

УДК 504.062:502.6

**ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД
МАЛЫХ ОЗЕР БАССЕЙНА РЕКИ НАДЫМ****Агбальян Е.В., Шинкарук Е.В.***ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Салехард, e-mail: agbelena@yandex.ru*

Изучен химический состав поверхностных вод малых озер в зоне северной тайги Западно-Сибирской равнины. Вода исследованных водных объектов относилась к 3 классу качества – «умеренно загрязненная». Экологическое состояние обследованных озерных экосистем характеризовалось низкими показателями pH, высокой окисляемостью, превышением ПДК по железу, меди, цинку и аммонийному азоту. Показана высокая кислотонейтрализующая способность озерных вод и отсутствие признаков антропогенного закисления.

Ключевые слова: малые озера, бассейн реки Надым, гидрохимические, параметры, качество, закисление

**HYDROCHEMICAL INDICATORS OF WATER QUALITY IN SMALL
LAKES RIVER BASIN NADYM****Agbalyan E.V., Shynkaruk E.V.***Scientific Research Center of the Arctic, Salekhard, e-mail: agbelena@yandex.ru*

The chemical composition of the surface waters of small lakes in the area of the northern taiga of the West Siberian Plain. Water investigated water bodies belonged to quality class 3 – «moderately polluted». The ecological state of lake ecosystems studied was characterized by low rates of pH, high oxidation, exceedance of iron, copper, zinc and ammonia nitrogen. The high acid neutralizing capacity of lake water and the lack of evidence of anthropogenic acidification.

Keywords: small lake, the basin of the Nadym river, hydro-chemical, parameters, quality, acidification

Район исследования расположен в центральной части Западно-Сибирской низменности в подзоне северной тайги с островным распространением многолетнемерзлых пород. Равнинность и особенности климата обуславливают высокую заозеренность и заболоченность. Почвообразующие породы представлены озерно-аллювиальными отложениями с прослоями и линзами суглинков и суспензий. На дренированных песчаных участках преобладают подзолистые и глеево-подзолистые почвы, на суглинистых грунтах – поверхностно-глеевые и подзолисто-болотистые почвы [1]. Зональным типом растительности являются березово-лиственничные и березово-сосновые кустарнично-лишайниковые редколесья, а также лиственничные кустарничково-моховые редины, развитые в приречных частях равнины [8].

Хозяйственная деятельность, интенсивное промышленное освоение территории исследования – Надымский район, урбанизация неизбежно приводят к истощению естественного потенциала экосистемы, поступлению вредных веществ в биосферу. Компенсаторные возможности арктической экосистемы ограничены, происходит аккумуляция техногенных загрязнителей в природных средах. Негативное влияние хозяйственной деятельности на формирование химического состава и качества воды при-

обретает угрожающие масштабы и может привести к необратимым процессам в водной экосистеме [4, 5, 6, 7].

Исследование экологического состояния водных экосистем необходимо для своевременного выявления высоких уровней загрязнения, оценки и прогнозирования развития ситуации в дальнейшем. Чувствительным индикатором интенсивности техногенной нагрузки являются озера. Оценка уровня загрязнения поверхностных вод озер позволяет получить данные о текущем состоянии экосистемы в процессе хозяйственной деятельности.

Цель исследования – изучить химический состав поверхностных вод малых озер, расположенных в подзоне северной тайги бассейна реки Надым под действием антропогенных факторов.

Материалы и методы исследования

Проведено гидрохимическое обследование озер. По морфометрическим показателям обследованные озера относятся к малым озерам. Время отбора проб: сентябрь. Отбор проб проводился с учетом требований «ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб». Отбор проб осуществлялся с глубины 0,3–0,5 м в количестве 1 л в полиэтиленовые бутылки для анализа ионного состава и 1 л в бутылки из темного стекла для определения содержания нефтепродуктов. Химико-аналитические работы проводились в стационарной лаборатории качества вод, устойчивости водных экосистем и экотоксикологии и в сертифицированной Федеральной службой по аккредитации ла-

боратории экологических исследований Тюменского государственного университета.

В отобранных пробах определялись: рН и щелочность – потенциометрическим методом, цветность – фотометрическим методом, сумма нитрат- и нитрит-ионов, общий азот, фосфат-ионы, фосфор общий, кремний – спектрофотометрическим методом, перманганатная окисляемость и бихроматная окисляемость – титриметрическим методом, определение общего органического углерода (Vario TOC, Elementar, Германия), сульфат-ионы и хлорид-ионы – ион-хроматографическим методом (ICS – 5000, Dionex, США). Методом капиллярного электрофореза определялись калий, натрий, кальций, магний. Содержание нефтепродуктов изучалось методом ИК-спектроскопии. Концентрации металлов определялись атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией и пламенной атомизацией (ContrAA, Analytik Jena, Германия).

