

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
географический факультет*

## **Геохимия снежного покрова г. Норильска**

Кузьминская Н.Ю.,  
Медведев А.И.

Москва, 2020

## Объект, цель и задачи исследования

Объектом данного исследования является снежный покров города Норильска. Город расположен Красноярском крае в 300 км к северу от Полярного круга, он является крупным центром цветной металлургии. Градообразующее предприятие — Заполярный филиал Горно-металлургической компании «Норильский никель». Население г. Норильск составляет 181 830 человек (на 2020 г.). Город является вторым по численности населения в крае после Красноярска.

Исследуемая территория отличается крайне суровым климатом субарктического типа с отрицательной среднегодовой температурой воздуха. Устойчивый снежный покров образуется в первой половине октября, а начинает исчезать со второй декады мая, общая продолжительность снегостава составляет в среднем 250-260 дней.

**Цель исследования** – оценить эколого-геохимическое состояние снежного покрова города Норильска.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- 1) сравнение физико-химических свойств проб талого снега, отобранных в пределах города, с фоновыми образцами;
- 2) выявление ТММ-приоритетных поллютантов в функциональных зонах города;
- 3) определение уровня загрязнения снежного покрова.

## Источники техногенного воздействия

По данным ПАО "ГМК "Норильскникель", в 2017 г. Заполярный филиал выбросил в атмосферу 1785 тыс. т диоксида серы, 11,5 тыс. т оксида азота, 14,0 тыс. т твердых веществ и 36,3 тыс. т прочих веществ. Большая часть выбросов приходится на Надеждинский металлургический завод.

В 8 км к западу от Норильска расположен Надеждинский металлургический завод имени Б.И. Колесникова.

В северо-западной части находится Медный завод и Хвостохранилище "Лебяжье".

В южной части города расположены Никелевый завод, Цементный завод, Хлорно-кобальтовый цех Никелевого завода, Механический завод, Большая обогатительная фабрика, Кислородная станция, Норильская ТЭЦ-1, Нефтебаза и Хвостохранилище № 1.



## Материалы и методы

В ходе снегомерной съемки, проведенной в начале апреля 2019 г., было отобрано **38** проб снега:  
**13** в промышленной, **10** в жилтальной, **11** в транспортной зонах и **4** фоновых образца.

### жидкая фракция

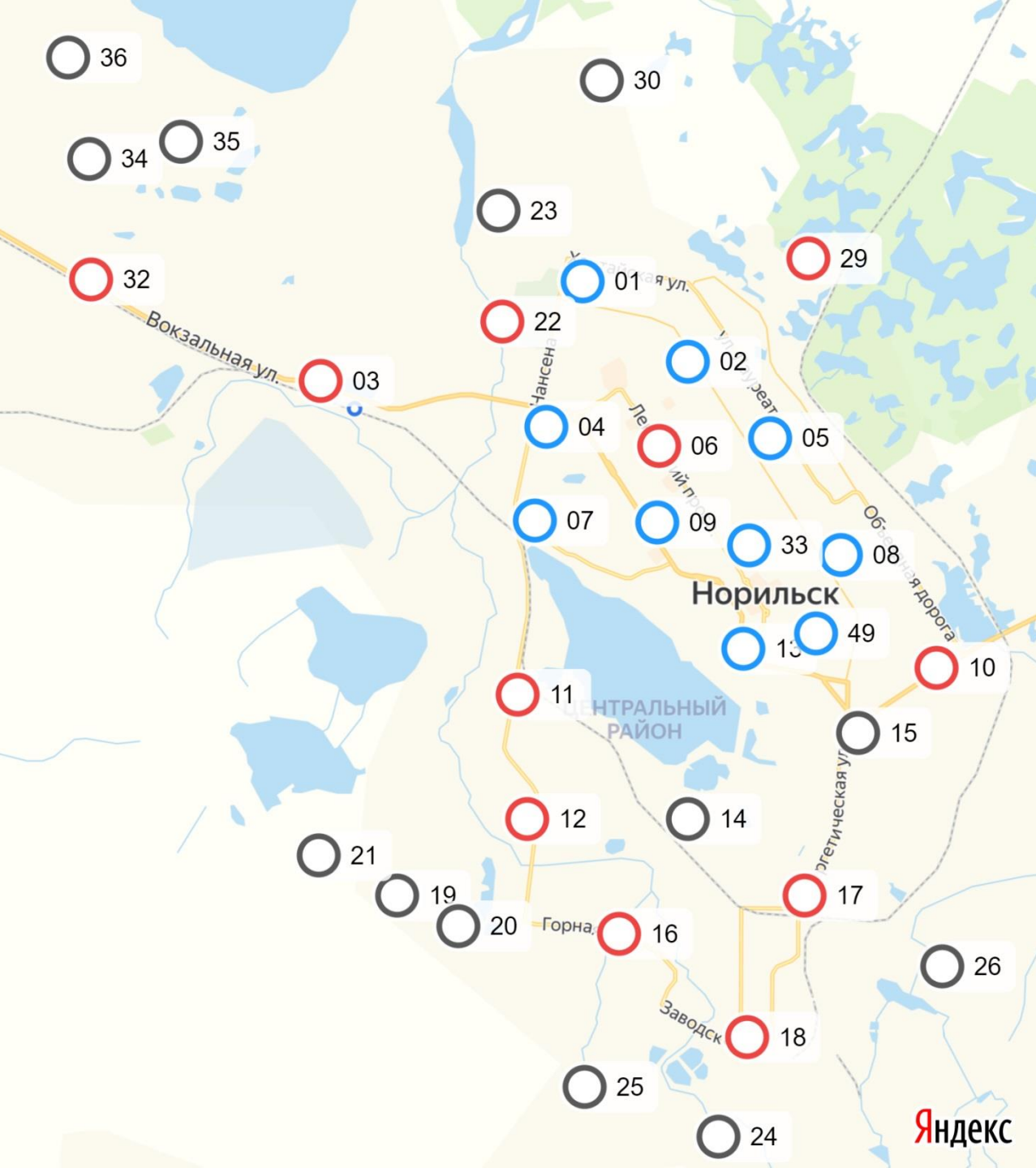
Ионный состав,  
рН, удельная  
электропровод-  
ность (ЕС)

