

ГЕОЭКОЛОГИЯ / GEOECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.53>

АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЬСКОЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ ARCGIS

Научная статья

Троценко А.А.<sup>1,\*</sup>, Александрова Е.Ю.<sup>2</sup>, Светлова М.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-4590-0550;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0001-9310-1414;

<sup>3</sup>ORCID : 0000-0002-1358-1081;

<sup>1,2,3</sup> Мурманский арктический университет, Мурманск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (trotcenko2007[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Методами биомониторинга проведена оценка состояния хвойных растений в районе воздействия Кольской горно-металлургической компании (г. Мончегорск); показано угнетение растений в зоне воздействия комбината. С использованием функционала ArcGIS выполнена пространственная привязка района исследования, созданы тематические слои почвенного покрова, почвообразующих пород, геологического строения, типологии лесов по целевому назначению, особо охраняемых территорий для муниципальных округов города Мончегорск и города Оленегорск Мурманской области, осуществлен геоинформационный оверлейный анализ данной территории. Показано, что на фоне общего закисления почв исследуемые территории отражают относительное экологическое благополучие, а по мере приближения к источнику загрязнения обнаруживаются зоны с повышенным экологическим риском.

**Ключевые слова:** биомониторинг, биоиндикация, геологические особенности, техногенная нагрузка, геоинформационный анализ.

ANALYSIS OF THE TECHNOGENIC IMPACT ON THE TERRITORIES OF THE KOLA MINING AND METALLURGICAL COMPANY USING ARCGIS SOFTWARE

Research article

Trotsenko A.A.<sup>1,\*</sup>, Aleksandrova Y.Y.<sup>2</sup>, Svetlova M.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-4590-0550;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0001-9310-1414;

<sup>3</sup>ORCID : 0000-0002-1358-1081;

<sup>1,2,3</sup> Murmansk Arctic University, Murmansk, Russian Federation

\* Corresponding author (trotcenko2007[at]yandex.ru)

**Abstract**

Biomonitoring methods were used to evaluate the condition of coniferous plants in the area affected by the Kola Mining and Metallurgical Company (Monchegorsk); plant oppression in the area affected by the combine was shown. Using ArcGIS functionality, spatial georeferencing of the study area was performed, thematic layers of soil cover, soil-forming rocks, geological structure, forest typology by purpose, specially protected areas for the municipal districts of Monchegorsk and Olenegorsk in Murmansk Oblast were created, and geoinformation overlay analysis of the area was performed. It is shown that against the background of general soil acidification the studied territories reflect relative ecological well-being, while as one approaches the source of pollution, zones with increased ecological risk are detected.

**Keywords:** biomonitoring, bioindication, geological features, anthropogenic load, geoinformation analysis.

**Введение**

Последствием развития горнодобывающей промышленности на Кольском полуострове стал ряд экологических проблем, связанных с загрязнением почвы, воды и воздуха, угнетением растительного и животного мира. Многолетние исследования разных авторов [4], [6], [8], [10] свидетельствуют о накоплении в воде и почве тяжелых металлов, активных дигрессионных сукцессиях лесной растительности в районе воздействия Кольской горно-металлургической компании. В связи с этим востребованность приобретает систематическая биоиндикационная оценка состояния хвойных лесов в условиях аэротехногенного загрязнения промышленных районов.

**Методы и принципы исследования**

Исследование проводилось на ели сибирской (*Picea obovata* (Ledeb.)). Пробы хвои отбирались 18 июля 2023 г. на 6 учетных площадках. Участки 1-5 находились на разном удалении от Кольской горно-металлургической компании (КГМК) (6,66 км, 9,04 км, 11,3 км, 18 км) в Мурманской области (муниципальный округ г. Мончегорск и г. Оленегорск с подведомственной территорией) параллельно автодороге Р-21 «Санкт-Петербург – Кола» (67.972651с.ш., 32.880231 в.д.; 67.992235с.ш., 32.908234в.д.; 68.010916с.ш., 32.935182в.д.; 68.025921с.ш., 32.976436в.д.; 68.0555с.ш., 33.058845в.д.) (Рис. 1). Цветовой заливкой на карте показаны особо охраняемые природные территории: Лапландский биосферный заповедник и Симбозерский заказник, зелеными флажками отмечены памятники природы.



