

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕECOLOGY AND RATIONAL USE
OF NATURAL RESOURCES

УДК 631.45:57.042:57.048(470.314)

DOI 10.17073/0368-0797-2023-5-538-543



Оригинальная статья

Original article

ЭКОМОНИТОРИНГ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ:
СНЕЖНЫЙ И ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВЫМ. А. Захарова¹, А. С. Водолеев¹, О. С. Андреева², К. И. Домнин¹¹ Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)² Кузбасский гуманитарно-педагогический институт ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Россия, 654041, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Циолковского, 23)

✉ botanic-egf@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с мониторингом состояния снежного и почвенного покровов в зоне влияния промышленных выбросов в атмосферный воздух на границах санитарно-защитной зоны (СЗЗ) металлургического предприятия АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (АО «ЕВРАЗ ЗСМК»). Санитарно-защитная зона – территория, отделяющая предприятия (их здания и сооружения) с технологическими процессами, служащими источником воздействия на среду обитания и здоровье человека, от жилой застройки. Территория СЗЗ предназначена для снижения за ее пределами уровня воздействия всех вредных факторов до требуемых гигиенических нормативов, создания санитарно-защитного барьера между промышленной и жилой застройками. Экомониторинг дает объективный анализ депонирующих сфер (снег, почва) на территории СЗЗ. Для оценки первичного (воздушной среды) и вторичного (снежных проб, почв и вод) загрязнений применяется метод химического лабораторного анализа. Результаты химического анализа снеговой воды показали, что сухой остаток в талой воде ниже (в 7 – 8 раз) ПДК на всех площадках, содержание хлорид-ионов не превышает ПДК (350 мг/л), содержание сульфат-ионов на площадке 1 в два раза ниже ПДК, на остальных площадках ниже предела обнаружения методикой, изложенной в РД 52.04.186 – 89. Содержание в почве тяжелых металлов и мышьяка на пробных площадках СЗЗ не превышает ПДК. Почвенный анализ показал, что активная кислотность (рН водной вытяжки) находится в пределах 6,3 – 7,4 единиц, что указывает на отсутствие техногенного закисления почв. Содержание нефтепродуктов в отобранных пробах ниже порогового значения, что делает возможным отнести почвы на всех площадках СЗЗ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» по рассматриваемому соединению к условно чистым. Содержание бенз(а)пирена в почве не превышает ПДК (0,02 мг/кг) на всех экспериментальных площадках, кроме площадки 7. Содержание серы не превышает ПДК на всех пробных площадках СЗЗ.

Ключевые слова: экомониторинг, санитарно-защитная зона, атмосферный воздух, почва, снежный покров, вредные выбросы, химический анализ, ПДК, техногенное закисление почв, тяжелые металлы, бенз(а)пирен

Для цитирования: Захарова М.А., Водолеев А.С., Андреева О.С., Домнин К.И. Экомониторинг санитарно-защитной зоны металлургического предприятия: снежный и почвенный покровы. *Известия вузов. Черная металлургия*. 2023;66(5):538–543.

<https://doi.org/10.17073/0368-0797-2023-5-538-543>

ECOMONITORING OF SANITARY PROTECTION ZONE
OF METALLURGICAL ENTERPRISE: SNOW AND SOIL COVERM. A. Zakharova¹, A. S. Vodoleev¹, O. S. Andreeva², K. I. Domnin¹¹ Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)² KUZBASS Humanitarian Pedagogical Institute of Kemerovo State University (23 Tsiolkovskogo Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654041, Russian Federation)

