

## **ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НОРИЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА**

*Алексей Викторович Еделев*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3, к.г.-м.н., старший научный сотрудник, тел. +7(383) 363-91-94, e-mail: EdelevAV@ipgg.sbras.ru.

*Ольга Петровна Саева*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3, к.г.-м.н., старший научный сотрудник, тел. +7(383) 363-91-94, e-mail: SaevaOP@ipgg.sbras.ru.

*Николай Викторович Юркевич*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3, к.т.н., старший научный сотрудник, тел. +7(383) 363-91-94, e-mail: YurkevichNV2@ipgg.sbras.ru.

В статье показаны результаты анализа поверхностных водоёмов и водотоков в зоне влияния Норильского промышленного района. Сопоставлены данные по территориям в сильной мере подверженным техногенному воздействию и условно-фоновым областям. Проведены сравнения полученных значений с опубликованной научной информацией по исследуемому региону.

**Ключевые слова:** Арктика, Норильск, микроэлементы, поверхностные воды

## **HYDROCHEMICAL COMPOSITION OF SURFACE WATER BODIES IN THE AREA OF IMPACT OF THE NORILSK INDUSTRIAL REGION**

*Aleksey V. Edelev*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptuyuga Ave., PhD, Senior Researcher, tel. +7(383) 363-91-94, e-mail: EdelevAV@ipgg.sbras.ru

*Olga P. Saeva*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptuyuga Ave., PhD, Senior Researcher, tel. +7(383) 363-91-94, e-mail: SaevaOP@ipgg.sbras.ru

*Nikolay V. Yurkevich*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptuyuga Ave., PhD, Senior Researcher, tel. +7(383) 363-91-94, e-mail: YurkevichNV2@ipgg.sbras.ru

The article shows the results of the analysis of surface water reservoirs and streams in the zone of influence of the Norilsk industrial region. Comparison of data on territories heavily exposed to technogenic impact and conditionally background areas. Comparisons of the obtained values with published scientific information on the studied region are made.

**Keywords:** Arctic, Norilsk, trace elements, surface waters

## *Введение*

Арктика всегда была интересна Российскому государству, и во времена Российской империи, когда активно открывались и исследовались её огромные и малонаселенные территории [1], и во времена Советского Союза, когда на Севере разведывались крупнейшие месторождения полезных ископаемых [2], строились промышленные предприятия и целые города [3]. В настоящее время долгосрочное экономическое развитие Российской Федерации в существенной мере связано с рациональным использованием Арктической зоны в качестве ресурсной базы [4]. Сопутствующим условием является повышение уровня социально-экономического развития территории и улучшение качества жизни и защищенности местного населения [5, 6].

В результате хозяйственной деятельности происходит негативное воздействие на окружающую среду [7]. В условиях Арктических территорий это требует особенного внимания в связи с их существенными отличиями от других регионов страны. В первую очередь, различия обусловлены тем, что экосистемы арктических территорий легко уязвимы при внешнем воздействии [8]. Также свою лепту вносит крайне затрудненная транспортная доступность большей части территории российской Арктики [9], что приводит к проблемам с вывозом разнообразных отходов производства. Суровые природные условия приводят к быстрому износу техники и инфраструктуры [10], что вызывает повышенное количество отходов и увеличение вероятности техногенных аварий. На северных территориях расположены богатые месторождения меди, платины, палладия, никеля, железа, фосфора, золота, алмазов, титана, тантала, ниобия, флюоритов, хрома, марганца, слюды, молибдена, вольфрама, ванадия, углеводородов, что приводит к увеличению фоновых содержаний этих веществ в соответствующих регионах [11, 12].

Цель данной работы оценить экологическое состояние поверхностных водных объектов вблизи Норильского промышленного района на основании химического состава.

