

УДК 556.53+556.55(571.151)

**К ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ
ВЫСОКОГОРНЫХ ОЗЕР БАССЕЙНА РЕКИ МУЛЬТА
(ГОРНЫЙ АЛТАЙ)**

Е.Ю. Зарубина, Г.В. Фетгер

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail: zeur11@mail.ru

Гидролого-гидрохимическое обследование горных озер, расположенных в верховьях бассейна р. Мульты (Горный Алтай), проведенное в июле 2020 г., позволило оценить современное состояние исследованных озер. На основе анализа данных предыдущих исследований выявлена динамика произошедших изменений в химическом составе природных вод за почти 90-летний период.

Ключевые слова: прозрачность и температура воды, концентрация кислорода, рН, минерализация, Мультиинские озера, Горный Алтай.

DOI: 10.24411/2410-1192-2020-15908

Дата поступления 1.12.2020

На территории Горного Алтая насчитывается около 7 тыс. озер, общая площадь их составляет свыше 600 км². Наряду с самым большим и глубоким водоемом – Телецким озером – существует масса мелких и менее глубоких озер, расположенных в высокогорной приледниковой зоне и на высокогорном плато бассейна реки Катунь. Река Мульты является одним из притоков р. Катунь – основной водной артерии Русского Алтая. В верховьях р. Мульты находится ряд проточных озер, расположенных в отрогах Катунского хребта на высоте 1710-1920 м над уровнем моря. В отличие от ледников Алтая, которые изучают уже более 100 лет, гидролого-гидрохимических исследований озер Катунского хребта очень мало. Первые описания озер и водотоков бассейна р. Мульты были выполнены В.В. Сапожниковым и А.Н. Седельниковым в начале XX в. Первое комплексное

исследование озер Катунского хребта было проведено летом 1933 г. под руководством С.Г. Лепневой, по результатам которой О.А. Алекин опубликовал фундаментальный обзор «Озера Катунских Альп» [1]. Современный этап гидролого-гидрохимических исследований в долине р. Мульты связан с работами В.А. Семенова, Т.В. Большух, И.А. Семеновой в 2003 г. [2] и Н.Л. Фроловой с соавт. в 2008 г. [3].

Исследование пространственно-временной изменчивости гидролого-гидрохимических характеристик этих малоизученных озер является важной задачей как в научном, так и практическом отношении. Озера Верхнее Мультиинское и Поперечное расположены труднодоступных местах Катунского хребта на территории ГПЗ «Катунский» и могут выступать в роли фоновых при исследовании природных вод региона. Однако резко возросшая в последние годы

рекреационная нагрузка на Горный Алтай, и Мультиинские озера в частности, может оказать негативное влияние на экосистемы водоемов.

Цель работы – оценка современного состояния исследованных озер бассейна р. Мульта и динамики произошедших изменений в химическом составе природных вод за почти 90-летний период (на основе анализа данных предыдущих исследователей).

Материалы и методы

Река Мульта является правым притоком р. Катуня, находится в среднегорной части Центрального Алтая, берет свое начало из ледников на высоте 2350-2400 м в гляциально-нивальном поясе Катунского хребта. Длина Мульти – 39 км, площадь бассейна – 320 км², его средняя высота – 1950 м. Особенностью бассейна Мульти является широкое распространение горного оледенения – в бассейне реки насчитывается 26 ледников общей площадью 14,3 км², которые оказывают существенное влияние на формирование стока реки и химического состава природных вод [3]. Протекая по долине, Мульта последовательно образует три озера: Верхнее Мультиинское (расположенное в самом начале долины); Среднее Мультиинское (в 6 км севернее Верхнего) и Нижнее Мультиинское, отделенное от Среднего, моренным валом. К востоку от Верхнего Мультиинского озера также у подножия Катунского хребта находится оз. Поперечное, исток р. Поперечная

(правый приток Мульти). Озера Верхнее Мультиинское и Поперечное расположены в зоне альпийских лугов, которые с уменьшением высоты замещаются лесом, а долина р. Мульти между Верхним и Средним озерами принимает местами заболоченный характер. Морфометрические характеристики исследованных озер приведены в таблице 1: Верхнее, Среднее и Нижнее – по данным Н.Л. Фроловой с соавт. [3], Поперечное – на основе космоснимков.

