

УДК 614.715(571.15):502.4

DOI: 10.12737/article\_5b18c048ee8bb1.50831562

## ИЗУЧЕНИЕ АТМОСФЕРНОЙ ВЗВЕСИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ АЛТАЙСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

В.А.Дрозд<sup>1</sup>, Ю.Н.Калинкин<sup>2</sup>, И.В.Серёдкин<sup>1,3</sup>, В.В.Чайка<sup>1</sup>, К.С.Голохваст<sup>1,3</sup><sup>1</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет», 690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8<sup>2</sup>Алтайский государственный природный биосферный заповедник, 649000, г. Горно-Алтайск, пер. Набережный, 1<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения РАН, 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7

## РЕЗЮМЕ

В работе приведены результаты исследования методом лазерной гранулометрии частиц атмосферных взвесей, содержащихся в снеге северной части Алтайского заповедника, собранного зимой 2016 года. Результаты исследования свидетельствуют о том, что север Алтайского заповедника является относительно благополучной с экологической точки зрения территорией. В атмосфере опасные для живых организмов микрочастицы (размером до 10 мкм) содержались в незначительном количестве и не превышали 19,1%. Вместе с тем наибольшая концентрация мелкодисперсных частиц наблюдается в местах проживания человека, что указывает на антропогенную причину образования этих частиц.

*Ключевые слова:* атмосферные взвеси, экология, Алтайский заповедник, микрочастицы.

## SUMMARY

## STUDY OF ATMOSPHERIC PARTICLES OF THE NORTHERN PART OF ALTAI NATURE RESERVE

V.A.Drozhd<sup>1</sup>, Yu.N.Kalinkin<sup>2</sup>, I.V.Seryodkin<sup>1,3</sup>, V.V.Chaika<sup>1</sup>, K.S.Golokhvast<sup>1,3</sup><sup>1</sup>Far Eastern Federal University, 8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russian Federation<sup>2</sup>Altai State Nature Biosphere Reserve, 1 Naberezhniy Lane, Gorno-Altai, 649000, Russian Federation<sup>3</sup>Pacific Geographical Institute Far Eastern Branch RAS, 7 Radio Str., Vladivostok, 690041, Russian Federation

The paper presents the results of laser granulometry study of atmospheric particles contained in the snow in the northern part of Altai State Nature Biosphere Reserve collected in winter 2016. The results of the study prove that the north of the Alay nature reserve is relatively safe ecologically. Harmful for living beings microparticels (of no more than 10 μm in size) were in the atmosphere in a limited number and were no more than 19.1%. At the same time the maximal concentration of fine substances was observed in places of a man living, which proves an anthropogenic cause of particles formation.

*Key words:* atmospheric suspensions, ecology, Altai Nature Reserve, microparticles.

Одной из важнейших проблем, касающихся природных заповедников, является оценка и моделирование [18] негативного антропогенного воздействия на особо охраняемые территории. В связи с этим проводятся мероприятия по оценке загрязнения природных сред, таких как вода [14], почва [3] и воздух [2]. Отдельно стоит выделить исследования, направленные на изучение содержания радионуклидов в природной среде [13, 15].

Особый интерес для изучения представляет трансграничный перенос взвешенных частиц по воздуху. Подобные исследования позволяют оценить вклад в общую картину загрязнения атмосферы не только от местных источников, но и от удаленных, в том числе находящихся в других странах [1, 2, 16].

Ранее мы изучали атмосферные взвеси в ряде особо охраняемых природных территорий Дальнего Востока и Сибири: заповеднике Бастак [8, 9, 10], федеральном памятнике природы «Липовый остров» [7], Ботчинском заповеднике [6], Сихотэ-Алинском заповеднике [19], Норском заповеднике [4], Зейском заповеднике [5] и Хинганском заповеднике [12]. Данная работа, проведенная в северной части Алтайского государственного биосферного заповедника, продолжает цикл работ по изучению атмосферных взвесей и загрязнения на особо охраняемых природных территориях.