## *Объекты и методы исследований*

Летом 2020 года была проведена масштабная экспедиция Сибирского отделения Российской академии наук при поддержке АО «Норильско-Таймырская энергетическая компания» с целью комплексного изучения состояния окружающей среды Норильского промышленного района. Во время экспедиции сотрудниками ИНГГ СО РАН были исследованы воды безымянных водоёмов и водотоков вблизи ТЭЦ-3 г.Норильска, рек Болгохтох, Ямная, Купец, Амбарная, Далдыкан, Норильская, озер Мелкое и Лама. В результате проведенных полевых работ на техногенно загрязнённых и условно фоновых территориях было выбрано показательных двенадцать проб поверхностных вод. Схема отбора проб представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема пробоотбора поверхностных вод.  
Числами обозначены номера проб.

Отбор проб проводили с глубины 10–30 см от поверхности воды в соответствии с действующими стандартами [13, 14]. После отбора пробы консервировались и охлаждались до температуры 4°С.

Химический состав воды был исследован в лаборатории физико-химических методов исследований ЗСФ ИНГГ СО РАН, г. Тюмень (номер аттестата об аккредитации: RA.RU.21АЖ28) и в ООО «Химико-аналитическом центре «Плазма», г. Томск (номер аттестата об аккредитации: RA.RU.516895) на элементный состав методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой [15].

### *Результаты и обсуждение*

Основываясь на полученных данных (таблица) можно сделать заключение, что в основном представленные воды имеют нейтральную среду, только в небольшом безымянном водоёме вблизи ТЭЦ-3 находятся кислые воды. У естественных водных объектов минерализация находится в пределах до 2 г/л, у техногенных – 3.7-4.5 г/л.

Воды, дальше расположенные от промышленного центра, относятся к гидрокарбонатно-кальциевой группе, ближе – к сульфатно-кальциевой. Отчетливо наблюдается зависимость с уменьшением концентраций всех элементов, в том числе характерных для этого региона (кобальт, никель, медь, цинк [17]) с удаленностью от промышленного района (наиболее удаленные – реки Болгохтох, Ямная, озера Мелкое и Лама). Высокие концентрации сульфат-ионов в водах наиболее близких к промышленным предприятиям (объекты возле ТЭЦ-3, там же расположенные р-й Надеждинский и река Далдыкан, река Купец, текущая внутри городской черты) связаны с техногенными выбросами предприятий, что отмечалось и ранее [18]. Концентрации железа превышают предельно допустимые практически во всех представленных объектах. Характерны высокие средние концентрации меди, цинка, кобальта и никеля, существенно выделяющие местные водотоки среди других арктических рек [19]

## Результаты анализов проб воды, мг/л

Пробы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ПДК [16]
УЭП, мСм/м	18	17	32	38	30	40	420	290	160	14	5.4	7.9	-
М	150	150	300	400	300	420	4540	3690	1990	120	67	90	-
рН	7.9	8.1	8.2	7.6	8.0	7.6	2.6	7.0	8.0	8.0	6.6	7.5	-
НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	83	73	113	55	66	67	<6.1	266	107	46	31	42	-
СО <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	<6.0	6.0	8.4	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	9.6	<6.0	<6.0	<6.0	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.65	<0.5	<0.5	0.89	4.7	<0.5	1.0	<0.5	40
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	18	12	77	240	140	220	3000	2400	1300	30	9.8	21	100
Cl <sup>-</sup>	2.3	6.8	2.4	4.8	0.99	4.9	13	8.5	28	2.2	2.7	3.7	300
Ca	20.5	23.7	40.3	57.3	36.5	58.3	260	548	340	18.7	6.59	8.54	180
Mg	7.55	5.06	10.8	13.3	9.65	13.2	135	96.6	22.9	3.55	1.26	1.72	40
Na	4.84	6.05	5.92	9.80	2.87	14.7	114	30.2	29.4	2.93	2.72	3.00	120
Si	1.21	2.71	2.67	4.24	2.58	4.74	44.8	6.65	5.84	1.97	2.12	2.46	-
K	0.77	0.34	0.38	1.64	0.40	1.29	2.25	3.22	5.40	0.17	0.17	0.070	50
Mn	0.014	0.0015	0.0053	0.21	0.0015	0.24	6.90	1.20	0.025	0.015	0.0037	0.0015	0.01
Fe	0.13	0.13	0.29	0.50	0.25	0.48	373	2.55	1.64	0.103	0.058	0.040	0.1
Al	0.0071	0.0022	0.0068	0.020	0.0014	0.0040	78.3	0.0049	0.0042	0.0077	0.044	0.0046	0.04
Co	0.0001	0.0001	0.0001	0.0100	0.0001	0.019	3.79	0.038	0.0021	0.0001	0.0001	0.0001	0.01
Ni	0.0032	0.0012	0.0051	0.31	0.026	0.59	61.5	4.20	0.38	0.0005	0.0005	0.0005	0.01
Cu	0.0041	0.0022	0.0023	0.0054	0.0023	0.0078	32.1	0.052	0.021	0.0017	0.0017	0.0005	0.001
Zn	0.0057	0.043	0.0013	0.0020	0.0072	0.23	3.01	0.022	0.0102	0.0005	0.0053	0.0005	0.01

