

ГИДРОФИЗИКА. ГИДРОЛОГИЯ

УДК 556.55 (282.256.21)

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КРУПНЕЙШИХ ОЗЕР ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ

К. К. Эдельштейн¹, А. М. Алабян¹, С. Л. Горин², А. А. Попрядухин¹

¹ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии, Москва

Приводятся результаты гидрологического обследования в сентябре 2007 года крупнейших озер полуострова Ямал: Нейто 1-е, Нейто-Ерто, Нейто-Малто, Ямбута и Ярато 2-е. Определены морфометрические характеристики этих водоемов, оценено гидрологическое состояние их водных масс на исходе летне-осенней межени. Отмечено, что крупнейшие озера Ямала имеют сложный рельеф котловины, обусловленный наличием глубоко врезаемых в поверхность дна криптодепрессийных впадин. Среди них есть как мелководные водоемы со средней глубиной менее 3 м, так и озера, средняя глубина которых превышает 10–20 м. Для водных масс озер характерно хорошее перемешивание по вертикали (даже в глубоководных впадинах), вызванное активным воздействием ветра и конвекции, а также крайне низкая минерализация и очень малое содержание гидрокарбонатных ионов (из-за подавляющего преобладания атмосферных осадков в приходной части водного баланса). Зеленоватая окраска воды в некоторых из обследованных озер и ее умеренное пересыщение кислородом во всех водоемах свидетельствуют о значительном развитии холодолюбивых видов фитопланктона (в вегетационный период этому способствует большая продолжительность светового дня).

Ключевые слова: озеро; гидрологический режим; морфометрия; минерализация; температура; химический состав воды; Нейто; Ямбута; Ярато; Ямал.

**K. K. Edelstein, A. M. Alabyan, S. L. Gorin, A. A. Popryadukhin.
HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL FEATURES OF THE LARGEST
LAKES OF THE YAMAL PENINSULA**

The results of hydrological survey of the largest lakes of the Yamal Peninsula – Neyto 1st, Neyto-Erto, Neyto-Malto, Yambuto and Yarato 2nd, undertaken in September 2007 are presented. The morphometric characteristics of these lakes as well as the hydrological properties of their water at the end of the autumn low water stage were determined. Many of the largest lakes of Yamal have a complex bottom topography due to the presence of cryptodepressions cutting deeply into the bottom. They are both shallow lakes with an

average depth less than 3 m and lakes with average depths exceeding 10–20 m. There is thorough vertical mixing of the water masses (even in deep-water hollows) due to the impact of wind and convection. Extremely low mineralization and very low content of hydrocarbonates in the water result from the dominance of atmospheric precipitation in the input part of the lake water balance. Greenish coloring of water in some of the surveyed lakes and moderate supersaturation with oxygen in all the lakes evidence a considerable development of cold-loving phytoplankton species (during the growing season it is promoted by a longer daylight duration).

К е y w o r d s: lake; hydrological regime; morphometry; mineralization; temperature; chemical composition of water; Neyto; Yambuto; Yarato; Yamal.

*Посвящается памяти
друга и коллеги Л. Ю. Мача*

Введение

На полуострове Ямал среди десятков тысяч малых водоемов, в основном термокарстовых аласов, особо выделяются две группы относительно больших озер. Первая группа водоемов находится в центре полуострова; в нее входят Нейтинские озера (соединенные проливами озера Нейто 1-е, Нейто-Ерто, Нейто-Малто), а также отделенное от них узким перешейком оз. Ямбуто. Вторая группа расположена

на 270 км южнее первой; она состоит из озер Ярато 1-е и Ярато 2-е (рис. 1). Обе группы озер находятся на плоской поверхности слегка приподнятого над окружающей низменностью водораздела, с которого небольшие реки стекают как на запад – в Карское море, так и на восток – в Обскую губу. В сентябре 2007 г. все перечисленные озера были одновременно обследованы двумя полевыми отрядами экспедиции с участием сотрудников кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ в рамках работ, выполняемых по заказу Департамента природно-ресурсного регулирования, лесных отношений и развития нефтегазового комплекса Ямало-Ненецкого автономного

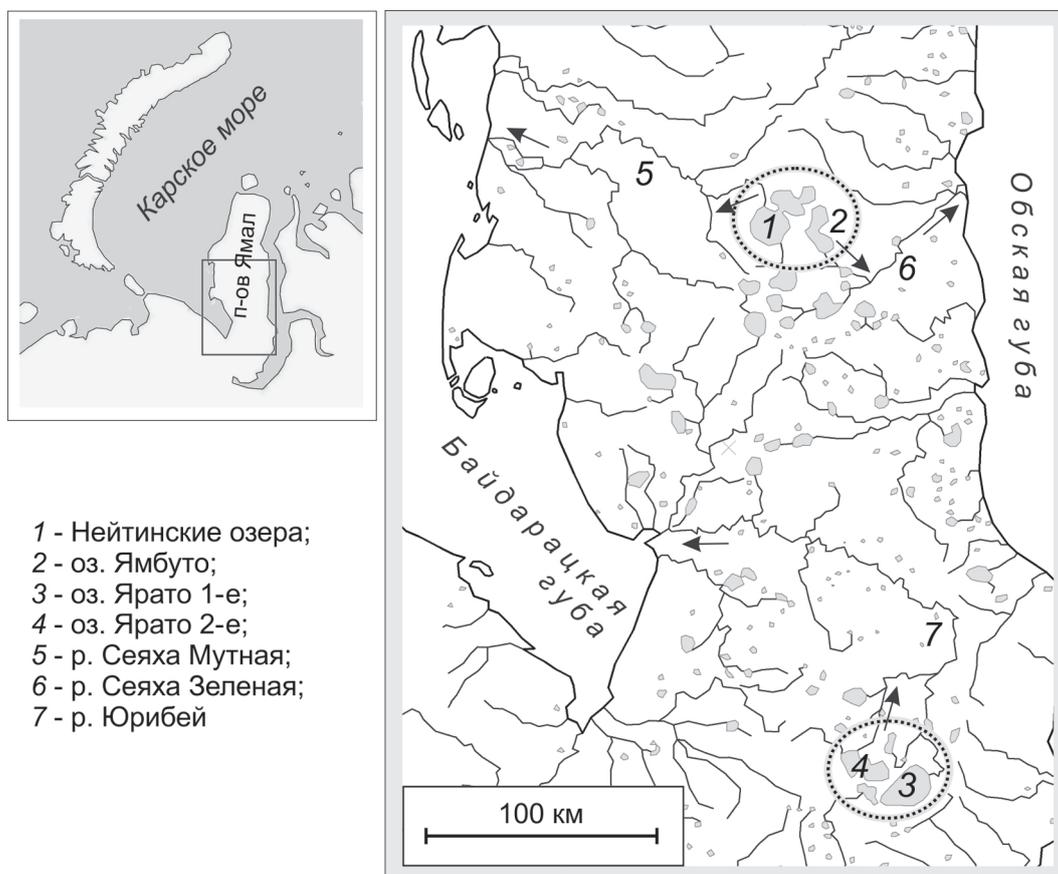


Рис. 1. Гидрографическая сеть в районе экспедиционных работ

округа [Алабян и др., 2008]. Цель работы состояла в экспресс-оценке водных ресурсов трех речных систем, берущих свое начало в перечисленных озерах, на исходе летней межени.

Первые научные сведения об озерах Ямала были опубликованы Борисом Михайловичем Житковым (1872–1943) – зоогеографом, профессором Московского университета и Петровской сельхозакадемии (МСХА им. Тимирязева), руководителем комплексной экспедиции, которая под эгидой Русского географического общества провела широкомасштабные исследования полуострова Ямал в 1908 г. [Житков, 1913]. Эта экспедиция выполнила полуинструментальную съемку береговой линии Нейтинских озер и оз. Ямбуто; частично полуинструментальную, а частично глазомерную съемку береговой линии озер Ярато 1-е и Ярато 2-е; несколько измерений глубины, толщины льда, высоты снежного покрова, а также температуры воды в озерах Ярато 1-е, Ямбуто и Нейто-Малто в конце периода ледостава [Житков, 1913, с. 31, 90, 105, 144, 149].