Материалом для работы послужили результаты исследования 8-11 августа 2020 г. гидрологических и гидрохимических характеристик четырех высокогорных озер истоков р. Мульти: Верхнее, Среднее и Нижнее Мультиинские, Поперечное. При проведении исследований измеряли: глубину, прозрачность, температуру воды, концентрацию растворенного в воде кислорода, рН, минерализацию (по NaCl), содержание органических веществ (по БПК₅). Измерения концентрации растворенного в воде кислорода, насыщение воды кислородом и температуру воды проводили с помощью оксиметра Марк-302М. Водородный показатель (рН) и минерализацию воды (по NaCl) измеряли с помощью портативного ионоселективного прибора АНИОН 4120. На озерах Среднее и Нижнее Мультиинские промер глубин осуществляли с помощью эхолота. Содержание свежобразованного органического вещества определяли с помощью БПК₅ [4].

Таблица 1

Морфометрические характеристики озер бассейна р. Мульти

| Характеристика | Верхнее Мультиинское* | Среднее Мультиинское* | Нижнее Мультиинское* | Поперечное |
|--|-----------------------|-----------------------|----------------------|------------|
| Площадь акватории, тыс. м ² | 426 | 917 | 1822 | 422 |
| Длина береговой линии, м | 3370 | 4550 | 6410 | – |
| Длина озера, м | 1420 | 1700 | 2780 | 1823 |
| Наибольшая ширина, м | 430 | 650 | 815 | 315 |
| Средняя ширина, м | 300 | 540 | 656 | 203 |
| Средняя глубина, м | 21,4 | 10,5 | 14,3 | – |
| Максимальная глубина, м | 46,6 | 16,8 | 20,2 | 23 |

*Примечание: * – по данным [3].*

Все приборы перед началом измерений калибровали. Точки отбора проб на озерах располагали методом «конверта», пробы воды отбирали в поверхностном слое воды (рис.). Класс качества воды, уровень трофности и сапробности озер определяли по О.П. Оксийку с соавт. [5]. Статистическая обработка материала проведена в MS Excel-2016 и Statistica 6.0.

Результаты исследований

Все исследованные озера по гидрологическим и гидрохимическим характеристикам похожи между собой (табл. 2). Озера глубокие, дно сложено галькой, валунами и глыбами. В донных отложениях присутствуют илы, мощность которых, по данным Н.Л. Фроловой с соавт. [3], наибольшая в Среднем Мультиномском.



Рис. Точки отбора проб на озерах р. Мульта, август 2020 г.

Верхнее Мультиномское озеро (N 49°35,281" , E 085°50,698") расположено в цирке, образованном боковыми отрогами Катунского хребта на высоте 1920 м над уровнем моря. Озеро подпружено с севера плотиной моренного происхождения. Котловина озера вытянута в меридиональном направлении, несколько суживаясь к северному концу. Наибольшие глубины отмечены у южного берега, вдоль морены, что по данным О.А. Алекина [1], вызвано выпахивающим действием ледника, спускавшегося с крутых склонов хребта. Береговая линия имеет ровные очертания. Прибрежная зона озера представлена преимущественно каменистой литоралью. Побережье со всех сторон озера каменистое. С юга и юго-востока у берега каменистая осыпь – морена. Северо-восточный и западный берега представляют собой невысокие поросшие лесом террасы с каменистыми и валунно-галечниковыми грунтами. Вдоль северного берега в истоке р. Мульта – обширный галечниковый пляж, местами заболоченный и поросший водной растительностью.

