

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ характеристика и **ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА**

ВОД ОЗЕРА Биенда-Стемме (о. Западный Шпицберген)

Проведенный комплексный анализ многолетних данных о гидрохимических параметрах и концентрации основных загрязняющих веществ в водах озера Биенда-стемме (о. Западный Шпицберген) позволил составить подробную характеристику состава и выявить отличительные особенности исследуемого водного объекта. Выявлены тенденции изменения содержания различных химических элементов в водах озера за период 2002-2010 гг. Дана комплексная оценка состава, качества и состояния загрязненности вод оз. Биенда-стемме.



Введение

Озеро Биенда-стемме, расположенное на западном берегу залива Гренфьорд (арх. Шпицберген), является источником воды питьевого и хозяйственного назначения для жителей поселка Баренцбург. Знание об особенностях химического состава вод озера и его изменении является основополагающим при проведении самых разнообразных исследований природоохранной направленности. Кроме того, гидрохимическая характеристика оз. Биенда-стемме впоследствии может быть использована при исследовании схожих водных объектов.

Оз. Биенда-стемме расположено в межгорной котловине, вследствие чего питание озера осуществляется за счет притока вод ледника Вардеборг, расположенного севернее озера, и вод ледника Вёринг, морена которого подпирает южный берег озера. Площадь зеркала озера 0,013 км², площадь водосбора 5,2 км², максимальный объем озера составляет 516 тысяч м³, максимальная глубина 12,8 м. Конфигурация озерной чаши неправильной формы, длина 595,5 м, ширина 377,0 м. По своему происхождению озеро ледникового происхождения, чаша

Н.А. Лалетин*,
аспирант, ФГБУ
Арктический
и антарктический
научно-
исследовательский
институт; инженер
I категории отдела
экологического
мониторинга,
СЗФ ФГБУ
«НПО «Тайфун»

озера ограничена с северо-запада пологовыпуклыми склонами отрогов водоразделов Фребольдрюгген, с юга мореной ледника Вёринг, с востока – ригелем. В теплое время года приток осуществляется за счет верховодки, сток – через перелив ригеля ручья Васстак и за счет фильтрационного потока в ручей Водозаборный [1].

Материалы и методы исследования

Оценка качества вод выполнялась по результатам химико-аналитических исследований проб, отобранных в период с 2002 по 2011 гг. Гидрохимические исследования проб и определение содержания в них концентраций основных загрязняющих веществ проводились аккредитованной химико-аналитической службой СЗФ ФГБУ «НПО «Тайфун». Полученные результаты показали, что воды оз. Биенда-стемме полностью соответствуют требованиям российских гигиенических нормативов.

* Адрес для корреспонденции: antinomix@mail.ru

Таким образом, по физическим и химическим свойствам они могут быть признаны удовлетворяющими требованиям питьевого водоснабжения.

По содержанию основных ионов в соответствии с классификацией [2] воды озера можно отнести к гидрокарбонатным натриевым водам первого типа. На рис. 1 представлено соотношение основных катионов и анионов в воде оз. Биенда-стемме.

Минерализация вод озера очень мала, ее значения колеблются в пределах от 7,30 до 37,3 мг/л, в среднем составляя 16,6 мг/л в летний период. В зимний период, в условиях отсутствия притока вод, минерализация вод озера падает до пределов 3,44–10,7 мг/л, в среднем составляя 6,81 мг/л, что характерно для льдов, снега и атмосферных осадков. Такое сезонное изменение минерализации вод связано с тем, что питание озера происходит в основном за счет ледников, и в меньшей степени – за счет атмосферных осадков в теплый период. Таким образом, в условиях ледостава количество поступающих растворенных минеральных веществ снижается и воды озера несколько опресняются. Согласно классификации [3] воды озера можно отнести к «сверхпресным» или «наиболее пресным».

