



DOI: 10.22363/2313-2310-2022-30-3-407-416

УДК 504.054/064.2

Научная статья / Research article

Оценка загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами как один из методов мониторинга атмосферного воздуха на примере населенных пунктов Дальнего Востока

А.И. Лукьянов ✉, Е.В. Дахова , Л.П. Майорова 

Тихоокеанский государственный университет (ТОГУ),

Хабаровск, Российская Федерация

✉008362@pnu.edu.ru

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена исследованием техногенной нагрузки посредством изучения снежного покрова в небольших населенных пунктах Дальнего Востока. Рассматривается возможность включения данного метода в систему мониторинга небольших городов Дальнего Востока как дополнительного средства оценки загрязнения атмосферного воздуха. В статье приведен анализ содержания тяжелых металлов в расплаве снега, отобранного в порту Ванино Хабаровского края. Выполнено сравнение концентрации тяжелых металлов в талой воде, полученной после таяния проб снега, с ПДКх/п, к/б и ПДКр/х. Полученные результаты свидетельствуют о превышении ПДКр/х по некоторым тяжелым металлам. Данные исследования коррелируют с предыдущими изысканиями (моделированием, расчетом пылевой нагрузки) и позволяют утверждать, что анализ снежного покрова может успешно применяться при мониторинге атмосферного воздуха для различных целей.

Ключевые слова: анализ снежного покрова, мониторинг атмосферного воздуха, тяжелые металлы, предельно допустимые концентрации

Вклад авторов: *А.И. Лукьянов* – отбор проб, обработка полученных данных и их интерпретация, написание текста; *Е.В. Дахова* – обработка полученных данных и их интерпретация, написание текста; *Л.П. Майорова* – концептуализация, критический анализ текста. Все авторы участвовали в подведении итогов и подготовке заключения.

История статьи: поступила в редакцию 12.04.2022; принята к публикации 12.05.2022.

© Лукьянов А.И., Дахова Е.В., Майорова Л.П., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Лукьянов А.И., Дахова Е.В., Майорова Л.П. Оценка загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами как один из методов мониторинга атмосферного воздуха на примере населенных пунктов Дальнего Востока // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2022. Т. 30. № 3. С. 407–416. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-407-416>

Assessment of snow cover pollution by heavy metals as one of the methods of atmospheric air monitoring on the example of settlements in the Far East

Alexey I. Lukyanov  , Ekaterina V. Dakhova , Ludmila P. Mayorova 

Pacific National University (PNU), Khabarovsk, Russian Federation

008362@pnu.edu.ru

Abstract. The relevance of the work is due to the study of technogenic load by studying snow cover in small settlements of the Far East. The possibility of including this method in the monitoring system of small cities of the Far East as an additional means of assessing atmospheric air pollution is being considered. The article presents an analysis of the content of heavy metals in the melt of snow collected in the port of Vanino in the Khabarovsk Territory. The concentration of heavy metals in meltwater obtained after melting snow samples was compared with MPCd-c of chemicals in the water of water bodies of economic, drinking and cultural water use and MPCf-s of chemicals in water of fishery significance. The results obtained indicate an excess of MPCf-s for some heavy metals. These studies correlate with previous surveys (modeling, calculation of dust load) and allow us to assert that the analysis of snow cover can be successfully used in monitoring atmospheric air for various purposes.

Keywords: analysis of snow cover, monitoring of atmospheric air, heavy metals, maximum permissible concentrations

Authors' contributions: A.I. Lukyanov – sampling, processing of the received data and their interpretation, writing the text; E.V. Dakhova – processing of the received data and their interpretation, writing the text; L.P. Mayorova – conceptualization, critical analysis of the text. All the authors participated in the summing up and preparation of the conclusion.

Article history: received 12.04.2022; accepted 12.05.2022.