До настоящего времени работа Б. М. Житкова остается единственной публикацией, в которой содержатся конкретные, хотя и очень ограниченные, сведения о рассматриваемых озерах. По крайней мере в недавней – весьма подробной – монографии, касающейся вопросов гидрологии Ямала, никаких сведений об этих озерах, а также о посвященных им публикациях нет [Гидрология..., 2009, с. 347]. Отметим, что эта монография подготовлена в Государственном гидрологическом институте – головной организации в исследованиях рек и озер России (и полуострова Ямал в частности), обладающей всей полнотой существующей гидрологической информации. Возможно, какие-то архивные данные есть в научных организациях системы Росрыболовства, которые в прошлом веке проводили оценку рыбных ресурсов водоемов Ямала [Гидрология..., 2009, с. 9], однако в открытых источниках информацию о результатах этих работ найти не удалось.

В целом более-менее определенные представления о гидрологическом режиме озер Ямала можно получить только из двух печатных работ – из упомянутой выше монографии 2009 г. [Гидрология..., 2009], а также из опубликованной в 1977 г. крупной работы «Ямало-Гыданская область (физико-географическая характеристика)» [1977]. В обеих монографиях на примере нескольких небольших озер рассматривается рельеф озерных котловин, динамика водных масс, теплообмен (внутренний и с атмосферой), режим кислорода, ионный состав воды, отдельные характеристики ледового режима и некоторые другие вопросы. Поскольку в этих монографиях

исследовавшиеся нами озера не обсуждаются, представленные в них сведения для настоящей статьи имеют лишь общий интерес.

Состав работ и погодные условия

Наши полевые исследования проводились с 13 по 25 сентября 2007 г. Каждое озеро обследовалось в течение 1–2 дней, при этом выполнялись промеры глубин, описание отдельных участков берега, зондирование водной толщи на нескольких вертикалях, а также отбор одной пробы воды из поверхностного слоя на лабораторный химический анализ. Промеры делались эхолотом Lowrance серии LMS со встроенным приемником GPS. В Нейтинских озерах и оз. Ямбуто глубины измерялись по косым галсам, в оз. Ярато 2-е – по одному продольному и нескольким поперечным профилям. В районах обнаружения донных котловин или поднятий промеры сгущались. В целом результаты промеров глубин следует считать приблизительными. Описание берегов в некоторых местах сопровождалось измерениями превышений с помощью оптического нивелира CST. Для зондирования использовались полевые анализаторы IRS и YSI-556 (длина кабеля 30 и 20 м соответственно), при этом измерялись температура и электропроводность воды, а также содержание в ней растворенного кислорода. Пробы воды в Нейтинских озерах отбирались в центре акваторий, в оз. Ямбуто – на северном плесе, в оз. Ярато 2-е – над точкой с наибольшей глубиной, а в оз. Ярато 1-е – у северо-западного подветренного берега.

Во время работ стояла благоприятная, весьма нехарактерная для сентября на Ямале умеренно теплая погода: температура воздуха днем повышалась до 0–9 °С, а ночью снижалась до –2...–5 °С. Преобладали южные и восточные ветры (в среднем 5–7 м/с), в отдельные дни усиливавшиеся до 15–20 м/с, периодически выпадали небольшие осадки в виде дождя и мокрого снега. Уровень воды в озерах и реках был стабильным и близким к среднеминимальному летне-осеннему. В целом погода в период наблюдений способствовала возникновению ночного конвективного и дневного ветрового перемешивания озерных вод.

Особенности формы чаш и гидрологического состояния озер

Геологическое строение полуострова отражает регрессивное смещение береговой линии Северного Ледовитого океана. К концу плейстоцена здесь накопилась, по данным

бурения, 40–50-метровая толща морских осадков (бованенковская свита). Поэтому поверхность полуострова представляет собой пологую низменную заболоченную равнину. Характерная черта ее рельефа – террасированность поверхности вследствие термоабразионных процессов в период импульсного (пошагового) понижения уровня океана в голоцене. Наиболее обширна третья (Салехардская) морская терраса, имеющая абсолютные отметки от 15 до 95 м. Крупные останцы этой террасы служат водоразделами речных бассейнов, на них расположены котловины реликтовых озер групп Нейто-Ямбудо и Ярато [Эрозионные процессы..., 1999].

Представленное ниже описание разделено на две части: первая посвящена группе водоемов в центре Ямала (Нейтинские озера и оз. Ямбудо), а вторая часть – Яратинским озерам на юге полуострова.

Нейтинские озера и озеро Ямбудо

Эта группа водоемов состоит из соединенных проливами Нейтинских озер (Нейто 1-е, Нейто-Ерто, Нейто-Малто), а также из

отделенного от них узким перешейком озера Ямбудо (рис. 1). Нейтинские озера имеют сток на запад через р. Сеяха-Мутная (впадает в Карское море), а оз. Ямбудо – на восток по р. Сеяха-Зеленая (в Обскую губу).

Озеро Нейто 1-е (Нгэвахыто, Нгайвогыто; 70°10' с. ш., 70°48' в. д.) – в переводе с ненецкого «налимье озеро» [Житков, 1913, с. 302]. Самое северное озеро в Нейтинской системе (рис. 2); наименьшее в системе по площади, но наибольшее по глубине и объему водной массы (табл. 1). Отметка меженного уровня воды ок. 17 м абс¹.

Котловина озера – криптодепрессия; по своим очертаниям она почти круглая, лишь с запада немного сдавлена конусом выноса наносов речки Танюйяха. Протяженность озера с юга на север 7,9 км, с запада на восток – 8,0 км. Прибрежная отмель в озере имеет ширину 300–400 м, глубина в ее пределах не превышает 0,5 м. На отмели есть несколько ориентированных вдоль берега гряд высотой 0,1–0,3 м. Береговой склон имеет

¹ Здесь и далее отметки уровня воды в озерах даются по топографическим картам масштаба 1:100 000.