По показателю общей жесткости (щелочности), изменяющемуся в пределах 0,14 до 0,64 мг-экв/л, при среднем значении 0,40 мг-экв/л, воды оз. Биенда-стемме относятся к «очень мягким» (жесткость <1,5 мг-экв/л). Таким образом, они могут быть использованы для питьевого водоснабжения и в любом виде промышленного производства (в том числе для питания паровых котлов) без предварительной подготовки. Однако следует обратить внимание, что повышенное содержание в воде углекислоты (до 69,3 мг/л) делает ее агрессивной по отношению к бетонным конструкциям.

Величина водородного показателя pH вод озера изменяется от 5,79 до 8,02 единиц pH. Однако в среднем она практически постоянна и составляет 7,19 ед. pH как в летний, так и в зимний период. Наблюдаются незначи-

Д.Ю. Большинов,

доктор географических наук; профессор ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный университет; старший научный сотрудник отдела географии полярных стран, ФГБУ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт



А.П. Граевский,

кандидат географических наук, заместитель начальника отдела экологического мониторинга, СЗФ ФГБУ «НПО «Тайфун»

тельные изменения величины pH для поверхностного и придонного горизонта воды озера. Так, в летний период более высокие значения pH (в среднем 7,22) отмечаются в воде поверхностного горизонта, а более низкие (7,14) – в придонном горизонте. В зимний период наблюдается обратное распределение: поверхностный горизонт – 7,13, придонный – 7,26 единиц pH. В целом, воды оз. Биенда-стемме относятся к «нейтральным» (pH 6,5-7,5), хотя, скорее всего, целесообразней относить их к «слабощелочным» (pH 7,5-8,5).

Пониженная вследствие низких температур микробиологическая активность обуславливает наблюдаемую в водах озера окислительную обстановку. Величина окислительно-восстановительного потенциала Eh положительна и колеблется от 89 до 287 мВ. В среднем Eh вод оз. Биенда-стемме составляет 180 мВ в летний период и 153 мВ в зимний, что несколько ниже обычных для пресных озерных вод значений Eh. Можно сказать, что при нормальных значениях pH в водах озера создается благоприятная обстановка для миграции основных форм многих микроэлементов, и, в первую очередь, тяжелых металлов (таких как кобальт, цинк, ртуть, мышьяк, кадмий и др.).

Показатель, во многом определяющий окислительную обстановку среды – растворенный кислород (O₂). Несмотря на достаточно низкие температуры воды и атмосферного воздуха, снижающие фотосинтетическую активность в водах озера, содержание растворенного кислорода высоко – в летний период оно достигает 13,2 мг/л, в зимний 12,2 мг/л, что может быть связано с низким содержанием растворенных в воде веществ.

Содержание биогенных веществ в водах озера относительно невелико. Так, концентрации соединений азота измеряются десят-

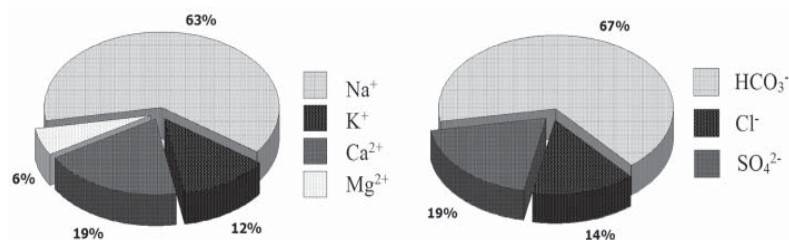


Рис. 1. Содержание основных анионов (слева) и катионов (справа) в воде оз. Биенда-стемме

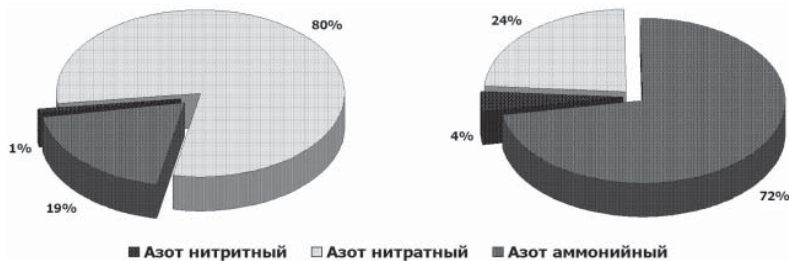


Рис. 2. Содержание минеральных форм азота в водах оз. Биенда-стемме в зимний (слева) и летний (справа) период наблюдений

ками и сотнями микрограмм на литр, не достигая величины миллиграмма на литр. На рис. 2 приведены гистограммы, отображающие процентное содержание минеральных форм азота в водах оз. Биенда-стемме в летний и зимний периоды наблюдений.

