

Геоэкологическая карта распределения концентраций Ni, Cu, Zn, Pb современных поверхностно-депонированные отложений г. Мурманск

Глухов В. С. ^{1,2}, Сушкова А. А. ¹, Маслова В. А. ¹, Петунина Е. А. ¹, Мартемьянова А. И. ¹,
Ахмадянова Л. Р. ¹, Штемпель А. А. ¹, Селезнев А. А. ^{1,2}, Малиновский Г. П. ²,
Ярмошенко И. В. ²

¹ Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, info@urfu.ru

² Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург, iie@eko.uran.ru

Аннотация. Исследование посвящено разработке геоэкологической карты распределения концентраций тяжелых металлов в современных поверхностно-депонированных отложениях города Мурманска и выявлении факторов влияющих на загрязнение селитебных зон города. Исследование проведено в городе Мурманск, стратегически важном портовом городе на севере России. Методы включали отбор 40 проб осадка по нерегулярной сетке в жилых районах города в летний сезон 2019 г., элементный анализ проб методом ICP-MS и построение геохимической карты распределения тяжелых металлов (никель, медь, свинец и цинк) с использованием ПО ГИС «QGIS 3.32». Результаты показали повышенные концентрации Ni, Cu, Pb, Zn в сравнении с ориентировочно-допустимыми концентрациями для почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий более чем 2–3 раза. Промышленные объекты, такие как тепловые электростанции, морские порты и железнодорожные терминалы, выделились как источники загрязнения.

Ключевые слова: тяжелые металлы, никель, медь, цинк, свинец, QGIS, Мурманск.

Geoecological map of distribution of Ni, Cu, Zn, Pb concentrations in modern surface-deposited sediments of Murmansk city

Glukhov V. S. ^{1,2}, Sushkova A. A. ¹, Maslova V. A. ¹, Petunina E. A. ¹, Martemyanova A. I. ¹,
Akhmadyanova L. R. ¹, Shtempel A. A. ¹, Seleznev A. A. ^{1,2}, Malinovsky G. P. ², Yarmoshenko I. V. ²

¹ Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, info@urfu.ru

² Institute of Industrial Ecology, UB RAS, Ekaterinburg, iie@eko.uran.ru

Abstract. The study is devoted to the development of geo-ecological map of heavy metal concentrations distribution in modern surface-deposited sediments of Murmansk city and identification of factors influencing the pollution of residential areas of the city. The study was conducted in the city of Murmansk, a strategically important port city in the north of Russia. Methods included collection of 40 sediment samples on an irregular grid in residential areas of the city in the summer season of 2019, elemental analysis of samples by ICP-MS method and construction of geochemical map of heavy metals distribution (nickel, copper, lead and zinc) using GIS software «QGIS 3.32». The results showed increased concentrations of Ni, Cu, Pb, Zn in comparison with the approximate permissible concentrations for soils of residential areas and agricultural lands more than 2–3 times. Industrial facilities such as thermal power plants, seaports and railroad terminals stood out as sources of pollution.

Keywords: heavy metals, nickel, copper, zinc, lead, QGIS, Murmansk.

Введение

Важным компонентом окружающей среды (ОС), который отражает ее экологическое состояние, является городские современные поверхностно-депонированные отложения (СПДО). СПДО накапливают в себе продукты антропогенной деятельности. Силой антропогенного привноса в ОС и непосредственно в СПДО попадают такие токсичные вещества, как тяжелые металлы (ТМ). Тяжелые металлы имеют свойство накапливаться в СПДО (Yarmoshenko et al., 2020; Глухов и др., 2023 а; Глухов и др., 2023 б; Глухов и др., 2023 в;), почве, растениях, а также мягких тканях организмов, вызывая аллергию, токсикоз, патологии внутренних органов и различные онкологии. В организме человека ТМ попадают через слизистые, ротовую полость и легкие при вдыхании и накапливаются в мягких тканях, почках, печени, легких, и оказывают токсическое воздействие на организм (Amund-

sen et al., 1997; Терентьев, Кашулин, 2012; Jiong Li et al., 2012; Махниченко и др., 2016). Транспортирующей средой для ТМ является мелкодисперсная пыль, образующаяся в результате химического и физического выветривания объектов урбанизированной среды и компонентов вещественного состава СПДО (Seleznev et al., 2020; Глухов и др., 2023 а; Глухов и др., 2023 б; Глухов и др., 2023 в).