Интегральная оценка загрязнения поверхностных вод проведена на основании индекса загрязнения (ИЗВ) по формуле

$$\text{ИЗВ} = \sum(C_i/\text{ПДК}_i)/N,$$

где C_i – концентрация вещества; N – число показателей, используемых для расчета; ПДК_i – предельно допустимая концентрация для соответствующего вещества.

Для выявления степени влияния аэротехногенных факторов на качество вод проведено исследование процессов закисления природных вод по результатам анализа показателей: рН в динамике, концентрация сульфат-ионов, алюминия, щелочности, показателю кислотнейтрализующей способности (АНС), соотношению концентрации ионов.

Результаты исследования и их обсуждение

Химический состав вод обследованных малых озер зоны северной тайги характеризовался низкой минерализацией, обусловленной преимущественно атмосферным питанием и геологическими особенностями ландшафта, низким содержанием основных ионов (табл. 1, 2). Воды озер относятся к ультрапресным. Содержание хлорид- и сульфат-ионов, сильных катионов калия и натрия в поверхностных водах низкое

и типичное для водных объектов севера Западной Сибири [9].

Показатель электропроводности (ЭП) природной воды зависит, главным образом, от концентрации сильных электролитов Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^- и температуры. Удельная электропроводность исследуемых озер низкая, что свидетельствует о низкой суммарной концентрации электролитов в поверхностных водах обследованных озер.

Величина водородного показателя является важной характеристикой качества вод, так как влияет на развитие и жизнедеятельность водной биоты, миграционную активность многих элементов. Вода обследованных озер имеет рН = 5,7 и 4,9 соответственно и относится к слабокислым водам (от 4,0 до 6,5 рН), не соответствующим требованиям для водных объектов рыбохозяйственного значения (от 6,0 до 9,0 рН) (табл. 3).

Концентрация растворенного кислорода в воде свидетельствует об интенсивности биологических процессов в водоёме и уровне загрязнения активно окисляющимися веществами. Снижение концентрации растворенного кислорода до 2 мг/л вызывает массовую гибель гидробионтов. Значения БПК – биологического потребления кислорода в исследуемых озерах не превышает $\text{ПДК}_{\text{рх}}$ (2 мг/л), но при этом в озере б/н № 2 в два раза выше, чем в воде водного объекта сравнения.

Высокая окисляемость поверхностных вод исследованных озер по данным показателя – химическое потребление кислорода ($\text{ХПК}_{\text{озеро б/н № 1}} = 34,1$ мг/л и $\text{ХПК}_{\text{озеро б/н № 2}} = 42,7$ мг/л), связана с большим количеством природной органики, поступающей из болот и торфяников. Среднее значение ХПК для исследованных водоемов по результатам экологического мониторинга в 2,7 раза выше рекомендуемых величин.

Таблица 1

Гидрохимические показатели поверхностных вод малых озер бассейна реки Надым ЯНАО

Водные объекты	рН	ЭП (мкС/см)	ТОС (мгС/л)	SO_4^{2-} (мг/л)	Cl ⁻ (мг/л)	Alk (мкг-экв/л)
Озеро б/н № 1	5,70	16,5	19,78	0,57	0,29	30,0
Озеро б/н № 2	4,90	13,4	24,05	0,78	0,30	30,0
М ± б	5,3 ± 0,4	14,95 ± 1,55	21,92 ± 2,14	0,68 ± 0,09	0,30 ± 0,005	30,0 ± 0,0
М ± б (для северной тайги ЕТР)	6,65 ± 0,73 4,15–7,51	29,5 ± 14,4 7,9–96,7	7,41 ± 3,86 1,61–24,3	2,54 ± 1,01 0,64–6,44	1,36 ± 0,98 0,24–6,0	175 ± 135 0–694

Примечание. В числителе – среднее значение и среднеквадратичное отклонение, знаменателе – пределы содержания, данные для северной тайги ЕТР (по [3]).

Таблица 2

Элементный состав поверхностных вод малых озер бассейна реки Надым ЯНАО

Водные объекты	Ca ⁺² (мг/л)	Mg ⁺² (мг/л)	Na ⁺ (мг/л)	K ⁺ (мг/л)
Озеро б/н № 1	6,78	0,82	0,35	0,13
Озеро б/н № 2	4,03	0,26	0,18	0,025
М ± Б	5,41 ± 1,12	0,54 ± 0,23	0,27 ± 0,07	0,08 ± 0,04
М ± б (для северной тайги ЕТР)	<u>2,24 ± 1,23</u> 0,18–5,85	<u>0,83 ± 0,50</u> 0,07–3,40	<u>2,18 ± 1,61</u> 0,42–22,1	<u>0,61 ± 0,48</u> 0,08–2,50
Кларк речной воды (мкг/л)	12,0	2,9	5,0	2,0

Пр и м е ч а н и е . В числителе – среднее значение и среднеквадратичное отклонение, знаменателе – пределы содержания; данные для северной тайги ЕТР (по [3]); кларк речной воды (по [2]).