For citation: Lukyanov AI, Dakhova EV, Mayorova LP. Assessment of snow cover pollution by heavy metals as one of the methods of atmospheric air monitoring on the example of settlements in the Far East. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2022;30(3):407–416. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-407-416>

Введение

Существующая в ряде городов Дальнего Востока система мониторинга атмосферного воздуха устарела и требует модернизации. В существующих условиях наиболее актуальными являются автоматические системы онлайн мониторинга, которые имеют ряд достоинств: высокая скорость получения и обработки информации, сведение данных от постов в едином центре управления, удобство анализа и передачи данных. Основными недостатками

являются высокая цена и сложность оборудования. Такими системами контролируются, как правило, распространенные газообразные вещества (диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота и т.д.) и сумма взвешенных веществ. Определение тяжелых металлов (ТМ) в режиме онлайн стоит очень дорого и не всегда целесообразно. Для этих целей разумно применять другие методы, одним из которых является анализ снежного покрова, который успешно применяется и на Дальнем Востоке.

Снежный покров является индикатором загрязнения природной среды, так как в нем накапливаются поллютанты, поступающие в атмосферу в результате выбросов от техногенных источников и автотранспорта. Накопление загрязняющих веществ от стационарных источников соответствует их распределению в снежном покрове, согласно розе ветров. В [1] показано, что степень загрязнения снежного покрова четко коррелирует с загрязнением атмосферного воздуха.

Взаимоотношение между сухими и влажными выпадениями зависит от многих факторов, главными из которых являются длительность холодного периода, частота снегопадов и их интенсивность, физико-химические свойства загрязняющих веществ, размер аэрозолей.

В связи с большой интенсивностью процессов влажного вымывания для регионального и глобального загрязнения доля сухих выпадений обычно составляет 10–30 %. Однако вблизи локальных источников при больших выбросах грубодисперсных аэрозолей картина меняется на обратную, т.е. на долю сухих выпадений приходится от 70 до 90 % [2]. При образовании и выпадении снега концентрация загрязняющих веществ в нем оказывается на 2–3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе [3]. Поэтому измерения содержания этих веществ могут производиться достаточно простыми методами и с высокой степенью надежности.

Анализ снежного покрова разными авторами применяется для решения различных задач, в том числе при оценке воздействия на здоровье человека тяжелых металлов через сравнение концентрации в расплаве и твердой фазе с коэффициентами опасности [4], определении и сравнении техногенной нагрузки на окружающую среду [5], но чаще всего – для долговременных наблюдений и отслеживания динамики загрязнения различными поллютантами (чаще всего тяжелыми металлами) [6–8].

Исследование снежного покрова позволяет решить проблему количественного определения суммарных параметров загрязнения (сухих и влажных выпадений).

Загрязнение снежного покрова происходит в два этапа:

- 1) загрязнение снежинок во время их образования в облаке и выпадения на местность – влажное выпадение загрязняющих веществ со снегом;
- 2) загрязнение уже выпавшего снега в результате сухого выпадения загрязняющих веществ из атмосферы, а также их поступление из подстилающих почв и горных пород.

Отбор проб снежного покрова прост, не требует сложного оборудования. Послойный отбор проб позволяет получить динамику загрязнения за зимний сезон, а всего лишь одна проба по всей толще снежного покрова дает представительные данные о загрязнении в период от начала формирования устойчивого снежного покрова до момента отбора пробы [9].

Снег может служить индикатором атмосферного загрязнения сульфатами, нитратами, аммонием, основаниями, тяжелыми металлами и рядом других веществ. Суммарная проба всех снегопадов усредняет все загрязнения как по направлению сноса, так и по времени. Апробация данного направления исследований проведена на примере изучения воздействия угольных складов в порту Ванино Хабаровского края, в данный момент проводятся исследования в пгт. Шахтерск Сахалинской области, планируются исследования в г. Хабаровске.

Материалы и методы исследования

Для исследования влияние угольных терминалов на снежный покров в порту Ванино Хабаровского края в период начала снеготаяния были отобраны 6 проб снега в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05-85¹ с целью определения пылевой нагрузки. Пробы снежного покрова отбирались на всю глубину из шурфов, при этом обязательно фиксировалась площадь шурфа и время снегопада. Размеры шурфа замерялись по длине и ширине для расчета площади, на которую проектируются выпадения из атмосферы. При этом вес пробы должен быть не менее 2 кг, чтобы получить массу выпадений, достаточную для проведения анализа на содержание металлов. Дата отбора проб четко фиксируется, что позволяет определить время, за которое накопились в снегу атмосферные выпадения. Оно рассчитывается от даты установления устойчивого снежного покрова (по данным гидрометеослужбы).