Цель исследования заключалась в разработке геоэкологической карты (ГК) распределения концентраций Ni, Cu, Zn, Pb СПДО г. Мурманск и выявлении на ней селитебных зон с превышением ориентировочно допустимой концентрации (ОДК) Ni, Cu, Zn, Pb для почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий (СанПиН 1.2.3685-21).

Были поставлены следующие задачи: определить для 40 проб СПДО г. Мурманск количество проб, в которых концентрации Ni, Cu, Pb, Zn превышают ОДК для почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий; вынести на карту г. Мурманск метки отбора проб СПДО; построить геохимическую карту распределения Ni, Cu, Pb, Zn в г. Мурманск; вынести изолинии рельефа и метки промышленных зон на карты геохимического распределения ТМ г. Мурманск; определить источник загрязнения Ni, Cu, Pb, Zn в г. Мурманск.

Материалы и методы

Районом исследования был выбран г. Мурманск. Город расположен на холмистой местности в Северо-Западном регионе России, на берегу Баренцева моря. Занимает площадь около 154 км² и является административным центром Мурманской области. Имеет стратегическое значение как важный портовый город на севере России. Климатические условия обусловлены сильным морским климатом со значительными сезонными изменениями температуры. Лето обычно прохладное и короткое, а зима длительная и холодная, с обильными снегопадами. Баренцево море летом остается открытым, благодаря особенностям течений и влиянию теплых гольфстримовых течений. Население Мурманска составляет около 300 000 человек. В городе развита промышленность, включающая в себя судостроение, лесопромышленный комплекс, рыбную промышленность, нефтегазовую отрасль и другие секторы. Мурманск является важным транзитным пунктом для экспорта и импорта грузов через Северное морское побережье (Слуковский и др., 2019; Пожиленко и др., 2002; Клепилина и др., 2023).

Объектом исследования являются 40 проб СПДО, отобранные по нерегулярной сетке в жилых районах в г. Мурманск в летний сезон 2019 г. (схема 40 проб) и прошедшие пробоподготовку в ИПЭ УрО РАН и элементный анализ методом ICP-MS в ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН (Seleznev et al., 2020).

Геоэкологическая карта распределения Ni, Cu, Pb, Zn для 40 проб СПДО, отобранных в г. Мурманск были построены с помощью ПО ГИС «QGIS 3.32» (Rosas-Chavoya et al., 2022). В созданный файл проекта ПО ГИС «QGIS 3.32» был импортирован Excel файл с координатами точек и концентрациями Ni, Cu, Pb, Zn в этих точках, для построения векторного точечного слоя с расположением точек пробоотбора. Далее методом пространственной привязки раstra был создан слой с топографической картой района исследований (Лопатин, 2007). Полученные слои для создания геохимической карты распределения Ni, Cu, Pb, Zn были экспортированы в векторном формате для дальнейшей обработки и вынесения условных обозначений и легенды в векторном редакторе ПО ГИС «QGIS 3.32».

Результаты и обсуждение

Результаты элементного состава 40 проб СПДО г. Мурманск, полученного методом ICP-MS, представлены в таблице 1.

Геоэкологическая карта распределения концентраций Ni, Cu, Pb, Zn для 40 проб СПДО, отобранных в г. Мурманск, которая была построена с применением ГИС методов, представлена на рисунке 1.

Антропогенное загрязнение исследуемой территории никелем наблюдается для всех отобранных проб СПДО (табл. 1) и превышает значения ОДК для почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий более чем в 1.5 раза. Превышение показателей ОДК более чем в 2–3 раза наблюда-

ется (рис. 1) вблизи объектов ПАО «Мурманская ТЭЦ», что предположительно обусловлено сжиганием мазута (Слуковский и др., 2019).