Рисунок 1 - Расположение пунктов отбора проб  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.53.1>

*Примечание: границы муниципальных районов*

В качестве контрольной пробы был выбран участок на г. Горелая (68.5546,3 с.ш., 33.0434,2 в.д.), где негативное воздействие со стороны промышленных объектов отсутствует.

В ходе исследования оценивалось повреждение и усыхание хвои, рассчитывалась общая поверхность хвои [3]. Для оценки загрязнения использована шкала охвоенности растений [1]:

- 1) слабое загрязнение (10-20% хвои усохло/отсутствует);
- 2) среднее загрязнение (20-50%);
- 3) высокое загрязнение (от 50% и выше).

Состояние природной среды оценивали, исходя из степени повреждения и усыхания хвоинок [2]: более 95% здоровой хвои оценивали как безопасную территорию (класс качественного состояния – 1); от 80 до 94% здоровой хвои относили к классу состояния 2 (относительно безопасная территория); менее 80% здоровой хвои – класс 3 (территория с повышенным экологическим риском).

Для оценки достоверности результатов исследования использовался однофакторный дисперсионный анализ в программе «STATISTICA.ANOVA» ( $p \leq 0,01$ ).

Геоинформационный метод был реализован с помощью лицензионного пакета ArcGIS. Для проведения оверлейного геоанализа территории техногенного воздействия была осуществлена координатная привязка пробных площадей к базовой карте Мурманской области, добавлены слои с геологическим строением района исследования, почвообразующими породами, почвенным покровом, распределением лесной растительности по целевому использованию и особо охраняемыми территориями (для Мончегорского и Оленегорского округов) на основе картографических материалов из атласа Мурманской области.

### **Результаты и обсуждение**

Как показало исследование, в изучаемом районе расположены защитные полосы лесов общего пользования, эксплуатационные леса и зеленые зоны. Как видно из рисунка 2, учетные площадки расположены в зоне эксплуатационных лесов (учетные площадки 4 и 5) и зеленых зон (1, 2 и 3).

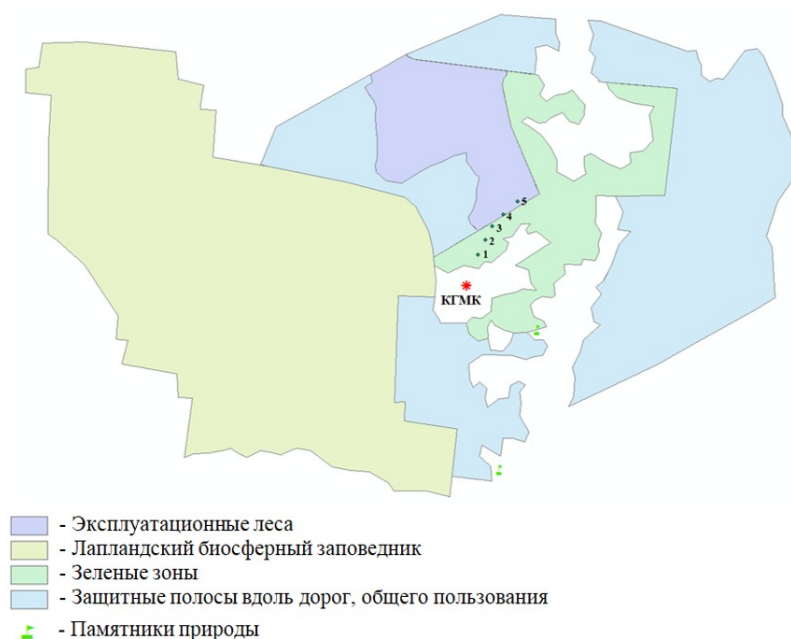


Рисунок 2 - Карта-схема расположения лесов по целевому назначению в районе исследования  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.53.2>

