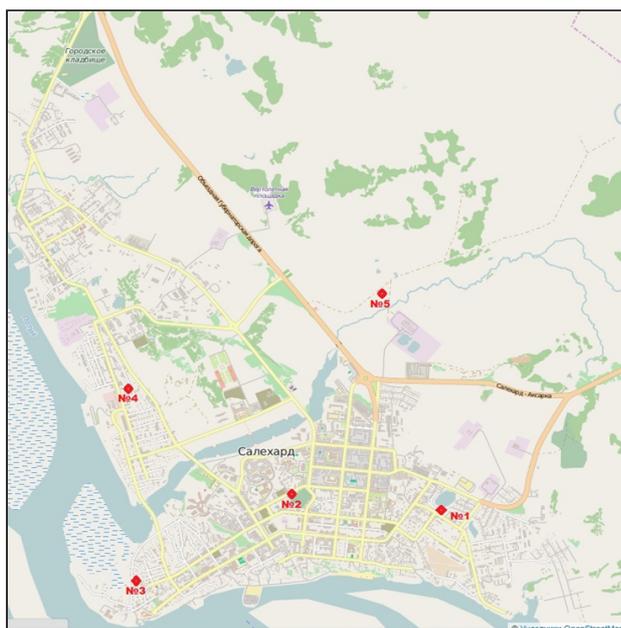
Исследования проводились с использованием оборудования ЦКП «Межведомственный центр аналитического контроля состояния окружающей среды» ДВФУ.

Результаты исследования и их обсуждение

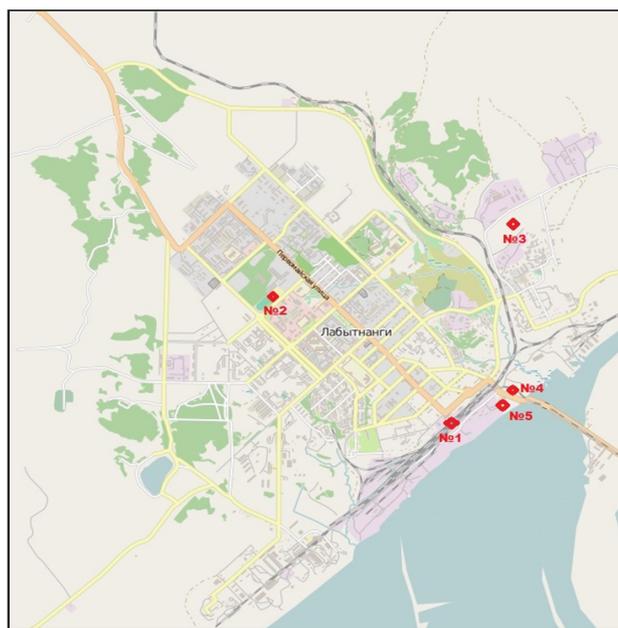
Частицы менее 10 мкм (первые два класса) обнаружены во всех точках отбора в г. Салехард в долях от 2,6 до 31,1% (табл. 2).

Стоит отметить, что наиболее выраженным в долевым аспекте по всем исследованным населенным пунктам является 3-й размерный класс – от 10 до 50 мкм. В различных частях города доля частиц этого класса колеблется от 6,7 до 44,9%.

Как видно из данных таблицы 3, частицы размером менее 10 мкм (первые два класса) обнаруживаются во всех точках отбора в г. Лабитнанги в долях от 2,2 до 45,2% (табл. 3).



А



Б

Рис. 1. Карта-схема городов, где производились отборы: а) Салехард, б) Лабитнанги. Участник OpenStreetMap.

Таблица 1

Станции отбора снеговых проб

Точка отбора	Место отбора
<i>Салехард</i>	
1С	ул. Глазкова (жилой массив на берегу озера)
2С	ул. Ямальская (лесопарковая зона города)
3С	ул. Лесозаводская (жилой массив, расположенный недалеко от консервного завода)
4С	ул. Королева (школьный двор)
5С	фоновая точка – 6 км за пределами города
<i>Лабитнанги</i>	
1Л	Вокзал (100 м от железнодорожного полотна)
2Л	ул. Студенческая и ул. Дзержинского (жилой массив)
3Л	ул. Клубная (двор школы №2)
4Л	5 км за пределами поселка 1-2 м от автомобильной трассы
5Л	фоновая точка – 5 км за пределами поселка и в удалении на 100 м от автомобильной трассы