Как видно из приведенных гистограмм, преобладающая форма нахождения азота различается по сезонам – в зимний период преобладают нитратные соединения (439,9 мкг/л), в летний аммонийные (98,7 мкг/л). Также следует отметить, что в теплый период минеральные формы нахождения азота составляют 26 % от общего его содержания, тогда как в холодный период эта доля увеличивается до 68 %. Это объясняется тем, что в летний период с поверхностным стоком в воды озера поступает большее количество отмершего органического вещества и продуктов жизнедеятельности живых организмов.

Суммарное содержание *соединений фосфора* в водах оз. Биенда-стемме не столь значительно изменяется по сезонам, составляя в среднем 26,0 мкг/л в летний период и 10,7 мкг/л в зимний. При этом доля минеральных форм фосфора составляет 60 % и 48 % от общего содержания в летний и зимний периоды наблюдений, соответственно. Очевидно, что для оз. Биенда-стемме изменение концентраций фосфора не связано с деятельностью живых организмов (так как в этом случае концентрация фосфатов, активно потребляемых фитопланктоном, фито-

бентосом и высшими водными растениями, должна была снижаться в теплый период года, наиболее благоприятный для роста и развития).

Среди всех обнаруживаемых в пробах вод оз. Биенда-стемме микроэлементов следует особо отметить ионы тяжелых металлов. В составе вод озера присутствуют все наиболее распространенные тяжелые металлы, а в отдельные годы фиксируется содержание и некоторых канцерогенных элементов, таких как мышьяк и ртуть. Однако их концентрации невелики и составляют в среднем 0,32 мкг/л и 0,008 мкг/л для мышьяка и ртути, соответственно.

Железо отмечается в водах озера в относительно невысоких концентрациях – до 34,0 мкг/л, несмотря на распространенность в природной среде. В зависимости от величины окислительно-восстановительного потенциала Eh и водородного показателя pH железо находится в природных водах в виде Fe²⁺ и Fe³⁺. Основываясь на литературных данных и результатах гидрохимических исследований можно утверждать, что в водах оз. Биенда-стемме железо присутствует преимущественно в двухвалентной форме, доля трехвалентного составляет 10-20 %.

В отношении *ионов основных тяжелых металлов* следует отметить снижение их концентраций в период наблюдений с 2002 по 2010 гг. до уровня фоновых. Так, в настоящее время концентрации никеля, кобальта, свинца, меди, цинка находятся в пределах нескольких микрограмм на литр, чаще всего измеряются десятками и даже сотыми долями единиц микрограмм на литр воды. Схожие уровни содержания тяжелых металлов отмечены в водах озер Канадского арктического архипелага (кадмий 0,014 мкг/л, ртуть до 0,10 мкг/л), северной Финляндии (свинец 0,25 мкг/л) и Лапландии (цинк 1,84 мкг/л, медь 0,28 мкг/л) [4, 5].

Рис. 3. Изменение концентраций цинка, меди и никеля в воде оз. Биенда-стемме в период 2002-2010 гг. (мкг/л).

