

Воздействие выбросов предприятий алюминиевой промышленности на окружающие экосистемы

© Липин^{1*} Вадим Аполлонович, Воробьев² Александр Юрьевич,
Коларж² Вячеслав Вячеславович, Ахмедов³ Сергей Норматович,
Козлов³ Вадим Александрович

¹ Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна. ул. Ивана Черных, д.4.
г. Санкт-Петербург, 198095. Россия. E-mail: vadim.lipin@rambler.ru

² Федеральное бюджетное учреждение "Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства" (ФБУ "СПбНИИЛХ"). Институтский пр., д.21.
г. Санкт-Петербург, 194021. Россия. E-mail: guin-s@yandex.ru

³ ООО «Алкорус Консалтинг». наб. Макарова, д.18. г. Санкт-Петербург, 199053. Россия.
E-mail: office@alcorus.ru

*Ведущий направление; †Поддерживающий переписку

Ключевые слова: экосистема, регулирование, мониторинг, лес, растительность, климатические проекты, алюминиевая промышленность, выбросы.

Аннотация

Регулирование в сфере защиты окружающей среды и безопасности жизнедеятельности человека предполагает минимизацию воздействия выбросов промышленных предприятий на лесной покров и растительность вблизи их расположения. Алюминиевые и глиноземные заводы являются наиболее характерным примером такого отрицательного воздействия. Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу при электролитическом получении алюминия, являются оксид углерода, оксид серы, фтористый водород, твердые фториды, фториды углерода, полиароматические углеводороды, пыль. Максимальные выбросы вредных веществ в атмосферу и парниковых газов наблюдаются у Братского и Красноярского алюминиевых заводов. Высокий уровень рекреационной нагрузки и техногенное загрязнение атмосферы являются факторами антропогенной деградации древостоя, травянистого яруса и горизонтов почв. В лесных биоценозах наблюдается нарушение почвенного покрова, трансформация почвенно-поглощительного комплекса и возрастание аккумуляции поллюантов в растениях и почве, а также существенное изменение визуальных и морфоструктурных параметров растений, морфологических и физических характеристик почв. Для крупных алюминиевых заводов с технологией самообжигающихся анодов зона сильного и среднего загрязнения растительности и лесов может оцениваться величиной 250 тыс. га. Для алюминиевых заводов средней производительности с использованием самообжигающихся анодов зону сильного и среднего загрязнения можно оценить величиной 70 тыс. га. Для заводов с предварительно обожженными анодами зона сильного и среднего загрязнения может составлять 30 тыс. га. Приводится обзор конкретных результатов оценки воздействия предприятий отрасли. Отмечается необходимость принятия на законодательном уровне решений, которые будут обязывать предприятия выполнять проекты лесовосстановления и лесоразведения как в своих санитарно-защитных зонах, так и на территориях с признаками антропогенной дигрессии леса в зоне воздействия вредных выбросов этих предприятий.

Содержание

Введение

1. Алюминиевая промышленность и её загрязняющие вещества
2. Загрязнение растительности отдельными промышленными производствами на примере Братского алюминиевого завода
3. Сравнительный анализ распределения выбросов загрязняющих компонентов Братского, Иркутского, Саяногорского, Красноярского, Новокузнецкого алюминиевых заводов, поступивших из воздуха на снежный покров
4. Выбросы загрязняющих веществ глиноземных заводов

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Липин В.А., Воробьев А.Ю., Коларж В.В., Ахмедов С.Н., Козлов В.А. Воздействие выбросов предприятий алюминиевой промышленности на окружающие экосистемы. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.85. №2. С.37-58. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-12-37

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Липин В.А., Воробьев А.Ю., Коларж В.В., Ахмедов С.Н., Козлов В.А. Воздействие выбросов предприятий алюминиевой промышленности на окружающие экосистемы. *Бутлеровские сообщения В*. 2026. Т.12. №1. Id.4. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-2-37/ROI-jbc-RB/26-12-1-4

The output for citing the English online version of the article:

Vadim A. Lipin, Alexander Y. Vorobyov, Vyacheslav V. Kolarzh, Sergey N. Akhmedov, Vadim A. Kozlov. Impact of emissions from aluminum industry enterprises on surrounding ecosystems. *Butlerov Communications B*. 2026. Vol.12. No.1. Id.4. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-2-37/ROI-jbc-B/26-12-1-4

Литература

- [1] Ситников С.Л. Углеродное регулирование в России: истоки и особенности. *Вестник евразийской науки*. 2022. Т.14. №6. Режим доступа: <https://esj.today/PDF/44ECVN622.pdf> (дата обращения: 12.01.2026). [S.L. Sitnikov. Carbon regulation in Russia: origins and peculiarities. *The Eurasian Scientific Journal*. 2022. Vol.14. No.6. P.44ECVN622. URL: <https://esj.today/PDF/44ECVN622.pdf> (Russian)]
- [2] Лукин Д.А., Мезенина О.Б. Основные источники загрязнения атмосферы и вещества, влияющие на здоровье лесов. *Агропродовольственная экономика*. 2016. №9. С.69-77. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26696069> [D.A. Lukin, O.B. Mezenina. The main sources of air pollution and substances that affect forest health. *Agro production and economics journal*. 2016. No.9. P.69-77. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26696069> (Russian)]
- [3] Гитарский М.Л. Эмиссия и поглощение парниковых газов антропогенного происхождения лесами России. *Автореферат дисс. ... доктора биологических наук* (спец. 03.00.16). Москва. 2007. 43с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15851134> [M.L. Ginarskij. Emission and absorption of greenhouse gases of anthropogenic origin by Russian forests. *PhD Thesis in Biological Sciences*. Moscow. 2007. 43p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15851134> (Russian)]
- [4] Жидков А.Н., Коженков Л.Л. Экологические проблемы охраны лесов. *Лесохозяйственная информация*. 2014. №4. С.25-33. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22677512> [A.N. Zhidkov, L.L. Kozhenkov. Environmental problems of forests. *Forestry Information*. 2014. No.4. P.25-33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22677512> (Russian)]
- [5] Пашкевич М.А., Коротаева А.Э. Изучение воздействия растительности наземных экосистем на снижение углеродного следа на территории Российской Федерации. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2021. Т.29. №4. С.315-327. DOI: 10.22363/2313-2310-2021-29-4-315-327 [M.A. Pashkevich, A.E. Korotaeva. Studying the vegetation impact of terrestrial ecosystems on reducing the carbon footprint in the territory of the Russian Federation. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021. Vol.29. No.4. P.315-327. DOI: 10.22363/2313-2310-2021-29-4-315-327 (Russian)]
- [6] Ахмедов С.Н., Друкарев В.А., Громов Б.С., Пак Р.В., Козлов В.А. Эмиссия загрязняющих веществ при электролитическом производстве алюминия. *Цветные металлы*. 2006. №1. С.41-45. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12795325> [S.N. Akhmedov, V.A. Drukarev, B.S. Gromov et al. Emission of pollutants during electrolytic aluminum production. *Non-Ferrous Metals*. 2006. No.1. P.41-45. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12795325> (Russian)]
- [7] Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 11-2022. Москва: Бюро НТД. 2022. 273 с. [Information and technical handbook on the best available technologies ITS 11-2022. Moscow, Bureau of NTD. 2022. 273p. (Russian)]
- [8] Рунова Е.М. Влияние техногенного загрязнения на состояние хвойных древостоев. *Автореферат дисс. ... доктора сельскохозяйственных наук* (спец. 03.00.16). Улан-Удэ. 1999. 44с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30259180> [E.M. Runova. The impact of man-made pollution on the condition of coniferous stands. *PhD Thesis*. Ulan-Ude. 1999. 44 p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30259180> (Russian)]
- [9] Рунова Е.М., Чжан С.А., Шихранов О.Г. О восстановлении экологического равновесия в санитарно-защитной зоне Братского алюминиевого завода. *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2003. №7. С.58-60. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23837829> [E.M. Runova, S.A. Chzhan, O.G. Shikhranov. On restoring ecological balance in the sanitary protection zone of the Bratsk Aluminum Plant. *Current Problems of the Forest Complex*. 2003. No.7. P.58-60. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23837829> (Russian)]