Таблица 1. Характеристики элементного состава для 40 проб современных поверхностно-депонированных отложений г. Мурманск, отобранных в жилых районах в летний сезон 2019 г.

Table 1: Characteristics of elemental composition for 40 samples of modern surface-deposited sediments of Murmansk city, collected in residential areas in the summer season 2019

Элемент	Концентрация (мг/кг)					Кол-во проб превышающих показатель ОДК
	Min	Max	СА	Медиана	ОДК	
Ni	30	131	55	50	20	40
Cu	22	74	41	37	33	31
Zn	50	1444	141	104	55	38
Pb	12	228	29	21	32	5

Примечание. СА – среднее арифметическое значение ОДК – ориентировочно допустимая концентрация для почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ
ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ Г. МУРМАНСК
Масштаб карты 1 : 250 000
Лист (R-35), 36

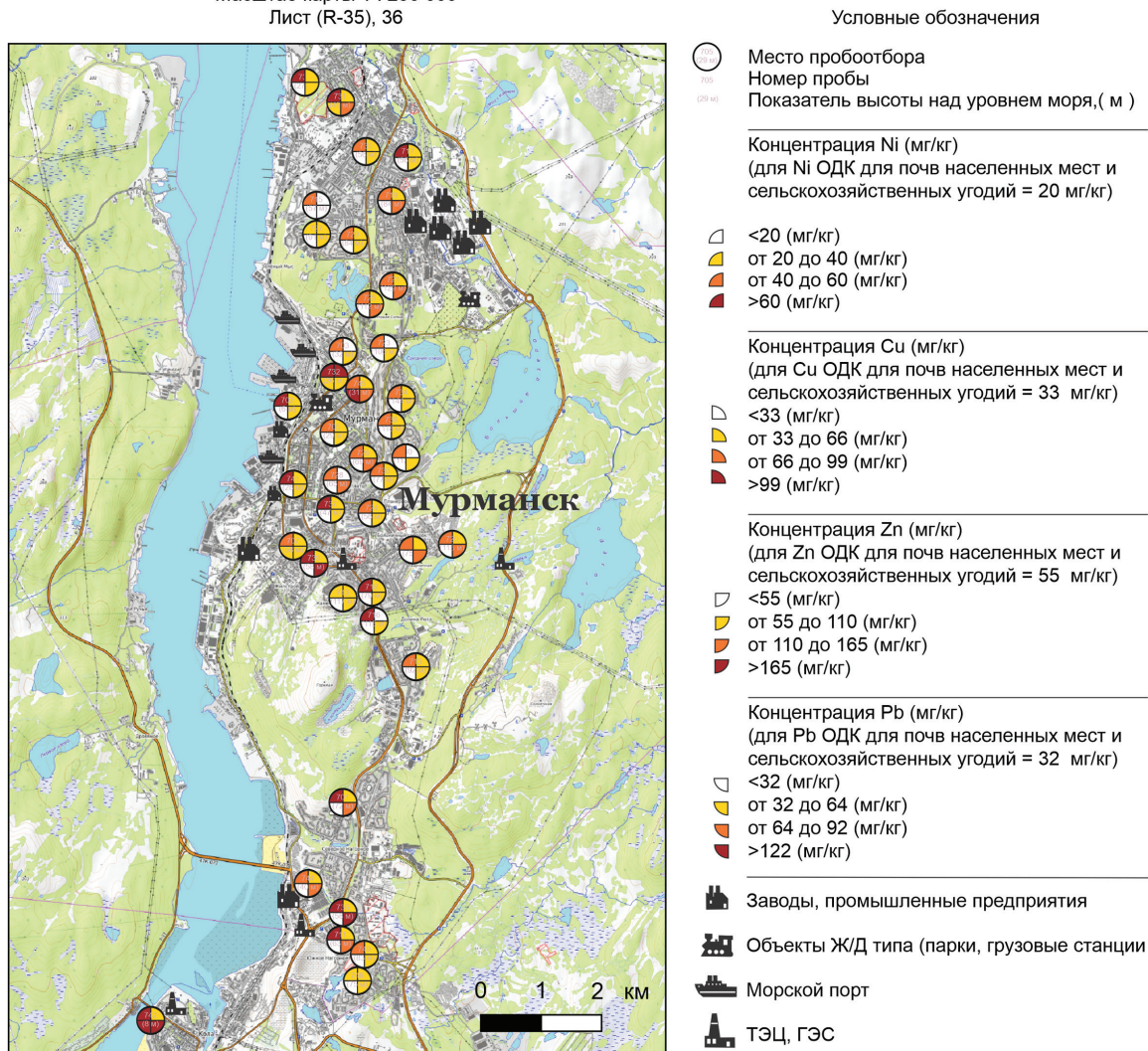


Рис. 1. Геоэкологическая карта распределения концентраций тяжелых металлов в 40 пробах современных поверхностно-депонированных отложений г. Мурманск, отобранных в жилых районах в летний сезон 2019 г.

Fig. 1. Geo-ecological map of heavy metal concentrations distribution in 40 samples of modern surface-deposited sediments of Murmansk city, collected in residential areas in summer season 2019.

Антропогенное загрязнение исследуемой территории медью наблюдается повсеместно. Концентрация меди в 31 пробе СПДО (табл. 1) превышает значения ОДК для почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий.

Схожая ситуация с никелем наблюдается для цинка. Концентрация цинка в 38 пробах СПДО (табл. 1) превышает значения ОДК для почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий более чем в 1.5 раза.

