

УДК 556.51:544(571.56)

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДЫ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ
ВОДОЕМОВ РЕСУРСНОГО РЕЗЕРВАТА «КЫТАЛЫК»
(БАСЕЙН РЕКИ ИНДИГИРКА)****¹Левина С.Н., ²Ядрихинский И.В., ¹Городничев Р.М., ¹Давыдова П.В.,
¹Пестрякова Л.А., ³Перепелица И.М., ¹Ушницкая Л.А.**¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
Якутск, e-mail: levina_sardan@mail.ru;²ООО «Газпром добыча Ноябрьск», Ноябрьск;³АО «АльфаСтрахование», Москва

В работе приведена характеристика основных физико-химических параметров воды 27 полигональных водоемов, расположенных на территории ресурсного резервата Кыталык (бассейн р. Индигирка). Все водоемы расположены севернее полярного круга в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород, образованы в результате протаивания грунтового льда и являются широко распространенным компонентом типичной тундры региона. Вода рассмотренных водоемов характеризуется высокой прозрачностью, низкими значениями минерализации (15–140,3 мг/л) и общей жесткости (1–1,7 мг-экв/л) и главным образом слабо-кислой реакцией среды (pH 5,5–7,1). Среди главных ионов преобладают сульфаты, гидрокарбонаты, магний и кальций. Характерной особенностью исследуемых водоемов являются высокие концентрации общего железа, вероятно, отражающие повышенное его содержание в подстилающих горных породах, что является характерной особенностью и для озер севера Якутии. Несмотря на установленное сходство в химическом составе воды полигональных водоемов различного местоположения (на территории едомы, верхнего, нижнего аласов и в пойме р. Берелех) обнаружены также и различия. Так для водных объектов едомы и верхнего аласа отмечены главным образом приблизительно равные доли ионов кальция и магния, а также преобладание сульфат-анионов, в то время как для водоемов нижнего аласа отмечается схожее распределение среди катионов, а также преобладание в отдельных случаях сульфатов или гидрокарбонатов. Для водных объектов поймы установлено повсеместное преобладание кальция, а также значительное увеличение, в сравнении с другими водоемами, процентного количества гидрокарбонатов. Различие ионного состава воды, вероятно, указывает на значительное влияние условий местоположения каждого конкретного водоема, а также на особенности химического состава и преобладание одного из источников питания (атмосферные осадки, грунтовый лед и речная вода).

Ключевые слова: река Индигирка, полигональные водоемы, гидрохимия, физико-химические показатели, Северо-Восток Якутии

**PHYSICAL AND CHEMICAL FEATURES OF POLIGONAL PONDS WATER
IN THE WILDERNESS PROTECTION ZONE «KYTALYK» (INDIGIRKA RIVER BASIN)****¹Levina S.N., ²Yadrikhinskiy I.V., ¹Gorodnichev R.M., ¹Davydova P.V.,
¹Pestryakova L.A., ¹Perepelitsa I.M., ¹Ushnitskaya L.A.**¹M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: levina_sardan@mail.ru;²LLC «Gazprom добыча Noyabrsk», Noyabrsk;³AlfaStrakhovanie Group, Moscow

In the article we show the characterization of main physical and chemical parameters of water of 27 polygonal ponds located on the territory of the Wilderness Protection Zone «Kytalyk» (Indigirka River basin). All water objects located north of the Arctic circle in the zone of distribution of permafrost rocks. Water of the considered reservoirs characterized by high transparency, low values of mineralization (15–140, 3 mg/l) and total hardness (1–1,7 mg-EQ/l) and, mainly, by weakly acidic reaction of the medium (pH 5,5–7,1) and weakly acidic reaction of the medium (pH 5,5–7,1). Among the main ions dominated by sulfates, hydrocarbons, magnesium and calcium. A characteristic feature of the studied reservoirs are high concentrations of total iron probably reflecting its increased content in the underlying rocks, which is a characteristic feature for the lakes of the North of Yakutia. Despite the established similarity in the chemical composition of water polygonal ponds of various locations (on-site edoma, upper, lower alas and in the floodplain of Berelakh) also found differences. So for edoma's water bodies and the upper alas are marked, mainly, approximately equal shares of the ions of calcium and magnesium, and a predominance of the sulfate anions, while for water bodies of the lower alas it is noted a similar distribution of cations, as well as the predominance in some cases, sulfates or bicarbonates. For water bodies of the floodplain there is a widespread prevalence of calcium, as well as a significant increase in the percentage of hydrocarbonates in comparison with other reservoirs. The difference in the ionic composition of water probably indicates a significant impact of the location of each specific reservoir, as well as the peculiarities of the chemical composition and the predominance of one of the sources of power (precipitation, ice and river water).