- [10] Рунова Е.М., Чжан С.А. Экологические аспекты состояния лесов в санитарно-защитных зонах алюминиевых заводов. *Resour. Technol.* **2003.** №4. С.102-105. Режим доступа: https://rt.petsru.ru/journal/content_list.php?id=2945 (дата обращения: 18.11.2025). [E.M. Runova, S.A. Chzhan. Environmental aspects of forest conditions in sanitary protection zones of aluminum plants. *Resour. Technol.* **2003.** No.4. P.102-105. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-aspekty-sostoyaniya-lesov-v-sanitarno-zaschitnyh-zonah-alyuminievyh-zavodov> (Russian)]
- [11] Рунова Е.М., Костромина О.А. Оценка состояния лиственных древостоев в зонах техногенного воздействия. *Вестник КрасГАУ.* **2007.** №6. С.121-127. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9588270> [E.M. Runova, O.A. Kostromina. Assessment of the condition of deciduous stands in man-made impact zones. *Bulletin of KrasGAU.* **2007.** No.6. P.121-127. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9588270>. (Russian)]
- [12] Рунова Е.М., Пузанова О.А., Чжан С.А. Прогноз состояния хвойных древостоев в условиях модернизации производства братского алюминиевого завода. *Актуальные проблемы лесного комплекса.* **2007.** №20. С.15-20. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23727566> [E.M. Runova, O.A. Puzanova, S.A. Chzhan. Forecast of coniferous stands condition in conditions of modernization of Bratsk aluminum plant production. *Current Problems of the Forest Complex.* **2007.** No.20. P.15-20. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23727566> (Russian)]
- [13] Рунова Е.М., Чжан С.А., Пузанова О.А. Воздействие загрязняющих веществ на почву в районе города Братска. *Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник.* **2008.** №1. С.148-150. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10331748> [E.M. Runova, S.A. Chzhan, O.A. Puzanova. Influence of polluting substances on ground in area of city of Bratsk. *Bulletin of the Moscow State Forest University: Forest Bulletin.* **2008.** No.1. P.148-150. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10331748> (Russian)]
- [14] Чжан С.А., Рунова Е.М., Пузанова О.А. Состояние хвойных древостоев в зоне действия алюминиевых производств. *Хвойные бореальной зоны.* **2008.** Т.25. №3-4. С.305-308. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11806222> [S.A. Chzhan, E.M. Runova, O.A. Puzanova. The condition of coniferous stands in the area of aluminum production. *Conifers of the Boreal Area.* **2008.** Vol.25. No.3-4. P.305-308. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11806222> (Russian)]
- [15] Чжан С.А., Рунова Е.М., Пузанова О.А., Сорокина Е.А. Некоторые особенности подраста в техногенных зонах города Братска. *Вестник КрасГАУ.* **2009.** №11(38). С.88-93. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13010973> [S.A. Chzhan, E.M. Runova, O.A. Puzanova, E.A. Sorokina. Some regrowth peculiarities in the industrial zones of Bratsk city. *Bulletin of KrasGAU.* **2009.** No.11(38). P.88-93. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13010973> (Russian)]
- [16] Чжан С.А. Лесоводственная оценка состояния сосновых насаждений в условиях длительного техногенного загрязнения. *Автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук:* (спец. 06.03.02). *Красноярск.* **2014.** 31 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30399236> [S.A. Chzhan. Forestry assessment of the condition of pine plantations in conditions of prolonged anthropogenic pollution. *PhD Thesis. Krasnoyarsk.* **2014.** 31p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30399236> (Russian)]
- [17] Рунова Е.М., Тукачева А.М. Состояние атмосферного воздуха в Братске и оценка состояния древесной растительности. *Актуальные проблемы лесного комплекса.* **2019.** №54. С.149-152. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38196196> [E.M. Runova, A.M. Tukacheva. The condition of atmospheric air in Bratsk and estimation of the condition of wood vegetation. *Current Problems of the Forest Complex.* **2019.** No.54. P.149-152. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38196196> (Russian)]
- [18] Рунова Е.М., Гаврилин И.И., Гаврилина М.К. Комплексная оценка экологического состояния древесных растений урбоэкосистемы Братска по интегральному показателю устойчивости. *Хвойные бореальной зоны.* **2012.** Т.30. №3-4. С.312-315. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20285318> [E.M. Runova, I.I. Gavrilin, M.K. Gavrulina. Comprehensive assessment of the ecological status of woody plants of the Bratsk urban ecosystem based on the integral indicator of sustainability. *Conifers of the Boreal Area.* **2012.** Vol.30. No.3-4. P.312-315. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20285318> (Russian)]
- [19] Васильева Т.В. О влиянии выбросов алюминиевого завода на содержание фторидов в почве с учетом некоторых климатических факторов. *Молодой ученый.* **2017.** №16(150). С.213-217. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29042319> [T.V. Vasil'eva. On the effect of aluminum plant emissions on the content of fluorides in the soil, taking into account some climatic factors. *Young Scientist.* **2017.** No.16(150). P.213-217. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29042319> (Russian)]
- [20] Янченко Н.И., Макухин В.Л., Баранов А.Н. Экспериментальные исследования и численное моделирование процессов распространения фтора в регионе г. Братск. *Оптика атмосферы и океана.* **2008.** Т.21. №10. С.841-843. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11515511>