Таблица 2

Характеристика классов частиц в пробах снега из различных районов Салехарда

Класс	Диаметр, мкм	Распределение частиц по классам, %				
		1С	2С	3С	4С	5С
1	менее 1	3,7	3,6	4	2,9	2,6
2	1-10	24,7	29,8	31,1	25,5	20,8
3	10-50	20,3	23	44,9	27	6,7
4	50-100			6,6		
5	100-400			1,3		
6	400-700	3,4	12,8	5,8	12	4,5
7	более 700	46,9	30,8	6,3	32,6	65,4
Средний арифметический диаметр, мкм		474,41	352,18	104,85	365,94	653,73
Мода, мкм		911,59	800,52	19,73	800,52	911,59

Таблица 3

Характеристика классов частиц в пробах снега из различных районов Лабытнанги

Класс	Диаметр, мкм	Распределение частиц по классам, %				
		1Л	2Л	3Л	4Л	5Л
1	менее 1	3,7	4	3,3	15,8	2,2
2	1-10	45,2	39,5	33,5	39,9	15,4
3	10-50	33,3	18,5	34,5	3,3	2,8
4	50-100					
5	100-400					
6	400-700	3,8	9,9	1,5	9,3	13,2
7	более 700	14	28,1	27,2	31,7	66,4
Средний арифметический диаметр, мкм		153,25	313,34	272,41	335,82	679,25
Мода, мкм		6,13	800,52	911,59	826,95	854,25

Скорее всего, источником этих частиц в небольших населенных пунктах являются небольшие предприятия теплоэнергетики, работающие на угле, и автомобили. Типовая гистограмма размеров частиц в пробе, отобранной в жилом массиве в Салехарде, подтверждает данный вывод (рис. 2).

В целом стоит отметить, что самые крупные частицы взвесей предсказуемо содержатся в воздухе парковых и селитебных зон, рассматриваемых как «фоновые» (рис. 3).

К сожалению, только в одной точке из всех исследованных населенных пунктов доля крупных частиц является ярко выраженной. В остальных районах преобладают более мелкие частицы, что является потенциально неблагоприятным прогностическим признаком и может представлять опасность для здоровья населения.

Исследования, проведенные в северных регионах, свидетельствуют о том, что наряду с природными и климатическими условиями, на состояние здоровья на-

селения большое влияние может оказывать антропогенное загрязнение окружающей среды [8, 12]. Так, высокая степень загрязнения атмосферного воздуха в Республике Саха (Якутия) определяется повышенным присутствием в окружающей среде: формальдегида, бенз(а)пирена и диоксида азота в г. Нерюнгри; формальдегида, бенз(а)пирена, фенола и взвешенных веществ в г. Якутске. Среднегодовые концентрации указанных ингредиентов превышают ПДК в 1,1-3,2 раза [7]. На территории Кольского полуострова в холодный период года существенно возрастает повторяемость погодных-климатических условий, при которых происходит увеличение содержания вредных веществ и твердых частиц в приземном слое атмосферного воздуха: при температуре ниже -17°С максимально-разовые концентрации основных поллютантов могут превышать ПДК_{мр} до 10 раз [9]. Полученные материалы свидетельствуют о том, что загрязнение окружающей среды приводит к накоплению токсичных элементов в биологических матрицах [1, 2, 12]. Модифи-

фицирующее действие химических факторов даже при малой интенсивности способствует формированию неспецифических биологических эффектов, основой которых выступает нарушение гомеостаза организма вследствие дисбаланса системы метаболических, нейроруморальных, иммунных, генетических и других ме-

ханизмов. Результатами развития так называемого синдрома экологически обусловленного снижения резистентности организма являются увеличение показателей заболеваемости населения и ухудшение течения заболеваний [8].