## Материалы и методы исследования

Алтайский государственный природный биосферный заповедник как особо охраняемая природная территория в Алтайских горах был основан в 1932 году. Заповедник является частью объекта всемирного наследия ЮНЕСКО «Золотые горы Алтая», принадлежит к числу крупнейших заповедников в России: его площадь составляет более 870 тыс. га. Создавался заповедник с целью сохранения флоры и фауны региона, а также сохранения исторических памятников, оставшихся от народов, проживающих на данной территории [17].

Пробы на территории заповедника отбирались в феврале/марте 2016 года в северной его части, на побережье Телецкого озера (рис. 1, табл. 1).

Пробы (атмосферные осадки в виде снега), во избежание вторичного загрязнения антропогенными аэрозолями, отбирались во время снегопадов [11]. Собирались только верхний слой (5-10 см) свежевыпавшего снега с площади 1 м<sup>2</sup>. Отбор 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» Дальневосточного федерального университета.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Гранулометрический анализ частиц атмосферной взвеси проводился по нашей классификации [7].

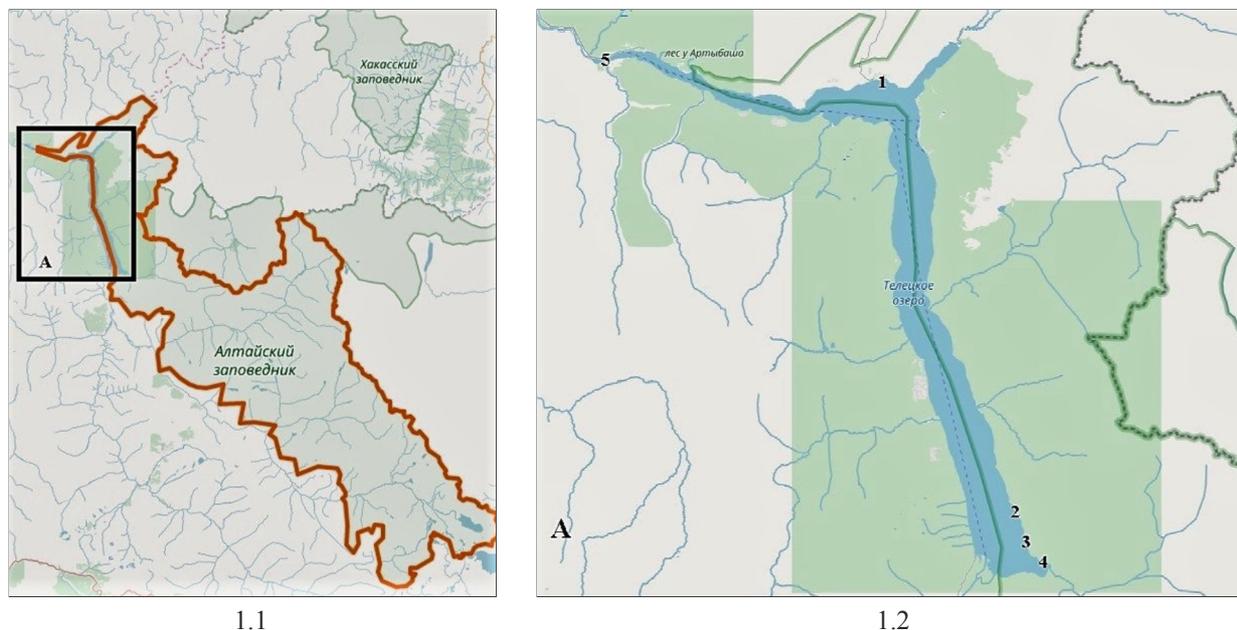


Рис. 1. Карта-схема точек отбора проб снега на территории Алтайского заповедника: 1.1) схема Алтайского заповедника с выделенной зоной А – территорией исследования; 1.2) зона А – зона отбора проб по побережью Телецкого озера. © Участники OpenStreetMap.