✉ botanic-egf@yandex.ru

Abstract. The paper considers the issues related to monitoring the state of snow and soil cover in the zone of influence of industrial emissions into the atmosphere at the borders of the sanitary protection zone (SPZ) of the metallurgical enterprise JSC “EVRAZ United West Siberian Metallurgical Combine” (JSC EVRAZ ZSMK). Sanitary protection zone is the territory separating enterprises (their buildings and structures) with technological processes that serve as a source of impact on the environment and human health from residential development. SPZ is designed to

reduce the impact of all factors beyond its limits to the required hygienic standards, to create a sanitary barrier between industrial and residential buildings. Ecomonitoring provides an objective analysis of depositing spheres (snow, soil) on the territory of the SPZ. The method of chemical laboratory analysis is important for the assessment of primary and secondary air pollution (samples of snow, soils and waters). The results of chemical analysis of snow water showed that the dry residue in meltwater is lower (7 – 8 times) MPC at all sites, the content of chloride ions does not exceed the MPC (350 mg/l), the content of sulfate ions at site 1 is 2 times lower than the MPC, at other sites below the detection limit by the methodology set out in RD 52.04.186 – 89. The content of heavy metals and arsenic in the soil at the SPZ test sites does not exceed the values of the established MPC. Soil analysis showed that the active acidity (pH of the water extract) is in the range of 6.30 – 7.40 units, which indicates the absence of technogenic acidification of soils. The content of petroleum products in the selected samples is below the threshold value, which makes it possible to attribute soils at all sites of the SPZ of JSC EVRAZ ZSMK according to the compound under consideration to conditionally pure. The content of benz(a)pyrene in the soil does not exceed the MPC (0.02 mg/kg) at all experimental sites, except site 7. The sulfur content does not exceed the MPC values at all test sites of the SPZ.

Keywords: ecomonitoring, sanitary protection zone, atmospheric air, soil, snow cover, harmful emissions, chemical analysis, MPC, technogenic acidification of soils, heavy metals, benz(a)pyrene

For citation: Zakharova M.A., Vodoleev A.S., Andreeva O.S., Domnin K.I. Ecomonitoring of sanitary protection zone of metallurgical enterprise: Snow and soil cover. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2023;66(5):538–543. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2023-5-538-543>

ВВЕДЕНИЕ

При оценке влияния крупных промышленных предприятий важным является снижение негативного воздействия на все компоненты природы. В ресурсных регионах (Кемеровская обл. – Кузбасс) воздействие осуществляется как на природные экосистемы, так и на городскую среду, обеспечивающую качество жизни населения. В настоящей работе экомониторинг санитарно-защитной зоны (СЗЗ) рассмотрен на примере АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (АО «ЕВРАЗ ЗСМК»). Рассматриваемое предприятие расположено в непосредственной близости от десяти особо охраняемых природных территорий (ООПТ) различного ранга, являющихся объектами природного наследия Кузбасса. Расстояние до границы ООПТ составляет 17 км – заказник регионального значения «Увалы Лучшее»; 30 км – заказник регионального значения «Черновой Нарык»; 35 км – памятник природы регионального значения «Костенковские скалы»; 55 км – памятник природы регионального значения «Кузедеевский»; 55 км – памятник природы федерального значения «Кузедеевский липовый остров»; 56 км – государственный природный заповедник «Кузнецкий Алатгау»; 65 км – заказник регионального значения «Караканский»; 68 км – памятник природы регионального значения «Артышта»; 75 км – заказник регионального значения «Бельсинский»; 83 км – заказник регионального значения «Бачатские сопки». Для сохранения уникальных природных комплексов необходимо соблюдение требований по охране окружающей среды, одним из которых является создание санитарно-защитной зоны. Эта зона устанавливается в целях снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха до установленных нормативов вредных выбросов после проведения на предприятиях всех мер по очистке вредных веществ.

Цель работы – исследовать и проанализировать воздействие промышленных выбросов на экологическое состояние почвы и снежного покрова СЗЗ АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСА

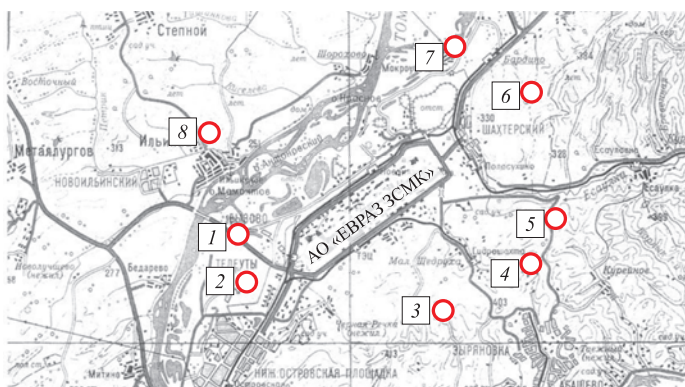
Для достижения поставленной цели стояли следующие задачи:

- изучить методы исследования почвенно-экологического состояния санитарно-защитной зоны;
- проанализировать результаты лабораторных исследований снежного покрова и почвы на границах СЗЗ АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Город Новокузнецк расположен на юге Кемеровской области, в большой котловине, образованной поймами рек Кондома и Томь, и окружен горами Кузнецкого Алатау и Салаирского кряжа. Металлургическое предприятие АО «ЕВРАЗ ЗСМК» расположено в северо-восточной части города. Место постройки комбината выбрано с учетом возможной близости к энерго-сырьевым источникам, а также с учетом наибольшего удаления от жилых массивов города. По мощности предприятия, условиям ведения технологического процесса, характеру и объему выделяемых в окружающую среду вредных веществ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» относится к первому классу предприятий. Радиус санитарно-защитной зоны для металлургических предприятий первого класса составляет 1 км (фактический 5 км), что соответствует СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200 – 03¹. Озеленение (не менее 50 % площади застройки) осуществляется деревьями специальных пород.

Современное металлургическое предприятие – это сложный производственный комплекс, включающий много цехов, которые могут загрязнить воздушный бассейн окружающей территории. Избежать этого невозможно, поэтому введена санитарная охрана атмосферного воздуха, то есть система мероприятий, направленных на обеспечение чистоты воздуха и поддержание ее на уровне, безопасном для жизни и здоровья человека [1; 2].

¹ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200 – 03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/52/52471/index.htm> (дата обращения: 09.12.2022 г.).



Зоны опытных площадок СЗЗ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Areas of experimental sites of SPZ of JSC EVRAZ ZSMK

Санитарно-защитная зона АО «ЕВРАЗ ЗСМК» включает в себя восемь опытных площадок Северного промышленного узла, на каждой площадке представлены различные почвы:

1 – пойменная зернистая в районе Ильинского моста (восточный ветер);

2 – аллювиально-луговая в районе деревни Телеуты (северо-восточный ветер);

3 – чернозем выщелоченный тучный за деревней Малая Щедруха (северный ветер);

4 – чернозем выщелоченный в районе шахты Юбилейная (северо-западный ветер);

5 – луговая тяжело-суглинистая в районе дороги на Курегеш – Есауловку (западный ветер);

6 – черноземо-луговая тяжело-суглинистая в районе дороги в поселке Чистогорск (юго-западный ветер);

7 – чернозем выщелоченный среднесуглинистый в районе деревни Мокроусово (южный ветер);

8 – чернозем выщелоченный среднесуглинистый в районе деревни Ильинка (юго-восточный ветер).

Зоны опытных площадок АО «ЕВРАЗ ЗСМК» показаны на рисунке.

Санитарно-защитная зона Северного промышленного узла проходит на севере на расстоянии 5 км; на северо-востоке – 3,3 км; на востоке – 3,5 км; на юго-востоке – 4,1 км; на юго-западе – 1,8 км; на западе – 2,6 км; на северо-западе – 4 км; на юге – 4,2 км от границ промплощадки АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Состояние окружающей среды крупных городов и предприятий обычно оценивается по состоянию отдельных ее составляющих: атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв (с учетом микрофлоры), растительного покрова, здоровья горожан [3 – 7].

Снежный покров, обладающий высокой сорбционной способностью, является наиболее информативным объектом при выявлении техногенного загрязнения не только атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения вод и почв [8].

Отбор проб снега выполняли согласно РД 52.04.186 – 89 специальным шаблоном (трубой) с площадью поперечного сечения 50,3 см² на всю глубину снежного покрова. Пробы помещали в полиэтиленовые пакеты и доставляли в лабораторию мониторинга промышленных отходов, почв, ГСМ. В этой лаборатории были выполнены обработка проб и анализы на pH, содержание карбонатов, бикарбонатов, хлоридов, сульфатов, сухого остатка, кальция и магния, пыли по методикам, изложенным в РД 52.04.186 – 89.