Примечание: ArcGIS, 2024

В исследуемом районе расположен крупнейший на Кольском полуострове Лапландский государственный природный заповедник, направленный на сохранение хрупкой арктической природы. Заповедник расположен в непосредственной близости от источника техногенного воздействия (КГМК). Из перечня ООПТ регионального значения в районе исследования находятся государственный природный биологический заказник «Симбозерский» и геологический природный памятник «Базальтоидные лавы на гранито-гнейсовом фундаменте в районе Риж-Губы».

В ходе исследования проведен анализ геологического строения Мончегорского и Оленегорского районов, проведена координатная привязка пробных площадей к геологической карте Кольского полуострова с использованием ArcGIS (Рис.3). Как видно из карты-схемы, пробные площади заложены в 3-х зонах:

1) протерозойская группа с рядом региональных серий (имандра-варзугской, печенгской и др.), с местными свитами седименто-экзогенно-магматического генеза, лавовыми внедрениями основного состава и присутствием образований туфогенеза, с подчиненным присутствием ряда пород и минералов (филлитов, доломитов, кварцитов и др.) (учетные площадки №1 и №4);

2) архей(или нижний протерозой) с габбро-амфиболитами, норитами, сланцами, местами с присутствием ультраосновных нерасчлененных пород(площадки №3 и №2);

3) верхний архей: с толщами хетоламбинской и лоухской из региональной беломорской серии; с присутствием амфиболитов и гнейсов (площадка №5).

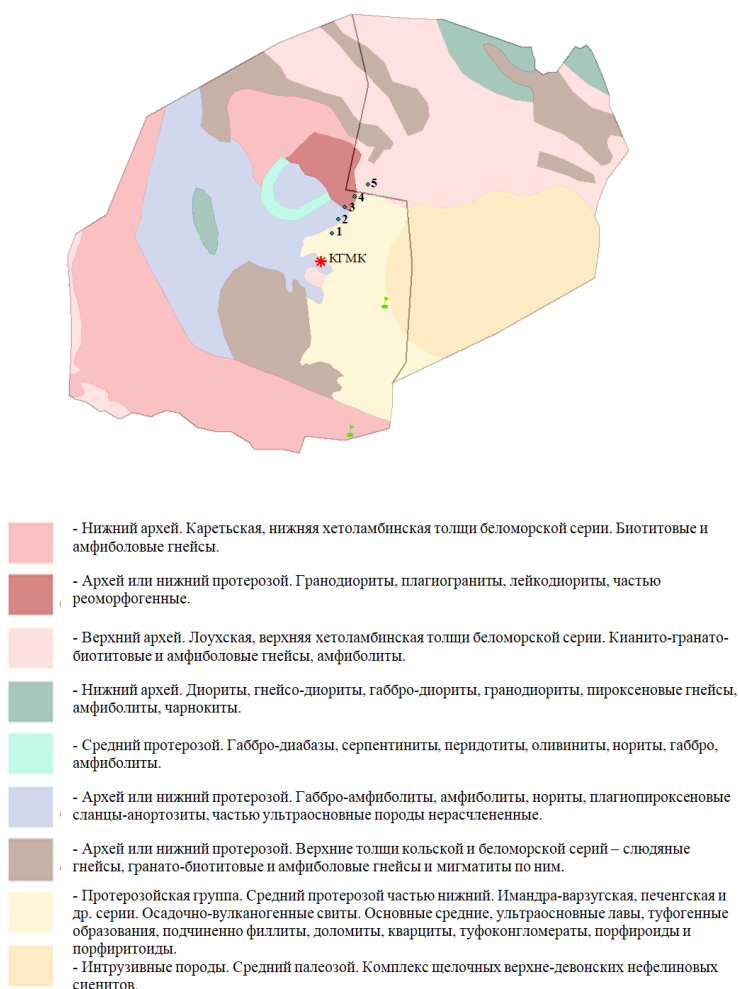


Рисунок 3 - Геологическая карта-схема района исследования с центральной границей раздела Мончегорского и Оленегорского районов  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.53.3>

Примечание: ArcGIS, 2024

Сложение фундамента территории с преобладанием кислых пород обуславливает формирование кислых почв.