Keywords: Indigirka river, polygonal ponds, hydrochemistry, physico-chemical parameters, North-East of Yakutia

Российская Арктика представляет собой сосредоточение стратегически важных для страны территорий, характеризующихся богатством минерально-сырьевых ресурсов, обширными ненарушенными

природными экосистемами, являющимися местообитанием ценных представителей флоры и фауны [1, 2]. Одним из основных элементов ландшафтов арктических территорий, во многом определяющим

облик и особенности функционирования местных экосистем, являются разнообразными водоемы. Особым типом такого рода объектов являются водные образования, формирующиеся в результате протаивания грунтовых жильных льдов, именуемые полигональными водоемами. Несмотря на высокую значимость для народного хозяйства арктическая территория Якутии в целом и отдельные ее компоненты в частности, в том числе и полигональные водоемы, исследованы слабо (ввиду удаленности и ограниченной транспортной доступности территории), именно поэтому проведение настоящего исследования обладает высокой степенью актуальности.

Основная цель данной работы – исследование современных физико-химических особенностей полигональных водоемов и влияние на них условий (категорий ландшафтов) местоположения водоемов.

Материалы и методы исследования

Объектом настоящей работы являются 27 полигональных водоемов (рис. 1), распо-

ложенных на правом берегу р. Берелех в ресурсном резервате (РР) «Кыталык» (бассейн р. Индигирка), созданном с целью сохранения типичных тундровых экосистем и якутских популяций ценных представителей флоры (селезеночник четырехтычинковый, белозер Коцебу) и фауны (сибирский журавль-стерх, розовая чайка, лебедь-кликун и др.). Полевые исследования выполнены в рамках российско-германской экспедиции, реализованной с 21 июля по 24 августа 2011 г. Отбор и консервация проб воды на химический анализ проведена в соответствии со стандартными методиками (ГОСТ 31861-2012), прозрачность воды определена с использованием диска Секки. Лабораторные исследования воды проведены с применением широко используемых методов (ГОСТ 4151-72; ПНД Ф 14.1:2.1-95; ПНД Ф 14.1:2.50-96; ПНД Ф 14.2.99-97; ПНД Ф 14.1:2.4.157-99; ПНД Ф 14.1:2.4.167-2000; РД 52.24.433-2005). Более подробное описание методики исследования приведено в ранее опубликованной авторами настоящего исследования работе [3].