Таблица 3

Основные показатели загрязнения поверхностных вод малых озер бассейна реки Надым ЯНАО

№ п/п	Химические вещества	ПДК _{рх}	Озеро б/н № 1	Озеро б/н № 2
1	Водородный показатель	6,0–9,0	5,70	4,90
2	БПК ₅ , мг/л	2	0,50	1,02
3	ХПК, мг/л	15	34,1	47,2
4	Нефтяные углеводороды, мг/л	0,05	0,022	0,035
5	Азот нитратный, мг/л	40	0,008	0,009
6	Азот нитритный, мг/л	0,08	0,0003	0,0003
7	Азот аммонийный, мг/л	0,4	0,53	1,32

Пр и м е ч а н и е . ХПК – химическое потребление кислорода, БПК – биологическое потребление кислорода.

Из биогенных соединений азота следует выделить аммонийную форму азота. Для водных объектов Западной Сибири характерно повышенное содержание аммонийного азота в связи с низкой скоростью разложения органических веществ.

Нефтяные углеводороды присутствуют в поверхностных водах малых озер на уровне фоновых значений.

Подвижные комплексы железа с гуминовыми кислотами в значительных количествах содержатся в поверхностных водах северных озер и рек. Превышение ПДК по железу относится к природным особенностям территории (табл. 4).

Содержание никеля и хрома в природной воде исследованных водных объектов выше значений кларка речной воды [2]. Концентрации меди и цинка в поверхностных водах превышают ПДК.

В обследованных озерах показано повышенное содержание свинца: в 1,5 раза выше кларка речной воды и почти в 3 раза выше концентраций свинца в озерах Севера европейской территории России. Известно, что в кислой среде увеличивается миграционная активность многих металлов.

Таким образом, характеризуя загрязнения поверхностных вод исследуемых водных объ-

ектов, следует выделить низкие показатели рН, превышение ПДК по ХПК (химическое потребление кислорода) более чем в два раза, превышение ПДК по железу в два раза, превышение ПДК по меди в 3,7 раза, цинку – в 1,3 раза, уровни аммонийного азота превышают ПДК в 3,3 раза. Общая оценка качества поверхностных вод исследованных водных объектов, проведенная на основании гидрохимического индекса загрязнения воды (ИЗВ) указывает на «умеренное загрязнение» при значениях ИЗВ соответственно 1,63 и 1,56.

Оценка воздействия аэротехногенных факторов на озерные экосистемы осуществлялась на основе изучения интенсивности закисления природных вод. Низкие значения рН показаны для озера б/н № 2 на фоне высокой цветности 198⁰Pt. Выявлено доминирующее положение сульфатов в анионном составе поверхностных вод для обследованных озер (табл. 5). Риск закисления вод для исследованных озер повышен, так как показатели щелочности, характеризующие буферную ёмкость вод, составляют 30 мкг-экв./л. Прогноз состояния озера б/н № 1 лучше, чем озера б/н № 2, так как значение соотношения Alk/ SO₄²⁻ выше. Для исследованных озер показана низкая буферная ёмкость.

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в поверхностных водах малых озер бассейна реки Надым ЯНАО

№ п/п	Показатель	ПДК _{рх}	Кларк речной воды**	Озеро б/н № 1	Озеро б/н № 2	М ± б (для северной тайги ЕТР)*
1	Si, мг/л	10,0	6,0	0,084	0,074	$\frac{2,62 \pm 1,59}{0,03-7,07}$
2	Al, мг/л	0,04	0,16	0,0112	0,0269	$\frac{0,0149 \pm 0,014}{0,0008-0,0826}$
3	Fe, мг/л	0,1	0,04	0,223	0,203	$\frac{0,0479 \pm 0,0717}{0,001-0,496}$
4	Cu, мг/л	0,001	0,007	0,0053	0,0037	$\frac{0,0008 \pm 0,0007}{0,0002-0,0044}$
5	Ni, мг/л	0,01	0,0025	0,0041	0,0031	$\frac{0,0009 \pm 0,0009}{< 0,0002-0,0048}$
6	Co, мг/л	0,01	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,0002
7	Zn, мг/л	0,01	0,02	0,0286	0,0126	$\frac{0,0011 \pm 0,001}{0,0002-0,0055}$
8	Mn, мг/л	0,01	0,01	0,00575	0,00684	$\frac{0,0061 \pm 0,0068}{0,0003-0,0378}$
9	Pb, мг/л	0,006	0,001	0,0014	0,0019	< 0,0005
10	Cr, мг/л	0,02	0,001	0,00253	0,00222	$\frac{0,00022 \pm 0,000018}{< 0,00005-0,00127}$
11	Cd, мг/л	0,005	0,0002	< 0,0001	< 0,0001	$\frac{< 0,00005}{\max 0,00013}$
12	Hg, мкг/л	0,01	0,07	< 0,05	< 0,05	–