Отбор проб производился методом конверта на площадке 5×5 м, все пробы собирались в полиэтиленовый пакет, затем взвешивались. Точки отбора проб выбраны в соответствии с розой ветров, построенной по данным архива погоды (по метеостанции г. Советская Гавань), 4 из них в черте поселка Ванино, и 2 на противоположном берегу (район поселка Октябрьский) (рис. 1). Пробы отбирались вне территории порта и промышленных площадок в связи с трудностью получения доступа на эти объекты. В точках отбора выполнены снеговые разрезы, в которых четко прослеживаются слои, загрязненные угольной пылью.

С целью оценки негативного влияния был проведен анализ на тяжелые металлы как наиболее токсичные компоненты пыли. Исследования проводились испытательной лабораторией Федерального государственного

¹ Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков: ГОСТ 17.1.5.05-85. Дата введения 1986-07-01 // Профессиональные справочные системы Техэксперт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200008297> (дата обращения: 20.04.2022).

бюджетного учреждения Центр агрохимической службы: «Хабаровский» (ФГБУ ЦАС «Хабаровский»), согласно методикам: токсические элементы (барий, ванадий, марганец, медь, мышьяк, никель, свинец, стронций, хром, цинк), ПНДФ 14.1:2:4.135-98 на ICP Vista AX PRO.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований была рассчитана пылевая нагрузка [10] и проведено моделирование рассеивания угольной пыли от угольного терминала в порту Ванино [11]. Данные по пылевой нагрузке хорошо коррелируют с данными по рассеиванию. Также был проведен анализ расплава снега на наличие тяжелых металлов в 6 точках (рис. 1).

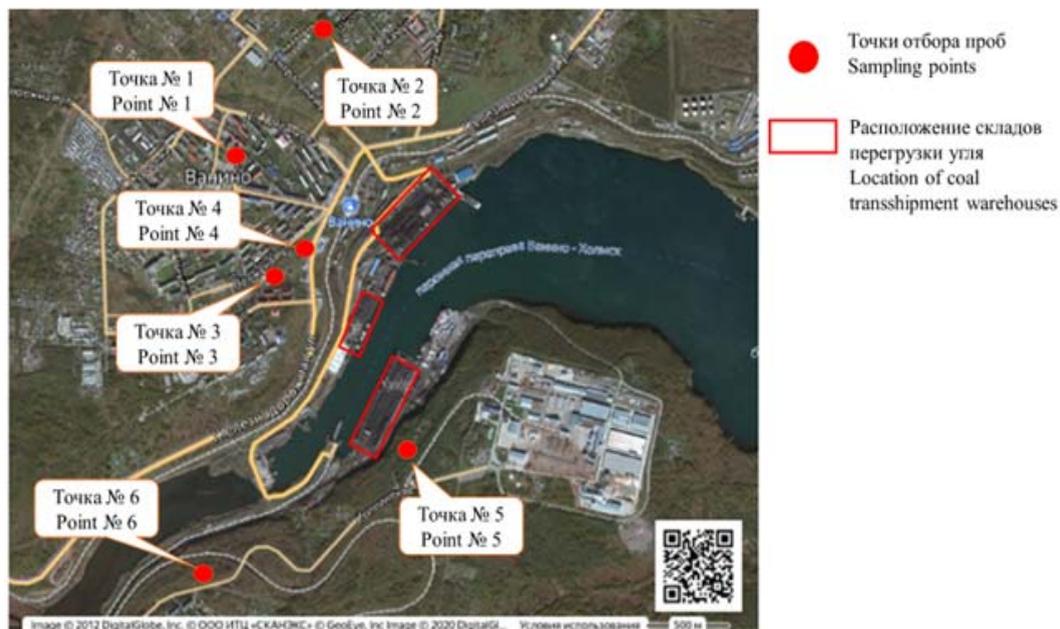


Рис. 1. Расположение точек отбора проб в п. Ванино Хабаровского края /
Figure 1. Location of sampling points in the port of Vanino, Khabarovsk Krai

Данные по содержанию ТМ в расплаве снега приведены в табл. 2.

