

Научная статья
 УДК 551:578.46
 EDN GJFRXU
 DOI 10.17150/2500-2759.2023.33(1).121-129



ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

О.Н. Чудинова, С.Б. Норбоева

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ,
 Российская Федерация

Информация о статье

Дата поступления
 27 января 2023 г.

Дата принятия к печати
 3 марта 2023 г.

Дата онлайн-размещения
 12 апреля 2023 г.

Ключевые слова

Загрязнение атмосферы;
 снеговой покров; котельная;
 фоновая проба; пылевая
 нагрузка

Аннотация

Снеговая геохимическая съемка успешно применяется многими исследователями для оценки загрязнения территорий выбросами загрязняющих веществ в атмосферу. Изучение химического состава снегового покрова позволяет выявить пространственное распределение загрязнений и дать количественную оценку реального загрязнения урбанизированной территории в течение периода с устойчивым снежным покровом. Предприятия топливно-энергетического комплекса вносят основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха г. Улан-Удэ. В статье рассматриваются результаты оценки качественного и количественного состава снегового покрова в зоне потенциально негативного воздействия крупных квартальных котельных. Проведен анализ распределения катионов NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Li^+ и анионов Cl^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , F^- , PO_4^{3-} в пробах снеговой воды. Рассчитана пылевая нагрузка на исследуемых территориях, которая позволяет судить об объеме взвешенных частиц, осаждающихся на поверхность снега из атмосферного воздуха в течение всего периода снегонакопления.

Original article

ASSESSMENT OF SNOW COVER POLLUTION IN THE LOCATION OF EXPOSURE TO THERMAL POWER FACILITIES

Olga N. Chudinova, Selmeg B. Norboeva

East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, the Russian Federation

Article info

Received
 January 27, 2023

Accepted
 March 3, 2023

Available online
 April 12, 2023

Keywords

Air pollution; snow cover; boiler
 house; background sample; dust
 load

Abstract

Snow geochemical survey is successfully used by many researchers to assess the air pollution of territories. The study of the chemical composition of snow cover makes it possible to reveal the spatial distribution of pollution and provide a quantitative assessment of the actual pollution of urbanized territory during the period with a stable snow cover. Enterprises of the fuel and energy complex make the main contribution to air pollution in Ulan-Ude. The research considered the results of estimation of qualitative and quantitative composition of snow cover in the zone of potential negative impact of large quarter boiler houses. The analysis of NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Li^+ cations and Cl^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , F^- , PO_4^{3-} anions distribution in snow water samples was carried out. Dust load on the examined territories has been calculated, which makes it possible to assess the volume of suspended particles deposited on the snow surface from atmospheric air during the whole period of snow accumulation.

Введение

Риски для здоровья населения от эксплуатации объектов теплоэнергетики

определяются множеством факторов, но основные — это вид сжигаемого топлива, высота труб, через которые отходящие газы

поступают в атмосферный воздух, местные климатические условия, близость источников загрязнения к жилью. На территориях с резко континентальным климатом и низкой способностью атмосферы к самоочищению (именно к таковым относится г. Улан-Удэ) данные риски еще выше [1, с. 93].

На протяжении последних лет г. Улан-Удэ входит в список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Общая заболеваемость населения превышает среднереспубликанские показатели в 1,16 раза. Практически половина от выявляемых заболеваний (46,5 %) — болезни органов дыхания, которые могут быть обусловлены в том числе и низким качеством атмосферного воздуха¹. Основными источниками выбросов вредных веществ в атмосферный воздух города являются предприятия теплоэнергетики, их вклад в общее загрязнение атмосферы стационарными источниками достигает порядка 45 %. Основные объекты теплоэнерге-

¹ О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2021 году : гос. докл. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/?ysclid=ldxy2p44d184905344.

тики на территории г. Улан-Удэ: «Генерация Бурятии» ПАО «ТГК-14» (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2), котельные Улан-Удэнского энергетического комплекса, котельная АО «Улан-Удэнский авиационный завод».