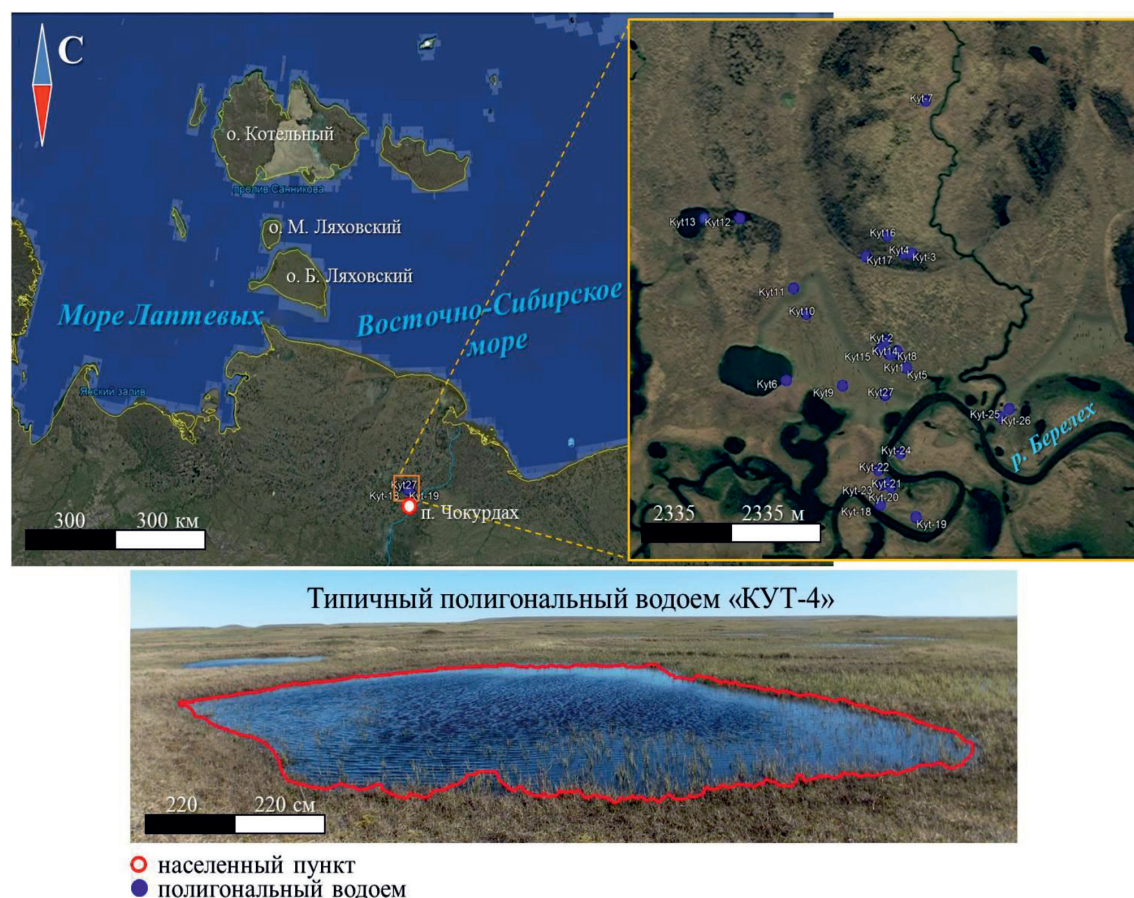


Рис. 1. Район исследования

Результаты исследования и их обсуждение

В соответствии с мерзлотно-ландшафтным районированием Якутии [4], а также основываясь на особенностях микро- и мезорельефа территории, на которой расположены водоемы, произведено выделение четырех групп объектов исследования: I – водоемы, располагающиеся на едомах; II – водоемы 1-й надпойменной террасы р. Берелех; III – водоемы нижнего уровня аласа; IV – водоемы верхнего уровня аласа. Ниже приведена характеристика основных физико-химических параметров воды объектов исследования.

Важным физическим параметром состояния воды является ее прозрачность, зависящая главным образом от содержащихся в толще воды взвешенных минеральных частиц и микроорганизмов (рис. 2). Роль последних особенно велика для водных объектов, где наблюдается «цветение» – период наиболее благоприятных условий для жизнедеятельности микроорганизмов, что обуславливает высокую их численность и снижение поступления солнечного света в толщу воды. В период исследования видимого цветения водоемов РР «Кыталык» не наблюдалось, что обусловлено суровыми климатическими условиями, в которых располагаются водоемы и низким уровнем их трофности. Все обследованные полигональные водоемы обладают небольшой максимальной глубиной (от 0,1 до 0,7 м) и во всех случаях характеризуются прозрачностью «до дна» котловины даже в наиболее глубоких частях водо-

емов, что является благоприятным условием для фотосинтезирующих микроорганизмов (планктонных и бентосных водорослей различных систематических групп).

Еще одним важным для жизнедеятельности гидробионтов фактором является концентрация растворенного в воде кислорода. В целом для всех обследованных полигональных водоемов характерна высокая его концентрация (5,4–12 мг/л), обусловленная низким его расходом на процессы жизнедеятельности и, следовательно, небольшими затратами на процессы биохимического окисления разлагающихся органических соединений. Важнейшим фактором, обуславливающим низкую биологическую продуктивность водоемов, должно быть полное промерзание их водной толщи в период отрицательных температур.

Водородный показатель pH в исследуемых водоемах колеблется от 5,5 до 7,1 (рис. 3). По результатам анализов, вода была охарактеризована как слабокислая (при pH = 5,0–6,5, 78% водоемов) и нейтральная (при pH = 6,5–7,5, 22%). Нейтральной средой обладают только пойменные водоемы, вероятно, эпизодически обводняемые в период высокой воды на р. Берелех. Вода остальных водоемов подкислена, что является типичным состоянием для тундровых водоемов территории и, вероятно, указывает на определяющее значение осадков в качестве источника питания, водородный показатель которых характеризуется слабокислыми значениями.