Снеговые (талые) воды в период таяния поступают в водоемы и относятся к категории атмосферных сточных вод² [9 – 11]. Для оценки их состояния в качестве базы сравнения использовали нормативные показатели СанПиН^{1,3,4}. Результаты исследования снеговой воды приведены в табл. 1.

Из приведенных данных следует:

– сухой остаток в талой воде ниже (в 7 – 8 раз) ПДК на всех площадках;

– содержание хлорид-ионов не превышают ПДК (350 мг/л);

– содержание сульфат-ионов на площадке 1 в два раза ниже ПДК, на остальных площадках ниже предела обнаружения методикой, изложенной в РД 52.04.186 – 89;

– значения pH на всех площадках находятся в пределах нормы, что также подтверждает вывод об

² Порядок установления и функционирования санитарно-защитных зон промышленных предприятий. URL: http://www.centreco.ru/szz_6.php (дата обращения: 09.12.2022 г.).

³ СанПиН 1.2.3685 – 21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://rkc56.ru/documents/4538> (дата обращения: 09.12.2022 г.).

⁴ СанПиН 2.1.3684 – 21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_376166/ (дата обращения: 09.12.2022 г.).

Результаты анализа снеговой воды

Table 1. Results of analysis of the snow water

Показатель	ПДК, мг/л	Значение показателя на площадке							
		1	2	3	4	5	6	7	8
pH	6,5 – 8,5	7,8	7,6	7,6	7,9	7,4	7,6	8,4	7,9
Хлориды	350,0	18,46	19,84	21,3	18,46	21,3	15,62	17,1	18,46
Сульфаты	500,0	225,6	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Сухой остаток	1000,0	126,0	124,0	114,0	110,0	118,0	158,0	22,0	104,0
Ca	–	120,0	100,0	120,0	60,0	80,0	80,0	140,0	100,0
Mg	–	н/о	36,5	н/о	24,3	н/о	н/о	60,8	н/о

Пр и м е ч а н и е. н/о – ниже предела обнаружения.

отсутствии техногенного закисления почв на территории СЗЗ.

Для контроля почв был проведен почвенный мониторинг [12]. При мониторинге почвы контролируются [13 – 15]:

- тяжелые металлы (ванадий, марганец, сурьма, никель, медь, цинк, свинец, ртуть, кадмий);
- мышьяк;
- химические показатели (pH (кислотность), бенз(а)пирен, нефтепродукты, сернистые соединения).

Показатели загрязнения были определены по восьми химическим элементам (V, Mn, As, Sb, Ni, Cu, Zn, Pb). Загрязнения почвы в границах СЗЗ тяжелыми металлами представлены в табл. 2. Содержание тяжелых металлов и мышьяка на пробных площадках СЗЗ не превышают значения ПДК.

Результаты химических анализов почв представлены в табл. 3. Активная кислотность (pH водной вытяжки) находится в пределах 6,3 – 7,4 единиц, что указывает на

отсутствие техногенного закисления почв. Содержание нефтепродуктов (ПНДФ 16.1.41–04) в отобранных пробах ниже порогового значения (менее 20 мг/кг), то есть почвы на всех площадках по рассматриваемому соединению можно отнести к условно чистым. Содержание бенз(а)пирена не превышает значений ПДК (0,02 мг/кг) на всех экспериментальных площадках, кроме площадки 7. Содержание серы (ГОСТ 8606 – 93) не превышает значений ПДК в 160 мг/кг.