**Таблица 1**

**Точки отбора проб снега в северной части Алтайского заповедника**

№ точки отбора	Место отбора пробы
1	Алтайский заповедник, Турачакский район, пос. Яйлю, в ограде частного дома
2	Алтайский заповедник, Улаганский район, пос. Беле, в ограде частного дома
3	Алтайский заповедник, Улаганский район, м. Аранак, березово-лиственничный лес
4	Алтайский заповедник, Улаганский район, кордон Чири
5	Турачакский район, пос. Артыбаш, в ограде частного дома

**Таблица 2**

**Распределение частиц по фракциям в пробах снега из различных точек Алтайского заповедника**

Класс	Ø, мкм	Доля частиц в разных точках отбора, %				
		1	2	3	4	5
1	менее 1	0,2	1,5	0,4	0,4	0,9
2	1-10	4,4	27,5	10,0	18,7	11,0
3	10-50	1,4	17,9	5,0	8,7	10,4
4	50-100	0	0	0	0	0
5	100-400	9,0	0,2	7,8	2,8	4,4
6	400-700	25,3	3,0	14,9	9,2	11,0
7	более 700	59,7	49,9	61,9	60,2	62,3

Как видно из данных таблицы 2, самые мелкие по размеру частицы (менее 1 мкм) присутствуют во всех точках в незначительных количествах (рис. 2).

Частицы второго размерного класса отмечены в

значимых количествах лишь во 2-й и 4-й точках отбора (27,5 и 18,7%, соответственно). Во всех других точках отбора проб концентрация мелкодисперсной взвеси не превышала 11% (рис. 3).

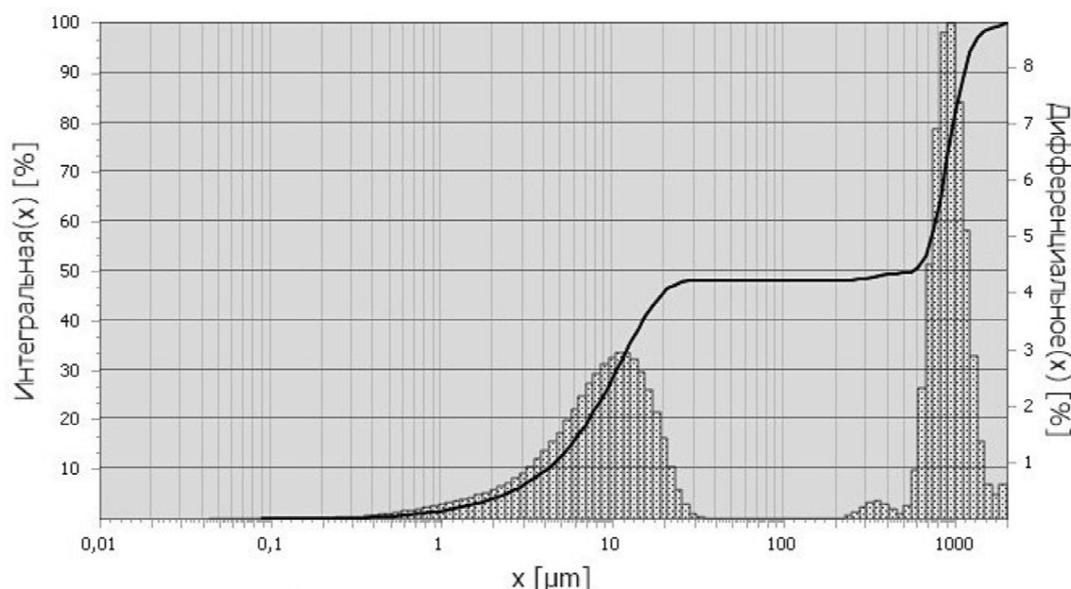


Рис. 2. Типовая гистограмма долей частиц взвесей в образце снеговой воды, собранной в точке 2 (пос. Беле в Алтайском заповеднике).