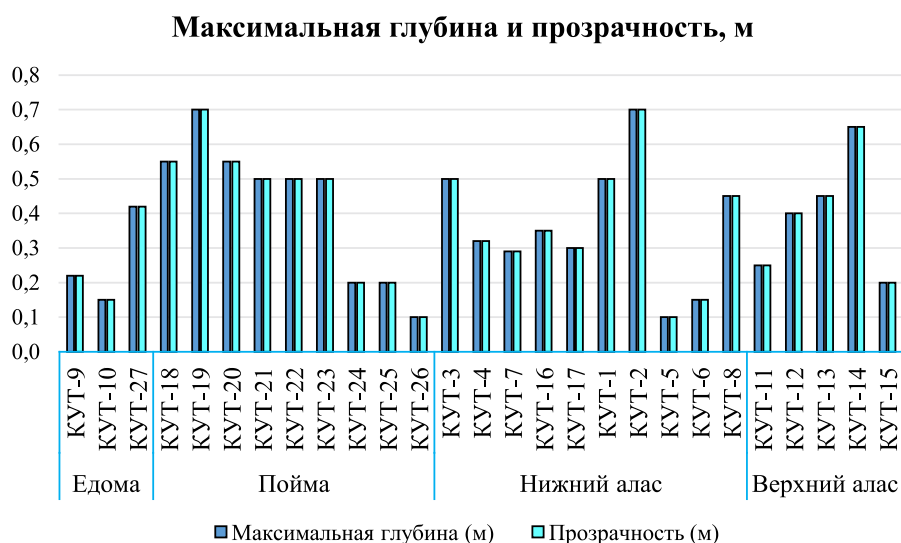


Рис. 2. Соотношение прозрачности воды со средним значением максимальных глубин

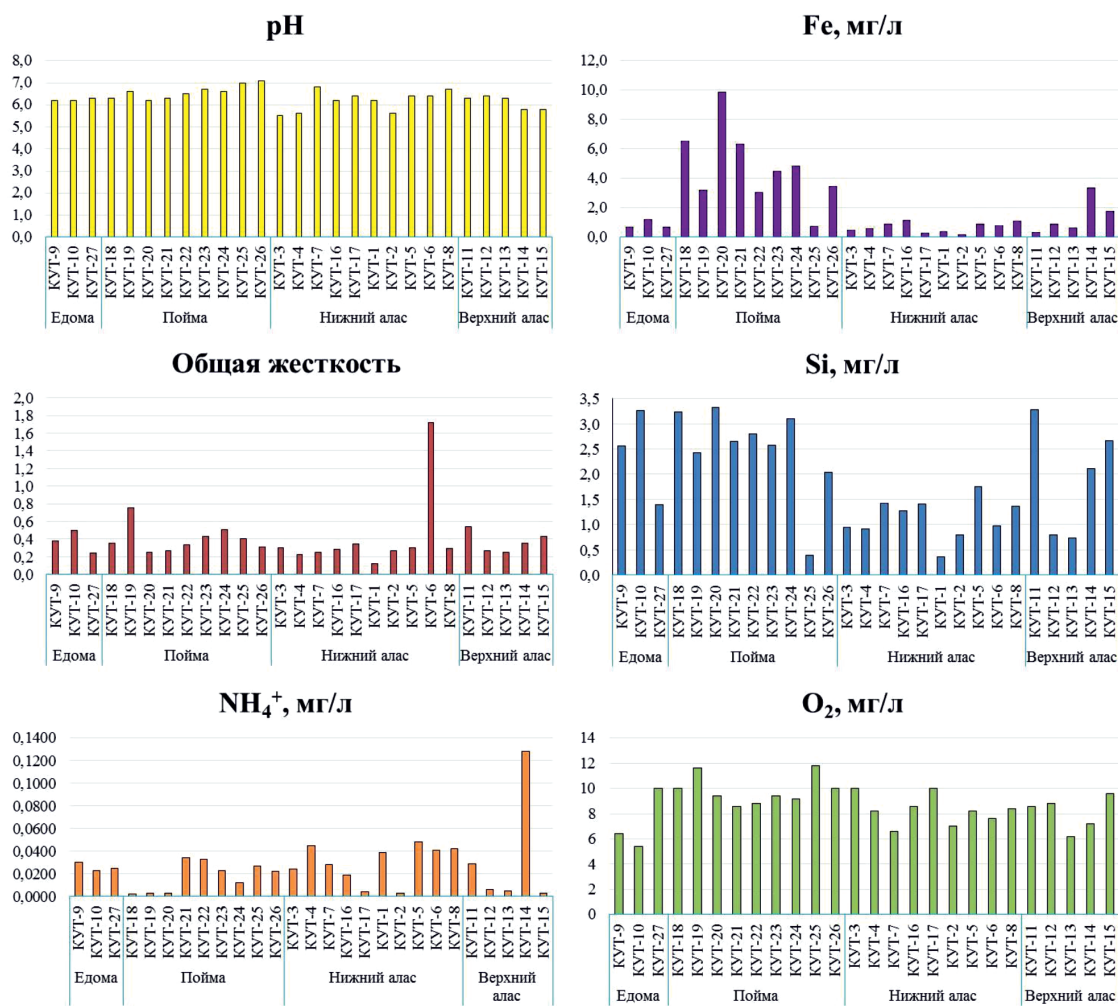


Рис. 3. Основные физико-химические параметры воды полигональных водоемов

По значениям общей жесткости вода была отнесена к категории «очень мягкая» (менее 1,5 мг-экв/л). Исключением является только водоем КУТ-6 (рис. 3) с относительно высоким содержанием солей (вода «мягкая»). В исследуемый период изученные водоемы имели низкую минерализацию воды, колеблющуюся от 15 до 140,3 мг/л, при среднем значении 32,5 мг/л (табл. 1), что позволяет охарактеризовать водоемы как обладающие ультрапресной водой. Наименее минерализованными оказались воды нижнего аласа (от 20,3 до 30,0, при среднем значении – 24,4 мг/л). Относительно высокая минерализация со значением 140,3 мг/л была отмечена в водоеме КУТ-6, расположенном на верхнем аласе РР «Кыталык». Общая низкая минерализация водоемов является закономерным результатом особен-

ностей водного баланса территории, характеризующейся превышением количества выпадающих на территории осадков над количеством испарившейся влаги, что является причиной постоянного притока «свежей» порции воды, превышая количество испарившейся влаги, способствующей повышению уровня «неиспаряющихся» солей.

Железо – один из важнейших биогенных микроэлементов, играет важную роль в процессах жизнедеятельности организмов (процессы дыхания, фотосинтеза и др.), является одним из наиболее распространенных элементов окружающей среды. В исследованных водоемах концентрация общего железа варьирует от 0,2 (КУТ-17, нижний алас) до 9,9 (КУТ-20, пойма) мг/л, при среднем 2,2 мг/л (рис. 3). Следует отметить, что рыбохозяйственный норматив ПДК (предельно