Для оценки степени загрязнения почв рассчитывается коэффициент K_c техногенной концентрации элемента [16]:

$$K_c = K_{\text{общ}} / K_{\text{фон}},$$

Результаты химических анализов почвенных образцов

Table 3. Results of chemical analysis of the soil samples

Площадка (точки отбора)	Глубина отбора, см	pH водной вытяжки	Бенз(а)пирен, мг/кг, ИСО 13877 (ПДК = 0,02 мг/кг)
1	0 – 5	7,16	0,0044
	5 – 20	7,40	0,0037
2	5 – 20	7,27	0,0010
3	0 – 5	7,38	0,0021
	5 – 20	7,23	0,0022
4	0 – 5	6,30	0,0033
	5 – 20	6,41	0,0029
5	0 – 5	7,07	0,0010
	5 – 20	7,05	0,0013
6	0 – 5	6,62	<0,0010
	5 – 20	6,53	<0,0010
7	0 – 5	6,91	0,0158
	5 – 20	6,76	0,0197
8	0 – 5	6,44	<0,0010
	5 – 20	5,75	<0,0010

Т а б л и ц а 2

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почве в границах СЗЗ

Table 2. Content of heavy metals and arsenic in the soil in boundaries of SPZ

Площадка	Содержание веществ, мг/кг, в почве							
	V	Mn	As	Sb	Ni	Cu	Zn	Pb
1	70	1500	н/о	н/о	50	130	200	50
2	70	1500	н/о	н/о	50	70	200	50
3	70	1500	н/о	н/о	50	100	150	50
4	70	1000	н/о	н/о	30	70	100	50
5	70	1500	н/о	н/о	50	70	200	50
6	70	1000	н/о	н/о	50	70	200	50
7	70	1500	н/о	н/о	50	70	150	50
8	70	1000	н/о	н/о	50	70	150	50
ПДК	150	1500	2	4,5	80	132	220	130

Категории химического загрязнения почв

Table 4. Categories of soil chemical contamination

Площадка и ее расположение площадок	Коэффициент концентрации металла							Z_c	Категория загрязнения
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg		
1 – район Ильинского моста	1,67	1,50	0,82	1,13	1,39	1,88	5,75	14,13	Допустимая
2 – район деревни Телеуты	1,67	1,36	0,82	1,04	1,52	1,96	3,13	11,48	Допустимая
3 – район деревни Малая Щедруха	1,67	1,25	0,94	1,16	1,26	2,50	6,88	15,65	Допустимая
4 – район шахты Юбилейная	1,67	1,14	0,98	0,92	1,27	2,59	8,88	17,44	Умеренно опасная
5 – район дороги на Куругеш-Есауловку	1,67	1,28	0,92	0,85	1,26	2,50	8,50	16,98	Умеренно опасная
6 – район дороги в Чистогорск	1,67	1,17	0,98	0,54	1,37	2,05	7,25	15,03	Допустимая
7 – район деревни Мокроусово	1,67	1,70	1,01	1,08	3,76	1,96	13,88	25,07	Умеренно опасная
8 – район деревни Ильинка	1,67	1,44	0,95	0,67	4,31	1,43	11,00	21,47	Умеренно опасная

где $K_{\text{общ}}$ и $K_{\text{фон}}$ – содержание элемента в исследуемой почве и в фоновой почве.

При загрязнении почвы двумя и более элементами проводится расчет суммарного показателя загрязнения Z_c :

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - i),$$

где K_c – коэффициенты техногенной концентрации, превышающие единицу; n – число элементов при $K_c > 1$.

Уровень загрязнения считается низким, если Z_c находится в пределах 0 – 16; средним (умеренно опасным) – если $Z_c = 16 \div 32$; высоким (опасным) – если $Z_c = 32 \div 128$; очень высоким (чрезвычайно опасным) – если $Z_c > 128$.

В табл. 4 представлена оценка химического загрязнения пробных площадок по ряду элементов, исходя из которой можно увидеть следующее:

– суммарный показатель загрязнения на площадках 1, 2, 3, 6 имеет значение меньше 16 (загрязнение почв находится в категории допустимого);

– на площадках 4, 5, 7, 8 суммарный показатель загрязнения находится в интервале 16 – 32 (загрязнение почв на этих площадках находится в категории умеренно опасного).