Одним из методов оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха является исследование снегового покрова в зоне воздействия источников выбросов загрязняющих веществ. Снеговой покров выступает в роли долговременной депонирующей среды, что позволяет определять структуру атмосферных выпадений для широкого круга компонентов [2, с. 27; 3, с. 4]. Преимущество метода — отображение состояния атмосферного воздуха в зимний сезон без использования специального дорогостоящего оборудования [4, с. 72; 5, с. 45].

Объекты и методы исследования

Улан-Удэнский энергетический комплекс на своем балансе имеет 33 котельных, расположенных в черте г. Улан-Удэ. Наиболее крупными являются котельная «Юго-Западная», котельная пос. Загорск, котельная пос. Аэропорт (рис. 1).



Рис. 1. Крупные квартальные котельные г. Улан-Удэ

Краткая характеристика данных котельных, составленная на основе отчетов по инвентаризации², представлена в табл. 1.

Котельная «Юго-Западная», расположенная в производственной зоне ст. Медведчиково, обеспечивает теплом и горячей водой потребителей 100-х кварталов, пос. Медведчиково и пос. Силикатный. Расстояние до ближайшей жилой застройки составляет около

² Отчеты по инвентаризации стационарных и передвижных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух ПАО «Территориальная генерирующая компания № 14» филиал «Улан-Удэнский энергетический комплекс» (2020 г.).

1 400 м. Основные источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу — труба котельной, узлы пересыпки угля, узлы выгрузки угольной пыли из бункера уборочного модуля, склад угля, приемный бункер, шлакоотвал. Места отбора проб снега вокруг котельной «Юго-Западная» представлены на рис. 2.

Котельная пос. Загорск расположена в северо-восточной части г. Улан-Удэ и обеспечивает тепловой энергией 170 жилых домов и 23 социальных объекта. Ближайшая жилая зона примыкает с юго-восточной стороны на расстоянии 28 м. Основные источники выбросов загрязняющих веществ

Таблица 1

Характеристика котельных г. Улан-Удэ

Показатель	Котельная «Юго-Западная»	Котельная пос. Загорск	Котельная пос. Аэропорт
Мощность (проектная), Гкал/час	102	60	30
Котлы	КЕ 25-14 (3 шт.) КВТС-20 (3 шт.)	КВТС-10 (6 шт.)	КВТС-10 (3 шт.)
Параметры дымовой трубы (высота / диаметр), м	120/4,83	60/2,1	30/1,5
Пылеулавливающее оборудование	Батарейные циклоны БЦ-2-7 × (5 + 3) (2 шт.), БЦ-2-6 × (4 + 3) (3 шт.) со средней эффективностью очистки по саже — 74,94 %, бенз(а) пирену — 52,47 %, золе угольной — 74,94 %	Батарейные циклоны БЦ-2-7 × (5 + 3) (3 шт.), БЦ-2-6 × (5 + 3) (3 шт.) со средней эффективностью очистки по саже — 85,22 %, бенз(а) пирену — 59,65 %, золе угольной — 85,21 %	Батарейный циклон БЦ-2-7 × (5 + 3) (3 шт.), циклон ЦН-15-650 (1 шт.) со средней эффективностью очистки по саже — 86,98 %, бенз(а) пирену — 39,11 %, золе угольной — 86,98 %
Топливо	Смесь каменного угля Тугнуйского разреза марки ДР и бурых углей Тигнинского разреза марки ЗБР		



Рис. 2. Места отбора проб снега вокруг котельной «Юго-Западная»

в атмосферу — труба котельной, склад угля, приемный бункер, дробильное отделение, узлы пересыпки угля, узел пересыпки угля с конвейера в питатель котлов, пост шлакоудаления. Места отбора проб снега вокруг котельной пос. Загорск представлены на рис. 3.