Анализ почв исследуемого района с координатной привязкой пробных площадей к почвенной карте Кольского полуострова представлен на рисунке 4: пробные площади №1-2 расположены на гумусово-железистых подзолах, пробные площади №3-5 – на маломощных железистых. Почвообразующими породами являются моренные супесчаные и песчаные породы.

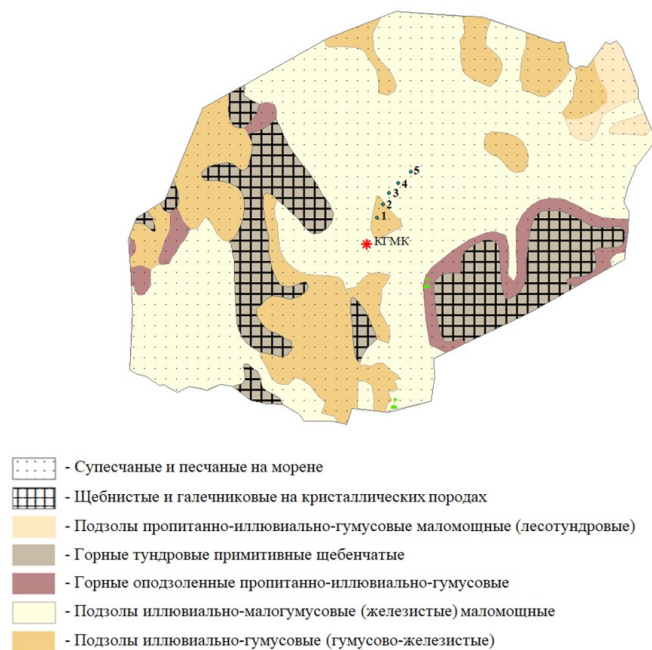


Рисунок 4 - Почвенная карта-схема Мончегорского и Оленегорского районов  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.53.4>

Примечание: ArcGIS, 2024; градиентной заливкой показаны почвообразующие породы

В таблице 1 представлены полученные значения показателей по результатам проведенной биоиндикационной оценки растений ели. Отмечено уменьшение длины и общей поверхности хвои, увеличение степени повреждения хвои при приближении к источнику техногенного воздействия. Длина хвои на пробной площадке №2 – на 31,9% меньше контрольной пробы, на площадке №3 – на 25,7%, на площадке №4 – на 3,9%, на площадке №5 – на 3,6%. На пробной площадке №1 обнаружена сильная деградация хвойных растений (полное опадение хвои в средней части кроны), в связи с чем данные в таблице представлены для молодой хвои из нижней (приземной) части кроны (для последующего сравнения они не использовались).

Таблица 1 - Значение показателей биоиндикационной оценки хвои ели за июль 2023 года  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.53.5>

Показатель	Пробные площадки					
	№1	№2	№3	№4	№5	Контроль
Ширина хвоинки (в мм)	1,01±0,07	1,0±0	1,0±0,02	0,98±0,06	0,98±0,08	1,0±0
Длина хвоинки (в мм)	9,11±2,2	9,03±2,2	9,84±2,2	12,73±1,8	12,77±1,1	13,23±0,9
Класс повреждения хвоинок	1,93±0,7	2,37±0,8	2,02±0,7	1,72±0,7	1,75±0,7	1,0±0
Класс усыхания хвоинок	1,27±0,7	2,04±1,2	1,33±0,7	1,17±0,6	1,18±0,6	1,0±0
Общая поверхность хвои (в мм <sup>2</sup> )	23,37±5,8	23,17±5,7	25,36±6,03	32,51±5,5	32,57±4,2	34,02±2,4
Повреждение хвои, %	12,04	36,63	14,56	9,51	10,86	0