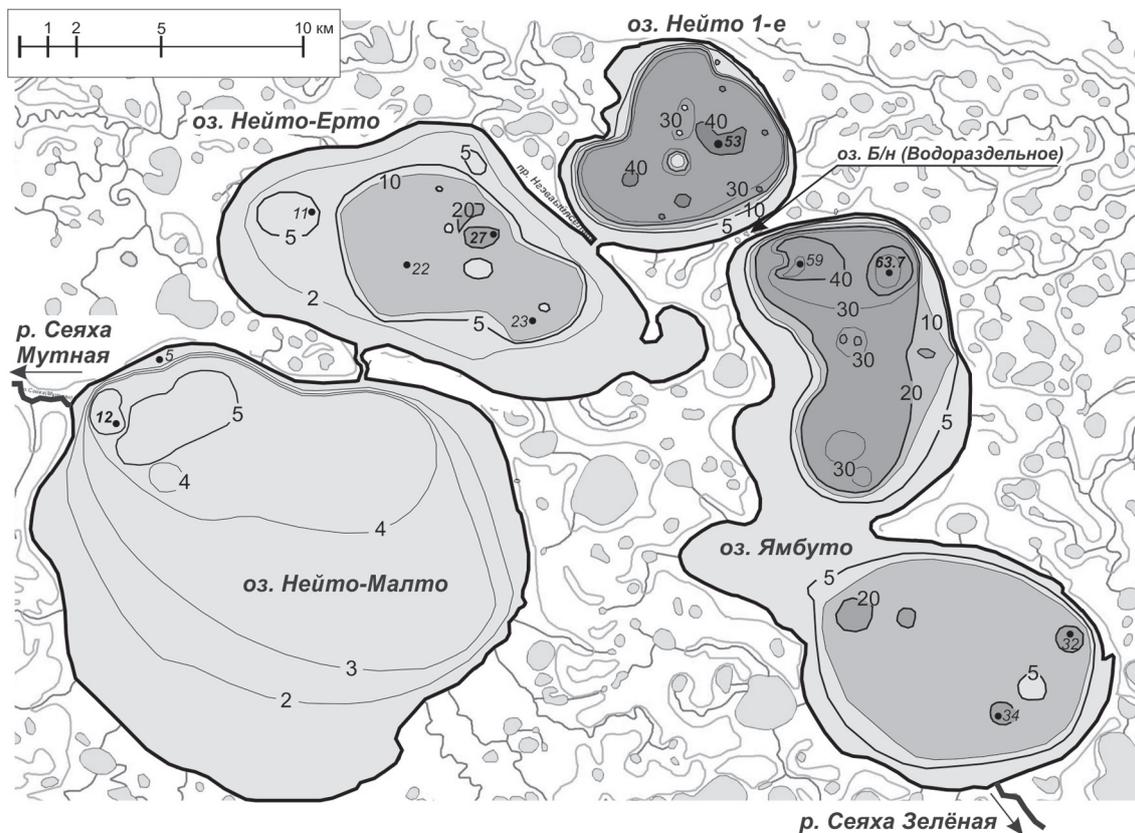


Рис. 2. Батиметрические схемы группы озер Нейто-Ямбудо (по результатам промеров экспедиции в сентябре 2007 г.). Топооснова – космические снимки и карты генерального штаба масштаба 1:100 000 и 1:200 000. Положение береговой линии озер соответствует урезу воды в сентябре 2007 г.

Таблица 1. Морфометрические характеристики крупнейших озер полуострова Ямал

Озеро	Площадь, км ²		φ	W, млн м ³	Глубина, м		w	l_0 , км	L, км	B, км
	F	A			$H_{\text{ср}}$	$H_{\text{макс}}$				
Нейто 1-е	46,4 (-)	181 (-)	3,9	1125	24,3	52,8	0,46	28,9	8,0	7,9
Нейто-Ерто (Ней-То Ер-То)	104 (116)	160 (386)	1,5	650	6,3	27,3	0,23	51,5	17,4	8,6
Нейто-Малто (Ней-То Мал-То)	214 (215)	488 (515)	2,3	631	2,9	12,1 (4)	0,17	58,9	17,8	16,5
Ямбуто (Ямбу-То)	169 (169)	270 (285)	1,6	2350	13,9	63,7	0,22	67,0	21,6	10,3
Ярато 1-е (Ярро-То 1-е)	245 (247)	478 (944)	1,9	--	--	-- (8)	--	65,6	24,2	13,9
Ярато 2-е (Ярро-То 2-е)	150 (154)	928 (1080)	6,2	320	2,1	21,3 (8)	0,10	63,1	22,1	9,4

Примечание. Площадные характеристики определялись на основе совместного анализа космических снимков, топографических карт масштаба 1:100 000 и данных наших полевых наблюдений. F – площадь акватории озера; A – площадь водосбора, км²; $\varphi = A/F$ – удельный водосбор; W – объем водной массы; $H_{\text{ср}}$ и $H_{\text{макс}}$ – средняя и максимальная глубина (по результатам промеров экспедиции в сентябре 2007 г.); $w = H_{\text{ср}} / H_{\text{макс}}$ – коэффициент емкости озерной чаши; l_0 – длина береговой линии; L – длина озера; B – максимальная ширина озера; в скобках приведены справочные данные [Доманицкий и др., 1971, с. 82].

ширину 600–800 м, у его подножия глубина достигает 30 м. В целом изобата 30 м повторяет очертания береговой линии. Диаметр глубоководного центра озера 5–6 км. В его пределах имеется несколько впадин глубиной >40–50 м, а также поднятий (банок), над которыми глубина <5–6 м. Линейные размеры впадин и банок сопоставимы – 200–1000 м.

Берега озера преимущественно обрывистые, высотой до 12–15 м, подвержены абразии, сложены мелким песком крупностью около 0,1 мм. В полосе береговой отмели встречаются участки более крупного песка (0,15–0,2 мм), а небольшие отрезки низкого берега сложены алевритом (0,05 мм). Судя по характеру прибрежной растительности и морфологическим признакам котловины, максимальный уровень воды в этом озере превышает меженный (осенний) не более чем на 0,8–1,2 м. Нивелирование показало, что на этом же уровне находится лайда¹ в районе впадения р. Танюйяха, а также на восточном берегу озера у высокого уступа морской террасы.

Озеро Нейто-Ерто (70°09' с. ш., 70°32' в. д.) – в переводе с ненецкого «среднее налимье озеро» [Житков, 1913, с. 302]. Озеро находится в центре Нейтинской системы (рис. 2); в юго-западной части водоем соединяется с оз. Нейто-Малто, а на северо-востоке – с оз. Нейто 1-е (на некоторых картах пролив между этими озерами называется Нгэвахыйд-селава) (рис. 3). Во время обследования – в сентябре 2007 г. – вода из Нейто 1-е через

пролив текла в Нейто-Ерто. Скорость потока при этом достигала 1,2 м/с.

Основная котловина озера – криптодепрессия эллипсообразной формы, вытянутая с северо-запада на юго-восток на 15 км. На юго-востоке к ней примыкает залив – небольшая по размерам и неглубокая котловина термокарстового происхождения. По-видимому, озеро и залив между собой соединились благодаря абразионным процессам. Общая длина оз. Нейто-Ерто (вместе с заливом) – 17,4 км. Глубины в этом озере значительно меньше, чем в озере Нейто 1-е, но все же относительно велики: средняя глубина превышает 5 м, а максимальная лишь немногим меньше 30 м (табл. 1). Площадь Нейто-Ерто – более 100 км², протяженность береговой линии – свыше 50 км, объем водной массы – вдвое меньше, чем в Нейто 1-е, из-за меньшей глубины (табл. 1). Отметка меженного уровня воды – ок. 17 м.

В период наших наблюдений вода в озере имела отчетливый зеленоватый оттенок (скорее всего, из-за обилия фитопланктона). Зондирование водной толщи на наиболее глубокой вертикали в средней части озерной чаши показало отсутствие значимых вертикальных градиентов температуры, электропроводности воды и содержания кислорода (табл. 2). Эта же однородность прослеживалась и в других обследованных нами озерах Нейтинской группы. Скорее всего, она была следствием интенсивного конвективного и ветрового перемешивания водной массы в озерах. Также наши данные подтвердили тот очевидный факт, что в период осеннего выхолаживания температура воды в более глубоких озерах выше, чем в менее

¹ Лайда (фин.) – низменное периодически затопляемое побережье, обычно заболоченное, часто с неглубоко залегающей мерзлотой.

Таблица 2. Данные полевого зондирования водных масс в озерах группы Нейто-Ямбуто (14–21 сентября 2007 г.)

Озеро	Температура, °С	Насыщение кислородом, %	Электропроводность, мкСм/см
Нейто 1-е	6,9	148	21
Нейто-Ерто	6,8	144	37
Нейто-Малто	5,3	158	29
Б/н (Водораздельное)	5,9	142	17
Ямбуто	6,7	154	64

Примечание. В каждом озере измерения производились на двух-трех вертикалях, при этом измеренные величины в пределах одного водоема различались несущественно (как по площади, так и по глубине); предельная глубина измерений ограничивалась 30 м (длиной кабеля прибора).

глубоких водоемах (табл. 2). Следует отметить, что во всех обследованных нами озерах, независимо от их глубины, наблюдалось переизбыток воды кислородом (табл. 2). В работе [Ямало-Гыданская область..., 1977, с. 162] подобное явление объясняется массовым развитием фитопланктона и малой интенсивностью окислительных процессов при низкой температуре воды. Электропроводность воды во всех водоемах была очень низкой (табл. 2).