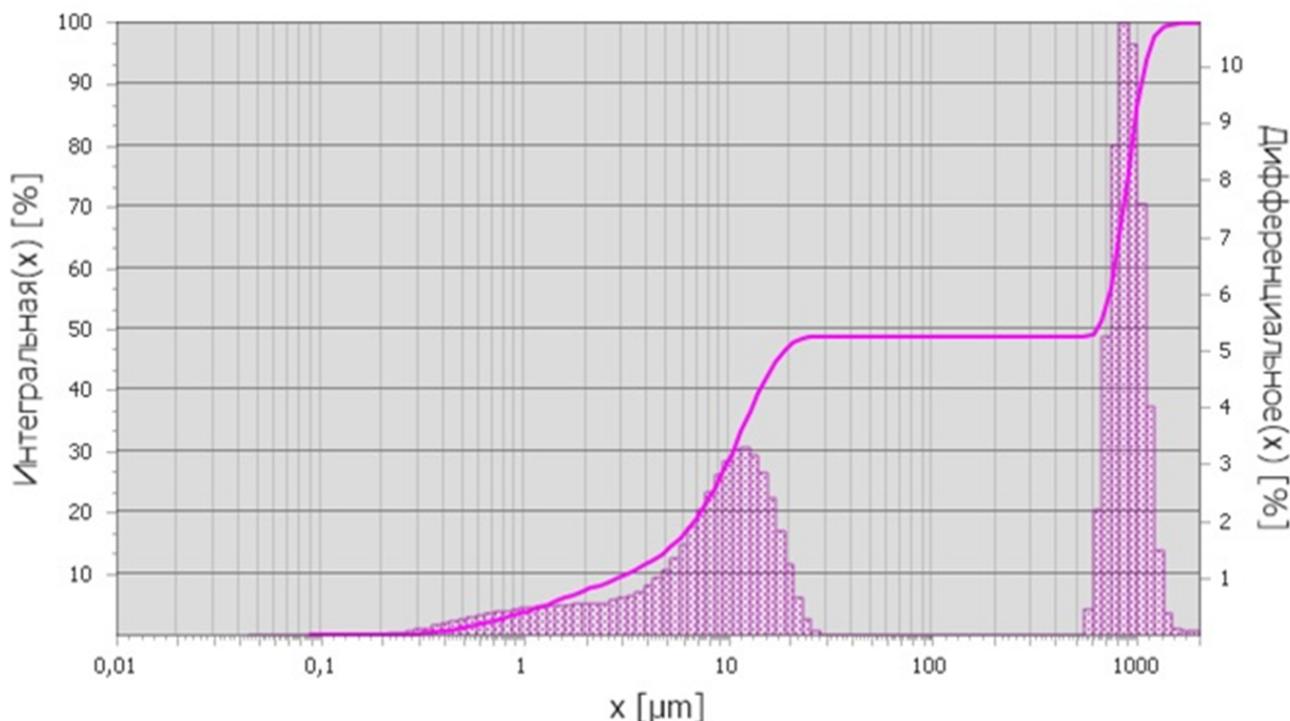


Рис. 2. Типовая гистограмма долей частиц взвесей в образце снеговой воды, собранной в Салехарде в районе ул. Глазкова (точка 1С).