Примечание. М – минерализация. «-» – нет данных;

Места отбора проб: 1 – река Ямная; 2 – река Болгохтох; 3 – река Амбарная выше впадения реки Далдыкан; 4 – река Далдыкан ниже по течению места впадения ручья Надеждинского на ~1 км; 5 – река Далдыкан выше впадения ручья Надеждинского; 6 – Ручей Надеждинский; 7 – водоем вблизи пром. предприятия; 8 – небольшой водоток вблизи пром. предприятия; 9 – река Купец; 10 – река Норильская; 11 – озеро Мелкое; 12 – озеро Лама.

Следует отметить, что в обсуждаемом регионе ввиду длительного интенсивного развития промышленности уже давно отмечаются существенные загрязнения водных объектов, что подтверждается данными с 1980 по 2003 гг. по Норило-Пясинской системе [20] и ряде небольших рек и озер в данном районе исследованными в 2016 г [21]. В то же время в регионе высок естественный фон по ряду элементов характерных для Норильской минерагенической зоны (Cu, Fe, Ni и др.).

### *Заключение*

По данным анализа поверхностных водоёмов и водотоков прослеживается характерная особенность региона, заключающаяся в существенно повышенных

концентрациях железа, меди, никеля, сульфат-ионов в водных объектах, не подверженных прямому техногенному воздействию, что объясняется соответствующим геохимическим фоном для данных веществ. В то же время водотоки и водоёмы, расположенные в непосредственной близости к промышленным объектам, характеризуются концентрациями веществ, превышающими нормативные значения.

*Авторы выражают глубокую благодарность к.г.-м.н. И. С. Ивановой (ТФ ИНГГ СО РАН) за помощь при отборе проб. Исследование выполнено при финансовой поддержке АО «Норильско-Таймырская энергетическая компания» и программы ФНИ (проект № 0266-2019-0008).*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беляев Д. П. История открытия и освоения Арктики. – М.: Паулсен, 2019. – 280 с.
2. Конторович А. Э. Нефть и газ российской Арктики: история освоения в XX веке, ресурсы, стратегия на XXI век // Наука из первых рук. – 2015. – № 61 (1). – С. 46–65.
3. Матвишин Д. А. Зарубежный и отечественный опыт экономического освоения арктических территорий // Арктика и Север. – 2017. – № 26. – С. 24–37.
4. Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года: Указ Президента Российской Федерации № 164 от 5 марта 2020 года // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2020. – № 10. – С. 4282–4291.
5. Кондратов Н. А. Освоение Арктики: стратегические интересы России // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 1. – С. 120–126.
6. Государственная программа Российской Федерации "Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации": (ред. от 31.03.2020) [Электронный ресурс]. – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс»
7. Промышленная экология: учебное пособие / В. А. Зайцев. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 382 с.
8. Седова Н. Б., Кочемасова Е. Ю. Экологические проблемы Арктики и их социально-экономические последствия // ЭКО. – 2017. – № 5. – С. 160–171.
9. Серова Н. А., Серова В. А. Основные тенденции развития транспортной инфраструктуры российской Арктики // Арктика и Север. – 2019. – № 36. – С. 42–56.
10. Голиков Н. И., Сараев Ю. Н., Максимова Е. М., Семенов С. В. Повышение износостойкости деталей землеройной техники, эксплуатирующихся в условиях холодного климата // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2018. – Т. 14. – № 12. – С. 543–547.
11. Алексеев И. Н., Динкелакер Н. В., Орипова А. А., Семьина Г. А., Морозов А. А., Абакумов Е. В. Оценка экотоксикологического состояния почв Полярного Урала и южного Ямала // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96. – № 10. – С. 543–547.
12. Еделев А. В., Юркевич Н. В., Саева О. П., Юркевич Н. В. Критерии оценки экологического состояния окружающей среды на подвергшейся техногенному воздействию арктической территории с учётом особенностей регионального фона // ГЕО-Сибирь-2020. Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология: сб. материалов XVI Международного научного конгресса, Новосибирск, 24-30 апреля 2020 г. – 2020. – С. 401–409.
13. ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков // Контроль качества воды: Сб. ГОСТов. - М.: ФГУП "СТАНДАРТИНФОРМ", 2010. – С. 305–316.