Наибольшая масса пыли обнаружена в пробах № 1 и № 5 (144,2 г/м³ и 147, 23 г/м³ соответственно). Наименьшая – в пробе № 6 – 14,66 г/м³, Разброс между наибольшей и наименьшей концентрацией составляет более 10 крат [10].

Наибольшее содержание твердых частиц наблюдалось в 5-й пробе, в соответствии с повторяемостью северо-западных ветров, формирующих приземные концентрации в этой точке. А тяжелых металлов – в 1-й пробе, отобранной в поселке, внутри «транспортного узла», образованного пересечением улиц.

Таблица 1

Описание точек отбора проб снега и их характеристика

№ пробы	Место отбора (рис. 1)	Характеристика пробы	Относительное содержание ТМ (табл. 2)
1	Недалеко от администрации поселка Ванино, в 1 км от терминала	Снеговой разрез имеет 3 выраженных слоя с повышенным содержанием пыли. Проба состоит из разнородных, разноцветных частиц пыли, песка, угля и прочих вкраплений, что, вероятно, связано с близостью дороги, которая в зимнее время посыпается шлаком и песком	Достаточно большое количество тяжелых металлов
2	Недалеко от церкви, на расстоянии 1 км от источника воздействия	Содержит вкрапления разнообразных частиц	Содержание ТМ незначительное
3	В лесном массиве на расстоянии 600 м от терминала	Содержит вкрапления разнообразных частиц	Содержание ТМ значительное
4	В лесном массиве на расстоянии 500 м, на 100 м ближе к терминалу	Содержит вкрапления разнообразных частиц	Содержание ТМ несколько выше, чем в пробе 3
5	Недалеко от источника загрязнения на другом берегу бухты Ванино в 200 м от терминала	Содержит вкрапления четко выраженных угольных частиц разных размеров	Содержание ТМ высокое
6	Недалеко от п. Октябрьский, на расстоянии 1,5 км от источника	Рассматривается как фоновая проба в связи с наименьшими концентрациями загрязнителей. Содержит вкрапления разнообразных частиц	Содержание ТМ минимальное

Table 1

Description of snow sampling points and their characteristics

Sample No.	Sampling location (Fig. 1)	Sample characteristics	Relative TM content (Table 2)
1	Not far from the administration of the village of Vanino, 1 km from the terminal	The snow section has 3 pronounced layers with a high dust content. The sample consists of heterogeneous, multicolored particles of dust, sand, coal and other inclusions, which is probably due to the proximity of the road, which in winter is sprinkled with slag and sand	Quite a large amount of heavy metals
2	Not far from the church, at a distance of 1 km from the source of the impact	Contains inclusions of various particles	The content of heavy metals is insignificant
3	In a wooded area at a distance of 600 m from the terminal	Contains inclusions of various particles	The content of heavy metals is significant
4	In a wooded area at a distance of 500 m, 100 m closer to the terminal	Contains inclusions of various particles	The content of heavy metals is slightly higher than in sample 3
5	Not far from the source of pollution on the other side of Vanino Bay, 200 m from the terminal	Contains inclusions of distinct carbon particles of different sizes	Heavy metal content is high
6	Not far from the village of Oktyabrsky, at a distance of 1.5 km from the source	It is considered as a background sample due to the lowest concentrations of pollutants. Contains inclusions of various particles	The content of heavy metals is minimal

Концентрации тяжелых металлов в талой воде, полученной после таяния проб снега, сравнивались с ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (СанПиН 1.2.3685–21) и ПДК химических веществ в воде водных объектов

рыбохозяйственного значения² (табл. 1). В связи с тем, что ручей Чистоводный, впадающий в бухту Ванино, нерестовый и прибрежная полоса является местом нереста разных видов рыб, сравнение производим с рыбохозяйственными ПДК³.