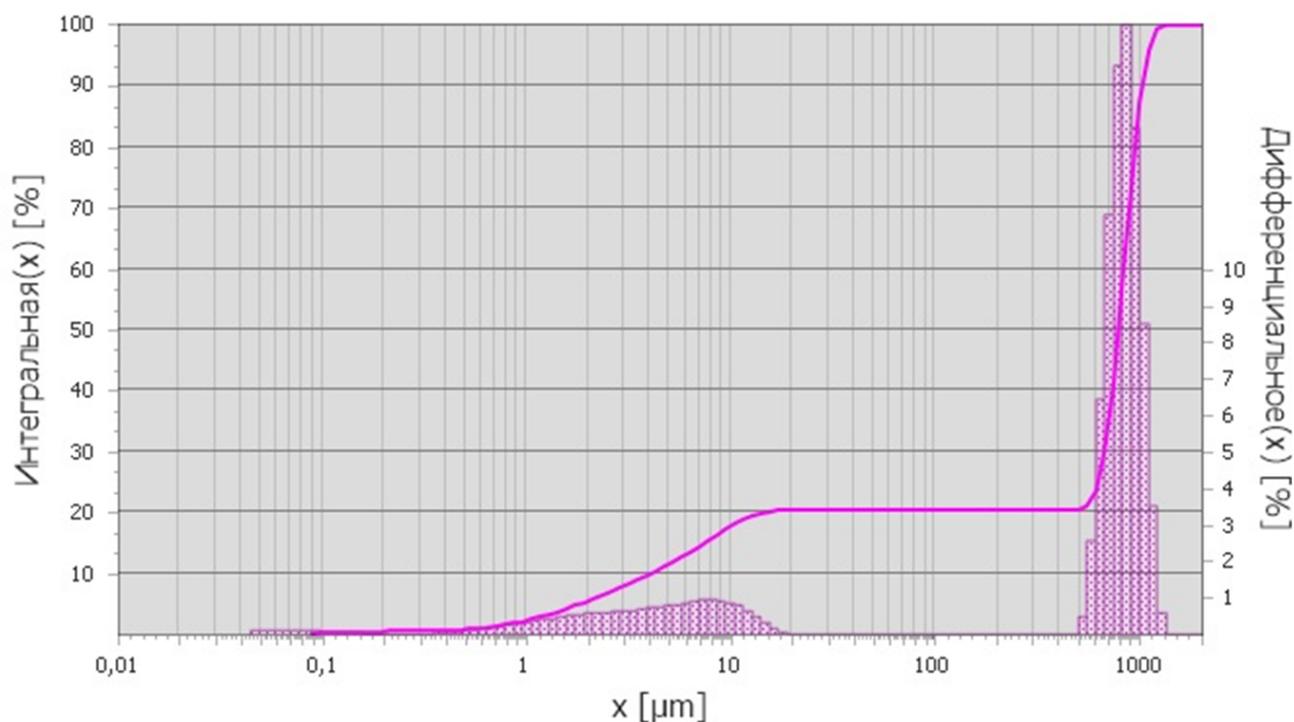


Рис. 3. Типовая гистограмма долей частиц взвесей в образце снеговой воды, собранной в пригородной зоне Лабытнанги (точка 5Л).

Заключение

Необходимо сделать вывод о том, что атмосфера небольших заполярных населенных пунктов содержит

значимую долю частиц, опасных для здоровья человека (менее 10 мкм) – от 17,6 до 55,7%.

Доля PM10 меньше, чем в крупных городах, где ис-

точником загрязнения атмосферы являются в первую очередь автомобили, но при этом данная фракция в малых населенных пунктах преобладает над всеми размерными классами. На втором месте идут не менее потенциально опасные частицы размерами от 10 до 50 мкм. Предположительно эти более крупные частицы также имеют техногенную (небольшие котельные, горнодобывающие предприятия) природу. Более подробно данный вопрос будет изучен с помощью сканирующей электронной микроскопии и опубликован позднее.

В связи с вышеперечисленными данными, нам кажется необходимым ввести постоянный мониторинг за микроразмерным загрязнением атмосферы арктических городов.

Работа частично выполнена при поддержке Научного Фонда ДВФУ (№13-06-0318-м а), Министерства образования и науки Российской Федерации (RFMEFI59414X0006) и предусматривалась планом работ по Программе Фундаментальных исследований РАН «Поисковые научные исследования в интересах развития арктической зоны Российской Федерации» АЗ РФ-44П.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агбальян Е.В. Содержание тяжелых металлов и риск для здоровья населения на Ямальском Севере // Гигиена и санитария. 2012. №1. С.14–16.
2. Дударев А.А. Персистентные полихлорированные углеводороды и тяжелые металлы в арктической биосфере: основные закономерности экспозиции репродуктивное здоровье коренных жителей // Биосфера. 2009. Т.1, №2. С.186–202.
3. Лабытнанги. Сайт муниципального образования. URL: <http://adminlbt.ru/>
4. Проблема накопленного экологического ущерба на территории Ямало-Ненецкого автономного округа: современное состояние / И.Л.Манжуров, О.В.Астафьева, С.Е.Дерягина, К.Л.Антонов // Проблемы региональной экологии. 2014. №2. С.52–57.
5. Программа ООН по окружающей среде. URL: <http://www.un.org/ru/ga/unep/>
6. Салехард. Сайт муниципального образования. URL: <http://www.salekhard.org/>
7. Семенова Н.П. Состояние атмосферного воздуха и заболеваемость населения Республики Саха (Якутия) // Экология человека. 2013. №12. С.14–19.
8. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике / В.П.Чашин, А.Б.Гудков, О.Н.Попова, Ю.О.Одланд, А.А.Ковшов // Экология человека. 2014. №1. С.3–12.
9. Воздействие промышленных загрязнений атмосферного воздуха на организм работников, выполняющих трудовые операции на открытом воздухе в условиях холода / В.П.Чашин, С.А.Сюрин, А.Б.Гудков, О.Н.Попова, А.Ю.Воронин // Мед. труда и пром. экология. 2014. №9. С.20–26.
10. Экология Арктики: Русское географическое общество. URL: <http://old.rgo.ru/2010/04/ekologiya-arktiki/>

11. 2,2-bis(4-Chlorophenyl)Acetic Acid (DDA), a Water-Soluble Urine Biomarker of DDT Metabolism in Humans / Z.Chen [et al.] // Int. J. Toxicol. 2009. Vol.28, №6. P.528–533.