Из оз. Нейто-Ерто вода текла в оз. Нейто-Малто по извилистой и мелкой (<0,3 м) протоке (проливу) Ерто-Езилово, которая на своем пути пересекает разрушенный абразионными процессами перешеек. Длина протоки 1,5 км, ширина 50–60 м. В ее русле, как в меандрирующей реке, плесовые ложбины приурочены к подмываемым вогнутым берегам излучин, а перекаты – к прямолинейным участкам. У выпуклых берегов излучин заметны хорошо сформированные побочни. Глубина ложбин 1,0–1,2 м, на перекатах до 0,5–0,6 м. Русло сложено песком

крупностью 0,10–0,12 мм. Морфологические признаки свидетельствуют о том, что течение из оз. Нейто-Ерто в оз. Ерто-Малто преобладает над обратным течением (если таковое бывает). Уклон водной поверхности в протоке в среднем составлял 5 см/км, скорость течения была 0,3–0,4 м/с, расход воды – 4,8 м³/с.

Озеро Нейто-Малто (70°05' с. ш., 70°20' в. д.). Этот водоем принимает воду из озер Нейто 1-е и Нейто-Ерто и таким образом замыкает нейтинскую озерную систему. Сток воды из него осуществляется по р. Сеяха-Мутная, которая вытекает из северо-западного угла озера (рис. 2) и впадает в р. Мордыяха (бассейн Карского моря, рис. 1). Оз. Нейто-Малто имеет самую большую площадь (более 200 км²) среди нейтинских озер и является вторым по площади водоемом на полуострове Ямал (после Ярато 1-го, табл. 1).

Котловина озера в плане имеет округлую форму, ее протяженность с юга на север составляет 17,8 км, с запада на восток – 16,5 км,



Рис. 3. Переход одного из отрядов экспедиции по проливу из оз. Нейто-Ерто в оз. Нейто 1-е (сентябрь 2007 г.). Фото Л. Мача

а длина береговой линии почти 60 км. Несмотря на столь внушительные размеры, озеро мелководное – средняя глубина в нем менее 3 м (табл. 1). Поэтому объем озера почти такой же, как у вдвое меньшего по площади Нейто-Ерто (табл. 1; рис. 4).

Береговая отмель глубиной до полуметра в северо-восточной части акватории имеет ширину 300–400 м, в юго-западной – 500–800 м. Ее поверхность покрыта несколькими грядами высотой 0,1–0,3 м, ориентированными вдоль уреза. Береговой склон лучше выражен в северной части озерной чаши – здесь на небольшом расстоянии от берега глубина достигает 4–5 м. В южной части озера глубина увеличивается более плавно и в целом не превышает 3–4 м. Наибольшие глубины зарегистрированы в северной (17,1 м)

и северо-восточной (11,8 и 12,0 м) частях водоема. Рельеф дна в глубоководной части озера весьма неоднороден – термокарстовые углубления диаметром 100–800 м чередуются с аналогичными по размерам и очертаниям возвышенностями, глубина над которыми не превышает 4–6 м.

Отметка меженного уровня воды составляет около 17 м. Судя по морфологическим признакам на берегах и характеру прибрежной растительности, максимальные уровни воды в озере превосходят меженные не более чем на 0,7–1,0 м. Берега озера обрывистые, высотой до 20–25 м, на южном участке – до 2–5 м. Сложены берега песками крупностью около 0,1 мм. В полосе приобья встречаются участки хорошо сортированного песка крупностью 0,15–0,25 мм с включениями слабоокатанного гравия

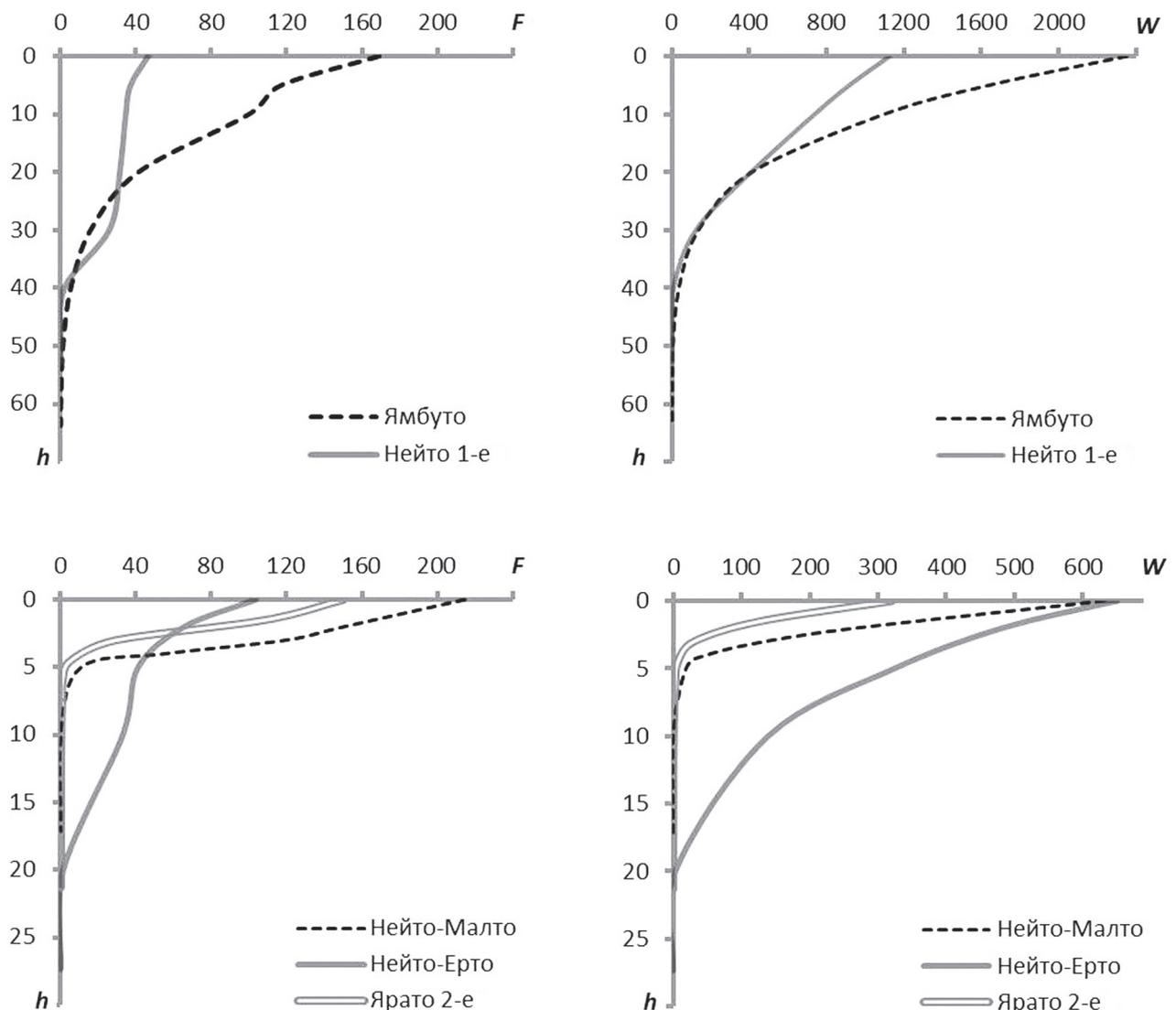


Рис. 4. Батиграфические кривые озер, обследованных экспедицией в сентябре 2007 г.: F – площадь водной поверхности, км²; W – объем воды, млн м³; h – глубина, м

величиной 1–2 см (иногда даже до 3–4 см). Высокие берега расчленены оврагами и долинами ручьев, практически повсеместно отмечаются признаки абразии средней интенсивности. В северной части озера обнаружено обнажение пластовых льдов (рис. 5).