Таблица 2

Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов и мышьяка в пробах талой воды*

Наименование показателя	Проба № 1, мг/л	Проба № 2, мг/л	Проба № 3, мг/л	Проба № 4, мг/л	Проба № 5, мг/л	Проба № 6, мг/л	ПДК _{х-п} , мг/л	ПДК _{р-х} , мг/л
Барий	0,161	0,031	0,052	0,063	0,091	0,033	0,7	0,74
Ванадий	0,004	0,001	0,008	0,004	0,004	0,002	0,1	0,001
Марганец	0,23	0,043	0,111	0,132	0,097	0,063	0,1	0,01
Медь	0,024	0,007	0,014	0,013	0,01	0,007	1,0	0,001
Мышьяк	0,009	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,01	0,05
Никель	0,028	0,005	0,022	0,013	0,014	0,006	0,02	0,01
Свинец	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,01	0,006
Стронций	0,215	0,091	0,112	0,121	0,	0,1	7	0,4
Хром ³⁺	0,007	0,001	0,005	0,001	0,006	0,001	-	0,07
Цинк	0,115	0,033	0,066	0,059	0,035	0,041	1,0	0,01

* Желтым цветом выделено превышение ПДК_{р-х}, красным превышение ПДК_{х-п}.

Comparative analysis of heavy metals and arsenic content in melt water samples*

Table 2

The name of the indicator	Sample No. 1, mg/l	Sample No. 2, mg/l	Sample No. 3, mg/l	Sample No. 4, mg/l	Sample No. 5, mg/l	Sample No. 6, mg/l	MPC _{б-с} , mg/l	MPC _{г-с} , mg/l
Barium	0.161	0.031	0.052	0.063	0.091	0.033	0.7	0.74
Vanadium	0.004	0.001	0.008	0.004	0.004	0.002	0.1	0.001
Manganese	0.23	0.043	0.111	0.132	0.097	0.063	0.1	0.01
Copper	0.024	0.007	0.014	0.013	0.01	0.007	1.0	0.001
Arsenic	0.009	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.01	0.05
Nickel	0.028	0.005	0.022	0.013	0.014	0.006	0.02	0.01
Lead	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.01	0.006
Strontium	0.215	0.091	0.112	0.121	0.	0.1	7	0.4
Chrom ³⁺	0.007	0.001	0.005	0.001	0.006	0.001	-	0.07
Zinc	0.115	0.033	0.066	0.059	0.035	0.041	1.0	0.01

*The excess of MPC_{г-с} is highlighted in yellow, the excess of MPC_{б-с} is highlighted in red. (MPC_{б-с} of chemicals in the water of water bodies of economic, drinking and cultural water use and MPC_{г-с} of chemicals in water of fishery significance).

Превышение ПДК_{р-х} отмечено во всех пробах по марганцу (в 4,3–23 раза), меди (в 7–24 раза) и цинку (в 4,1–14,5 раза). По ванадию

² «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» СанПиН 1.2.3685-21 // АО «Кодекс» – компьютерная справочная правовая система. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 20.04.2022).

³ Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 года № 552 // АО «Кодекс» – компьютерная справочная правовая система. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 20.04.2022).

превышение ПДК_{р-х} (в 2–8 раз) имеет место в 5 пробах (кроме второй), по никелю (в 1,3–2,8 раза), кроме первой и шестой проб.

В 2017 г. порт Ванино ввел в эксплуатацию стационарный пост мониторинга атмосферного воздуха, установив его на ближайшей границе жилой зоны, что оправданно с точки зрения воздействия на население, но не дает объективной информации о воздействии на окружающую среду в целом.

Заключение

Существующие системы онлайн-мониторинга атмосферного воздуха имеют множество преимуществ, но есть и недостатки, к ним относится неполный охват веществ, в том числе тяжелых металлов. Поэтому целесообразно дополнить их другими методами периодического контроля. Таким методом может быть исследование снежного покрова, которое дает хорошие результаты при низкой сложности и небольших затратах. Этот метод также можно использовать при предварительных исследованиях для определения мест расположения стационарных постов, в том числе фоновых. По результатам анализа можно провести районирование города по интенсивности загрязнения, а также выбрать места для исследования почв как основной депонирующей среды, в которую попадают загрязнители после снеготаяния.