допустимая концентрация) [5] общего железа равен 0,1 мг/л, и все водоемы характеризуются превышениями концентрации данного компонента (от 1,8 до 99 ПДК). Было отмечено, что в водоемах других ландшафтов, превышение нормативов ПДК значительно ниже, чем в пойменных водоемах, вероятно обогащаемых железом периодически в результате попадания речных вод. В целом высокое содержание железа является особенностью водных объектов северной части Якутии [6] и, вероятно, является результатом высокого фонового содержания железа в подстилающих горных породах.

Концентрация кремния, одного из наиболее распространенных элементов земной коры, в изученных водоемах колеблется от 0,4 (КУТ-1) до 3,3 (КУТ-11) мг/л (оба водоема расположены на верхнем аласе), при среднем значении – 1,9 мг/л (рис. 3). Высокое его содержание отмечено в водоемах едомных обнажений и поймы р. Берелех (в среднем до 2,5 мг/л). Наибольшее среднее содержание кремния (до 0,03 мг/л) зафиксировано в водоемах верхнего аласа. Кремний

является важнейшим элементом для жизнедеятельности одной из основных групп организмов-продуцентов полигональных водоемов – диатомовых водорослей (отдел Bacillariophyta), он поступает в воду главным образом при ее контакте с горными породами, обогащенными данным элементом (песок, глина и др.).

Аммоний-ион (NH_4^+) в природных водах накапливается при растворении в воде газа – аммиака (NH_3), образующегося при биохимическом распаде азотсодержащих органических соединений [7]. Растворенный аммиак может поступать в небольшие термокарстовые водоемы с поверхностным стоком и атмосферными осадками. Концентрация аммония в изученных водоемах невысока и меняется незначительно, от 0,002 (КУТ-18, пойма) до 0,13 мг/л (КУТ-14, верхний алас), при среднем 0,03 мг/л (рис. 3).

Главнейшие ионы воды. Состав главных катионов воды водоемов местности Кыталык характеризуется преобладанием ионов Ca^{2+} , со значением 21,2 мг/л (КУТ-6), при среднем значении показателя 4,7 мг/л (рис. 4).