Цвет воды озера – зеленовато-молочный. Прозрачность воды из-за ледникового питания очень низкая, в литорали 0,2-0,42 м, и только в центре озера – 0,5 м. Температура воды характеризовалась незначительным прогревом поверхностного слоя в центре озера (до 12,4°C) и у южного берега в районе ледниковой морены (до 13,5°C), несколько большим прогревом – на мелководных участках литорали (15,6-16,6°C). Концентрация растворенного в воде кислорода на всех участках была высокой, максимальные значения (9,38-9,49 мг/л) отмечены на мелководных литоральных участках в истоке р. Мульта и у восточного берега в устье притока, где обильно развивался фитоперифитон.

Поверхностные воды бассейна р. Мульта, по классификации О.А. Але-

кина [1], относятся к пресным и ультрапресным гидрокарбонатным кальциевым водам I-го типа. Минерализация воды в озере в период исследований была очень низкой и не превышала 12,1 мг/л, что возможно, связано с прошедшими перед исследованиями, обильными дождевыми паводками. Низкие показатели отмечены также и для удельной электропроводности воды (24,7-25,5 мкСм/см). Величина рН колебалась в пределах 7,3-8,4, что соответствовало нейтральным и слабо щелочным водам. По степени насыщения воды кислородом, вода относится к классам чистой и удовлетворительной чистоты. По величине БПК₅ – к классу β-мезосапробных, мезоэвтрофных вод.

Озеро Поперечное (N 49°55'26,09", E 85°53'25,30") также, как и Верхнее

Мультиинское, расположено в цирке, образованном боковыми отрогами Катунского хребта на высоте 1885 м над уровнем моря. Котловина озера вытянута в меридиональном направлении, наминает формой песочные часы за счет значительного сужения почти в середине озера. Берега озера, как и литораль, каменистые.

Цвет воды озера также зеленовато-молочный, однако прозрачность значительно выше, чем в Верхнем Мультиинском: от 1,5 м (литораль) до 2,3 м (центр озера). Температура поверхностного слоя воды в литорали не превышала 15,1°C. Концентрация растворенного в воде кислорода в литорали была несколько ниже, чем в Верхнем Мультиинском (8,36 мг/л).

Таблица 2

Гидрологические и гидрохимические характеристики Мультиинских озер, 8-11 августа 2020 г.

| Точка | Температура, °С | Прозрачность, м | Кислород | | БПК ₅ , мгОл | рН | Минерализация, мг/л | УЭП*, мкСм/см |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|----------|------|-------------------------|-----|---------------------|---------------|
| | | | мг/л | % | | | | |
| <i>Озеро Верхнее Мультиинское</i> | | | | | | | | |
| 2.1 | 15,6 | 0,2 | 9,49 | 94,7 | 1,33 | 7,8 | 11,67 | 25,2 |
| 2.2 | 12,4 | 0,5 | 9,13 | 86,3 | | 8,4 | 12,1 | 25,5 |
| 2.3 | 13,5 | 0,35 | 9,32 | 89,9 | | 8,0 | 11,65 | 25,2 |
| 2.4 | 15,7 | 0,42 | 9,38 | 94,4 | | 7,3 | 11,75 | 25,2 |
| 2.5 | 16,6 | 0,35 | 8,87 | 90,4 | | 7,6 | 11,64 | 24,7 |
| <i>Озеро Поперечное</i> | | | | | | | | |
| 3.1 | 15,1 | 1,5 | 8,36 | 92,4 | 0,72 | 8,4 | 13,18 | 28,2 |
| <i>Озеро Среднее Мультиинское</i> | | | | | | | | |
| 1.1 | 12,4 | 0,60 | 7,27 | 68,5 | 0,59 | 8,3 | 10,5 | 22,7 |
| 1.2 | 14,1 | 5,00 | 9,11 | 88,7 | | 8,2 | 10,56 | 22,8 |
| 1.3 | 15,2 | 0,8 | 9,15 | 90,5 | 1,37 | 8,1 | 10,6 | 23 |
| 1.4 | 15,1 | 4,8 | 8,99 | 89,5 | | 8,0 | 10,82 | 23,1 |
| 1.5 | 13,9 | 2,1 | 9,31 | 90,7 | | 8,5 | 10,89 | 23,5 |
| <i>Озеро Нижнее Мультиинское</i> | | | | | | | | |
| 4.1 | 15,3 | 1,0 | 8,76 | 87,3 | 1,16 | 7,5 | 11,27 | 24,1 |
| 4.2 | 15,4 | 5,7 | 8,74 | 87,3 | | 7,5 | 11,26 | 24,1 |
| 4.3 | 15,9 | 1,5 | 8,6 | 87 | | 7,7 | 11,17 | 24 |
| 4.4 | 15,5 | 2,8 | 8,7 | 87,2 | | 7,7 | 11,7 | 24,2 |
| 4.5 | 15,6 | 1,0 | 8,91 | 89,2 | | 7,9 | 11,2 | 24,1 |