Выводы

Анализ снежного покрова показал, что содержание тяжелых металлов и мышьяка, сухой остаток в талой воде, содержание хлорид- и сульфат-ионов на пробных площадках СЗЗ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» не превышают ПДК. В почвенном покрове на пробных площадках СЗЗ содержание тяжелых металлов (V, Mn, As, Sb, Ni, Cu, Zn, Pb), мышьяка, серы, нефтепродуктов, а также значение pH находятся в пределах нормы. Некоторое превышение содержания бенз(а)пирена зафиксировано только на одной площадке из восьми.

Суммарный показатель загрязнения на четырех из восьми пробных площадок находится в категории допустимого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Турос О.И., Петросян А.А., Ананьева О.В., Картацев О.М. Розширення можливостей санітарно-епідеміологічної експертизи при обґрунтуванні встановлення розміру санітарно-захисної зони для феросплавного підприємства на етапі управління ризиком. *Гігієна населених місць*. 2013;(61):62–70.
2. Turoso O.I., Petrosyan A.A., Anan'eva O.V., Kartavtsev O.M. Expanding the possibilities of sanitary and epidemiological expertise in justifying the establishment of size of sanitary protection zone for a ferroalloy enterprise at the risk management stage. *Gigiena naselenikh mist'.* 2013;(61):62–70. (In Ukr.).
3. Alimbaev T., Mazhitova Zh., Beksultanova C., Tentiugulkyzy N. Activities of mining and metallurgical industry enterprises of the Republic of Kazakhstan: environmental problems and possible solutions. In: *XIII Int. Sci. and Pract. Conf. "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020"*. 2020;175:14019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017514019>
4. Casas A., Ferrero G., Tapias J.C., Rivero L., Font X., Viladevall M. Mapping heavy metal pollution of soils affected by metallurgical point-source pollution near Barcelona (Spain). In: *68th European Association of Geoscientists and Engineers Conference and Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2006, EAGE 2006: Opportunities in Mature Areas*. 2006;4: 2091–2095. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201402202>
5. Medvedev M.A., Medvedev A.N., Kolomytseva A. On the use of cluster analysis for interpretation of soil pollution monitoring data obtained near mining enterprise. In: *44th Int. Conf. on Applications of Mathematics in Engineering and Economics*. 2018;2048(1):060016. <https://doi.org/10.1063/1.5082131>
6. Zhukorskyi O., Nykyforuk O. Assessment of snow cover in sanitary protection zone of pig complexes of different capacities. *Агроекологічний журнал*. 2014;(3):64–69.
7. Brimblecombe P., Lefèvre R.-A. Weathering of materials at Notre-Dame from changes in air pollution and climate in

- Paris, 1325–2090. *Journal of Cultural Heritage*. 2021;50: 88–94. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.06.007>
7. Kozłowski R., Józwiak M., Józwiak M.A., Rabajczyk A. Chemism of atmospheric precipitation as a consequence of air pollution: The case of Poland's holy cross mountains. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2011;20(4):919–924.
 8. Pilecka J., Valujeva K., Grinfelde I., Eihe P., Purmalis O. Snow in the cities as an indicator of air pollution caused by traffic. In: *19th Int. Multidisciplinary Sci. GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2019*;19(4.1):1069–1076. <https://doi.org/10.5593/sgem2019/4.1/s19.136>
 9. Pilecka J., Grinfelde I., Purmalis O., Valujeva K., Ulcugacevs V. The heavy metal deposition in snow: case study of Jelgava city. In: *20th Int. Multidisciplinary Sci. GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 2020*. 2020;20(4.1):507–514. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/4.1/s19.063>
 10. Chen L., Zhi X., Shen Z., Dai Y., Aini G. Comparison between snowmelt-runoff and rainfall-runoff nonpoint source pollution in a typical urban catchment in Beijing, China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018;25(3): 2377–2388. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0576-z>
 11. Рогуля Л.И. Снежный покров – индикатор загрязнения атмосферы. *Молодой ученый*. 2018;(39):48–51. URL: <https://moluch.ru/archive/225/52866/> (Дата обращения: 14.09.2023).
 12. Безрукова В.В., Самохвалова О.А., Ильина А.С., Хороших П.С., Воробьева Д.Н. Экомониторинг снежного и почвенного покровов в границах санитарно-защитной зоны АО «ЕВРАЗ ЗСМК». В кн.: *Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 14-16 мая 2019 г. Новокузнецк, ИЦ СибГИУ, 2019*;23(6):342–347.
 13. Kicińska A. Environmental risk related to presence and mobility of As, Cd and Tl in soils in the vicinity of a metallurgical plant – Long-term observations. *Chemosphere*. 2019;236: 124308. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.07.039>
 14. Paliulis D., Uselyte I., Couch W. J. Experimental investigations of heavy metals concentrations in the ground of section Kazlu Ruda – Jure. In: *7th Int. Conf. on Environmental Engineering, ICEE 2008 – Conf. Proceedings*. 2008:267–273.
 15. Stevanović J., Serbula S.M., Trujić V. Arsenic heavy metals and SO₂ derived in: A mining-metallurgical production process. In: *Hazardous Materials: Types, Risks and Control*. 2011:187–223.
 16. *Геохимия окружающей среды* / А.И. Ачкасов, И.Л. Башаркевич, Т.Л. Онищенко, Л.Н. Павлова, Б.А. Ревич, Ю.Е. Саг, С.Ш. Саркисян, Р.С. Смирнова, Н.Я. Трефилова, Е.П. Янин. Москва: Недра; 1990:335.