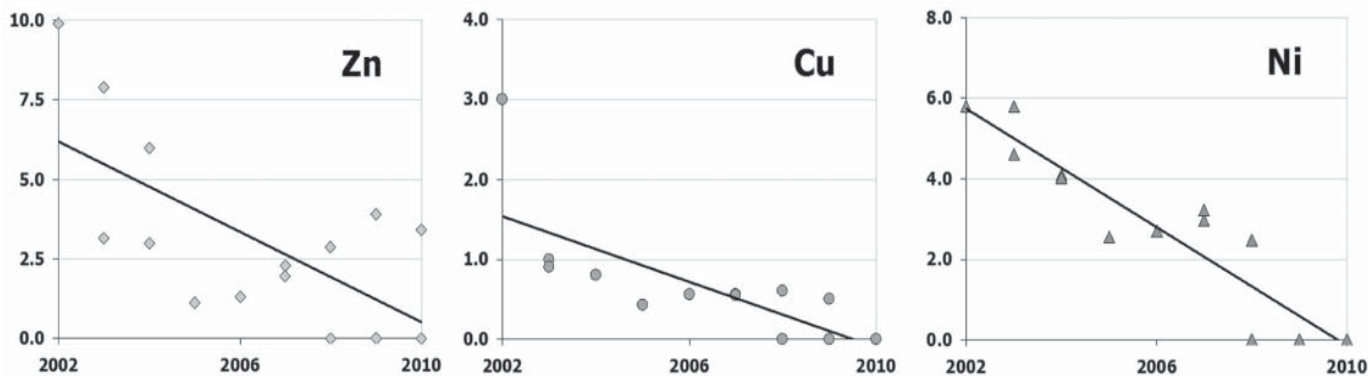


Таблица 1

Сравнительная характеристика устойчивости и уровней загрязнения воды оз. Биенда-стемме за период 2002-2010 гг. по нормируемым гидрохимическим показателям

Показатель	Число случаев превышения ПДК, %		Кратность превышения ПДК	
	весна	лето	весна	лето
Азот нитритный	5,6	3,6	1,50	1,14
Азот аммонийный	11,1	–	2,03	–
Медь	5,6	5,4	1,24	3,00
Цинк	–	1,8	–	1,06
Никель	–	1,8	–	1,20
Ртуть	–	1,8	–	1,29

Таблица 2

Классификация поверхностных вод по индексу загрязнения вод (ИЗВ)

Класс качества вод	Наименование	Величина ИЗВ	Изменение величины ИЗВ для определения тенденции качества вод
I	Очень чистая	<0,3	100 %
II	Чистая	>0,3-1	>50 %
III	Умеренно загрязненная	>1-2,5	>30 %
IV	Загрязненная	>2,5-4	>25 %
V	Грязная	>4-6	>20 %
VI	Очень грязная	>6-10	>15 %
VII	Чрезвычайно грязная	>10	>10 %

Результаты и их обсуждение

Оценка устойчивости и уровня загрязнения вод оз. Биенда-стемме выполнялась на основе повторяемости случаев и кратности превышения ПДК (табл. 1). Анализ полученной информации с точки зрения устойчивости и уровня загрязнения показал, что в оз. Биенда-стемме в весенний период отмечалось неустойчивое загрязнение среднего уровня по содержанию аммонийного азота; единичное загрязнение низкого уровня – по нитритному азоту и по содержанию меди. В летне-осенний период отмечалось единичное загрязнение среднего уровня по содержанию меди и низкого уровня по содержанию нитритного азота, цинка, никеля и ртути.

Для упрощенной сравнительной оценки качества вод различных водных объектов между собой (независимо от присутствия различных загрязняющих веществ), выявления тенденций качества вод по годам можно

использовать действующий на сети Росгидромета показатель ИЗВ [6, 7]. Расчет этого индекса загрязненности водных объектов производится по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}}{6}$$

где C_i – средняя концентрация ингредиента; ПДК_i – предельно допустимая концентрация по данному ингредиенту.

Расчеты ИЗВ выполнены с использованием значений растворённого кислорода, БПК₅, азота аммонийного, азота нитритного, меди и цинка. Полученные значения ИЗВ оз. Биенда-стемме изменялись весной от 0,23 до 0,88 (составив в среднем 0,40). В летне-осенний период значения ИЗВ изменялись от 0,18 до 0,75, в среднем составляя 0,34 ИЗВ. Таким образом, в соответствии с принятой классификацией вод по индексу ИЗВ (табл. 2), вода озера за весь период проведения наблюдений классифицируется как «чистая».