Котельная пос. Аэропорт обеспечивает теплом и горячей водой дома и административные здания, находящиеся на территории поселка. Ближайшая жилая застройка находится на расстоянии 12 м в юго-западном

направлении от территории площадки. Основные источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу — труба котельной, склад угля, приемный бункер, дробильное отделение, узел пересыпки угля, узлы пересыпки из зольного бункера в машину, узлы выгрузки угольной пыли из бункера уборочного модуля. Места отбора проб снега вокруг котельной пос. Аэропорт представлены на рис. 4.

Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при сжигании



Рис. 3. Места отбора проб снега вокруг котельной пос. Загорск



Рис. 4. Места отбора проб снега вокруг котельной пос. Аэропорт

твердого топлива в котельной³, представлен в табл. 2.

Пробы снега в зоне воздействия рассматриваемых котельных отбирались в конце периода снегонакопления (конец февраля) в 2021 и 2022 гг.

Пробы отбирали из шурфов на всю мощность снежного покрова, за исключением 50-сантиметрового слоя над почвой с целью избежания загрязнения проб литогенной составляющей во время формирования снежного покрова. При опробовании снежного покрова на всю его мощность результаты особенно представительны, поскольку исключают вариации (флуктуации направления ветра, непостоянство выбросов) и дают средневзвешенную величину загрязнения, усредненную естественным путем за продолжительный период (с момента снегостава до момента отбора) [6, с. 18].

При отборе проб снега измеряли площадь и глубину шурфа. Вес каждой пробы около 10 кг [7, с. 22].

Для исследования было отобрано по пять проб в зоне возможного воздействия каждой котельной: четыре пробы — вокруг каждой котельной (по румбам) на расстоянии от 50 до 150 м от границы объекта, пятая проба — на границе ближайшей жилой застройки. В качестве фоновой была отобрана проба в лесном массиве пригорода г. Улан-Удэ, где отсутствуют антропогенные источники загрязнения.

Отбор снега предполагает отдельный анализ снеговой воды и твердого осадка,

³ Государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. URL: <https://uonvos.rpn.gov.ru>.

который состоит из атмосферной пыли, осаждаемой на поверхность снежного покрова. Для данного разделения проводили оттаивание отобранного снега при комнатной температуре и фильтровали с помощью водоструйного насоса через фильтр «синяя лента» [8, с. 44]. Твердую фазу снега высушивали при комнатной температуре, просеивали (сито с диаметром ячеек 1 мм) и взвешивали (погрешность измерения — 0,01 г).

Содержание водорастворимых соединений в пробах снеговой воды определено методом капиллярного электрофореза на оборудовании «Капель-105М» со спектрофотометрическим детектированием в Центре коллективного пользования «Прогресс» Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. В пробах были измерены концентрации катионов (NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Li^+)⁴ и анионов (Cl^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , F^- , PO_4^{3-})⁵.

Обсуждение и результаты

Статистическое сравнение результатов определения концентраций катионов

⁴ ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций катионов калия, натрия, лития, магния, кальция, аммония, стронция, бария в пробах питьевых, природных, сточных вод методом капиллярного электрофореза с использованием капиллярного электрофореза «Капель».

⁵ ПНД Ф 14.1:2:4.157-99. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природных, питьевых и очищенных сточных вод с применением системы капиллярного электрофореза «Капель».

Таблица 2

Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу

Загрязняющее вещество			Валовый выброс загрязняющих веществ, т/год		
Код	Наименование	Класс опасности	Котельная «Юго-Западная»	Котельная пос. Загорск	Котельная пос. Аэропорт
0301	Азота диоксид (азот (IV) оксид)	3	154,244 736	67,288 843	32,234 010
0304	Азот (II) оксид (азота оксид)	3	25,100 529	10,934 496	5,237 864
0328	Углерод (сажа)	3	85,358 788	34,093 119	16,348 424
0330	Сера диоксид (ангидрид серистый)	3	468,185 232	256,323 708	122,615 897
0337	Углерод оксид	4	977,471 524	534,940 297	256,084 626
0703	Бенз(а)пирен (3,4-бензпирен)	1	0,000 991	0,000 463	0,000 221
2908	Зола угольная (пыль неорганическая: 70–20 % SiO_2)	3	21,034 679	92,008 675	43,011 548
3714	Пыль каменного угля	3	0,013 609	0,548 688	7,143 115
Итого			1 731,410 088	996,138 289	482,675 705

и анионов в пробах снеговой воды 2021 и 2022 гг. путем оценки их дисперсий показало отсутствие существенного различия между данными выборками [9, с. 110]. Поэтому для дальнейшего анализа использовались средние за два года значения концентраций веществ (табл. 3, 4).