Вода в озере Нейто-Малто имела меньшую температуру, чем в двух других озерах Нейтинской системы. Это обусловлено мелководностью водоема, которая благоприятствует активному ветровому перемешиванию и выхолаживанию его водной массы. Величины электропроводности воды и содержания в ней растворенного кислорода были близки к тем же характеристикам в других озерах этой группы (табл. 2). Вода в озере имела белесовато-зеленый оттенок, который, скорее всего, объясняется достаточно высокими концентрациями минеральной взвеси и фитопланктона. В истоке вытекающей из озера р. Сеяха-Мутная глубина потока не превышала 0,3 м, а ширина составляла 30–50 м; измеренный расход воды составил 20,2 м³/с (это в 4 раза больше расхода воды, поступающей в озеро через протоку Ерто-Езилово).

Озеро без названия (Водораздельное; 70°08'18" с. ш., 70°49'38" в. д.). К юго-востоку от оз. Нейто 1-е находится еще одно крупное озеро – Ямбуто (рис. 2), а на перешейке между ними, на морской террасе – озерко без

названия. Оно представляет собой типичный старый термокарстовый алас в округлой, слегка вытянутой в широтном направлении чаше диаметром 70–90 м. Глубина в нем постепенно увеличивается от 0,4–0,6 м у уреза до 2,4 м в центральной части. Берега озерка ровные, местами заболоченные, покрыты тундровой растительностью и осокой, сложены мелким песком. Высота берега 0,10–0,15 м; высота перешейка со стороны оз. Нейто 1-е – 0,2 м, со стороны Ямбуто – 0,9 м. Дно озерка сложено песками и алевритами крупностью 0,05–0,10 мм с незначительными признаками торфонакопления. Вода в озере по электропроводности сравнима с дистиллятом (табл. 2).

Здесь уместно упомянуть о следующем. В книге Б. М. Житкова [1913] сообщается о том, что в XVII в. озера Нейтинской системы и Ямбуто служили важным звеном на купеческом пути из Архангельска в Мангазею (богатый торговый город, тогда находившийся в нижнем течении р. Таз). Опираясь на исторические документы, собственные наблюдения и опросы местных жителей, Б. М. Житков установил, что торговые суда, пересекавшие Ямал со стороны Карского моря, сначала поднимались по рекам Мордыяха и Сеяха-Мутная до Нейтинских озер, потом переволакивались из оз. Нейто 1-е в оз. Ямбуто и из него спускались в Обскую губу по р. Сеяха-Зеленая [Житков, 1913,



Рис. 5. Обнажение пластовых льдов в клифе северного берега оз. Нейто-Малто (сентябрь 2007 г.). Фото Л. Мача

с. 4, 143]. Место волока, по мнению Б. М. Житкова [Там же, с. 40], находилось в самом узком месте разделяющего озера Нейто 1-е и Ямбуто перешейка – вблизи оз. Луце-Хавы-то. Судя по представленной в [Житков, 1913] карте, под этим названием автор подразумевал водоем, находящийся в ~200 м к ВЮВ от обследованного нами озера.

Озеро Ямбуто (70°09' с. ш., 70°50' в. д.) – в переводе с ненецкого «длинное озеро» [Житков, 1913, с. 306]. Третье по площади озеро полуострова Ямал (после Ярато 1-е и Нейто-Малто, см. табл. 1) и первое по объему воды, сопоставимому с суммарным объемом (2,4 км³) всех трех озер Нейтинской системы. По данным [Доманицкий и др., 1971, с. 82], высота уреза воды озера около 16 м абс. Нивелирование позволило установить, что осенью 2007 г. уровень воды в озере Ямбуто был на 0,6 м ниже, чем в соседнем с ним озере Нейто 1-е (близкие результаты были получены и в экспедиции Б. М. Житкова [1913, с. 144]). По нашим измерениям, максимальная глубина в озере Ямбуто достигает 63,7 м, что пока является наибольшей величиной из зарегистрированных в озерах Ямала. Об этом же писал и Б. М. Житков: «Самоеды говорили мне, что они считают это озеро самым глубоким на Ямале и что оно замерзает позже всех других озер» [Житков, 1913, с. 98]. Морфологически сложная, вытянутая с севера на юг котловина озера объединяет два крупных (рис. 2) и несколько мелких озер, соединившихся друг с другом вследствие разрушения их берегов абразионными и термокарстовыми процессами. На восточном берегу озера, на стыке котловин северного и южного плесов, в акваторию озера на 5 км вдается крупный полуостров, оканчивающийся мысом Ямбунгари. С противоположного берега выступают мысы Лохосаля, Пирцясаля и Хунгхобасаля (рис. 2).

Длина оз. Ямбуто более 20 км, максимальная ширина северного плеса – 8,4 км, южного – 10,3 км, а между мысами Пирцясаля и Ямбунгари в центре акватории она сокращается до 4,0 км. Глубина здесь не превышает 5 м, тогда как «фоновая» глубина северной котловины – 20–25 м, а южной – 10–15 м. В северном плесе на дне имеется углубление округлой формы диаметром 4–5 км, в пределах которого глубина превышает 30 м (рис. 2). В дне этого углубления обнаружено две воронки диаметром 500–1500 м с глубинами более 50–60 м (рис. 2). В одной из них зафиксирована максимальная для всего озера глубина. Рельеф южного плеса имеет более правильные очертания, чем северного (рис. 2). Но и здесь есть несколько

небольших в поперечнике, но относительно глубоких воронок (в одной из них глубина достигает 34,8 м). О наличии воронок на дне озер полуострова Ямал было известно и ранее; их происхождение пока не изучено, но в работе [Ямало-Гыданская область..., 1977, с. 157] предполагается, что впадины, осложняющие рельеф озерного дна, связаны с вытаяванием инъекционных ледяных образований.

В озере Ямбуто прибрежная отмель с глубинами до 0,3–0,5 м в основном имеет ширину до 300–400 м, но у мысов она увеличивается до 500–800 м. Местами на ее поверхности встречаются серии песчаных гряд, вытянутых вдоль береговой линии.

Берега озера преимущественно обрывистые, высотой до 11–14 м. В южной части озера, у истоков р. Сеяха-Зеленая, высота клифа ниже – до 2–4 м. На высоких берегах заметны проявления интенсивной абразии и эрозийного расчленения. Высокие берега сложены мелким песком крупностью около 0,1 мм, а низменные участки, представляющие собой лайду и речную пойму, – алевритом 0,05 мм с прослоями песка 0,1–0,15 мм. Берега покрыты тундровой растительностью. Судя по характеру прибрежной растительности и некоторым морфологическим признакам, максимальный уровень воды в озере Ямбуто, как и в трех Нейтинских озерах, превосходит меженный не более чем на 0,5–0,7 м.

Зондирование оз. Ямбуто на вертикали с глубиной ок. 30 м показало схожую с Нейтинскими озерами картину: его водная толща была хорошо перемешана по глубине, пересыщена кислородом, имела более высокую, чем у окружающего воздуха, температуру и в целом низкую электропроводность (табл. 2). В качестве характерного признака воды в озере Ямбуто следует указать на то, что ее электропроводность была почти в 2 раза больше, чем в Нейтинских озерах (табл. 2).

О зимнем режиме оз. Ямбуто, так же как и Нейтинских озер, ничего не известно. Лишь в монографии Б. М. Житкова есть сведения о том, что на исходе зимы 1908 г. толщина льда на поверхности озера составляла около 2,0 м [Житков, 1913, с. 90].