Рассчитывался  
коэффициент накоп-  
ления относительно  
фона  $K_c$

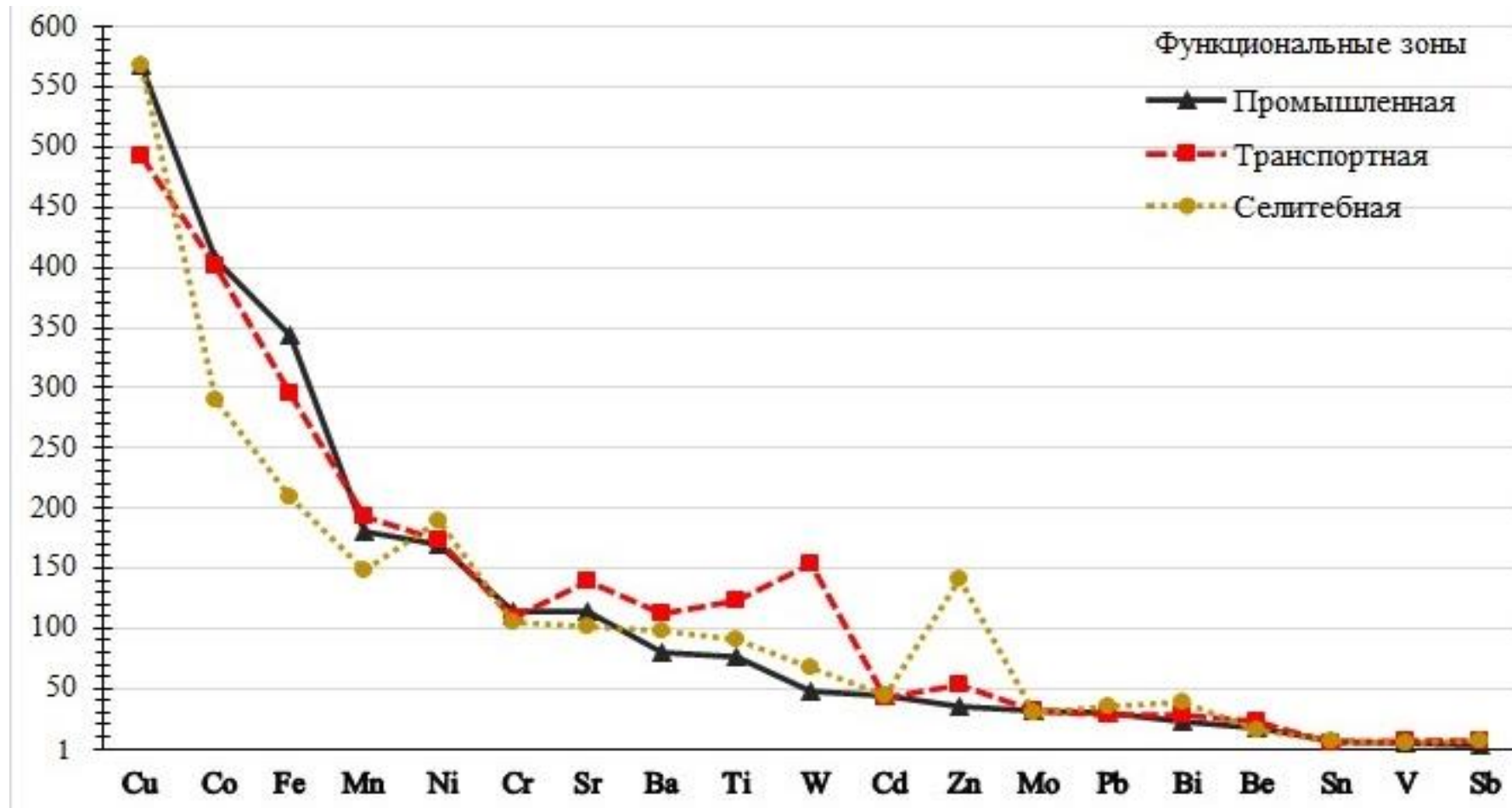
### твердая фракция

Содержание ТММ  
определялось во ВНИИ  
минерального сырья  
им. Н.М. Федоровского

Рассчитывались  
коэффициенты  $K_c$ , сум-  
марного загрязнения  $Z_c$ ,  
выпадений  $K_d$ ,  $Z_d$ ,  $P_n$



## Геохимическая специализация твердой фракции снежного покрова города



Набор приоритетных поллютантов во всех функциональных зонах города одинаковый, отличается уровнем накопления. Наибольшие концентрации характерны для Cu, Co, Fe, Mn, Ni, Cr, Sr, Ba, Ti, W, Cd, Zn. Это связано с компактной структурой города и расположением источников выбросов. В транспортной зоне больше, чем в других, накапливаются W ( $K_c$  155), Sr (140), Ti (124), Ba (113). В селитебной зоне концентрация приоритетных поллютантов в снежном покрове меньше, чем в транспортной и промышленной.

# Физико-химические свойства жидкой фракции снежного покрова города

## Кислотность (рН) и среднее содержание ионов (мг/л) в талой снеговой воде в функциональных зонах г. Норильска и на фоновой территории

Показатель	рН	ЕС, мкСм/см	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Промышленная зона (число проб n=13)										