Таблица 1

Физико-химические показатели водоемов аласа Кыталык

Параметр	Водоемы			
	Едомы	Поймы	Нижнего аласа	Верхнего Аласа
Прозрачность (м)	<u>0,2–0,4</u> 0,3*	<u>0,1–0,7</u> 0,4	<u>0,3–0,5</u> 0,4	<u>0,1–0,7</u> 0,4
pH	<u>6,2–6,3</u> 6,2	<u>6,2–7,1</u> 6,6	<u>5,5–6,8</u> 6,1	<u>5,6–6,8</u> 6,2
Общая жесткость (мг-экв/л)	<u>0,2–0,4</u> 0,4	<u>0,2–0,8</u> 0,4	<u>0,2–0,3</u> 0,3	<u>0,1–1,7</u> 0,5
Минерализация (мг/л)	<u>20,8–38,0</u> 30,0	<u>18,7–61,5</u> 32,3	<u>20,3–30,0</u> 24,4	<u>15,0–140,3</u> 37,5
$\text{Fe}_{\text{об.}}$ (мг/л)	<u>0,7–1,2</u> 0,9	<u>0,7–9,9</u> 4,7	<u>0,2–1,1</u> 0,7	<u>0,2–3,3</u> 1,0
Si (мг/л)	<u>1,4–3,3</u> 2,4	<u>0,4–3,3</u> 2,5	<u>0,9–1,4</u> 1,2	<u>0,4–3,3</u> 1,5
Ca^{2+} (мг/л)	<u>2,0–5,3</u> 3,7	<u>2,9–8,4</u> 4,4	<u>1,9–3,5</u> 2,6	<u>1,1–21,2</u> 4,9
Mg^{2+} (мг/л)	<u>1,8–2,8</u> 2,3	<u>1,3–4,1</u> 2,2	<u>1,9–3,5</u> 2,6	<u>1,3–2,0</u> 1,8
NH_4^+ (мг/л)	<u>0,023–0,03</u> 0,03	<u>0,002–0,034</u> 0,02	<u>0,004–0,045</u> 0,02	<u>0,003–0,13</u> 0,03
$\Sigma \text{Na}^+ + \text{K}^+$ (мг/л)	<u>1,2–1,6</u> 1,6	<u>0,7–2,2</u> 1,2	<u>0,7–2,7</u> 1,7	<u>0,6–3,6</u> 1,6
HCO_3^- (мг/л)	<u>3,4–13,0</u> 7,9	<u>6,9–33,1</u> 15,3	<u>3,2–14,2</u> 8,8	<u>2,7–89,7</u> 18,0
SO_4^{2-} (мг/л)	<u>11,5–15,4</u> 14,1	<u>5,3–13,0</u> 15,3	<u>3,2–14,2</u> 9,1	<u>6,2–12,0</u> 9,9
Cl (мг/л)	<u>0,2–0,4</u> 0,3	<u>0,2–0,7</u> 0,5	<u>0,1–0,5</u> 0,3	<u>0,1–2,1</u> 0,5

Примечание. Под чертой указаны средние значения параметра.

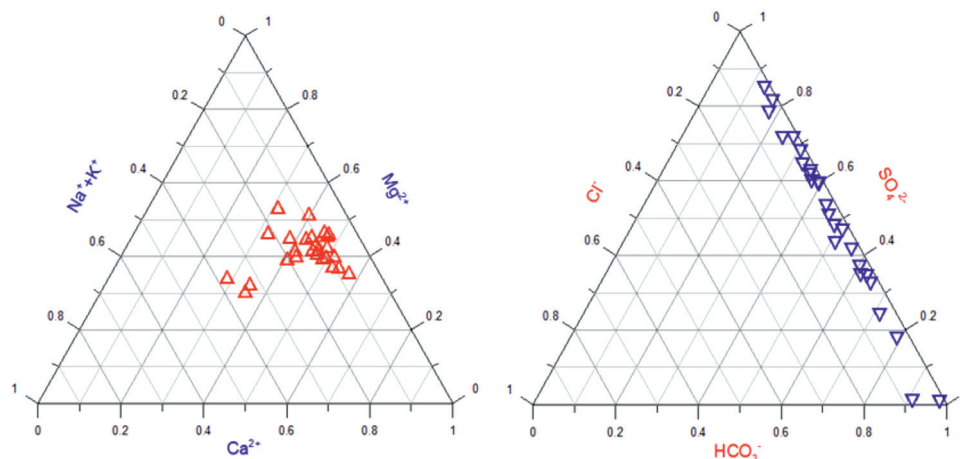


Рис. 4. Главнейшие ионы воды водоемов местности Кыталык

Таблица 2

Основные свойства и классификация химического состава воды водоемов местности
Кыталык по группам