Характер ежегодной изменчивости индекса ИЗВ в водах озера представлен на рис. 4. Как видно из графика, в период с 2005 по 2008 гг. наблюдалась наименьшая загрязненность воды озера (ИЗВ меньше 0,3), что согласно классификации вод позволяет отнести их к I классу качества «очень чистая». В другие годы воды озера относятся ко II классу качества – «чистые».

Заключение

Подводя итог, можно сделать следующие выводы:
 состав и основные физико-химические свойства вод оз. Биенда-стемме зависят, прежде всего, от свойств и состава леднико-

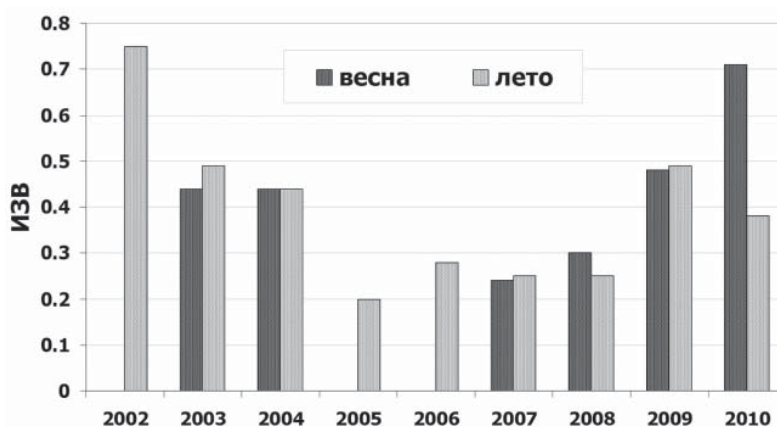


Рис. 4. Многолетняя изменчивость индекса загрязненности вод (ИЗВ) оз. Биенда-стемме в весенний и летне-осенний периоды.



вых вод, питающих его, а также талых вод, поступающих в период снеготаяния;

◆ физико-химические и биологические процессы вследствие суровых климатических условий замедлены и играют второстепенную роль в формировании и преобразовании химического состава вод озера;

◆ антропогенные факторы не оказывают какого-либо ощутимого воздействия на химический состав и свойства вод озера;

◆ при сформировавшемся постоянном химическом составе вод озера отмечаются незначительные сезонные изменения содержания отдельных веществ, что связано с отсутствием притока вод в период ледостава;

◆ полученные данные о химическом составе вод оз. Биенда-стемме характеризуют их как пригодные для использования практически во всех сферах человеческой деятельности без специальной подготовки.

Ключевые слова:

гидрохимия,
загрязнение,
Шпицберген,
тяжелые металлы

Литература

1. Семенов А.В. Гидрологическое обследование озера Биенда-стемме (архипелаг Шпицберген) / А.В. Семенов, А.А. Давыдов, А.Н. Ипатов // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты, 2003. с.127-136
2. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
3. Никаноров А.М. Гидрохимия. СПб.: Гидрометеиздат, 2001. 447 с.
4. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues ©Arctic Monitoring and Assessment Programme, 1998 Published by Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.
5. AMAP Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic © Arctic Monitoring and Assessment Programme, 2005 Published by Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.
6. РД 52.44.2-94 Методические указания. Комплексное обследование загрязнения природных сред промышленных районов с интенсивной антропогенной нагрузкой. Дата введения 1995-01-01. 45 с.
7. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. М.: Госкомгидромет, 1986. 6 с.



N.A. Laletin, D.Yu. Bolshiyarov, A.P. Graevskiy

HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF BIENDA STEMME LAKE (WEST SPITSBERGEN)

A comprehensive analysis of long-term data on the hydrochemical parameters of major pollutants in the Lake Bienda-stemme (West Spitsbergen) has been carried out. This allowed to compile a detailed

description of water composition and to identify the distinctive features of water body. Tendencies of chemical element change in the waters of the lake for the period 2002-2010 have been found out. The complex

evaluation of composition and quality of lake Bienda-stemme water has been done.

Key words: hydrochemistry, pollution, Spitzbergen, heavy metals