14. ГОСТ 31861–2012. Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: Стандартинформ, 2013. – 35 с.
15. ГОСТ Р 56219–2014. Вода. Определение содержания 62 элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. – М.: Стандартинформ, 2015. – 36 с.
16. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [Электронный ресурс]: Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 № 552 (ред. от 10.03.2020). – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
17. Севастьянов Д. В., Исаченко Т. Е., Гук Е. Н. Норильский регион: от природной специфики к практике освоения // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2014. – № 3. – С. 82–94.
18. Ефремова Т. Т., Ефремов С. П., Мелентьева Н. В. Эколого-геохимическая оценка поверхностных вод болотной гидрографической сети Приенисейского Заполярья // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2005. – № 5. – С. 131–143.
19. Брызгалов В. А., Иванова И. М. Антропогенная трансформация гидролого-экологического состояния рек Российской Арктики // Водные ресурсы. – 2009. – Т. 36. – № 3. – С. 277–288.
20. Румянцева Е. В. Анализ многолетней изменчивости водных ресурсов Норило-Пясинской озерно-речной системы в условиях антропогенного воздействия: автореф. дис. .... канд. геогр. наук. – Санкт-Петербург, 2012. – 24 с.
21. Базова М. М., Кошевой Д. В. Оценка современного состояния качества вод Норильского промышленного района // Арктика: экология и экономика. – 2017. – № 3. – С. 49–60.

## REFERENCES

1. Belyaev D. P. Istoriya otkrytiya i osvoeniya Arktiki. – М.: Paulsen, 2019. – 280 s.
2. Kontorovich A. E. Neft' i gaz rossijskoj Arktiki: istoriya osvoeniya v ХН veke, resursy, strategiya na XXI vek // Nauka iz pervyh ruk. – 2015. – № 61 (1). – S. 46–65.
3. Matviishin D. A. Zarubezhnyj i otechestvennyj opyt ekonomicheskogo osvoeniya arkticheskikh territorij // Arktika i Sever. – 2017. – № 26. – S. 24–37.
4. Ob Osnovah gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v Arktike na period do 2035 goda: Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii № 164 ot 5 marta 2020 goda // Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii. – 2020. – № 10. – S. 4282–4291.
5. Kondratov N. A. Osvoenie Arktiki: strategicheskie interesy Rossii // Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. – 2014. – № 1. – S. 120–126.
6. Gosudarstvennaya programma Rossijskoj Federacii "Social'no-ekonomicheskoe razvitie Arkticheskoy zony Rossijskoj Federacii": (red. ot 31.03.2020) [Elektronnyj resurs]. – Dostup iz spravochno-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus»
7. Promyshlennaya ekologiya: uchebnoe posobie / V. A. Zajcev. — М.: BINOM. Laboratoriya znanij, 2012. – 382 s.
8. Sedova N. B., Kochemasova E. YU. Ekologicheskie problemy Arktiki i ih social'no-ekonomicheskije posledstviya // EKO. – 2017. – № 5. – S. 160–171.
9. Serova N. A., Serova V. A. Osnovnye tendencii razvitiya transportnoj infrastruktury rossijskoj Arktiki // Arktika i Sever. – 2019. – № 36. – S. 42–56.
10. Golikov N. I., Saraev YU. N., Maksimova E. M., Semenov S. V. Povyshenie iznosostojkosti detalej zemlerojnoj tekhniki, ekspluatiruyushchihsvya v usloviyah holodnogo klimata // Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya. – 2018. – Т. 14. – № 12. – S. 543–547.
11. Alekseev I. N., Dinkelaker N. V., Oripova A. A., Sem'ina G. A., Morozov A. A., Abakumov E. V. Ocenka ekotoksilogicheskogo sostoyaniya pochv Polyarnogo Urala i yuzhnogo YAmala // Gigena i sanitariya. – 2017. – Т. 96. – № 10. – S. 543–547.