Группы	Основные свойства состава воды по Курлову	Класс химического состава воды по Алекину
Едомы	$M 0,03 \frac{SO_4 67 HCO_3 31}{Mg 40 Ca 39 [Na 15]}$ рН 6,2 Ж 0,4 вода гидрокарбонатно-сульфатная кальциево-магниева, ультрапресная	Класс сульфатных, группа кальциевых, 2 тип
Пойма р. Берелех	$M 0,04 \frac{HCO_3 57 SO_4 40}{Ca 35 Mg 29 [Na 9]}$ рН 6,6 Ж 0,4 вода сульфатно-гидрокарбонатная магниево-кальциевая, ультрапресная	Класс гидрокарбонатных, группа кальциевых, 2 тип
Нижний алас	$M 0,03 \frac{SO_4 55 HCO_3 42}{Mg 39 Ca 34 [Na 20]}$ рН 6,1 Ж 0,3 вода гидрокарбонатно-сульфатная кальциево-магниева, ультрапресная	Класс сульфатных, группа магниевых, 2 тип
Верхний алас	$M 0,04 \frac{HCO_3 63 SO_4 34}{Ca 50 Mg 39 [Na 12]}$ рН 7,5 Ж 0,4 вода сульфатно-гидрокарбонатная магниево-кальциевая, ультрапресная	Класс гидрокарбонатных, группа кальциевых, 2 тип

За исключением водоема КУТ-6 (верхний алас), для состава главных анионов всех водоемов аласа Кыталык было характеризовано преобладание гидрокарбонатов и сульфатов. В водоемах едомы в анионном составе вод содержание гидрокарбонатов колеблется от 63 % (верхний алас) до 31 % (едома) мг-экв/л, при среднем содержании 41 %. Среди всех групп водоемов (13,8 мг/л) эта группа характеризуется наибольшим средним содержанием анионов сульфатов. В табл. 2 приведена характеристика химического состава воды (по сред-

ним значениям концентраций) групп объектов исследования по М.Г. Курлову и по О.А. Алекину [8].

В целом для водоемов верхнего аласа и едомы характерно преобладание сульфат-анионов над гидрокарбонатами с приблизительно равными количествами ионов кальция и магния. Для большей части водоемов нижнего аласа отмечены приблизительно равные высокие доли ионов кальция и магния (лишь для трех водоемов зафиксировано более значимое превышение одного из указанных ионов), в структуре анионов

в 56% случаев преобладают сульфаты, в 45% – гидрокарбонаты. Во всех водоемах поймы отмечено преобладание ионов кальция, а среди анионов в 44% случаев доминируют гидрокарбонаты, в 22% – сульфаты и в 33% – наблюдаются приблизительно равные доли сульфатов и гидрокарбонатов. Значительное преобладание ионов кальция и повышенное количество гидрокарбонатов в воде полигональных водоемов поймы может быть свидетельством воздействия вод р. Берелях в период высокого ее уровня.

Закключение

Полигональные водоемы ресурсного резервата «Кыталык» обладают высокой прозрачностью, ультрапресной (минерализация 15–140,3 мг/л), главным образом, очень мягкой (общая жесткость 0,1–1,7 мг-экв/л) и слабокислой водой (рН 5,5–7,1). Среди главных ионов преобладают сульфаты, гидрокарбонаты, магний и кальций. Характерной особенностью исследуемых полигональных водоемов являются высокие концентрации общего железа, вероятно, отражающие повышенное его содержание в подстилающих горных породах, что является характерной особенностью и для озер севера Якутии [9]. Несмотря на высокую общность компоненты химического состава воды обнаруживают значительную разность в зависимости от местоположения водоемов. Так, для водных объектов едомы и верхнего аласа отмечены главным образом приблизительно равные доли ионов кальция и магния, а также преобладание сульфат-анионов, в то время как для водоемов нижнего аласа отмечается схожее распределение среди катионов, а также преобладание в отдельных случаях сульфатов или гидрокарбонатов. Для водных объектов поймы установлено повсеместное доминирование кальция, а также значительное увеличение, в сравнении с другими водоемами, процентного количества гидрокарбонатов. Различия ионного состава воды указывает на значительное влияние условий местоположения каждого конкретного водоема, а также на особенности химического состава и роли источников питания водоемов (атмосферные осадки, грунтовый лед и речная вода).

Авторы выражают глубокую благодарность всем участникам российско-германской экспедиции «Кыталык – 2011», в том числе Андрею Шнейдер, Лутцу Ширмейстеру, Фабиану Бишбауму, Хансу Юоостену, Аннетте Телтевской, Юлиане Сейферт,

Виктору Ситало, Любови Кохановой, Владимиру Тумскому, Евгении Жуковой и Зинаиде Атласовой.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ 11-04-91332-НН. «Полигоны в болотах тундры: динамика и ответ на изменчивость климата в полярных регионах» 2011-2013, проектного финансирования СВФУ им. М.К. Аммосова (приказ 494-ОД от 02.05.2017 г.) «Палеоэкологические и биоиндикационные исследования водных экосистем криолитозоны Северо-Востока России в условиях изменения климата и антропогенного пресса», проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки РФ по заданию 5.2711.2017/ПЧ. «Биогеографические закономерности биоты озер арктической зоны Северо-Востока Российской Федерации», а также проекта РФФИ-регион № 15-45-05063 р_восток_а «Палеоэкологические исследования голоценовой истории озер бассейна реки Индигирка».