Среднее	6,9	115,15	1,23	1,48	0,47	24,19	1,72	1,25	28,40	0,35
Минимум	6,4	24,20	0,33	0,36	0,10	7,08	0,42	0,73	3,96	0,10
Максимум	7,5	414,10	5,01	3,75	1,31	88,71	6,71	2,14	148,00	0,63
Кс	1,0	13,6	2,3	4,2	4,7	7,3	2,4	1,1	27,4	3,3
Транспортная (n=11)										
Среднее	7,1	89,24	2,25	1,55	0,47	18,61	3,05	1,19	19,07	0,63
Минимум	6,7	24,20	0,46	0,10	0,14	4,57	0,60	0,68	2,83	0,10
Максимум	7,6	137,70	7,84	3,62	0,85	31,13	13,23	1,78	36,16	2,27
Кс	1,1	10,6	4,2	4,4	4,7	5,6	4,3	1,0	18,4	5,9
Селитебная (n=10)										
Среднее	7,3	87,53	1,52	2,44	0,47	19,81	2,15	1,34	20,79	0,86
Минимум	7,1	59,30	0,54	0,36	0,18	10,27	0,54	0,88	10,80	0,24
Максимум	7,4	172,20	4,19	5,10	1,21	31,60	6,73	2,12	40,61	2,97
Кс	1,1	10,4	2,8	6,9	4,7	6,0	3,0	1,2	20,0	8,0
Фоновая территория (n=4)										
Среднее	6,7	8,45	0,54	0,36	0,10	3,33	0,72	1,16	1,04	0,11
Минимум	6,5	4,50	0,36	0,10	0,10	1,43	0,51	1,10	0,90	0,10
Максимум	6,9	17,50	0,85	0,63	0,10	7,21	1,02	1,22	1,13	0,13