Для Ni, Zn, Cu превышение показателей ОДК более чем в 2–3 раза наблюдается вблизи промышленных объектов и автодорог (рис. 1), а также объектов ПАО «Мурманская ТЭЦ», ЖД путей и портов АО «Мурманский морской торговый порт», что предположительно обусловлено транспортировкой и перегрузкой открытым способом угля, железорудного концентрата, окатышей и металлолома.

Наблюдается слабое антропогенное загрязнение исследуемой территории свинцом за исключением 5 отобранных проб СПДО из 40 (табл. 1). Превышение показателей ОДК для почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий более чем в 2–3 раза наблюдается вблизи ЖД путей и порта АО «Мурманский морской торговый порт» (рис. 1), что предположительно обусловлено транспортировкой и перегрузкой угля открытым способом (Величкин и др., 2012; Слуковский и др., 2019; Лукашевич, Квасов, 2020).

Заключение

Построена геохимическая карта концентраций ТМ в 40 пробах СПДО г. Мурманск, отобранных в летний сезон 2019 г. На карте наблюдается повсеместное загрязнение селитебных зон г. Мурманск никелем, медью, цинком и свинцом. Концентрации Ni, Cu, и Zn в пробах СПДО г. Мурманск превышают значения ОДК для почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий. Локализация сильнозагрязненных проб обусловлена соседством с такими промышленными объектами урбанизированной среды, как: заводы, ТЭЦ, морские и ж/д терминалы перегрузки сырья (Величкин и др., 2012; Слуковский и др., 2019; Лукашевич, Квасов, 2020).