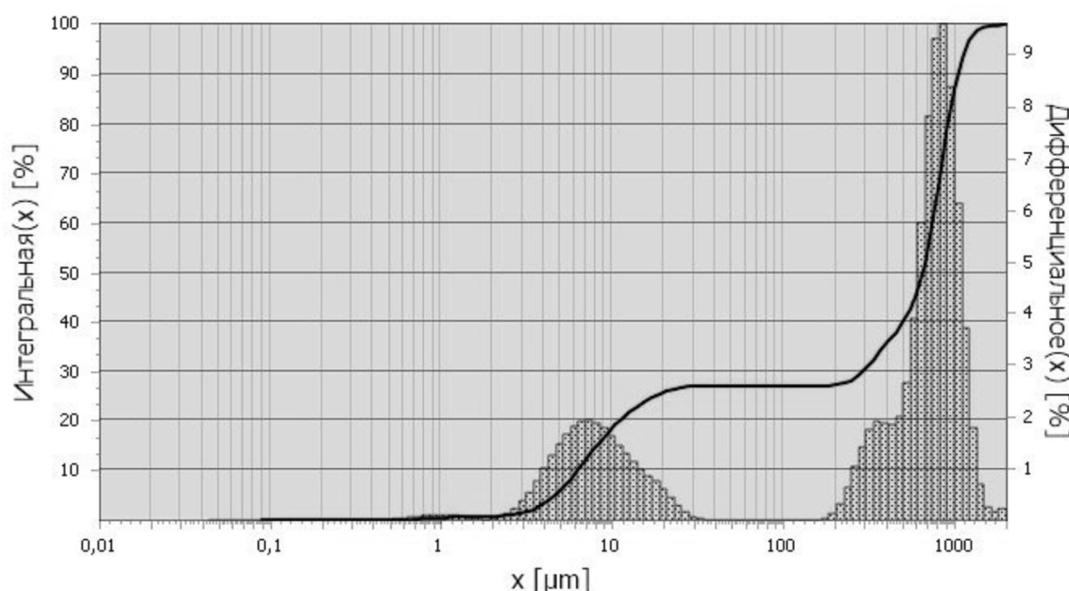


Рис. 3. Типовая гистограмма долей частиц взвесей в образце снеговой воды, собранной в точке 4 (кордон Чири в Алтайском заповеднике).

В целом стоит отметить, что доля крупных частиц (более 400 мкм) во всех пробах составила от 52,9 до 81%.

Результаты исследования проб снега методом лазерной гранулометрии свидетельствуют о том, что север Алтайского заповедника является относительно благополучной с экологической точки зрения территорией. Данное обстоятельство особенно важно, поскольку заповедник – уникальное место обитания редких видов животных. В атмосфере опасные для живых организмов микрочастицы (размером до 10 мкм) содержались в незначительном количестве и не превышали 19,1%.

Исследование не выявило связи между степенью

антропогенного воздействия и загрязнением мелкими частицами атмосферы в отдельных точках отбора проб снега. Так, наибольшее количество мелкодисперсных частиц было обнаружено в точках 2 (пос. Беле) и 4 (кордон Чири). Тем не менее, эти две точки расположены в местах с относительно небольшой антропогенной нагрузкой (отсутствие автомобилей, небольшое количество живущих людей). В точках отбора проб снега, где антропогенная нагрузка была выше, доля частиц размером менее 10 мкм была относительно низкой: 4,6% в пос. Яйлю (точка 1) и 11,9% в пос. Артыбаш (точка 5).