Примечание. * – в числителе – среднее значение и среднеквадратичное отклонение, знаменателе – пределы содержания, данные для северной тайги ЕТР (по [3]); ** – кларк речной воды (по [2]).

Таблица 5

Основные показатели, характеризующие процесс закисления малых озер бассейна реки Надым ЯНАО

Показатель	Озеро б/н № 1	Озеро б/н № 2	М ± б*
рН	5,70	4,90	$\frac{6,65 \pm 0,73}{4,15-7,51}$
Цветность, °Pt	30,9	198,0	$\frac{45,8 \pm 56,9}{0-320}$
Алк, мкг-экв/л	30,0	30,0	$\frac{175 \pm 135}{0-694}$
∑ кат, мкг-экв/л	424,2	230,9	$\frac{345}{53-1200}$
SO ₄ ²⁻ , мкг-экв/л	11,9	16,2	$\frac{78}{14-166}$
NO ₃ ⁻ , мкг-экв/л	0,5	0,6	$\frac{6,84}{0,07-42,0}$
ANS, мкг-экв/л	300,7	212,9	$\frac{159}{0-799}$

Примечание. * – в числителе – среднее значение и среднеквадратичное отклонение, знаменателе – пределы содержания, данные для северной тайги ЕТР (по [3]).

Значения показателей KNS, представляющих собой отношения концентраций нитратов к сумме анионов (сульфатов и нитратов), близки к 0. Разница между суммой катионов с коррекцией на морскую соль и радикала-

ми сильных кислот равна соответственно 300,7 мкг-экв./л и 212,9 мкг-экв./л. Обследованные озера имели высокую кислотонейтрализующую способность, признаков закисления вод в обследованных озерах не выявлено.

Таким образом, химический состав поверхностных вод исследуемых озер формируется под воздействием как природных факторов, так и источников техногенного воздействия. Вода исследованных водных объектов относится к 3 классу качества – «умеренно загрязненная». Экологическое состояние обследованных озер характеризовалось превышением фоновых уровней по следующим показателям: окисляемость, ион-аммония, цинк, медь – и низкими значениями водородного показателя. Буферная емкость обследованных озер низкая, и риск закисления вод повышен, что свидетельствует о невысоком потенциале поверхностных вод к нейтрализации кислотных выпадений, которые связаны не только с локальным и, прежде всего, с глобальным атмосферным переносом загрязняющих веществ.

Список литературы

1. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа [карты] / Под ред. С.И. Ларина. Омск: Омская картографическая фабрика, 2004. – 304 с.

2. Войткевич Г.В., Кокин А.В., Мирошников А.Е., Прохоров В.Г. Справочник по геохимии. – М.: Недра, 1990. – 480 с.

3. Гашкина Н.А. Пространственно-временная изменчивость химического состава вод малых озер в современных условиях изменения окружающей среды: дис... д-ра геог. наук. – М., 2014. – 207 с.

4. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. – М., 2003. – 400 с.

5. Ермилов О.М. Воздействие объектов газовой промышленности на северные экосистемы и экологическая стабильность геотехнических комплексов в криолитозоне / О.М. Ермилов, Г.И. Грива, В.И. Москвин. – Новосибирск: Изд-во РАН, 2002. – 148 с.

6. Моисеенко Т.И. Закисление вод: факторы, механизмы и экологические последствия. – М.: Наука, 2003. – 278 с.

7. Моисеенко Т.И., Калабин Г.В., Хорошавин В.Ю. Закисление водосборов арктических регионов // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2012. – № 2. – С. 49–58.

8. Сорокина Н.В. Антропогенные изменения северо-таёжных экосистем Западной Сибири (на примере Надымского района): автореферат дис... канд. биол. наук. – Тюмень, 2003. – 25с.

9. Хорошавин В.Ю., Ефименко М.Г. Исследование естественных процессов формирования химического состава поверхностных вод с целью оценки критических антропогенных нагрузок и устойчивости водных экосистем таёжной зоны Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета. – 2014. – № 12. – С. 33–34.