Сведения об авторах

Information about the Authors

Марина Александровна Захарова, аспирант кафедры металлургии черных металлов, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: marina-shentsova@mail.ru

Marina A. Zakharova, Postgraduate of the Chair of Ferrous Metallurgy, Siberian State Industrial University
E-mail: marina-shentsova@mail.ru

Анатолий Сергеевич Водолеев, д.с.-х.н., профессор кафедры теплоэнергетики и экологии, Сибирский государственный индустриальный университет
ORCID: 0009-0003-0081-2797
E-mail: botanik-egf@yandex.ru

Anatolii S. Vodoleev, Dr. Sci. (Agr.), Prof. of the Chair "Thermal Power and Ecology", Siberian State Industrial University
ORCID: 0009-0003-0081-2797
E-mail: botanik-egf@yandex.ru

Оксана Сергеевна Андреева, к.г.н., доцент кафедры геоэкологии и географии, Кузбасский гуманитарно-педагогический институт Кемеровского государственного университета
E-mail: o_s_a@bk.ru

Oksana S. Andreeva, Cand. Sci. (Geogr.), Assist. Prof. of the Chair "Geoeology and Geography", Kuzbass Humanitarian and Pedagogical Institute of the Kemerovo State University
E-mail: o_s_a@bk.ru

Константин Игоревич Домнин, аспирант кафедры теплоэнергетики и экологии, Сибирский государственный индустриальный университет
ORCID: 0009-0003-2257-091X
E-mail: domnin_k_i@mail.ru

Konstantin I. Domnin, Postgraduate of the Chair "Thermal Power and Ecology", Siberian State Industrial University
ORCID: 0009-0003-2257-091X
E-mail: domnin_k_i@mail.ru

Вклад авторов

Contribution of the Authors

М. А. Захарова – проведение экспериментальных исследований, обработка и анализ результатов.

M. A. Zakharova – conducting experimental studies, processing and analysis of the results.

А. С. Водолеев – формирование основной концепции, цели и задач исследования; написание текста рукописи.

A. S. Vodoleev – formation of the main concept, goals and objectives of the study; writing the text.

О. С. Андреева – обзор публикаций по теме статьи, анализ экспериментальных данных.

O. S. Andreeva – literary review, analysis of experimental data.

К. И. Домнин – обработка результатов, анализ данных, доработка текста.

K. I. Domnin – processing of the results, data analysis, revision of the text.

Поступила в редакцию 07.10.2021

После доработки 02.06.2023

Принята к публикации 08.06.2023

Received 07.10.2021

Revised 02.06.2023

Accepted 08.06.2023