Во всех пробах водной фракции снегового покрова обнаружены ионы Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , концентрации которых превышают соответствующую фоновую концентрацию. Максимальные концентрации данных ионов обнаружены в районе котельной пос. Загорск: превышение фоновой пробы в 7,4–40,5 раза

Таблица 3

Содержание катионов в снеговом покрове

№	Точка отбора проб	Концентрация элементов, мг/л							
		NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺	Li ⁺
Фоновая точка		0,297	0,186	0,710	0,269	–	1,860	–	–
1. Котельная «Юго-Западная»									
1.1	Север	0,762	0,357	0,937	4,465	0,900	30,050	0,665	–
1.2	Юг	0,193	0,409	0,719	1,760	–	14,675	0,252	–
1.3	Запад	0,405	0,530	1,910	4,745	0,039	24,850	1,054	–
1.4	Восток	0,369	0,400	3,555	4,045	–	25,300	1,021	–
1.5	Жилая зона	0,805	0,710	1,061	1,610	–	10,125	0,101	–
2. Котельная пос. Загорск									
2.1	Север	0,525	7,510	3,770	8,680	2,060	51,600	0,865	–
2.2	Юг	0,230	4,470	1,018	2,895	–	23,140	0,530	–
2.3	Запад	0,387	1,860	1,248	3,610	0,055	28,500	0,660	–
2.4	Восток	0,397	2,735	2,820	4,435	0,069	34,350	1,410	0,015
2.5	Жилая зона	0,821	1,381	1,390	1,510	–	12,700	0,413	–
3. Котельная пос. Аэропорт									
3.1	Север	0,241	0,402	1,850	3,585	–	11,420	0,155	–
3.2	Юг	0,358	1,172	1,900	2,320	0,965	18,250	0,119	–
3.3	Запад	0,269	0,677	1,738	1,280	–	9,410	0,096	–
3.4	Восток	0,175	1,504	1,242	2,115	–	18,900	1,308	–
3.5	Жилая зона	–	2,405	1,401	1,695	–	18,775	1,301	–

Таблица 4

Содержание анионов в снеговом покрове

№	Точка отбора проб	Концентрация элементов, мг / л					
		Cl ⁻	NO ₂ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	PO ₄ ³⁻
Фоновая точка		0,688	0,000	2,310	1,820	0,000	1,226
1. Котельная Юго-Западная							
1.1	Север	1,535	1,845	50,400	4,345	2,679	18,800
1.2	Юг	1,190	0,000	15,400	5,470	0,849	9,402
1.3	Запад	2,455	0,755	53,200	6,235	1,541	9,450
1.4	Восток	2,245	2,525	50,250	4,485	2,453	13,800
1.5	Жилая зона	1,805	0,435	10,700	2,055	0,426	15,134
2. Котельная пос. Загорск							
2.1	Север	2,420	0,960	63,850	15,240	1,255	23,770
2.2	Юг	2,135	0,000	30,685	9,250	1,773	12,404
2.3	Запад	1,405	4,460	41,590	4,125	1,669	13,988
2.4	Восток	3,930	12,428	60,950	5,255	3,218	16,900
2.5	Жилая зона	1,845	0,357	12,425	3,520	0,804	13,100
3. Котельная пос. Аэропорт							
3.1	Север	0,975	3,892	7,300	3,190	0,643	5,950
3.2	Юг	1,555	0,121	15,250	3,865	0,141	24,165
3.3	Запад	1,986	0,034	9,725	3,120	0,447	8,136
3.4	Восток	2,565	0,962	17,850	4,340	0,144	21,595
3.5	Жилая зона	1,655	1,220	9,481	1,695	0,715	29,125

по K^+ ; в 1,4–5,3 раза по Na^+ ; в 5,6–32,3 раза по Mg^{2+} ; в 6,8–27,7 раза по Ca^{2+} .