Литература

1. Величкин В. И., Кузьменкова Н. В., Кошелева Н. Е., Мирошников А. Ю., Асадулин Э. Э., Воробьева Т. А. Оценка эколого-геохимического состояния почв на северо-западе Кольского полуострова. 2012.
2. Лопатин Б. Г. Карта дочетвертичных образований: R-(35), 36 (Мурманск). Геологическая карта (дочетвертичных образований). Третье поколение. Северо-Карско-Баренцевоморская серия. Государственная геологическая карта Российской Федерации, масштаб: 1:1000000. Серия: Северо-Карско-Баренцевоморская, составлена: ВНИИОкеанология, ОАО МАГЭ, ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2007 г.
3. Клепилина Е. Л., Лазур С. О., Джунько Н. Г., Прибыткова Г. В., Мухаева М. Н., Сидлак М. Е. Социально-экономическое положение Мурманской области в январе – октябре 2023 г.: доклад / Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области. Мурманск, 2023. 75 с.
4. Лукашевич О. А., Квасов Д. В. Структура урбоэкосистемы города Мурманска // Дневник науки. 2020. № 12(48). С. 48. EDN VSQDAS.
5. Махниченко А. С., Пащенко А. Е., Влияние тяжелых металлов на организм человека // Science Time. 2016. № 2 (26).
6. Глухов В. С., Панкрушина Е. А., Рянская А. Д. и др. Метод шлихового анализа с расчетом окатанности песчаных кварцевых частиц современных поверхностно-депонированных отложений Г. Тюмень // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа : Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Владикавказ. 04–08 октября 2023 г. Москва: Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН. 2023 а. С. 87–94. – DOI 10.26200/GSTOU.2023.47.31.011. – EDN KZHGOJ
7. Глухов В. С., Панкрушина Е. А., Рянская А. Д. и др. Окатанность кварца в поверхностно депонированных отложениях урбанизированной среды (на примере Г. Ростов-на-Дону) // Куражсковские чтения : Материалы II Международной научно-практической конференции, Астрахань, 18–21 мая 2023 г. / Составитель А. Н. Бармин. Астрахань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева». 2023 б. С. 284–288. EDN CQZBON.

8. Глухов В. С., Панкрушина Е. А., Рянская А. Д. и др. Определение окатанности песчаных кварцевых зерен в поверхностно-депонированных отложениях урбанизированной среды (на примере г. Мурманска) // Труды ФНС ГИ КНЦ РАН. 2023 в. № 20. С. 322–329. DOI 10.31241/FNS.2023.20.041. EDN DOPUVT.
9. Пожиленко В. И., Гавриленко Б. В., Жиров Д. В., Жабин С. В. Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты. Изд-во: КНЦ РАН. 2002. 359 с.
10. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Постановление Роспотребнадзора от 28.01.2021 г. № 2.
11. Слуковский З. И., Гузева А. В., Поиск техногенных частиц в снеге города Мурманска (первые данные) // Труды ФНС ГИ КНЦ РАН. 2019. № 6.
12. Терентьев П. М., Кашулин Н. А. Трансформация рыбной части сообществ водоемов Мурманской области // Труды ФНС ГИ КНЦ РАН. 2012. № 2.
13. Amundsen P.-A., Staldvik F. J., Lukin A. A., Kashulin N. A., Popova O. A. & Reshetnikov Y. S. Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. *Science of The Total Environment*. 1997. V. 201(3). P. 211–224. doi: 10.1016/S0048-9697(97)84058-2.
14. Jiong Li, Yunting Fang, Muneoki Yoh, Xuemei Wang, Zhiyong Wu, Yuanwen Kuang, Dazhi Wen, Organic nitrogen deposition in precipitation in metropolitan Guangzhou city of southern China, *Atmospheric Research*. V. 113. September 2012. P. 57–67. doi: 10.1016/j.atmosres.2012.04.019.
15. Seleznev A. A., Yarmoshenko I. F. & Malinovsky G. P. Urban geochemical changes and pollution with potentially harmful elements in seven Russian cities. *Sci Rep* 10. 1668 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-584344>.
16. Rosas-Chavoya M., Gallardo-Salazar J. L., López-Serrano P. M. et al. QGIS a constantly growing free and open-source geospatial software contributing to scientific development // *Cuadernos de Investigacion Geografica*. 2022. V. 48. No. 1. P. 197–213. doi: 10.18172/cig.5143.
17. Yarmoshenko I., Malinovsky G., Baglaeva E. & Seleznev A. A Landscape Study of Sediment Formation and Transport in the Urban Environment. *Atmosphere*. 2020. V. 11(12). P. 1320. doi: 10.3390/atmos11121320.