**Заключение**

В районе исследования на фоне общего природного закисления территории осуществляется негативное антропогенное воздействие горно-металлургическим предприятием. Как показало биоиндикационное исследование состояния среды в районе техногенного воздействия, учетные площадки №3-5 являются территориями относительного экологического благополучия (класс 2), по мере приближения к источнику загрязнения (площадка №2) обнаруживается территория с повышенным экологическим риском (класс 3); контрольная площадка (№6) – класс 1 (экологически безопасная территория, хвоя здоровая).

Полученные значения показателей для учетной площадки №1 не учитывались при общем анализе, что связано с отсутствием охвоенности деревьев в средней части кроны (обнаружены только молодые побеги 1-2 года жизни в нижней части). В более ранние годы растения на данной учетной площадке имели охвоение в средней части кроны, нов 2023 г. средняя часть кроны была голой.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Рецензия**

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Review**

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

**Список литературы / References**

1. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг: учеб.-метод. пособие для преподавателей, студентов, учащихся / Т.Я. Ашихмина [и др.]; под ред. Т.Я. Ашихминой. — Киров : Константа : Акад. проект, 2005. — 413 с.
2. Пат. №2564916 Российская Федерация, МПК G01N 33/00(2006.01). Способ оценки состояния окружающей среды / Оказова З.П., Кусова Н.Х., Басиев В.А., Ефанов М.В. — заявл. 09.12.2013; опублик. 10.10.2015. — 6 с.
3. Уткин А.И. Площадь поверхности лесных растений: сущность, параметры, использование / А.И. Уткин, Л.С. Ермолова, И.А. Уткина ; Российская акад. наук, Ин-т лесоведения. — Москва : Наука, 2008. — 290 с.
4. Aleksandrova E.Yu. Bioindication potential of conifers for environmental assessment. Agritech-II — 2019 / E.Yu. Aleksandrova, A.A. Trotsenko, E.E. Minchenok [et.al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2020. — Vol. 421 (1). — P. 011001 (1-10). — DOI: 10.1088/1755-1315/421/2/022036.
5. Dauvalter V. Chemical composition of lake sediments along a pollution gradient in a Subarctic watercourse / V. Dauvalter, N. Kashulin, S. Sandimirov [et.al.] // Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous. — 2011. — № 46. — P. 1020–1033. — DOI: 10.1080/10934529.2011.584503.
6. Denisov D. Small Lakes Ecosystems under the Impact of Non-Ferrous Metallurgy (Russia, Murmansk Region) / D. Denisov, P. Terentjev, S. Valkova [et al.] // Environments. — 2020. — № 7 (4). — P. 29. — DOI: 10.3390/environments7040029
7. Evseev A.V. Aerosol inflow of industrial pollutants into the environmental components of the central kola impacted region / A.V. Evseev, E.A. Shahpenderian, Kh.S. Sulytsova // Ecosystems: Ecology And Dynamics. — 2021. — Vol. 5. — № 1. — P. 94–112. — DOI: 10.24411/2542-2006-2021-10079.
8. Koptsik G.N. Remediation of Technogenic Barren Soils in the Kola Subarctic: Current State and Long-Term Dynamics / G.N. Koptsik, S.V. Koptsik, I.E. Smirnova [et al.] // Eurasian Soil Science. — 2021. — № 54(4). — P. 619–630. — DOI: 10.1134/S1064229321040098.
9. Slukovskii Z.I. Geochemistry features of sediments of small urban arctic Lake Komsomolskoye, Murmansk region / Z.I. Slukovskii, V.A. Dauvalter, D.B. Denisov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 4th International Conference on Energy Engineering and Environmental Protection. — 2020. — № 467. — P. 012004. — DOI: 10.1088/1755-1315/467/1/012004.
10. Tropina Yu. Assessing the Impact of the Kola Mining and Metallurgical Company (Severonickel) on the Environment: master thesis / Yu. Tropina ; State University of St. Petersburg; University of Hamburg. — St. Petersburg; Hamburg, 2011. — 57 p.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Ashihmina T.Ja. Jekologicheskij monitoring: ucheb.-metod. posobie dlja prepodavatelej, studentov, uchashhihsja [Ecological monitoring: textbook for teachers, students and pupils] / T.Ja. Ashihmina [et al.]; ed. by T.Ja. Ashihmina — Kirov : Konstanta : Acad. Project, 2005. — 413 p. [in Russian]
2. Pat. №2564916 Rossijskaja Federacija, MPK G01N 33/00(2006.01). Sposob ocenki sostojanija okruzhajushhej sredy [Pat. №2564916 Russian Federation, MPK G01N 33/00(2006.01). Method of environmental assessment] / Okazova Z.P., Kusova N.H., Basiev V.A., Efanov M.V. — appl. 09.12.2013; publ.10.10.2015. — 6 p. [in Russian]
3. Utkin A.I. Ploshhad' poverhnosti lesnyh rastenij: sushhnost', parametry, ispol'zovanie [Forest plant surface area: essence, parameters, use] / A.I. Utkin, L.S. Ermolova, I.A. Utkina ; Russian Academy of Sciences, Institute of Forest Science. — Moscow : Nauka, 2008. — 290 p. [in Russian]
4. Aleksandrova E.Yu. Bioindication potential of conifers for environmental assessment. Agritech-II — 2019 / E.Yu. Aleksandrova, A.A. Trotsenko, E.E. Minchenok [et.al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2020. — Vol. 421 (1). — P. 011001 (1-10). — DOI: 10.1088/1755-1315/421/2/022036.