12. Public health and the effects of contaminants / A.Gilman [et al.] // AMAP Assessment 2009: Human Health in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme. Oslo, Norway, 2009. P.143–189.

REFERENCES

1. Agbalyan E.V. *Soderzhanie tyazhelykh metallov i risk dlya zdorov'ya naseleniya na Yamal'skom Severe* [The content of heavy metals in foodstuffs and a health risk to the North Yamal population]. *Gigiya i sanitariya – Hygiene and Sanitary* 2012; 1:14–16 (in russian).
2. Dudarev A.A. *Persistentnye polikhlorirovannye uglevodороды i tyazhelye metally v arkticheskoy biosfere: osnovnye zakonernosti ekspozitsiii reproduktivnoe zdorov'e korennykh zhiteley* [Persistent polychlorinated hydrocarbons and heavy metals in the Arctic biosphere: main regularities of an exposition reproductive health of aboriginals]. *Biosfera – Biosphere* 2009; 1(2):186–202 (in russian).
3. Labytangi city. Official website: <http://adminlbt.ru/> (in russian).
4. Manzhurov I.L., Astafyeva O.V., Deryagina S.E., Antonov K.L. *Problema nakoplennoy ekologicheskoy ushcherba na territorii Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga: sovremennoe sostoyanie* [The issue of accumulated ecological damage in the territory of the Yamalo-Nenets Autonomous Area: current state]. *Problemy regional'noy ekologii – Regional Environmental Issues* 2014; 2:52–57 (in russian).
5. United Nations Environment Program. Available at: www.un.org/ru/ga/unep/
6. Salekhard city. Official website: www.salekhard.org/ (in russian).
7. Semenova N.P. *Sostoyanie atmosfernogo vozdukha i zaboлеваemost' naseleniya Respubliki Sakha (Yakutiya)* [Atmospheric air state and morbidity among population in Republic of Sakha (Yakutia)]. *Ekologiya cheloveka – Human Ecology* 2013; 12:14–19 (in russian).
8. Chashchin V.P., Gudkov A.B., Popova O.N., Odland J.O., Kovshov A.A. *Kharakteristika osnovnykh faktorov riska narusheniy zdorov'ya naseleniya, prozhivayushchego na territoriyakh aktivnogo prirodopol'zovaniya v Arktike* [Description of main health deterioration risk factors for population living on territories of active nature management in the Arctic]. *Ekologiya cheloveka – Human Ecology* 2014; 1:3–12 (in russian).
9. Chashchin V.P., Siurin S.A., Goudkov A.B., Popova O.N., Voronin A.Yu. *Vozdeystvie promyshlennykh zagryazneniy atmosfernogo vozdukha na organizm rabotnikov, vypolnyayushchikh trudovye operatsii na otkrytom vozdukh v usloviyakh kholoda* [Influence of industrial pollution of ambient air on health of workers engaged into open air activities in cold conditions]. *Meditina truda i promyshlennaya ekologiya – Occupational Medicine and Industrial Ecology* 2014; 9:20–26 (in russian).

10. Arctic Ecology. Russian Geographical Society. Available at: <http://old.rgo.ru/2010/04/ekologiya-arktiki/>

11. Chen Z., Maartens F., Vega H., Kunene S., Gumedé J., Krieger R.I. 2,2-bis(4-Chlorophenyl)Acetic Acid (DDA), a Water-Soluble Urine Biomarker of DDT Metabolism in Humans. *Int. J. Toxicol.* 2009; 28(6):528–533.

12. Gilman A., Ayotte P., Berner J., Dewailly E., Dudarev A.A., Bonefeld-Jorgensen E.C., Muckle G., Odland J.Ø., Tikhonov C. Public health and the effects of contaminants. In: AMAP Assessment 2009: Human Health in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme. Oslo, Norway; 2009: 143–189.

Поступила 02.10.2015

*Контактная информация
Кирилл Сергеевич Голохваст,
доктор биологических наук,*

*заместитель директора по развитию Школы естественных наук,
доцент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере Инженерной школы,
Дальневосточный федеральный университет,
690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8.*

E-mail: droopy@mail.ru

Correspondence should be addressed to

Kirill S. Golokhvast,

PhD (physiology), D.Sc. (ecology),

Deputy Director on Development of Natural Sciences School,

Associate Professor of Department of Safety in Technosphere of Engineering School,

Far Eastern Federal University,

8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690990, Russian Federation.

E-mail: droopy@mail.ru