В связи с постоянно меняющимися климатиче-

скими и антропогенными условиями желательнее вести мониторинг загрязнения атмосферы Алтайского заповедника микрочастицами.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова А.А., Замбер Н.С., Кутенков С.А., Шевченко В.П. Источники тяжелых металлов, накапливающихся в кустистых эпифитных лишайниках Карелии // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. №5. С.274. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6962>

2. Виноградова А.А., Иванова Ю.А. Антропогенное загрязнение природных сред в районе Костомукшского заповедника (Карелия) при дальнем переносе аэрозольных примесей в атмосфере // *Оптика атмосферы и океана*. 2011. Т.24, №06. С.493–501.

3. Геннадиев А.Н., Цибарт А.С. Факторы и особенности накопления пирогенных полициклических ароматических углеводородов в почвах заповедных и антропогенно-измененных территорий // *Почвоведение*. 2013. №1. С.32–41.

4. Голохваст К.С., Червова Л.Н., Кодинцев В.В., Чайка В.В., Памирский И.Э. Первые сведения о гранулометрическом составе атмосферных взвесей Норского государственного заповедника (Амурская область) по данным загрязнения снежного покрова // *Проблемы региональной экологии*. 2015. №3. С.110–113.

5. Голохваст К.С., Червова Л.Н., Кодинцев В.В., Чайка В.В., Памирский И.Э. Первые сведения о гранулометрическом составе атмосферных взвесей Зейского государственного заповедника (Амурская область) по данным загрязнения снежного покрова // *Проблемы региональной экологии*. 2015. №3. С.71–74.

6. Голохваст К.С., Костомаров С.В., Костомарова И.В., Никифоров П.А., Чайка В.В., Середкин И.В., Чекрыжов И.Ю., Романова Т.Ю., Карабцов А.А. Состав атмосферных взвесей Ботчинского государственного заповедника (Хабаровский край) по данным загрязнения снежного покрова // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2014. Т.22, №5. С.437–443.

7. Голохваст К.С., Куприянов А.Н., Манаков Ю.А., Чайка В.В., Никифоров П.А., Автомонов Е.Г., Романова Т.Ю., Карабцов А.А. Сравнение гранулометрического состава атмосферных взвесей Караканского угольного кластера и федерального памятника природы «Липовый остров» по данным загрязнения снежного покрова // *Проблемы региональной экологии*. 2014. №3. С.65–70.

8. Голохваст К.С., Ревуцкая И.Л., Лонкина Е.С., Никифоров П.А., Гульков А.Н., Христофорова Н.К. Гранулометрический анализ взвешенных частиц в снеге г. Биробиджана и государственного заповедника «Бастак» // *Вода: химия и экология*. 2013. №2. С.116–123.

9. Голохваст К.С., Ревуцкая И.Л., Лонкина Е.С., Никитина А.В., Соломенник С.Ф., Романова Т.Ю. Нано- и микроразмерное загрязнение атмосферы заповедника «Бастак», вызванное влиянием города Биробиджана // *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2016. Вып.61. С.36–41.

10. Голохваст К.С., Ревуцкая И.Л., Лонкина Е.С., Чекрыжов И.Ю., Памирский И.Э., Гульков А.Н., Христофорова Н.К. Характеристика состава атмосферных взвесей государственного заповедника «Бастак» // *Экология человека*. 2013. №5. С.24–28.

11. Голохваст К.С., Христофорова Н.К., Кику П.Ф., Гульков А.Н. Гранулометрический и минералогический анализ взвешенных в атмосферном воздухе частиц // *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2011. Вып.40. С.94–100.

12. Кодинцев В.В., Чайка В.В., Кутай В.Е., Захаренко А.М., Дрозд В.А., Памирский И.Э., Голохваст К.С. Изучение микроразмерного загрязнения атмосферы Хинганского заповедника (Амурская область) с помощью метода ультразвуковой очистки хвои // *Экология урбанизированных территорий*. 2017. №1. С.6–11.

13. Кондратьев И.И., Скалыга О.Р. Атмосферный трансграничный перенос цезия-137 с терригенной пылью азиатских пустынь на юг Дальнего Востока // *География и природные ресурсы*. 2011. №2. С.32–38.