Список литературы

- [1] Матвеевко Т.И. К проблеме мониторинга состояния снежного покрова в зоне влияния теплоэлектростанции // Экологические системы и приборы. 2007. № 2. С. 27–30.
- [2] Бондарев Л.Д. Экологическое состояние России. М.: Академия, 2004. 128 с.
- [3] Василенко В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 105 с.
- [4] 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 // Arctic Environmental Research. 2016. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-soderzhaniya-tyazhelyh-metalllov-v-snegovom-pokrove-g-arhangelska-i-otsenka-ih-vliyaniya-na-zdorovie-naseleniya> (дата обращения: 25.04.2022).
- [5] Степанова М.В. Содержание тяжелых металлов в снежном покрове разного функционального назначения // АгроЭкоИнфо. 2020. № 3(41). С. 16. EDN YBXUTL.
- [6] Парадина Л.Ф., Хахураев О.А., Сутурин А.Н. Изменение антропогенной нагрузки на снежный покров Южного Байкала в связи с закрытием Байкальского целлюлозно-бумажного комбината // МНИЖ. 2019. № 1–1 (79). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-antropogennoy-nagruzki-na-snezhnyy-pokrov-yuzhnogo-baykala-v-svyazi-s-zakrytiem-baykalskogo-tsellyulozno-bumazhnogo-kombinata> (дата обращения: 25.04.2022). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.79.1.016>
- [7] Тигеев А.А., Аксёнов Н.В., Московченко Д.В., Пожитков Р.Ю. Оценка пылевого загрязнения атмосферы наземными и дистанционными методами (на примере г. Тобольск) // Географический вестник. 2021. № 2 (57). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-pylevogo-zagryazneniya-atmosfery-nazemnymi>

- i-distantionnymi-metodami-na-primere-g-tobolsk (дата обращения: 25.04.2022). <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2021-2-121-134>
- [8] Коковкин В.В., Рапута В.Ф. Мониторинг макрокомпонентного состава снежного покрова в окрестностях ТЭЦ-5 г. Новосибирска // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2020. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-makrokomponentnogo-sostava-snezhnogo-pokrova-v-okrestnostyah-tets-5-g-novosibirska> (дата обращения: 25.04.2022). <https://doi.org/10.33764/2618-981-X-2020-4-1-49-56>
- [9] Сонин Г.В. Кондуктометрический метод анализа атмосферных осадков и природных вод. Казань, 1997.
- [10] Лукьянов А.И., Майорова Л.П. Оценка пылевой нагрузки на снежный покров в районе порта Ванино // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы II Международного научно-практического форума, Хабаровск, 04 мая 2017 года. Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2017. С. 111–115. EDN YTBVYLF.
- [11] Майорова Л.П. Моделирование распространения взвеси угольной пыли при хранении и погрузочно-разгрузочных работах в портах (на примере порта Ванино) // Инновации и инвестиции. 2021. № 7. С. 89–94. EDN URYDGE.