- [N.I. Yanchenko, V.L. Makukhin, A.N. Baranov. Experimental studies and numerical modeling of fluorine propagation processes in the Bratsk region. *Optics of the Atmosphere and Ocean*. **2008**. Vol.21. No.10. P.841-843. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11515511> (Russian)]
- [21] Шихранов О.Г. Влияние фторидов на древесную растительность в санитарно-защитной зоне братского алюминиевого завода. *Автореферат дисс. ... кандидата сельскохозяйственных наук*: (спец. 03.00.16). Красноярск. **2004**. 24с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15795235> [O.G. Shikhranov. The effect of fluorides on woody vegetation in the sanitary protection zone of the Bratsk Aluminum Plant. *PhD Thesis. Krasnoyarsk*. **2004**. 24p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15795235> (Russian)]
- [22] Спицына Т.П., Тасейко О.В., Ерастов Р.А. и др. Пространственная динамика содержания фтора в хвое пихты сибирской (*Abies sibirica* L.) водосбора Р. Базаиха Красноярского промышленного региона. *Вестник КрасГАУ*. **2018**. №2(137). С.166-176. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32823770> [T.P. Spitsyna, O.V. Taseyko, R.A. Erastov *et al.* Spatial dynamics of fluorides in Siberian fir (*Abies sibirica* L.) needles in Bazaikha river's basin of Krasnoyarsk industrial region. *Vestnik KrasGAU*. **2018**. No.2(137). P.166-176. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32823770> (Russian)]
- [23] Оскорбина М.В., Калугина О.В., Афанасьева Л.В. Влияние выбросов алюминиевого производства на фотосинтетический аппарат лиственницы сибирской. *Сибирский лесной журнал*. **2024**. №1. С.31-39. DOI: 10.15372/SJFS20240104 [M.V. Oskorbina, O.V. Kalugina, L.V. Afanas'eva. The effect of aluminum production emissions on the photosynthetic apparatus of Siberian larch. *Siberian Forest Journal*. **2024**. No.1. P.31-39. DOI: 10.15372/SJFS20240104 (Russian)]
- [24] Чжан С.А., Пузанова О.А. Лесоводственно-таксационная характеристика древесной растительности на примере города Братска. *Успехи современного естествознания*. **2022**. №4. С.42-47. DOI: 10.17513/use.37807 [S.A. Chzhan, O.A. Puzanova. Forestry and taxation characteristics of woody vegetation on the example of the city of Bratsk. *Achievements of Modern Natural Science*. **2022**. No.4. P.42-47. DOI: 10.17513/use.37807 (Russian)]
- [25] Мухачева А.Н. Оценка воздействия антропогенных факторов среды на состояние дендроценозов города Братска неразрушающими методами контроля древесины. *Автореферат дисс. ... кандидата сельскохозяйственных наук*: (спец. 06.03.02). Екатеринбург. **2022**. 20с. Режим доступа: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/11676/1/Mukhacheva_22.pdf (дата обращения: 12.01.2026) [A.N. Mukhacheva. Assessment of the impact of anthropogenic environmental factors on the state of the dendrocenoses of the city of Bratsk by non-destructive methods of wood control. *PhD Thesis. Ekaterinburg*. **2022**. 20p. URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/11676/1/Mukhacheva_22.pdf?ysclid=mbtq9rjar4411345816 (Russian)]
- [26] Суходолов А.П., Янченко Н.И., Таловская А.В., Язиков Е.Г. Сравнительный анализ распределения компонентов выбросов алюминиевых заводов Сибири. *Экология и промышленность России*. **2018**. Т.22. №3. С.51-55. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-3-51-55 [A.P. Sukhodolov, N.I. Yanchenko, A.V. Talovskaya, E.G. Yazikov. Comparative assessment of emission products distribution from Siberian Aluminum Plants. *Ecology and Industry of Russia*. **2018**. Vol.22. No.3. P.51-55. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-3-51-55 (Russian)]
- [27] Янченко Н.И., Баранов А.Н., Яскина О.Л. Распределение компонентов выбросов алюминиевого производства в атмосфере и атмосферных осадках Байкальского промышленного региона. *Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия*. **2014**. №3. С.56-60. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21685750> [N.I. Yanchenko, A.N. Baranov, O.L. Yaskina. Distribution of the components of aluminum production emissions in the atmosphere and precipitation of the Baikal industrial Region. *News of Higher Educational Institutions. Non-Ferrous Metallurgy*. **2014**. No.3. P.56-60. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21685750> (Russian)]
- [28] Евдокимова Г.А., Корнейкова М.В., Мозгова Н.П. Изменения свойств почв и почвенной биоты в зоне воздействия аэротехногенных выбросов Кандалакшского алюминиевого завода. *Почвоведение*. **2013**. №10. С.1274-1281. DOI: 10.7868/S0032180X13100031 [G.A. Evdokimova, M.V. Korneykova, N.P. Mozgova. Changes in the properties of soils and soil biota in the zone affected by aerotechnogenic emissions from the Kandalaksha Aluminum Plant. *Soil Science*. **2013**. No.10. P.1274-1281. DOI: 10.7868/S0032180X13100031 (Russian)]
- [29] Дорохова Л.А. Биогеохимическая индикация влияния алюминиевого и уранодобывающего производств на прилегающие территории по данным изучения листьев тополя. *Диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук*: (спец. 1.6.21). Томск. **2022**. 159с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54421552> [L.A. Dorokhova. Biogeochemical indication of the influence of aluminum and uranium mining industries on adjacent territories based on the study of poplar leaves. *PhD Thesis. Tomsk*. **2022**. 159p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54421552> (Russian)]
- [30] Калугина О.В., Тарапенко Е.Н., Михайлова Т.А., Шергина О.В. Техногенное загрязнение сосновых лесов полициклическими ароматическими углеводородами. *Сибирский лесной журнал*. **2015**. №4. С.51-57.