14. Ломакин П.Д., Трощенко О.А., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А. Характеристика загрязнения прибрежных вод Карагадского заповедника по данным оптических измерений // *Геология и полезные ископаемые мирового океана*. 2011. №4. С.76–84.

15. Михайловская Л.Н., Молчанова И.В., Караваева Е.Н., Позолотина В.Н., Тарасов О.В. Радиоэкологическое исследование почвенного покрова Восточно-Уральского государственного заповедника и сопредельных территорий // *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2011. Т.51, №4. С.476–482.

16. Московченко Д.В., Валеева Э.И. Содержание тяжелых металлов в лишайниках на севере Западной Сибири // *Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения*. 2011. №11. С.162–172.

17. Официальный сайт Алтайского государственного природного биосферного заповедника. URL: <http://www.altzapovednik.ru/info.aspx>

18. Потемкин В.Л., Макухин В.Л. Математическое моделирование процессов аэрозольного загрязнения в регионе озера Байкал // *Оптика атмосферы и океана*. 2005. Т.18, №1-2. С.176–179.

19. Серёдкин И.В., Чайка В.В., Сутырина С.В., Голохваст К.С. Оценка гранулометрического состава взвесей в снеге Сихотэ-Алинского заповедника и близлежащего поселка Терней // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2015. Т.17, №5. С.310–313.

### REFERENCES

1. Vinogradova A.A., Zamber N. Kutenkov S.A., Shevchenko V.P. The Sources of heavy metals accumulated in bushy epiphytic lichens of Karelia. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya* 2012; 5:274 (in Russian). Available at: [www.science-education.ru/ru/article/view?id=6962](http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6962)

2. Vinogradova A.A., Ivanova Yu.A. Anthropogenic pollution of Kostomuksha reserve (Karelia) environment under long-range atmospheric transport of aerosols. *Optika Atmosfery i Okeana* 2011; 24(06):493–501 (in Russian).

3. Gennadiev A.N., Tsi bart A.S. Pyrogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in soils of reserved and anthropogenically modified areas: Factors and features of accumulation. *Eurasian Soil Science* 2013; 46(1):28–36.

4. Golokhvast K.S., Chervova L.N., Kodintsev V.V., Chayka V.V., Pamirskiy I.E. The first data on the composition of atmospheric suspensions of the Norsky State Reserve (the Amur Region) according to pollution of snow cover. *Problemy Regional'noy Ecologii* 2015; 3:110–113 (in Russian).

5. Golokhvast K.S., Chervova L.N., Kodintsev V.V., Chaika V.V., Pamirskiy I.E. The first data on the composition of atmospheric suspensions of the Zeyskiy State Reserve (the Amur Region) according to the pollution of snow cover. *Problemy Regional'noy Ecologii* 2015; 3:71–74 (in Russian).

6. Golokhvast K.S., Kostomarov S.V., Kostomarova I.V., Nikiforov P.A., Chaika V.V., Seredkin, I.V., Chekryzhov I.Yu., Romanova T.Yu., Karabtsov A.A. Composition of Atmospheric Suspensions from the Botchinsky State Reserve (Khabarovsk Territory) from the Data on the Pollution of Snow Cover. *Khimiya v Interesakh Ustoychivogo Razvitiya* 2014; 22(5):437–443 (in Russian).

7. Golokhvast K.S., Kupriyanov A.N., Manakov A.Yu., Chayka V.V., Nikiforov P.A., Avtomonov E.G., Romanova T.Yu., Karabtsov A.A. Comparison of the granulometric structure of atmospheric suspensions of the Karakansky coal cluster and the Federal natural heritage site "Lipovy Ostrov" according to the snow cover pollution data. *Problemy Regional'noy Ecologii* 2014; 3:65–70 (in Russian).