Также была определена величина отношения Ca^{2+} / Mg^{2+} , которая служит главным показателем состава метаморфизированных вод, так как в маломинерализованных природных водах ион Ca^{2+} является основным компонентом химического состава, а ион Mg^{2+} появляется при метаморфизации [10, с. 6]. Величина этого отношения для снегового покрова составила 6–8, в редких случаях — 3–11. Минимальная величина Ca^{2+} / Mg^{2+} отмечена для снегового покрова в зоне воздействия котельной пос. Аэропорт (с северной стороны), максимальная — в жилой зоне пос. Аэропорт.

В фоновой пробе не были обнаружены ионы Ba^{2+} , Sr^{2+} , Li^+ . В зоне воздействия котельных концентрации ионов Ba^{2+} составили: «Юго-Западная» — в трех пробах от 0,055 до 2,06 мг/л; пос. Загорск — в двух пробах от 0,039 до 0,9 мг/л; пос. Аэропорт — в одной пробе 0,965 мг/л.

Во всех пробах водной фракции снегового покрова обнаружены ионы Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} , концентрации которых превышают соответствующую фоновую концентрацию.

Содержание ионов PO_4^{3-} варьируется в широком диапазоне — от 8,136 (с наветренной стороны котельной пос. Аэропорт) до 24,165 мг/л (с подветренной стороны).

Концентрации ионов SO_4^{2-} во всех точках, в том числе в жилой зоне, превышают фоновую концентрацию. Минимальные значения ионов SO_4^{2-} обнаружены в зоне воздействия котельной пос. Аэропорт — превышение фоновой концентрации от 3,16 до 7,73 раза, максимальные — вокруг котельной пос. Загорск — от 5,38 до 27,64 раза.

Содержание ионов Cl^- превышает фоновую концентрацию в 1,42–5,71 раза, минимальная концентрация обнаружена с

наветренной стороны котельной пос. Аэропорт — 0,975 мг/л, максимальная — с подветренной стороны котельной пос. Загорск — 3,930 мг/л.

В фоновой пробе не были обнаружены ионы NO_2^- , F^- . Ионы F^- обнаружены во всех пробах в зоне воздействия котельных, их содержание составляет от 0,141 до 3,218 мг/л.

Минеральные соединения азота в снеговом покрове представлены ионами NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- . В зоне котельной «Юго-Западная» концентрации ионов NO_2^- составили в четырех пробах от 0,435 до 2,525 мг/л, котельной пос. Загорск — в четырех пробах от 0,357 до 12,428 мг/л, котельной пос. Аэропорт — во всех пробах от 0,034 до 3,892 мг/л. Содержание ионов NH_4^+ относительно невысокое, превышение фоновой концентрации составляет 1,205–2,763, в 27 % проб превышений фонового значения не обнаружено.

Основной вклад в суммарное содержание минерального азота в снежном покрове вносят ионы NO_3^- : превышение их концентраций по сравнению с фоновой в зоне воздействия котельной «Юго-Западная» составило от 1,13 (в жилой зоне) до 3,43 мг/л, котельной пос. Загорск — от 1,93 (в жилой зоне) до 8,37 мг/л, котельной пос. Аэропорт — от 0,93 (в жилой зоне) до 2,38 мг/л.

С помощью твердого осадка снега была установлена пылевая нагрузка (P_n , мг/м² в сутки), которая определяется расчетным методом по формуле

$$P_n = P_o / S \cdot t,$$

где P_o — масса твердого осадка, мг; S — площадь шурфа, м²; t — время от даты снегостава до даты отбора проб, сут.

Результаты расчета пылевой нагрузки по средним за два года значениям представлены на рис. 5.