- DOI: 10.15372/SJFS20150405 [O.V. Kalugina, E.N. Tarapenko, T.A. Mikhajlova, O.V. Shergina. Man-made pollution of pine forests by polycyclic aromatic hydrocarbons. *Siberian Forest Journal*. **2015**. No.4. P.51-57. DOI: 10.15372/SJFS20150405 (Russian)]
- [31] Михайлова Т.А., Калугина О.В., Шергина О.В. Мониторинг техногенного загрязнения и состояния сосновых лесов на примере Иркутской области. *Лесоведение*. **2020**. №3. С.265-273. DOI: 10.31857/S0024114820020072 [Т.А. Mikhajlova, O.V. Kalugina, O.V. Shergina. Monitoring of man-made pollution and the state of pine forests on the example of the Irkutsk region. *Forestry*. **2020**. No.3. P.265-273. DOI: 10.31857/S0024114820020072 (Russian)]
- [32] Харпухаева Т.М., Афанасьева Л.В., Калугина О.В., Оскорбина М.В. Видовой состав и структура растительности светлохвойных лесов Иркутской области в условиях загрязнения выбросами алюминиевых заводов. *Сибирский лесной журнал*. **2022**. №6. С.45-57. DOI: 10.15372/SJFS20220605 [Т.М. Kharpukhaeva, L.V. Afanas'eva, O.V. Kalugina, M.V. Oskorbina. Species composition and vegetation structure of light coniferous forests of Irkutsk region in conditions of pollution from aluminum plants. *Siberian Forest Journal*. **2022**. No.6. P.45-57. DOI: 10.15372/SJFS20220605 (Russian)]
- [33] Калугина О.В., Михайлова Т.А., Афанасьева Л.В. Динамика состояния сосновых лесов в окрестностях Шелеховского промышленного центра (Иркутская область). *География и природные ресурсы*. **2024**. Т.45. №1. С.62-70. DOI: 10.15372/GIPR20240106 [O.V. Kalugina, T.A. Mikhajlova, L.V. Afanas'eva. Dynamics of the state of pine forests in the vicinity of the Shelekhovskiy Industrial Center (Irkutsk region). *Geography and Natural Resources*. **2024**. Vol.45. No.1. P.62-70. DOI: 10.15372/GIPR20240106 (Russian)]
- [34] Афанасьева Л.В., Калугина О.В., Оскорбина М.В., Харпухаева Т.М. Особенности элементарного состава и пигментного комплекса хвои лиственницы сибирской при воздействии выбросов Иркутского алюминиевого завода. *Сибирский лесной журнал*. **2022**. №1. С.20-22. DOI: 10.15372/SJFS20220102 [L.V. Afanas'eva, O.V. Kalugina, M.V. Oskorbina, T.M. Kharpukhaeva. Features of the elementary composition and pigment complex of Siberian larch needles when exposed to emissions from the Irkutsk Aluminum Plant. *Siberian Forest Journal*. **2022**. No.1. P.20-22. DOI: 10.15372/SJFS20220102 (Russian)]
- [35] Татаринцев А.И. Эколого-лесоводственные особенности санитарно-фитопатологического состояния антропогенно нарушенных насаждений Средней Сибири. *Автореферат дисс. ... доктора биологических наук*: (спец. 06.03.02). Екатеринбург. **2020**. 39с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54472119> [A.I. Tatarintsev. Ecological and forestry features of the sanitary and phytopathological state of anthropogenically disturbed plantations in Central Siberia. *PhD Thesis. Ekaterinburg*. **2020**. 39p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54472119> (Russian)]
- [36] Преловский В.А. Оценка состояния экосистем в зоне влияния Саяногорского промышленного комплекса. *Вестник Томского государственного университета*. **2011**. №347. С.204-207. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16400951> [V.A. Prelovski. State assessment of ecosystems within the influence zone of the Sayanogorsky industrial complex. *Bulletin of Tomsk State University*. **2011**. No.347. P.204-207. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16400951> (Russian)]
- [37] Калугина О.В., Шергина О.В., Михайлова Т.А. Оценка антропогенной нарушенности лесных биогеоценозов в городской среде (на примере г. Братска). *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле*. **2017**. Т.19. С.48-67. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28888591> [O.V. Kalugina, O.V. Shergina, T.A. Mikhailova. Assessment of Forest Biogeocenosis Anthropogenic Decline Within Urban Territories (the Bratsk city as Model). *News of Irkutsk State University Series: Earth Sciences*. **2017**. Vol.19. P.48-67. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28888591> (Russian)]
- [38] Стайкова Т.Б., Окладникова Е.Н. Анализ выбросов загрязняющих веществ в атмосферу ОАО "Красноярский алюминиевый завод" ("РУСАЛ", Красноярск). *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*. **2011**. Т.1. №7. С.260-262. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22600829> [Т.В. Stajkova, E.N. Okladnikova. Analysis of pollutant emissions into the atmosphere of JSC Krasnoyarsk Aluminum Plant (RUSAL, Krasnoyarsk). *Current Issues in Aviation and Astronautics*. **2011**. Vol.1. No.7. P.260-262. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22600829> (Russian)]
- [39] Степанов В.С., Степанова Т.Б. Оценка интегрального негативного воздействия металлургических процессов на окружающую среду (на примере производства глинозёма). *Вестник Иркутского государственного технического университета*. **2011**. №6(53). С.26-31. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16519745> [V.S. Stepanov, T.B. Stepanova. Assessment of metallurgical process integrated negative effects of on the environment (on the example of alumina). *Bulletin of the Irkutsk State Technical University*. **2011**. No.6(53). P.26-31. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16519745> (Russian)]

- [40] Шепелев И.И., Пиляева О.В., Еськова Е.Н. и др. Повышение эффективности процессов очистки газов глиноземного производства. *Экология и промышленность России*. **2019**. Т.23. №11. С.10-14. DOI: 10.18412/1816-0395-2019-11-10-14 [I.I. Shepelev, O.V. Pilyaeva, E.N. Es'kova et. al. Improving the efficiency of alumina gas purification processes. *Ecology and Industry of Russia*. **2019**. Vol.23. No.11. P.10-14. DOI: 10.18412/1816-0395-2019-11-10-14 (Russian)]
- [41] Барановский В.В. Воздействие аэротехногенного загрязнения и низовых пожаров на сосновые насаждения на примере Каменск-Уральского промышленного района. *Автореферат дисс. ... кандидата сельскохозяйственных наук* (спец. 06.03.03). Екатеринбург. **2005**. 24с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16047241> [V.V. Baranovskij. The impact of aerotechnogenic pollution and grass-roots fires on pine plantations on the example of Kamensk-Uralsky industrial district. *PhD Thesis. Ekaterinburg*. **2005**. 24p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16047241> (Russian)]
- [42] Барановский В.В., Меньшиков С.Л., Завьялов К.Е. Повреждение сосновых древостоев в условиях аэротехногенного загрязнения в Каменск-Уральском промышленном центре. *Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. / Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург*. **2006**. Вып.28. С.255-262. [V.V. Baranovskij, S.L. Men'shikov, K.E. Zav'yalov. Damage to pine stands in conditions of aerotechnogenic pollution in Kamensk-Uralsky industrial center. *Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg*. **2006**. No.28. P.255-262. (Russian)]
- [43] Меньшиков С.Л., Князев М.С., Барановский В.В., Нагимов З.Я., Новокрещенков В.М. Состояние лесных растительных сообществ в районе Каменск-Уральского промузла. *Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр./Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург*. **2003**. Вып.23. С.201-214. [S.L. Men'shikov, M.S. Knyazev, V.V. Baranovskij, Z.Ya. Nagimov, V.M. Novokreshchenkov. The state of forest plant communities in the Kamensk-Uralsky industrial area. *Ural forests and their management: collection of scientific papers. Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg*. **2003**. No.23. P.201-214. (Russian)]
- [44] Меньшиков С.Л., Барановский В.В., Кузьмина Н.А. Плотность подроста сосны обыкновенной после низовых пожаров в зоне аэротехногенного загрязнения. *Экология*. **2013**. №5. С.330-333. DOI: 10.7868/S0367059713050107 [S.L. Menshikov, V.V. Baranovskij, N.A. Kuz'mina The density of Scots pine undergrowth after grass-roots fires in the aerotechnogenic pollution zone. *Ecology*. **2013**. No.5. P.330-333. DOI: 10.7868/S0367059713050107 (Russian)]
- [45] Коковкина Т.Ф., Бабушкина Л.Г. Техногенное загрязнение лесных почв. *Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. / Урал. гос. лесотехн. акад. Екатеринбург*. **1993**. Вып.16. С.199-207. [T.F. Kokovkina, L.G. Babushkina. Anthropogenic pollution of forest soils. *Ural forests and their management: collection of scientific papers / Ural State Forest Engineering Academy, Ekaterinburg*. **1993**. No.16. P.199-207. (Russian)]
- [46] Брагин А.В., Азаренок В.А. Моделирование воздействия техногенных загрязнений предприятия на лесные экосистемы Карпинского лесничества. *Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XV Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Уральский гос. лесотехн. ун-т*. **2019**. С.14-18. [A.V. Bragin, V.A. Azarenok. Modeling of the impact of man-made pollution of the enterprise on the forest ecosystems of the Karpinsky forestry. *Scientific creativity of youth – for the forestry complex of Russia: Abstracts of the XV All-Russian scientific and technical conf. Ural State Forestry University, Ekaterinburg*. **2019**. P.14-18. (Russian)]
- [47] Сродных Т.Б., Чикурова А.Ю., Афанасьева А.И. Состояние и программа развития системы озеленения г. Каменска-Уральского. *Леса Урала и хозяйство в них. Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург*. **2001**. Вып.21. С.282-289. [T.B. Srodnykh, A.Yu. Chikurova, A.I. Afanas'eva. The state and program of development of the landscaping system in Kamensk-Uralsky. *Ural Forests and Their Management. Ural State Forestry University, Ekaterinburg*. **2001**. No.21. P.282-289. (Russian)]
- [48] Скрипальщикова Л.Н., Грешилова Н.В. Аккумуляция пыли придорожными насаждениями в Красноярско-Ачинской и Канской лесостепях. *Ботанические исследования в Сибири. Красноярск*. **1999**. Вып.7. С.164-170. [L.N. Skripal'shikova, N.V. Greshilova Accumulation of dust by roadside plantings in the Krasnoyarsk-Achinsk and Kansk forest-steppes. *Botanical Research in Siberia, Krasnoyarsk*. **1999**. No.7. P.164-170. (Russian)]
- [49] Ефремова М.Н., Шевелев С.Л. Особенности строения лесных массивов в Красноярско-Ачинско-Канском лесостепном районе. *Хвойные бореальной зоны*. **2016**. Т.34. №5-6. С.298-302. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29385699> [M.N. Efremova, S.L. Shevelev. Features of the structure of woodlands in the Krasnoyarsk-Achinsk-Kansk forest-steppe region. *Conifers of the Boreal Area*. **2016**. Vol.34. No.5-6. P.298-302. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29385699> (Russian)]
- [50] Шевелев С.Л., Ефремова М.Н. Особенности объемобразующих показателей в древостоях Красноярско-Ачинско-Канской лесостепи. *Хвойные бореальной зоны*. **2018**. Т.36. №1. С.97-101. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34980783> [S.L. Shevelev, M.N. Efremova. The features of volume-forming indexes