Оз. Ямбуто сточное – из его южного плеса вытекает р. Сеяха-Зеленая, которая, минуя ряд озер, впадает в Обскую Губу. Ненецкое название «Сеяха» означает «проходная река», а русское «Зеленая» появилось благодаря зеленоватому оттенку ее воды (в противовес Сеяхе-Мутной, вытекающей из оз. Нейто-Малто в западном направлении). Порог истока очень мелкий – в сентябре 2007 г. глубина над ним не

превышала 0,1 м (при ширине русла 30–50 м). Сразу за порогом глубина реки увеличивалась до 1,2–1,5 м, что, по-видимому, было связано с интенсивной эрозией во время прохождения высоких расходов воды в половодье. В сентябре 2007 г. расход воды в истоке реки составил 8,1 м³/с.

Яратинские озера

Озера Ярато 1-е и Ярато 2-е находятся на юге полуострова Ямал (рис. 1). Оба водоема сточные – из первого вытекает р. Правый Юрибей, а из второго – Левый Юрибей, которые при своем слиянии образуют крупнейшую реку полуострова – Юрибей. Река течет на запад и впадает в Карское море.

Озеро Ярато 2-е (68°00' с. ш., 71°10' в. д.) – в переводе с ненецкого «песчаное озеро». Высота озера над уровнем моря 28 м [Доманицкий и др., 1971, с. 82], то есть оно лежит на 11–12 м выше Нейтинских озер. Промеры глубин в озере показали, что более 80 % его акватории (и более 90 % объема водной массы) приходится на мелководья с глубинами менее 3,0 м (рис. 6). В большей части озера дно ровное, без значительных перепадов глубин. При этом так же, как и в описанных выше водоемах, в котловине оз. Ярато 2-е есть глубокая воронка (рис. 6 и 7). Она находится у юго-восточного берега озера и имеет эллипсовидную форму. Длина и ширина воронки составляют 2,0 и 0,5 км, а глубина в ее пределах достигает 21,3 м.

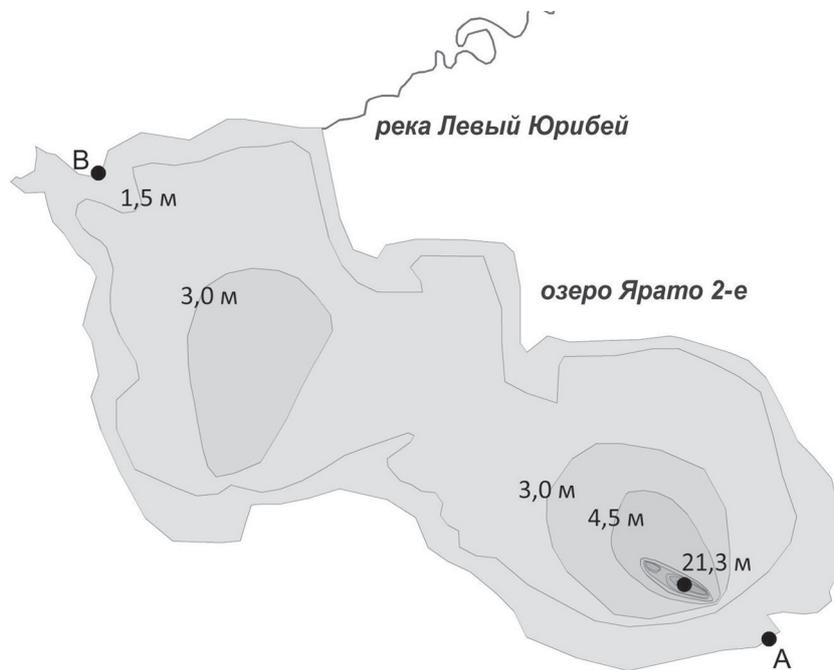


Рис. 6. Батиметрическая схема оз. Ярато 2-е (по результатам промеров в сентябре 2007 г.)

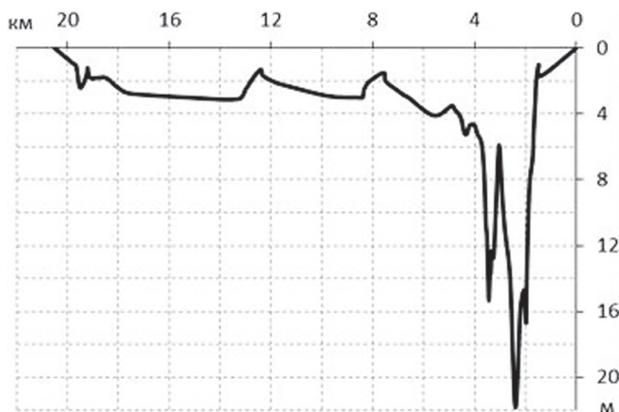


Рис. 7. Продольный профиль котловины оз. Ярато 2-е (по линии А – В на рис. 6)

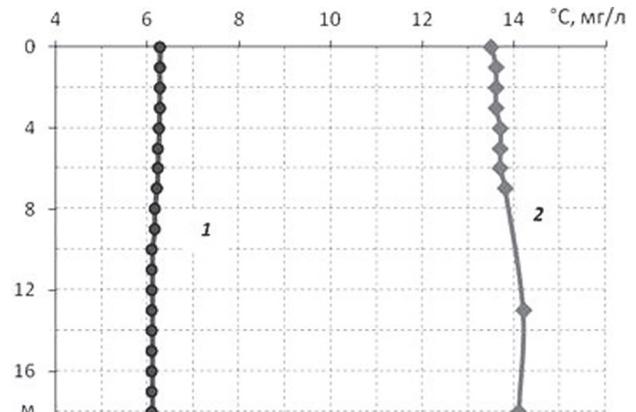


Рис. 8. Вертикальное распределение температуры (1) и O₂ (2) в озере Ярато 2-е

Таблица 3. Данные полевого зондирования водных масс в Яратинских озерах (поверхностный слой, 15–16 сентября 2007 г.)

Озеро	Температура, °С	Насыщение кислородом, %	Электропроводность, мкСм/см
Ярато 1-е	6,2	125	10
Ярато 2-е	6,2	109	10
Б/н (Малое)	5,0	117	<10

Зондирование озера на 18-метровой вертикали дало результаты, близкие к описанным выше для Нейтинских озер. Вся толща озерной воды была хорошо перемешана вследствие активного воздействия ветра и конвекции (даже в «глубоководной» воронке). Температура воды была близка к 6 °С (рис. 8; табл. 3), то есть оказалась ниже, чем в более северных Нейтинских озерах. Скорее всего, это объясняется повышенной интенсивностью выхолаживания водных масс в озере Ярато 2-е из-за его относительной мелководности (см. табл. 1). Электропроводность воды в озере была около 10 мкСм/см (табл. 3), что соответствует минерализации ультрапресной воды. Вода была немного пересыщена кислородом, что, вероятнее всего, свидетельствует о достаточно высокой интенсивности фотосинтеза фитопланктона летом, до начала осеннего выхолаживания водной толщи. При этом обнаружена небольшая обратная стратификация растворенного кислорода (так называемая ортоградная кривая O₂), свойственная холодным олиготрофным озерам [Хатчинсон, 1969].

По сообщениям местных жителей, водоем зимой полностью замерзает, при этом толщина льда достигает 2 м, а снежного покрова на его поверхности – 1 м¹. Очистка озера ото льда завершается в начале июля. Летом (в период активного снеготаяния) вода поднимается до 1,0 м.

Из озера вытекает р. Левый Юрибей – приток р. Юрибей, впадающей в Карское море (рис. 1). Это наиболее значительная река всего полуострова, которая, по нашему опыту, даже осенью на всем своем протяжении достаточно глубока для беспрепятственного прохода моторной лодки². В сентябре 2007 г. ширина реки в истоке составляла 90 м, максимальная глубина – 1,1 м, расход воды – 27,3 м³/с. По сообщениям местных жителей, в районе своего истока река замерзает только после Нового

года. Скорее всего, это свидетельствует о достаточно высокой температуре вытекающей из озера воды.