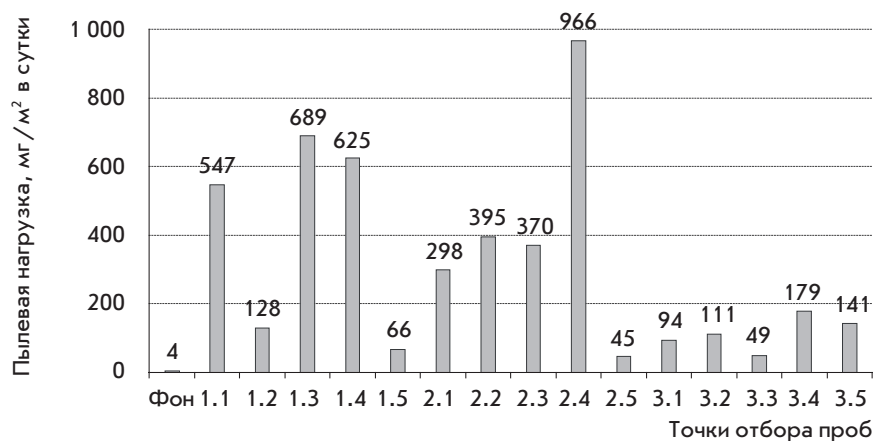


Рис. 5. Пылевая нагрузка в зоне воздействия котельных

В практике используется следующая градация по среднесуточной пылевой нагрузке: $< 250 \text{ мг/м}^2$ в сутки — низкая степень загрязнения; $251\text{--}450 \text{ мг/м}^2$ в сутки — средняя; $451\text{--}850 \text{ мг/м}^2$ в сутки — высокая; $> 851 \text{ мг/м}^2$ в сутки — очень высокая [11, с. 69; 12, с. 110].

Анализ пылевой нагрузки показал, что 53 % точек (все точки в жилой зоне и в районе котельной пос. Аэропорт) характеризуются низкой степенью загрязнения, однако в них наблюдается превышение значения пылевой нагрузки по сравнению с фоновой точкой в 11–45 раз. Точки отбора проб в зоне воздействия котельной пос. Загорск (2.1–2.3) характеризуются средней степенью загрязнения (пылевая нагрузка — $298\text{--}395 \text{ мг/м}^2$ в сутки, превышение фона в 75–99 раз), а точка 2.4 (подветренная сторона) — очень высокой степенью загрязнения (пылевая нагрузка — 966 мг/м^2 в сутки, превышение фона в 242 раза). Для территории вокруг котельной «Юго-Западная» характерна высокая степень загрязнения (кроме точки 1.2).

Заключение

Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы:

1. Предприятия топливно-энергетического комплекса, в том числе квартальные котель-

ные, являются основными источниками загрязнения атмосферного воздуха г. Улан-Удэ и формируют повышенные концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, что подтверждается полученными качественными и количественными характеристиками состава снегового покрова в зоне воздействия крупных квартальных котельных.

2. На исследуемых объектах более 96 % проб превышают фоновое значение по катионам, более 98 % — по анионам, что свидетельствует о высокой антропогенной нагрузке на городскую территорию от предприятий теплоэнергетики.

3. При расчете пылевой нагрузки было выявлено, что более половины точек отбора проб характеризуется низкой степенью загрязнения, 20 % — средней, 20 % — высокой, 7 % — очень высокой степенью загрязнения.