Список литературы / References

1. Городничев Р.М., Спиридонова И.М., Пестрякова Л.А. Сходство таксономического состава диатомовых водорослей озер Севера Якутии [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. URL: <http://www.science-education.ru/123-20117> (дата обращения: 29.06.2018).
2. Gorodnichev R.M., Spiridonova I.M., Pestryakova L.A. Similarity of diatom assemblages from lakes in the North of Yakutia // Modern problems of science and education. 2015. № 3. URL: <http://www.science-education.ru/123-20117> (data obrashheniya: 29.06.2018) (in Russian).
3. Городничев Р.М., Спиридонова И.М., Пестрякова Л.А. Разнообразие диатомовых водорослей водоемов северной части Якутии [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. URL: <http://www.science-education.ru/123-19641> (дата обращения: 09.06.2018).
4. Gorodnichev R.M., Spiridonova I.M., Pestryakova L.A. Diversity of diatom algae from lakes in the northern part of Yakutia // Modern problems of science and education. 2015. № 3. URL: <http://www.science-education.ru/123-19641> (data obrashheniya: 29.06.2018) (in Russian).
5. Ядрихинский И.В., Городничев Р.М., Пестрякова Л.А. Морфометрические и гидрохимические параметры термокарстовых водоемов Севера Якутии // Успехи современного естествознания. 2016. № 8. С. 225–231.
6. Yadrkhinskiy I.V., Gorodnichev R.M., Pestryakova L.A. Morphometrical and hydrochemical parameters of the termokarst ponds in the Northern Yakutia // Advances in current natural sciences. 2016. № 8. P. 225–231 (in Russian).
7. Федоров А.Н., Ботулу Т.А., Варламов С.П. Мерзлотно-ландшафтная карта Якутии (Пояснительная записка к мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР масштаба 1:2 500 000). Новосибирск: ГУГК, 1989. 170 с.
8. Fedorov A.N., Botulu T.A., Varlamov S.P. Permafrost landscapes of Yakutia (Sketch-book for Permafrost-Landscape map of Yakutian ASSR scale 1:2 500 000). Novosibirsk: GUGK, 1989. 170 p. (in Russian).
9. Приказ Росрыболовства от 18 января 2010 № 20. 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]. URL: <http://www.fish.gov.ru/files/documents/>

otraslevaya_deyatelnost/ohrana_vodnyh_bioresurov/npafoiv-2.pdf (дата обращения: 09.08.2018).

Order of Rosrybolovstvo of January 18, 2010 No. 20. About the approval of standards of quality of water of water objects of fishery value, including standards of maximum-permissible concentration of harmful substances in waters of water objects of fishery value. [E'lektronny'j resurs]. URL: http://www.fish.gov.ru/files/documents/otraslevaya_deyatelnost/ohrana_vodnyh_bioresurov/npafoiv-2.pdf (data obrashheniya: 09.08.2018) (in Russian).

6. Пестрякова Л.А. Диатомовые комплексы озер Якутии: монография. Якутск: Изд-во ЯГУ, 2008. 197 с.

Pestryakova L.A. Diatomovye complexes of the lakes of Yakutia: monograph. Yakutsk: YaGU, 2008. 197 p. (in Russian).

7. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 3-е изд. СПб.: «Крисмас+», 2004. 248 с.

Muravyev A.G. Guide to definition of indicators of quality of water of field methods. 3rd prod. SPb.: «Krismas +», 2004. 248 p. (in Russian).

8. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1953. 296 с.

Alekin O.A. Fundamentals of hydrochemistry. L.: Gidro-meteoizdat, 1953. 296 p. (in Russian).

9. Ушницкая Л.А., Городничев Р.М., Спиридонова И.М., Пестрякова Л.А. Предварительная лимнологическая характеристика водоемов полуострова Фаддеевский (Новосибирские острова) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 8 (2). С. 189–192.

Ushnitskaya L.A., Gorodnichev R.M., Spiridonova I.M., Pestryakova L.A. Preliminary limnological characteristic of water reservoirs of Faddeyevsky peninsula (New Siberian Islands) // Mezhdunarodny'j zhurnal prikladny'x i fundamental'ny'x issledovaniy. 2013. № 8 (2). P. 189–192 (in Russian).