5. Dauvalter V. Chemical composition of lake sediments along a pollution gradient in a Subarctic watercourse / V. Dauvalter, N. Kashulin, S. Sandimirov [et.al.] // *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous*. — 2011. — № 46. — P. 1020–1033. — DOI: 10.1080/10934529.2011.584503.
6. Denisov D. Small Lakes Ecosystems under the Impact of Non-Ferrous Metallurgy (Russia, Murmansk Region) / D. Denisov, P. Terentjev, S. Valkova [et al.] // *Environments*. — 2020. — № 7 (4). — P. 29. — DOI: 10.3390/environments7040029
7. Evseev A.V. Aerosol inflow of industrial pollutants into the environmental components of the central kola impacted region / A.V. Evseev, E.A. Shahpenderian, Kh.S. Sulygova // *Ecosystems: Ecology And Dynamics*. — 2021. — Vol. 5. — № 1. — P. 94–112. — DOI: 10.24411/2542-2006-2021-10079.
8. Koptsik G.N. Remediation of Technogenic Barren Soils in the Kola Subarctic: Current State and Long-Term Dynamics / G.N. Koptsik, S.V. Koptsik, I.E. Smirnova [et al.] // *Eurasian Soil Science*. — 2021. — № 54(4). — P. 619–630. — DOI: 10.1134/S1064229321040098.
9. Slukovskii Z.I. Geochemistry features of sediments of small urban arctic Lake Komsomolskoye, Murmansk region / Z.I. Slukovskii, V.A. Dauvalter, D.B. Denisov [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 4th International Conference on Energy Engineering and Environmental Protection. — 2020. — № 467. — P. 012004. — DOI: 10.1088/1755-1315/467/1/012004.
10. Tropina Yu. Assessing the Impact of the Kola Mining and Metallurgical Company (Severonickel) on the Environment: master thesis / Yu. Tropina ; State University of St. Petersburg; University of Hamburg. — St. Petersburg; Hamburg, 2011. — 57 p.