8. Golokhvast K.S., Revutskaya I.L., Lonkina E.S., Nikiforov P.A., Gulkov A.N., Khristoforova N.K. Comparison of granulometric characteristics of suspended particles in the snow of Birobidzhan city and Federal Reserve "Bastak". *Water: Chemistry and Ecology* 2013; 2:116–123 (in Russian).

9. Golokhvast K.S., Revutskaya I.L., Lonkina E.S., Nikitin A.V., Solomennik S.F., Romanova T.Yu. Nano- and microdimensional pollution of the atmosphere of the Reserve "Bastak" caused by technogenic impact of Birobidzhan city. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* 2016; 61:36–41 (in Russian). doi: 10.12737/21445

10. Golokhvast K.S., Revutskaya I.L., Lonkina E.S., Chekryzhov I.Yu., Pamirskiy I.E., Gulkov A.N., Khristo-

forova N.K. Characteristic of atmospheric suspensions composition in State Reserve "Bastak". *Ekologiya cheloveka* 2013; 5:24–28 (in Russian).

11. Golokhvast K.S., Khristoforova N.K., Kiku P.F., Gul'kov A.N. Granulometric and mineralogic analysis of suspended particles in the air. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* 2011; 40:94–100 (in Russian).

12. Kodintzev V. V., Chayka V. V., Kutay V. E., Zakharenko A. M., Drozd V. A., Pamirskiy I. E., Golokhvast K. S. Studying of microdimensional pollution of the atmosphere of the Khingang reserve (Amur region) by means of the method of ultrasonic cleaning of needles. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy* 2017; 1:6–11 (in Russian).

13. Kondratiev I.I., Skalyga O.R. Atmospheric transboundary transport of cesium-137 with terrigenous dust from Asian deserts to the southern. *Far East Geography and Natural Resources* 2011; 32(2):126–131.

14. Lomakin P.D., Troshchenko O.A., Chepyzhenko A.I., Chepyzhenko A.A. Characterization of the pollution of coastal waters Kargatskii Reserve according to the optical measurement. *Geologiya i Poleznye Iskopaemye Mirovogo Okeana* 2011; 4:76–84 (in Russian).

15. Mikhailovskaya L.N., Molchanova I.V., Karavaeva E.N., Pozolotina V.N., Tarasov O.V. Radioecological investigation of the soil cover of eastern Urals State radioactive reserve and neighboring areas. *Radiatsionnaya biologiya, radioekologiya* 2011; 51(4):476–482 (in Russian).

16. Moskovchenko D.V., Valeeva E.I. Content of heavy metals in lichens of West Siberian North. *Vestnik Ekologii, Lesovedeniya i Landshaftovedeniya* 2011; 11:162–172 (in Russian).

17. Official site of the Altai State Nature Biosphere Reserve. *Mode of access: www.altzapovednik.ru/info.aspx*

18. Potemkin V.L., Makukhin V.L. Mathematical simulation of the processes of aerosol pollution in the Lake Baikal region. *Atmospheric and oceanic optics* 2005; 18(01-02):164–166.

19. Seryodkin I.V., Chayka V.V., Sutyryna S.V., Golokhvast K.S. Assessment of particle size distribution of suspensions in snow of Sikhote-Alin Biosphere Reserve and nearby settlement Terney. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra RAN* 2015; 17(5):310–313 (in Russian).

Поступила 17.02.2018

Контактная информация

Кирилл Сергеевич Голохваст,

доктор биологических наук,

профессор кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере Инженерной школы, научный руководитель Научно-образовательного центра по направлению нанотехнологии,

Дальневосточный федеральный университет,

690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8.

E-mail: golokhvast.ks@dvfu.ru

Correspondence should be addressed to

Kirill S. Golokhvast,

PhD, DSc, Professor of Department of Safety in Technosphere of Engineering School,

Scientific Advisor of SEC in Nanotechnology,

Far Eastern Federal University,

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

E-mail: golokhvast.ks@dvfu.ru