12. Edelev A. V., YUrkevich N. V., Saeva O. P., YUrkevich N. V. Kriterii ocenki ekologicheskogo sostoyaniya okruzhayushchej sredy na podvergshejsya tekhnogennomu vozdeystviyu arkticheskoy territorii s uchytom osobennostej regional'nogo fona // GEO-Sibir'-2020. Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh. Ekonomika. Geoekologiya: sb. materialov XVI Mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa, Novosibirsk, 24-30 aprelya 2020 g. – 2020. – S. 401–409.
13. GOST 17.1.5.05-85. Ohrana prirody. Gidrosfera. Obshchie trebovaniya k otboru prob poverhnostnyh i morskikh vod, l'da i atmosferyh osadkov // Kontrol' kachestva vody: Sb. GOSTov. - M.: FGUP "STANDARTINFORM", 2010. – S. 305–316.
14. GOST 31861–2012. Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob. – M.: Standartinform, 2013. – 35 s.
15. GOST R 56219–2014. Voda. Opreделение soderzhaniya 62 elementov metodom mass-spektrometrii s induktivno-svyazannoj plazmoj. – M.: Standartinform, 2015. – 36 s.
16. «Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnyh ob"ektov rybohozyajstvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyh koncentracij vrednyh veshchestv v vodah vodnyh ob"ektov rybohozyajstvennogo znacheniya» [Elektronnyj resurs]: Prikaz Ministerstva sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii ot 13.12.2016 № 552 (red. ot 10.03.2020). – Dostup iz spravочно-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
17. Sevast'yanov D. V., Isachenko T. E., Guk E. N. Noril'skij region: ot prirodnoj specifiky k praktike osvoeniya // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2014. – № 3. – S. 82–94.
18. Efremova T. T., Efremov S. P., Melent'eva N. V. Ekologo-geohimicheskaya ocenka poverhnostnyh vod bolotnoj gidrograficheskoy seti Prienisejskogo Zapolyar'ya // Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya. – 2005. – № 5. – S. 131–143.
19. Bryzgalov V. A., Ivanova I. M. Antropogennaya transformaciya gidrologo-ekologicheskogo sostoyaniya rek Rossijskoj Arktiki // Vodnye resursy. – 2009. – T. 36. – № 3. – S. 277–288.
20. Rummyanceva E. V. Analiz mnogoletnej izmenchivosti vodnyh resursov Norilo-Pyasinskoj ozerno-rechnoj sistemy v usloviyah antropogennogo vozdeystviya: avtoref. dis. .... kand. geogr. nauk. – Sankt-Peterburg, 2012. – 24 s.
21. Bazova M. M., Koshevoj D. V. Ocenka sovremennogo sostoyaniya kachestva vod Noril'skogo promyshlennogo rajona // Arktika: ekologiya i ekonomika. – 2017. – № 3. – S. 49–60.

© A. B. Еделев, О. П. Саева, Н. В. Юркевич, 2021