- in the stands of the Krasnoyarsk-Achinsk-Kansk forest-steppe. *Conifers of the Boreal Area*. **2018**. Vol.36. No.1. P.97-101. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34980783> (Russian)]
- [51] Дворецкая Ю.Б. Геоэкологическая оценка влияния глиноземного производства на окружающую среду: на примере г. Ачинска. *Автореферат дисс. ... кандидата геолого-минералогических наук* (спец. 25.00.36). Красноярск. **2007**. 22с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16119747> [Yu.B. Dvoretzkaya. Geocological assessment of the impact of alumina production on the environment using the example of Achinsk. *PhD Thesis. Krasnoyarsk*. **2007**. 22 p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16119747> (Russian)]
- [52] Саватейкина В.С. Влияние глиноземного производства на атмосферный воздух (на примере АО «РУСАЛ Ачинский глиноземный комбинат»). *Междисциплинарные подходы в биологии, медицине и науках о Земле: теоретические и прикладные аспекты: материалы симп. XVIII (L) Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Кемерово: Кемеровский гос. ун-т*. **2023**. С.231-233. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53736237> [V.S. Savatejkina Influence of alumina production on atmospheric air (using the example of JSC RUSAL Achinsk Alumina Combine). *Interdisciplinary approaches in biology, medicine, and earth sciences: theoretical and applied aspects: Proc. 18th (L) International Scientific Conf. of students, postgraduates, and young scientists. Kemerovo: Kemerovo State University*. **2023**. P.231-233. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53736237> (Russian)]
- [53] Тихонова И.В. Гигиеническая оценка воздействия химических компонентов производства глинозема на органы дыхания у детей для совершенствования системы социально-гигиенического мониторинга. *Диссертация ... кандидата медицинских наук*: (спец. 14.02.01). Пермь. **2020**. 240с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54472925> [I.V. Tikhonova. Hygienic assessment of the effects of chemical components of alumina production on the respiratory system in children to improve the system of social and hygienic monitoring. *PhD Thesis. Perm'*. **2020**. 240p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54472925> (Russian)]
- [54] Немеров А.М. Экоотоксикологическая оценка земель, нарушенных шламовыми водами, в импактной зоне АО «РУСАЛ Ачинск». *Диссертация ... кандидата биологических наук*: (спец. 03.02.08). Красноярск. **2021**. 166 с. Режим доступа: https://dissertations.tsu.ru/DegreeApplicationsFiles/application-911c545a-fe03-40cb-a88f-7518922961bc/3f2f4f49-062f-4556-87f2-1946cb6c3a3c-Немеров_А.М._Автореферат.pdf (дата обращения: 12.05.2025). [A.M. Nemerov. Ecotoxicological assessment of lands disturbed by sludge waters in the impact zone of JSC RUSAL Achinsk. *PhD Thesis. Krasnoyarsk*. **2021**. 166p. URL: https://dissertations.tsu.ru/DegreeApplicationsFiles/application-911c545a-fe03-40cb-a88f-7518922961bc/3f2f4f49-062f-4556-87f2-1946cb6c3a3c-%D0%9D%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2_%D0%90.%D0%9C._%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82.pdf (Russian)]
- [55] Воробейчик Е.Л. Естественное восстановление наземных экосистем после прекращения промышленного загрязнения. 1. Обзор современного состояния исследований. *Экология*. **2022**. №1. С.3-41. DOI: 10.31857/S0367059722010115 [E.L. Vorobejchik. Natural restoration of terrestrial ecosystems after cessation of industrial pollution. 1. Review of the current state of research. *Ecology*. **2022**. No.1. P.3-41. DOI: 10.31857/S0367059722010115 (Russian)]
- [56] Корельский Д.С. Мониторинг почвенно-растительного покрова в зоне воздействия ОАО «Бокситогорский глинозем». *Записки Горного института*. **2006**. Т.167. №1. С.70-73. Режим доступа: <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/8067> (дата обращения: 12.01.2026). [D.S. Korel'skij. Monitoring of soil and vegetation cover in the impact area of JSC "Boksitogorsky alumina". *Notes of the Mining Institute*. **2006**. Vol.167. No.1. P.70-73. URL: https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/8067#statistics_article (Russian)]
- [57] Пашкевич М.А., Петрова Т.А., Корельский Д.С. Мониторинг приповерхностного слоя почв в зоне воздействия ОАО Бокситогорский глинозем. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. **2006**. №1. С.165-167. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9483728> [M.A. Pashkevich, T.A. Petrova, D.S. Korel'skij. Monitoring of the near-surface soil layer in the impact area of JSC Boksitogorsky alumina. *Mountain Information and Analytical Bulletin*. **2006**. No.1. P.165-167. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9483728> (Russian)]
- [58] Горчакова А.Ю. О влиянии цементного производства на растения. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. **2014**. Т.16. №1. С.120-126. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21885757> [A.Yu. Gorchakova. About influence of cement production on vegetation. *News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. **2014**. Vol.16. No.1. P.120-126. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21885757> (Russian)]
- [59] В.А. Соромотин. Влияние выбросов цементного завода на растительный покров Центральной Якутии: на примере Мохсоглолохского цементного завода. *Диссертация ... кандидата биологических наук*: (спец. 03.00.16). Якутск. **2008**. 154с. Режим доступа: https://new-disser.ru/_avtoreferats/01004255930.pdf (дата