4. Сравнительный анализ степени негативного воздействия квартальных котельных на состояние снегового покрова в зоне их возможного влияния показал, что на уровень создаваемого ими загрязнения влияют параметры источников выбросов, используемое топливо, а также обеспеченность пылегазоулавливающим оборудованием и его фактическая эффективность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ревич Б.А. К оценке влияния деятельности ТЭК на качество окружающей среды и здоровье населения / Б.А. Ревич. — EDN NTTFRL // Проблемы прогнозирования. — 2010. — № 4. — С. 87–99.
2. Янченко Н.И. Особенности химического состава снежного покрова и атмосферных осадков в городе Братске / Н.И. Янченко, О.Л. Яскина. — EDN SFAQKP // Известия Томского политехнического университета. — 2014. — Т. 324, № 3. — С. 27–35.
3. Шатилов А.Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика атмосферных выпадений на территории Обского бассейна : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 25.00.36 / А.Ю. Шатилов. — Томск, 2001. — 24 с.
4. Самойлова Е.А. Оценка геохимической трансформации снегового покрова с использованием статистического анализа данных (на примере угольной теплоэлектростанции, Томская область) / Е.А. Самойлова, А.В. Таловская. — EDN MZTFUK // Сергеевские чтения: геоэкологические аспекты реализации национального проекта «Экология». Диалог поколений : сб. ст. — Москва, 2020. — Вып. 22. — С. 72–77.
5. Таловская А.В. Динамика загрязнения снежного покрова микроэлементами в окрестностях теплоэлектростанции (на примере Томской ГРЭС-2) / А.В. Таловская, Е.Г. Язиков, Е.А. Филимонов. — DOI 10.21209/2227924520192524453. — EDN PPVUTJ // Вестник Забайкальского государственного университета. — 2019. — Т. 25, № 2. — С. 44–53.
6. Фридман М.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова / М.Д. Фридман. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1975. — 181 с.
7. Язиков Е.Г. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пыле-аэрозолей и почв / Е.Г. Язиков, А.В. Таловская, Л.В. Жорняк. — Томск : Изд-во ТПУ, 2010. — 264 с.
8. Оценка загрязнения атмосферного воздуха пылью по данным снегосъемки на основе реконструкции полей выпадений / А.Ф. Щербатов, В.Ф. Рапута, В.В. Турбинский, Т.В. Ярославцева. — EDN SIJHWZ // Анализ риска здоровью. — 2014. — № 2. — С. 42–47.
9. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства : учеб. пособие / И.Б. Рыжков. — 5-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 224 с.
10. Мищенко О.А. Мониторинг состояния снежного покрова на территории Хабаровского края / О.А. Мищенко, А.А. Шелганова. — DOI 10.15862/11ECOR322. — EDN QUVJWR // Отходы и ресурсы. — 2022. — Т. 9, № 3. — С. 1–10.
11. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Сает, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. — Москва : Недра, 1990. — 335 с.

12. Самойлова Е.А. Оценка аэротехногенного загрязнения в окрестностях угольной ТЭЦ по данным изучения снегового покрова (на примере Северской ТЭЦ) / Е.А. Самойлова, А.В. Таловская // XIII Сибирское со-
 вещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу : материалы науч. конф., Томск,
 15 окт. 2019 г. — Томск, 2019. — С. 110–111.