References

- [1] Matveenko TI. On the problem of monitoring the state of snow cover in the zone of influence of a thermal power plant. *Ecological systems and devices*. 2007;(2):27–30. (In Russ.)
- [2] Bondarev LD, Dolgushin BS, Zalogin VD. *Ecological state of Russia: studies*. Moscow: Academy Publ.; 2004. (In Russ.)
- [3] Vasilenko VN. *Monitoring of snow cover pollution*. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1985. 105 p. (In Russ.)
- [4] Chagina NB, Aivazova EA, Ivanchenko NL, Varakin EA, Sobolev NA. Investigation of the content of heavy metals in the snow cover of Arkhangelsk and assessment of their impact on public health. *Arctic Environmental Research*. 2016;(4) Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-soderzhaniya-tyazhelyh-metallov-v-snegovom-pokrove-g-arhangelska-i-otsenka-ih-vliyaniya-na-zdorovie-naseleniya> (accessed: 04.25.2022). (In Russ.)
- [5] Stepanova MV, Ostapenko VA. The content of heavy metals in the snow cover of various functional purposes. *AgroEcoInfo*. 2020;3(41):16. (In Russ.)
- [6] Paradina LF, Khakhuraev OA, Sutorin AN. Changes in anthropogenic load on the snow cover of Southern Baikal in connection with the closure of the Baikal pulp and paper Mill. *International Research Journal*. 2019;1.1(79). (In Russ.) Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-antropogennoy-nagruzki-na-snezhnyy-pokrov-yuzhnogo-baykala-v-svyazi-s-zakrytiem-baykalskogo-tsellyulozno-bumazhnogo-kombinata> (accessed: 04.25.2022). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.79.1.016>
- [7] Tigeev AA, Aksenov NV, Moskovchenko DV, Pozhitkov RYu. Assessment of dust pollution of the atmosphere by ground and remote methods (on the example of Tobolsk). *Geographical Bulletin*. 2021;2(57). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-pylevogo-zagryazneniya-atmosfery-nazemnymi-i-distantionnymi-metodami-na-primere-g-tobolsk> (accessed: 04.25.2022). (In Russ.) <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2021-2-121-134>
- [8] Kokovkin VV, Raputa VF. Monitoring of the macro-component composition of snow cover in the vicinity of the CHPP-5 of Novosibirsk. *Interexpo Geo-Siberia*. 2020;(1). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-makrokomponentnogo>

sostava-snezhnogo-pokrova-v-okrestnostyah-tets-5-g-novosibirska (accessed: 04.25.2022). (In Russ.) <https://doi.org/10.33764/2618-981-X-2020-4-1-49-56>

- [9] Sonin GV. *Conductometric method of analysis of atmospheric precipitation and natural waters*. Kazan; 1997. (In Russ.)
- [10] Lukyanov AI, Mayorova LP. *Assessment of dust load on snow cover near the port of Vanino. Natural resources and ecology of the Far Eastern region: materials of the II International Scientific and Practical Forum, Khabarovsk, May 04, 2017*. Khabarovsk: Pacific National University; 2017. p. 111–115. (In Russ.)
- [11] Mayorova LP, Lukyanov AI, Dahova EV. Modeling of the distribution of coal dust suspension during storage and loading and unloading operations in ports (on the example of the port of Vanino). *Innovation and investment*. 2021;7:89–94. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Лукьянов Алексей Игоревич, преподаватель кафедры экологии, ресурсопользования и безопасности жизнедеятельности, Тихоокеанский государственный университет, Российская Федерация, 680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, д. 136. ORCID: 0000-0002-6936-6807, eLIBRARY SPIN-код: 6952-7589. E-mail: 008362@pnu.edu.ru

Дахова Екатерина Валерьевна, преподаватель кафедры экологии, ресурсопользования и безопасности жизнедеятельности, Тихоокеанский государственный университет, Российская Федерация, 680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, д. 136. ORCID: 0000-0003-0179-8563, eLIBRARY SPIN-код: 6871-2827. E-mail: 010770@pnu.edu.ru

Майорова Людмила Петровна, доктор химических наук, доцент, и.о. зав. кафедрой кафедры экологии, ресурсопользования и безопасности жизнедеятельности, Тихоокеанский государственный университет, Российская Федерация, 680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, д. 136. ORCID: 0000-0002-6326-982X, eLIBRARY SPIN-код: 5904-3031. E-mail: 000318@pnu.edu.ru

Bio notes:

Alexey I. Lukyanov, Lecturer of the Department of Ecology, Resource Management and Life Safety, Pacific National University, 136 Pacific St, Khabarovsk, 680035, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-6936-6807, eLIBRARY SPIN-code: 6952-7589. E-mail: 008362@pnu.edu.ru

Ekaterina V. Dahova, Lecturer of the Department of Ecology, Resource Management and Life Safety, Pacific National University, 136 Pacific St, Khabarovsk, 680035, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-0179-8563, eLIBRARY SPIN-code: 6871-2827. E-mail: 010770@pnu.edu.ru

Lyudmila P. Mayorova, Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department of Ecology, Resource Management and Life Safety, Pacific National University, 136 Pacific St, Khabarovsk, 680035, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-6326-982X, eLIBRARY SPIN-code: 5904-3031. E-mail: 000318@pnu.edu.ru