- Обзор** _____ Липин В.А., Воробьев А.Ю., Коларж В.В., Ахмедов С.Н., Козлов В.А. обращения: 12.01.2026) [V.A. Soromotin. The impact of cement plant emissions on the vegetation cover of Central Yakutia: the example of the Mokhsogollokh Cement Plant. *PhD Thesis. Yakutsk. 2008.* 154p. URL: https://new-disser.ru/_avtoreferats/01004255930.pdf (Russian)]
- [60] Соромотин В.А., Миронова С.И. Ординационный анализ растительности в зоне воздействия цементного завода П. Мохсоголлох (Центральная Якутия). *Проблемы региональной экологии. 2008.* №5. С.136-138. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11673655> [V.A. Soromotin, S.I. Mironova. Ordination analysis of vegetation in a zone of impact of cement plant in Mohsogolloh (the Central Yakutia). *Problems of Regional Ecology. 2008.* No.5. P.136-138. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11673655> (Russian)]
- [61] Борисова С.А. Геохимическая характеристика почв в окрестностях кс «Пикалево» Бокситогорского района. Актуальные проблемы экологии и природопользования: Сб. науч. тр. XXII Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. Москва. РУДН. 2021. Т.1. С.453-458. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47140059> [S.A. Borisova. Geochemical soil characteristics of area surrounding cs “Pikalevo” of Boxitogorsk region. Current issues in ecology and nature management. *Collection of scientific papers of the XXII International scientific and practical conference: in 3 volumes. Moscow: RUDN. 2021.* P.453-458. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47140059> (Russian)]
- [62] Белозерцева И.А. Воздействие техногенных выбросов на почвенный покров Верхнего Приангарья: На примере зоны влияния Иркутского алюминиевого завода. *Диссертация ... кандидата географических наук (спец. 11.00.11). Иркутск. 2000.* 161с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22497717> [I.A. Belozertseva. The impact of man-made emissions on the soil cover of the Upper Angara region: An example of the zone of influence of the Irkutsk Aluminum Plant. *PhD Thesis. Irkutsk. 2000.* 161p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22497717> (Russian)]
- [63] Белозерцева И.А. Хавина Л.А. Загрязнение окружающей среды в зоне воздействия ИркаЗа и здоровье населения г. Шелехов. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2012.* Т.110. №3. С.122-124. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17761967> [I.A. Belozertseva, L.A. Khavina. Environmental pollution within the influence zone of the Irkutsk aluminium factory and population health of the town of Shelekhov. *Siberian Medical Journal. 2012.* Vol.110. No.3. P.122-124. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17761967> (Russian)]
- [64] Белозерцева И.А. Мониторинг загрязнения окружающей среды в зоне воздействия Иркутского алюминиевого завода. *Вода: химия и экология. 2013.* №10(64). С.33-38. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20876659> [I.A. Belozertseva. Monitoring of environmental pollution in a zone of influence of the Irkutsk aluminium factory. *Water: Chemistry and Ecology. 2013.* No.10(64). P.33-38. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20876659> (Russian)]
- [65] Белозерцева И.А., Лопатина Д.Н. Техногенное воздействие на почвы урбанизированных территорий Сибири. *Фундаментальные исследования. 2015.* №2-24. С.5397-5403. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23768283> [I.A. Belozertseva, D.N. Lopatina. Technogenic impact on soils of the urbanized territories of Siberia. *Fundamental Research. 2015.* No.2-24. P.5397-5403. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23768283> (Russian)]
- [66] Давыдова Н.Д. Техногенные потоки поллютантов и изменение геохимической среды таежных и степных геосистем Сибири. *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013.* Т.18. №3. С.961-966. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18849181> [N.D. Davydova. Techogenic flows of pollutants and changes in geochemical environment of components of taiga and steppe geosystems of Siberia. *Bulletin of Tambov University Series: Natural and technical sciences. 2013.* Vol.18. No.3. P.961-966. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18849181> (Russian)]
- [67] Давыдова Н.Д. Биогеохимическая трансформация растительности степей в условиях атмосферного загрязнения. *Природа Внутренней Азии. 2018.* №2(7). С.75-86. DOI: 10.18101/2542-0623-2018-2-75-86. [N.D. Davydova. Biogeochemical transformation of steppe vegetation in conditions of atmospheric pollution. *Nature of Inner Asia. 2018.* No.2(7). P.75-86. DOI: 10.18101/2542-0623-2018-2-75-86. (Russian)]
- [68] Янченко Н.И., Баранов А.Н., Макухин В.Л. Распределение фтора в зоне влияния алюминиевого завода. *Экология и промышленность России. 2008.* №6. С.22-25. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11684306> [N.I. Yanchenko, A.N. Baranov, V.L. Makukhin. Distribution of fluorine in the zone of influence of an aluminum plant. *Ecology and Industry of Russia. 2008.* No.6. P.22-25. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11684306> (Russian)]
- [69] Янченко Н.И., Белых Л.И. Сравнительная оценка полициклических ароматических углеводородов снежного покрова в зоне выбросов алюминиевого производства. *Оптика атмосферы и океана. 2017.* Т.30. №1. С.66-71. DOI: 10.15372/AOO20170109 [N.I. Yanchenko, L.I. Belykh. Comparative assessment of polycyclic