REFERENCES

1. Revich B.A. Assessment of the Effect Produced by the Fuel and Energy Complex on the Environment and Health. *Problemy prognozirovaniya = Studies on Russian Economic Development*, 2010, no. 4, pp. 87–99. (In Russian). EDN: NTTFRL.
2. Yanchenko N.I., Yaskina O.L. Features of Chemical Composition of Snow Cover and Precipitation in Bratsk. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2014, vol. 324, no. 3, pp. 27–35. (In Russian). EDN: SFAQKP.
3. Shatilov A.Yu. *Material Composition and Geochemical Characteristics of Atmospheric Precipitation in the Ob Basin. Cand. Diss. Thesis*, Tomsk, 2001. 24 p.
4. Samoilova E.A., Talovskaya A.V. Assessment of the geochemical transformation of the snow cover using statistical data analysis (on the example of a coal-fired thermal power plant, Tomsk region). *Sergeev readings: geoeological aspects of the implementation of the national project «Ecology». Dialogue of generations. Collected papers*. Moscow, 2020, iss. 22, pp. 72–77. (In Russian). EDN: MZTFUK.
5. Talovskaya A.V., Yazikov E.G., Filimonenko E.A. Dynamic of Snow Pollution by Trace Elements Within Thermal Power Plant (Case Study: Tomsk Gres-2). *Vestnik Zabaikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Transbaikal State University Journal*, 2019, vol. 25, no. 2, pp. 44–53. (In Russian). EDN: PPVUTJ. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-2-44-53.
6. Fridman M.D. *Snow pollution monitoring*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1975. 181 p.
7. Yazikov E.G., Talovskaya A.V., Zhornyak L.V. Assessment of the ecological and geochemical state of the territory of the city of Tomsk according to the study of dust aerosols and soils. Tomsk Polytechnic University Publ., 2010. 264 p.
8. Shcherbatov A.F., Raputa V.F., Turbinskiy V.V., Yaroslavtseva T.V. Assessment of Air Pollution by Dust According to Data Obtained From Snow Survey on the Base of Fall Areas Reconstruction. *Analiz riska zdorov'yu = Health Risk Analysis*, 2014, no. 2, pp. 42–47. (In Russian). EDN: SIJHWZ.
9. Ryzhkov I. B. *Fundamentals of Scientific Research and Invention*. 5th ed. Saint Petersburg, Lan' Publ., 2022. 224 p.
10. Mishchenko O.A., Shelganova A.A. Monitoring the State of Snow Cover in the Khabarovsk Territory. *Otkhody i resursy = Waste and resources*, 2022, vol. 9, no. 3, pp. 1–10. (In Russian). EDN: QUVJWR. DOI: 10.15862/11ECOR322.
11. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. [et al.] *Environmental geochemistry*. Moscow, Nedra Publ., 1990. 335 p.
12. Samoilova E.A., Talovskaya A.V. Evaluation of aerotechnogenic pollution in the vicinity of a coal-fired CHP based on the data of a study of snow cover (on the example of the Seversk CHP). *XIII Siberian meeting and school of young scientists on climate and environmental monitoring. Materials Scientific Conference, Tomsk, October 15, 2019*. Tomsk, 2019, pp. 110–111. (In Russian).

Информация об авторах

Чудинова Ольга Николаевна — кандидат биологических наук, доцент, кафедра промышленной экологии и защиты в чрезвычайных ситуациях, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, Российская Федерация, e-mail: chudinova1980@inbox.ru, SPIN-код: 8879-9145, AuthorID РИНЦ: 1027352.

Норбоева Сэлмэг Бабасановна — магистрант, кафедра промышленной экологии и защиты в чрезвычайных ситуациях, инженер по охране окружающей среды отдела охраны труда и экологии, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, Российская Федерация, e-mail: selmeg.norboeva.01@mail.ru, SPIN-код: 3354-0828, AuthorID РИНЦ: 1143184.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования

Чудинова О.Н. Оценка загрязнения снегового покрова в зоне воздействия объектов теплоэнергетики / О.Н. Чудинова, С.Б. Норбоева. — DOI 10.17150/2500-2759.2023.33(1).121-129. — EDN GJFRXU // Известия Байкальского государственного университета. — 2023. — Т. 33, № 1. — С. 121–129.

Authors

Olga N. Chudinova — Ph.D. in Biology, Associate Professor, Department of Industrial Ecology and Emergency Protection, East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, the Russian Federation, e-mail: chudinova1980@inbox.ru, SPIN-Code: 8879-9145, AuthorID RSCI: 1027352.

Selmeg B. Norboeva — Master's Degree Student, Department of Industrial Ecology and Emergency Protection, Environmental Engineer of the Occupational Safety and Environment Department, East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, the Russian Federation, e-mail: selmeg.norboeva.01@mail.ru, SPIN-Code: 3354-0828, AuthorID RSCI: 1143184.

Contribution of the Authors

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

For Citation

Chudinova O.N., Norboeva S.B. Assessment of Snow Cover Pollution in the Location of Exposure to Thermal Power Facilities. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2023, vol. 33, no. 1, pp. 121–129. (In Russian). EDN: GJFRXU. DOI: 10.17150/2500-2759.2023.33(1).121-129.