Среди анионов наибольшая концентрация выявлена у сульфатов, их содержание превышает фоновое в 27,4 раза в промышленной зоне, в 20 раз в селитебной и в 18,4 раза в транспортной. Для снежного покрова Норильска характерен сульфатный тип засоления, он связан с большими объемами выбросов диоксидов серы. Среди катионов в талых водах промышленной зоны преобладает кальций (Кс 7,3), в транспортной аммоний (5,9) и кальций (5,6), в селитебной аммоний (8,0) и калий (6,9). В фоновых пробах среди анионов преобладают нитраты и сульфаты, среди катионов кальций.

## Уровни загрязнения снежного покрова металлами и пылью

**Суточная пылевая нагрузка (кг/км<sup>2</sup> в сутки) в функциональных зонах  
г. Норильска и на фоновой территории**

<b>Зона (число проб)</b>	<b>Выпадение пыли P<sub>n</sub>, кг/км<sup>2</sup> в сут.</b>	<b>Суммарный показатель иммиссии ТММ Z<sub>d</sub></b>	<b>Суммарный показате- ль загрязнения твердой фазы снега Z<sub>c</sub></b>
Промышленная (13)	<u>405</u> 9 – 1212	<u>4946963</u> 18885 – 26795330	<u>2298,3</u> 483,2 – 5124,4
Транспортная (11)	<u>252</u> 42 – 497	<u>3094620</u> 253166 – 11102519	<u>2413,3</u> 1387,7 – 5695,4
Селитебная (10)	<u>109</u> 34 – 427	<u>1389130</u> 213215 – 8166369	<u>2189,7</u> 1167,2 – 4450,6
Фоновая территория (4)	<u>0,21</u> 0,08 – 0,31	-	-

### Уровни загрязнения снежного покрова металлами и пылью и соответствующие им градации экологической опасности

<b>Уровни загрязнения и экологической опасности</b>	<b>Выпадение пыли P<sub>n</sub>, кг/км<sup>2</sup> в сут.</b>	<b>Суммарный показатель загряз- нения твердой фазы снега Z<sub>c</sub></b>	<b>Суммарный показатель иммиссии ТММ Z<sub>d</sub></b>
низкий, неопасный	< 200	< 32	< 1000
средний, умеренно-опасный	200 – 300	32 – 64	1000 – 2000
высокий, опасный	300 – 500	64 – 128	2000 – 4000
очень высокий, очень опасный	500 – 800	128 – 256	4000 – 8000
максимальный, чрезвычайно опасный	> 800	> 256	> 8000

## Выводы

Под влиянием техногенной нагрузки в г. Норильске произошли изменения физико-химических свойств снежного покрова: увеличилась щелочность, минерализация талой снеговой воды по сравнению с фоном возросла в 10,4-13,6 раза, изменился ионный состав. Для снеговых вод города характерен сульфатный тип засоления, в то время как фоновая территория характеризуется сульфатно-нитратным составом талых вод. Для каждой функциональной зоны характерны свои преобладающие катионы: в промышленной зоне – кальций (*Kc* 7,3), в транспортной – аммоний (5,9) и кальций (5,6), в селитебной – аммоний (8,0) и калий (6,9).

Приоритетными поллютантами для твердой фракции снежного покрова города являются Cu, Co, Fe, Mn, Ni, Cr, Sr, Ba, Ti, W, Cd, Zn. Они поступают с выбросами предприятий и автотранспорта. Набор приоритетных поллютантов во всех функциональных зонах постоянный, изменяются лишь концентрации элементов. Так, в твердой фракции снега селитебной зоны обнаружено более высокое содержание Zn (*Kc* 142) за счет поступления в составе атмосферных выпадений частиц истирающихся автомобильных шин.

Суммарные показатели загрязнения снежного покрова *Zc* и иммиссии *Zd* в твердой фазе маркируют чрезвычайно опасный уровень загрязнения во всех функциональных зонах города.

Работа выполнена по проекту РФФИ № 18-05-60126.