- aromatic hydrocarbons of snow cover in the emission zone of aluminum production. *Optics of the Atmosphere and Ocean*. **2017**. Vol.30. No.1. P.66-71. DOI: 10.15372/AOO20170109 (Russian)]
- [70] Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П. Оценка загрязнения почв и растений в зоне воздействия газоздушных выбросов алюминиевого завода. *Теоретическая и прикладная экология*. **2015**. №4. С.64-68. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25462338> [G.A. Evdokimova, N.P. Mozgova. Assessment of soil and plant pollution in the zone affected by gas-air emissions from an aluminum smelter. *Theoretical and Applied Ecology*. **2015**. No.4. P.64-68. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25462338> (Russian)]
- [71] Макухин В.Л., Янченко Н.И., Баранов А.Н. Оценка воздействия выбросов строящегося Тайшетского алюминиевого завода на окружающую среду. *Оптика атмосферы и океана*. **2009**. Т.22. №9. С.859-861. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12827147> [V.L. Makukhin, N.I. Yanchenko, A.N. Baranov. The estimation of the influence of the emission of the Tayshet Aluminium Factory under construction on the media ambient. *Optics of the Atmosphere and Ocean*. **2009**. Vol.22. No.9. P.859-861. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12827147> (Russian)]
- [72] Кислицына В.В., Суржигов Д.В., Голиков Р.А., Ликонцева Ю.С. Неканцерогенный риск для здоровья населения промышленного города от влияния атмосферных выбросов алюминиевого завода. *Медицина в Кузбассе*. **2024**. Т.23. №3. С.32-38. DOI: 10.24412/2687-0053-2024-3-32-38 [V.V. Kislitsyna, D.V. Surzhikov, R.A. Golikov, Yu.S. Likontseva. Non-carcinogenic risk to the health of the population of an industrial city from the influence of atmospheric emissions from an aluminum plant. *Medicine in Kuzbass*. **2024**. Vol.23. No.3. P.32-38. DOI: 10.24412/2687-0053-2024-3-32-38. (Russian)]
- [73] Филимонова Л.М. Исследование геоэкологических особенностей снегового покрова в зоне влияния алюминиевого завода с использованием метода физико-химического моделирования: *Автореферат дисс. ... кандидата геолого-минералогических наук: (спец. 25.00.36)*. Иркутск. **2017**. 20с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54447804> [L.M. Filimonova. Investigation of the geoecological features of the snow cover in the zone of influence of the aluminum plant using the method of physico-chemical modeling. *PhD Thesis. Irkutsk*. **2017**. 20p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54447804> (Russian)]
- [74] Филимонова Л.М. Оценка атмосферного загрязнения методами геохимической съемки снегового покрова в районе алюминиевого производства. *Современные наукоемкие технологии*. **2014**. №7. С.47-49. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21406998> [L.M. Filimonova. Assessment of atmospheric pollution by geochemical survey of snow cover in the aluminum production area. *Modern High Technologies*. **2014**. No.7. P.47-49. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21406998> (Russian)]
- [75] Сирина Н.В. Оценка загрязнения атмосферного воздуха предприятиями алюминиевой промышленности Иркутской области: *Диссертация ... кандидата географических наук: (спец. 25.00.36)*. Иркутск. **2009**. 229с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16207576> [N.V. Sirina. Assessment of atmospheric air pollution by enterprises of the aluminum industry of the Irkutsk region. *PhD Thesis. Irkutsk*. **2009**. 229p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16207576> (Russian)]
- [76] Макарова А.П., Буковская Н.Е., Напрасникова Б.В. Влияние аэротехогенных выбросов алюминиевых производств в Иркутской области на почвенную микробиоту. *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология*. **2017**. Т.19. С.57-62. [A.P. Makarova, N.E. Bukovskaya, B.V. Naprasnikova. The impact of aerotechnogenic emissions from aluminum production in the Irkutsk region on the soil microbiota. *News of Irkutsk State University Series: Biology. Ecology*. **2017**. Vol.19. P.57-62. (Russian)]
- [77] Макарова А.П., Е.В. Напрасникова, Н.Е. Буковская. Экологическая и санитарно-бактериологическая характеристика почвенного покрова города Братска. *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология*. **2018**. Т.26. С.18-27. DOI: 10.26516/2073-3372.2018.26.18 [A.P. Makarova, E.V. Naprasnikova, N.E. Bukovskaya. Ecological and Sanitary-Bacteriological Characteristics of Soil Cover in the City of Bratsk (East Siberia). *News of Irkutsk State University Series: Biology. Ecology*. **2018**. Vol.26. P.18-27. DOI: 10.26516/2073-3372.2018.26.18 (Russian)]
- [78] Козлова А.А., Лопатовская О.Г., Гранина Н.И. и др. Фторидное загрязнение серых лесных почв, находящихся в зоне влияния Иркутского алюминиевого завода. *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология*. **2011**. Т.4. №1. С.87-94. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16387497> [A.A. Kozlova, O.G. Lopatovskaya, N.I. Granina, et al. Fluoride contamination of gray forest soils from Irkutsk aluminium smelter (IrkAZ). *News of Irkutsk State University Series: Biology. Ecology*. **2011**. Vol.4. No.1. P.87-94. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16387497> (Russian)]
- [79] Демиденко Г.А., Жбанчиков Д.О., Миронов А.Г. Загрязнение фтором сельскохозяйственных земель и растений в зоне влияния производственной деятельности алюминиевого завода. *В мире научных открытий*. **2016**. №2(74). С.148-158. DOI: 10.12731/wsd-2016-2-11 [G.A. Demidenko, D.O. Zhbanchikov,

- A.G. Mironov. Fluoride contamination of agricultural soils and plants onsite pollution bubble of the aluminum smelter. *In the World of Scientific Discoveries*. **2016**. No.2(74). P.148-158. DOI: 10.12731/wsd-2016-2-11 (Russian)]
- [80] Горлушкина К.С., Бадмаева С.Э. Мониторинг техногенного загрязнения земель территории алюминиевого завода г. Красноярск. *Вестник КрасГАУ*. **2018**. №2(137). С.242-247. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32823798> [K.S. Gorlushkina, S.E.Badmaeva. Monitoring of technogenic pollution of lands of the territory of aluminum plant of Krasnoyarsk. *Vestnik KrasGAU*. **2018**. No.2(137). P.242-247. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32823798> (Russian)]
- [81] Жбанчиков Д.О. Оценка загрязнения фтором в системе «сельскохозяйственные земли – растения – молоко» в зоне промышленного влияния Красноярского алюминиевого завода (ОАО «Русал Красноярск»). *Вестник КрасГАУ*. **2017**. №3. С.138-144. [D.O. Zhbanchikov. Assessment of fluorine contamination in the "agricultural lands - plants - milk" system in the industrial zone of the Krasnoyarsk Aluminum Plant (JSC Rusal Krasnoyarsk). *Vestnik KrasGAU*. **2017**. No.3. P.138-144. (Russian)]
- [82] Пономарева Т.В., Богородская А.В. Содержание тяжелых металлов и микробиологическая характеристика почв в импактной зоне Красноярского алюминиевого завода. *Экосистемы*. **2022**. №32. С.90-105. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50399590> [T.V. Ponomareva, A.V. Bogorodskaya. Content of heavy metals and microbiological characteristics of soils in the impact zone of Krasnoyarsk aluminum plant. *Ecosystems*. **2022**. No.32. P.90-105. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50399590> (Russian)]
- [83] Берсенева О.А. Эколого–микробиологическая характеристика наземных экосистем в районе предприятий алюминиевой промышленности. *Автореферат дис. ... кандидата биологических наук* (спец. 03.02.08). Улан-Удэ. **2010**. 26 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19334094> [Barseneva O. A. Ecological and microbiological characteristics of terrestrial ecosystems in the area of aluminum industry enterprises. *PhD Thesis. Ulan-Ude*. **2010**. 26p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19334094> (Russian)]
- [84] Белозубова Н.Ю. Эколого-геохимическая оценка почв и особенности миграции токсичных элементов в агроценозах Волгоградской области. *Автореферат дисс. ... кандидата биологических наук* (спец. 03.02.08). Москва. **2011**. 23с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19367357> [N.Yu. Belozubova. Ecological and geochemical assessment of soils and features of migration of toxic elements in agrocenoses of the Volgograd region. *PhD Thesis. Moscow*. **2011**. 23 p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19367357>]
- [85] Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О. и др. Состояние и перспективы развития методов спутникового картографирования растительного покрова России. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. **2015**. Т.12. №5. С.203-221. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24928293> [S.A. Bartalev, V.A. Egorov, V.O. Zharko, et al. Current state and development prospects of satellite mapping methods of Russia's vegetation cover. *Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space*. **2015**. Vol.12. No.5. P.203-221. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24928293> (Russian)]
- [86] Барталев С.А. Разработка методов оценки состояния и динамики лесов на основе данных спутниковых наблюдений. *Автореферат дисс. ... доктора технических наук* (спец. 01.04.01). Москва. **2007**. 47с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19190094> [S.A. Bartolev. Development of methods for assessing the state and dynamics of forests based on satellite observations. *PhD Thesis. Moscow*. **2007**. 47p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19190094>]
- [87] Барталев С.А., Лупян Е.А., Стыщенко Ф.В. и др. Экспресс-картографирование повреждений лесов России пожарами по спутниковым данным Landsat. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. **2014**. Т.11. №1. С.9-20. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22936487> [S.A. Bartalev, E.A. Lupyuan, F.V. Stytsenko, et al. Express mapping of forest fire damage in Russia using Landsat satellite data. *Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space*. **2014**. Vol.11. No.1. P.9-20. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22936487> (Russian)]
- [88] Хвостиков С.А., Барталев С.А. Возможности применения данных спутникового мониторинга для моделирования динамики развития природных пожаров. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. **2021**. Т.18. №5. С.9-27. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-5-9-27 [S.A. Khvostikov, S.A. Bartalev. The possibilities of using satellite monitoring data to simulate the dynamics of wildfires. *Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space*. **2021**. Vol.18. No.5. P.9-27. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-5-9-27 (Russian)]
- [89] Барталев С.А., Саворский В.П., Котельников Р.В. и др. Алгоритмы оценок ущерба от незаконных рубок по данным дистанционного мониторинга. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Сб. тез. докл. 14-й Всерос. открытой конф. Москва. ИКИ РАН*. **2016**. 327с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28175681> [S.A. Bartalev, V.P. Savorskiy, R.V. Kotel'nikov et al. Algorithms for assessing damage from illegal logging based on remote monitoring data. *Modern problems of remote sensing*