Озеро Ярато 1-е (67°55' с. ш., 71°35' в. д.) – крупнейшее по площади акватории озеро Ямала (табл. 1). Ухудшение погодных условий помешало нам промерить глубины и провести зондирование на открытой части его акватории. На литорали озера нами была отобрана проба воды, а также проведены измерения характеристик воды. В результате оказалось, что температура, электропроводность и содержание растворенного кислорода воды в поверхностном слое оз. Ярато 1-е были такими же, как и в озере Ярато 2-е (табл. 3).

Из оз. Ярато 1-е вытекает р. Правый Юрибей. По сведениям местных жителей, опрошенных Б. М. Житковым [1913, с. 148], эта река мелководнее Левого Юрибея.

Озеро без названия (Малое; 67°57'27" с. ш., 71°19'58" в. д.). Находится между озерами Ярато 2-е и Ярато 1-е, представляет собой бессточный водоем блюдцеобразной формы. Длина и ширина озера – 0,7 и 0,5 км соответственно; площадь акватории – около 268 тыс. м², средняя и максимальная глубина – 0,9 и 3,2 м соответственно; объем воды – 0,244 млн м³. Вода в озере отличается особенно малой электропроводностью – около 5 мкСм/см (табл. 3). Температура воды в нем была закономерно ниже, чем в более крупных озерах, а насыщение кислородом, как и во всех прочих обследованных нами водоемах, превышало 100 % (табл. 3).

Химический состав озерных вод

Пробы воды отбирались в поверхностном слое озер в пластиковые канистры. Сразу же после возвращения экспедиции в Салехард они были сданы в лабораторию Центра гигиены и эпидемиологии ЯНАО для химического анализа. Лабораторные анализы проводились в соответствии с методиками, принятыми в службе государственного санитарно-эпидемиологического надзора. Полученные результаты представлены в таблице 4.

¹ В монографии Б. М. Житкова сообщается о том, что в конце периода ледостава, в мае 1908 г., толщина льда на озере составляла около 2,1 м [Житков, 1913, с. 31].

² Об этом же свидетельствует любопытный факт, приведенный Б. М. Житковым. Он сообщал, что в оз. Ярато 2-е из Карского моря нередко заходили такие крупные морские млекопитающие, как белухи [Там же, с. 148].

Таблица 4. Характеристики концентрации веществ в воде обследованных озер (мг/дм³)

Характеристики	Нейто 1-е	Нейто-Ерто	Нейто-Малто	Б/н (Водораздельное)	Ямбуто	Ярато 1-е	Б/н (Малое)	Ярато 2-е
Единицы рН	6,3	6,5	6,2	5,7	6,4	6,2	5,8	4,8
Взвеси	24	24	21	24	23	14	16	17
Сухой остаток	66	62	58	<50,0	62	<50,0	<50,0	66
Хлорид ион	6,92	16,85	8,22	1,79	23,76	2,21	1,24	3,17
Сульфат ион	0,85	6,35	2,02	0,98	7,56	1,53	0,51	1,42
Фосфат ион/по Р	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Нитрат ион/по N	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	2,29/0,52
Аммоний ион/по N	0,10/0,08	0,10/0,08	0,74/0,57	0,81/0,63	0,10/0,08	0,16/0,12	0,30/0,23	0,15/0,12
Кальций ион	2,78	4,33	4,31	1,18	9,21	4,7	3,24	1,04
Магний ион	<1,00	3,46	3,31	<1,00	2,8	1,16	<1,00	<1,00
Стронций ион	1,74	1,38	1,29	<1,00	1,39	<1,00	1,16	<1,00
Калий ион	1,09	2,59	2,61	-	4,62	1,21	4,98	0,66
Натрий ион	2,28	2,39	2,28	2,31	4,31	2,32	4,79	1,22
Нефтепродукты	0,23	0,23	0,21	0,22	0,52	0,09	0,05	0,16
Фенолы	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Жесткость общ.	0,18	0,27	0,24	0,12	0,39	0,12	0,1	0,14
Гидрокарбонат	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Железо общее	0,13	0,36	0,58	0,44	0,2	0,29	0,41	0,14
Медь	0,07	0,067	0,062	0,063	0,061	0,061	0,079	0,064
Свинец	0,018	0,039	0,026	0,034	0,047	0,019	0,041	0,02
Цинк	0,034	0,137	0,047	0,089	0,105	<0,01	0,111	<0,01
Марганец	<0,01	<0,01	0,049	<0,01	0,016	<0,01	<0,01	<0,01
Кобальт	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Никель	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,013	<0,01
Хром	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ванадий	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Висмут	0,014	0,022	0,016	0,016	0,023	0,02	0,022	0,022

Примечание. Величина рН определена приблизительно из-за длительного хранения проб.

Все обследованные озера в конце летне-осенней межени содержали ультрапресную воду с минерализацией менее 70 мг/л (табл. 4). При этом величина минерализации озерных вод различалась довольно значительно – от <23 в озере Ярато 2-е до <46 и <63 мг/л в озерах Нейто-Ерто и Ямбуто. Гидрохимическая фация солевого состава озер тоже была неоднородной – от $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{Na}$ в Ярато 1-е до $\text{Cl} > \text{Ca} > \text{SO}_4$ в Ямбуто и $\text{Cl} > \text{Na} > \text{Ca}$ в озере на перешейке.

Неоднородность химического состава озерных вод на Ямале отражает общую закономерность, выявленную при обобщении сведений об озерах России и мира, – химия озер аazonальна, поскольку она определяется тремя аazonальными факторами: структурой водного баланса данного озера, химическим составом вод, которыми оно питается, а также происхождением и возрастом этого водоема [Эдельштейн, 2014, с. 285]. В тех случаях, когда озера находятся в сходных гидроклиматических условиях, первый фактор становится решающим. Например,

в Большеземельской тундре на европейской территории России находятся тысячи озер площадью от 1 га до 20 км² и более, большинство из которых объединены в три озерно-речные системы – Харбейские, Вашуткины, Падимейские [Голдина, 1972]. Среди этих водоемов, так же как и на Ямале, преобладают термокарстовые озера. Для них характерен большой разброс величин удельного водосбора (φ от 2 до 170) и глубины (от 1 до 40 м). Как следствие, в них различаются соотношение количества атмосферных осадков и вод поверхностного стока в приходной части водного баланса, а также интенсивность внешнего и внутреннего водообмена. Поэтому по структуре водного баланса эти водоемы относятся к трем различным типам стоковых озер. А некоторые из них вообще не имеют стока. Озера с $\varphi > 4$ являются стоково-приточными (СП_3 и СП_4).

Подобная воднобалансовая закономерность прослеживается и в гидрохимических особенностях даже крупнейших тундровых озер

Ямала. Минимальна минерализация в глухих озерах, лежащих на поверхности водораздела и практически не имеющих водосбора, следовательно, питающихся только чистыми атмосферными водами, содержащими преимущественно хлоридно-натриевые океанические аэрозоли в малых концентрациях (6–9 мг/л) [Петренчук, 1979]. Таковы глухое озерко на перешейке ($\Sigma\text{и} < 24$ мг/л, фацция $\text{Cl} > \text{Na} > \text{Ca}$), бесприточные периодически сточное Ярато 1-е ($\Sigma\text{и} < 29$, $\text{HCO}_3 > \text{Na} > \text{Cl}$) и сточное Ярато 2-е ($\Sigma\text{и} < 23$, $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{Na}$). С увеличением площади водосбора и проточности в водном балансе увеличивается вклад водного притока и вымываемых им из грунтов водосбора гидрокарбонатных и кальциевых ионов, повышается минерализация, что и наблюдается в системе Нейтинских озер – от глубокого Нейто 1-е ($\Sigma\text{и} 34$, $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{Ca}$) к мелководному Нейто-Малто ($\Sigma\text{и} 52$ мг/л той же фацции).