- of the Earth from space. *Collection of Abstracts of Reports of the 14th All-Russian Open Conference. Moscow: Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences. 2016. 327p. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28175681> (Russian)]*
- [90] Нагайцев И.А., Петрова Т.В. Направление развития технологий сокращения выбросов парниковых газов на предотвращение климатических изменений. *Экономика. Право. Инновации. 2022. №4. С.21-29. DOI: 10.17586/2713-1874-2022-4-21-29* Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50066686> [I.A. Nagajtsev, T.V. Petrova. The direction of development of technologies for reducing greenhouse gas emissions to prevent climate change. *Economy. Law. Innovations. 2022. No.4. P.21-29. DOI: 10.17586/2713-1874-2022-4-21-29 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50066686> (Russian)]*
- [91] Сычев В.Г., Налиухин А.Н. Изменение климата и углеродная нейтральность: современные вызовы перед аграрной наукой. *Плодородие. 2021. №5(122). С.3-7. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.01* [V.G. Sychev, A.N. Naliukhin. Climate change and carbon neutrality: modern challenges for agriculture. *Fertility. 2021. No.5(122). P.3-7. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.01 (Russian)]*
- [92] Суздалева А.Л. Климатические проекты: основные виды и их результативность. *Вестник евразийской науки. 2023. Т.15. №1. Режим доступа: <https://esj.today/PDF/20NZVN123.pdf> (дата обращения: 12.01.2026).* [A.L. Suzdaleva. Climate actions: main types and their effectiveness. *The Eurasian Scientific Journal. 2023. Vol.15. No.1. P.20NZVN123. URL: <https://esj.today/PDF/20NZVN123.pdf>. (Russian)]*
- [93] Пинаев В.Е., Ухова В.Н., Ледашева Т.Н. Направления, опыт и перспективы реализации климатических проектов в России. *Отходы и ресурсы. 2023. Т.10. №2. DOI: 10.15862/17ECOR223* [V.E. Pinaev, V.N. Ukhova, T.N. Ledashcheva. Directions, experience and prospects for the implementation of carbon projects in Russia. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling. 2023. Vol.10. No.2. P.17ECOR223. URL: <https://resources.today/PDF/17ECOR223.pdf>. DOI: 10.15862/17ECOR223 (Russian)]*
- [94] Романовская А.А. Подходы к реализации экосистемных климатических проектов в России. *Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2023. Т.87. №4. С.463-478. DOI: 10.31857/S2587556623040118* [A.A. Romanovskaya. Approaches to Implementing Ecosystem Climate Projects in Russia. *News of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series. 2023. Vol.87. No.4. P.463-478. DOI: 10.31857/S2587556623040118 (Russian)]*
- [95] Vadim A. Lipin, Alexander Y. Vorobyov, Vyacheslav V. Kolarzh, Sergey N. Akhmedov, Vadim A. Kozlov. Impact of emissions from aluminum industry enterprises on surrounding ecosystems. *Butlerov Communications B. 2026. Vol.12. No.1. Id.4. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-2-37/ROI-jbc-B/26-12-1-4*
- [96] Липин В.А., Воробьев А.Ю., Коларж В.В., Ахмедов С.Н., Козлов В.А. Воздействие выбросов предприятий алюминиевой промышленности на окружающие экосистемы. *Бутлеровские сообщения В. 2026. Т.12. №1. Id.4. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-2-37/ROI-jbc-RB/26-12-1-4*

The English version of the article have been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications B
Advances in Chemistry & Thermophysics

The Reference Object Identifier – ROI: jbc-B/26-12-1-4

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-2-37/ROI-jbc-B/26-12-1-4

Impact of emissions from aluminum industry enterprises on surrounding ecosystems

**Vadim A. Lipin,^{1*} Alexander Yu. Vorobyov,² Vyacheslav V. Kolarzh,²
Sergey N. Akhmedov,³ Vadim A. Kozlov³**

¹ Higher School of Technology and Energy. St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design. Ivan Chernykh St., 4. St. Petersburg, 198095. Russia. E-mail: vadim.lipin@rambler.ru

² Saint Petersburg Forestry Research Institute. Institutsky Ave., 21. St. Petersburg, 194021. Russia.
E-mail: guin-s@yandex.ru

³ Alcorus Consulting LLC. Makarova Embankment, 18. Lit.A, Premises 3-N. St. Petersburg, 199004. Russia.
E-mail: office@alcorus.ru

*Supervising author; †Corresponding author

Keywords: forest, vegetation, climate projects, aluminum industry, emissions, ecosystem, regulation, monitoring.

Abstract

Environmental protection and human safety regulations require minimizing the impact of industrial emissions on forest cover and vegetation near their locations. Aluminum and alumina smelters are the most typical examples of this negative impact. The main pollutants emitted into the atmosphere during the electrolytic production of aluminum are carbon monoxide, sulfur oxide, hydrogen fluoride, solid fluorides, carbon fluorides, polyaromatic hydrocarbons, and dust. The highest emissions of harmful substances into the atmosphere and greenhouse gases are observed near the Bratsk and Krasnoyarsk aluminum smelters. High levels of recreational use and man-made air pollution are factors in the anthropogenic degradation of forest stands, herbaceous layers, and soil horizons. Forest biocenoses are experiencing soil disturbance, transformation of the soil-absorbing complex, and increased accumulation of pollutants in plants and soil, as well as significant changes in the visual and morphostructural parameters of plants and the morphological and physical characteristics of soils. For large aluminum smelters using self-baking anode technology, the zone of severe to moderate contamination of vegetation and forests can be estimated at 250,000 hectares. For medium-capacity aluminum smelters using self-baking anodes, the zone of severe to moderate contamination can be estimated at 70,000 hectares. For smelters using prebaked anodes, the zone of severe to moderate contamination can be as large as 30,000 hectares. A review of specific impact assessment results for industry enterprises is provided. The need for legislative action is noted that would require enterprises to implement reforestation and afforestation projects both in their sanitary protection zones and in areas with signs of anthropogenic forest degradation within the impact zone of these enterprises' harmful emissions.

Content

Introduction

1. The aluminum industry and its pollutants
2. Vegetation pollution from individual industrial production facilities: the case of the bratsk aluminum smelter
3. Comparative analysis of the distribution of pollutant emissions from the Bratsk, Irkutsk, Sayanogorsk, Krasnoyarsk, and Novokuznetsk aluminum smelters, transferred from the air to snow cover
4. Pollutant emissions from alumina refineries