По данным гидрохимических анализов, содержание биогенных веществ во всех пробах было невелико – N-NH_4 и $\text{Fe}_{\text{общ}}$ не более 0,60 мг/л (табл. 4), $\text{P-PO}_4 < 0,20$ мг/л; $\text{N-NO}_3 < 0,10$ мг/л; $\text{Mn} 0,01\text{--}0,05$ мг/л, а фенолов $< 0,002$ мг/л.

Заключение

Обследование гидролого-гидрохимического состояния крупнейших озер Ямала в конце летне-осенней межени 2007 г. показало следующее:

1. Котловины озер представляют собой морфологически сложные объекты, состоящие из блюдцеобразной чаши с врезанными в ее дно конусообразными криптодепрессивными впадинами.
2. Среди больших озер Ямала есть как мелководные водоемы со средней глубиной менее 3,0 м (озера Ярато 2-е и Нейто-Малто), так и озера с довольно большой глубиной, в среднем превышающей 10–20 м (Нейто 1-е и Ямбуто).
3. Максимальная измеренная глубина в больших озерах Ямала достигает 63,7 м (оз. Ямбуто).
4. В период осеннего охлаждения во всех озерах вся толща воды была хорошо перемешана благодаря активному воздействию ветра и конвекции (в том числе в небольших по диаметру, но глубоководных впадинах).
5. Зеленоватая окраска воды в некоторых из обследованных озер и ее умеренное пересыщение кислородом во всех водоемах свидетельствуют о значительном развитии холодолюбивых видов фитопланктона (в За-

полярье в вегетационный период этому способствует большая продолжительность светового дня).

6. Во всех обследованных озерах вода имела крайне низкую минерализацию и очень малое содержание гидрокарбонатных ионов, что объясняется подавляющим преобладанием атмосферных осадков в приходной части водного баланса этих водоемов.

В условиях почти полного отсутствия информации о крупных озерах Ямала сведения, представленные в настоящей статье, имеют гидрографо-лимнологическую ценность. Но для более детальной характеристики этих объектов требуется не их разовое посещение, а режимные наблюдения или серия экспедиций.

Авторы выражают свою искреннюю признательность А. В. Дунюшину, Л. Ю. Мачу и Г. А. Ржаницыну за активную и самоотверженную работу в экспедиции, а также к. г. н. М. А. Самохину за помощь при камеральной обработке результатов. Полевые работы выполнялись при технической поддержке ООО «Гидроэкология-КГС».

Литература

- Алабян А. М., Дунюшин А. В., Попрядухин А. А. Оценка водных ресурсов системы озер Нейто и Ямбуто (Центральный Ямал) // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации: Материалы III общерос. конф. изыскательских организаций. М., 2008. С. 148–152.
- Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири // Под ред. С. М. Новикова. СПб.: ВВМ, 2009. 536 с.
- Голдина Л. П. География озер Большеземельской тундры. Л.: Наука, 1972. 102 с.
- Доманицкий А. П., Дубровина Р. Г., Исаева А. И. Реки и озера Советского Союза (справочные данные). Л.: Гидрометеиздат, 1971. 104 с.
- Житков Б. М. Полуостров Ямал. Записки Импер. РГО., т. 49. СПб, 1913. 397 с.
- Петренчук О. П. Экспериментальные исследования атмосферного аэрозоля. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 264 с.
- Хатчинсон Д. Лимнология. М.: Прогресс, 1969. 592 с.
- Эдельштейн К. К. Гидрология озер и водохранилищ. Учебник для вузов. М.: Перо, 2014. 399 с.
- Эрозионные процессы центрального Ямала / Под ред. А. Ю. Сидорчука и А. В. Баранова. СПб.: РНИИ культур. и природ. наследия, 1999. 350 с.
- Ямало-Гыданская область (физико-географическая характеристика). ААНИИ / Под ред. к. г. н. Р. К. Сиско. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 132 с.

Поступила в редакцию 21.01.2017

References

Alabyan A. M., Dunyushin A. V., Popryadukhin A. A. Otsenka vodnykh resursov sistemy ozer Neito i Yambuto (Tsentral'nyi Yamal) [Assessment of the water resources of the Neito and Yambuto lakes system (the central Yamal)]. Perspektivy razvitiya inzhenernykh izyskaniy v stroitel'stve v Rossiiskoi Federatsii: materialy III obshcheros. konf. izyskatel'skikh organizatsii [Prospects of Engineering Surveys for Construction in the Russian Federation: Proceed. of the III All-Russ. Conf. of Surveying Companies]. Moscow, 2008. P. 148–152.

Gidrologiya zabolochennykh territorii zony mnogoletnei merzloty Zapadnoi Sibiri [Hydrology of the permafrost zone wetlands in Western Siberia]. Ed. S. M. Novikova. St. Petersburg: VVM, 2009. 536 p.

Goldina L. P. Geografiya ozer Bol'shezemel'skoi tundry [Geography of the lakes of Bolshezemel'skaya tundra]. Leningrad: Nauka, 1972. 102 p.

Domanitskii A. P., Dubrovina R. G., Isaeva A. I. Reki i ozera Sovetskogo Soyuza (spravochnye dannye) [Rivers and lakes of the Soviet Union (reference data)]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1971. 104 p.

Zhitkov B. M. Poluostrov Yamal [The Yamal Peninsula]. *Zapiski Imper. RGO*. T. 49 [Proceed. of the Imper. RGS. Vol. 49]. St. Petersburg, 1913. 397 p.

Petrenchuk O. P. Eksperimental'nye issledovaniya atmosfernogo aerolya [Experimental study of atmospheric aerosol]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1979. 264 p.

Hutchinson G. Limnologiya [Limnology]. Moscow: Progress, 1969. 592 p.

Edel'shtein K. K. Gidrologiya ozer i vodokhranilishch. Uchebnik dlya vuzov [Hydrology of lakes and reservoirs: manual for universities]. Moscow: Pero, 2014. 399 p.

Eroziionnye protsessy tsentral'nogo Yamala [Erosion processes in the central Yamal]. Eds. A. Yu. Sidorchuk, A. V. Baranov. St. Petersburg: RNIi kul'turnogo i prirodnogo nasledija, 1999. 350 p.

Yamalo-Gydanskaya oblast' (fiziko-geograficheskaya kharakteristika) [The Yamal and Gydan area (physical and geographical description)]. AANII [Arctic and Antarctic Res. Inst.]. Ed. R. K. Sisko. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. 132 p.

Received January 21, 2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Эдельштейн Константин Константинович

профессор кафедры гидрологии суши географического факультета, д. г. н. Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова Ленинские горы, 1, Москва, Россия, 119991 эл. почта: emek05@mail.ru тел.: (495) 9395470, 89160534552

Алабян Андрей Михайлович

доцент кафедры гидрологии суши географического факультета, к. г. н. Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова Ленинские горы, 1, Москва, Россия, 119991 эл. почта: Andrei_alabyan@mail.ru тел.: 89104506328

Горин Сергей Львович

ведущий научный сотрудник, к. г. н. Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии ул. Верхняя Красносельская, 17, Москва, Россия, 107140 эл. почта: gorinser@mail.ru тел.: 89163170488

Попрядухин Артем Александрович

инженер кафедры гидрологии суши географического факультета Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова Ленинские горы, 1, Москва, Россия, 119991 эл. почта: gidroartem@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Edelstein, Konstantin

Lomonosov Moscow State University
1 Leninskie Gory, 119991 Moscow, Russia
e-mail: emek05@mail.ru
tel.: (495) 9395470, +79160534552

Alabyan, Andrei

Lomonosov Moscow State University
1 Leninskie Gory, 119991 Moscow, Russia
e-mail: Andrei_alabyan@mail.ru
tel.: +79104506328

Gorin, Sergei

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography
17 V. Krasnoselskaya St., 107140 Moscow, Russia
e-mail: gorinser@mail.ru
tel.: +79163170488

Popryadukhin, Artem

Lomonosov Moscow State University
1 Leninskie Gory, 119991 Moscow, Russia
e-mail: gidroartem@mail.ru