Примечание: * – удельная электропроводность.

Минерализация воды в озере соответствовала ультрапресным водам (13,18 мг/л) и была лишь незначительно выше, чем в Верхнем Мультиинском. По величине рН вода относилась к слабо щелочным. По степени насыщения кислородом и содержанию органических веществ (по БПК₅) вода озера относится к классу чистых олигосапробных олиготрофных вод.

Среднее Мультиинское озеро (N 49°59,004", E 085°49,785") расположено в долине р. Мульта на высоте 1740 м над уровнем моря. Форма озера близка к вытянутому в меридиональном направлении прямоугольнику. Озеро значительно больше по площади акватории, чем Верхнее и Поперечное, но более мелководное. Западный и восточный берега озера представляют склоны хребтов, ограничивающие долину и покрыта каменистыми осыпями, и только у самого озера поросших хвойным лесом. Береговая полоса состоит из валунов и крупного камня. С южной стороны в озеро впадает р. Мульта, образующая дельту, обильно заросшую макрофитами. Выше по реке к озеру прилегает кочковатое болото, поросшее хвойными деревьями. На севере из озера вытекает р. Мульта, образующая своеобразную плотину, сложенную крупными валунами и отделяющую озеро Среднее от Нижнего Мультиинского. Ниже плотины река образует водопад.

Рельеф котловины озера простой чашеобразный. Глубины падают к центру озера довольно равномерно. Более крутой уклон дна наблюдается у западного и восточного берегов. В центре озера находятся максимальные глубины, достигающие до 16 м. Наиболее мелководна южная часть озера, где глубины составляют в среднем 3-6 м.

Цвет воды озера, как и других исследованных озер, зеленовато-молочный, но прозрачность воды здесь уже значительно выше (до 5 м в пелагиали), в литорали прозрачность воды доходит до дна. Повышается и температура во-

ды, до 14,1°С в пелагиали. На литоральных участках температура воды в значительной степени определялась температурой окружающей среды и на хорошо освещенных участках литорали достигала 15,1-15,2°С, в то время как на затененных участках не превышала 13,9°С.

Количество кислорода, растворенного в воде озера, колеблется от 7,27 до 9,31 мг/л. Минимальные значения отмечены у южной оконечности в районе дельты, максимальные – в северной части в литорали, что вероятно также связано с интенсивным развитием здесь фитоперифитона. По уровню минерализации и УЭП воды относится к классу ультрапресных вод. Величина рН (8,0-8,5) соответствует слабо щелочным водам.

По степени насыщения кислородом (88,7-90,7 %) и величине БПК₅ вода в озере удовлетворительной чистоты, по степени сапробности – β-мезосапробная, по уровню трофности – мезоэвтрофная. И только участок в районе дельты по степени насыщения кислородом (68,5 %) характеризуется как умеренно загрязненный, а по величине БПК₅ – олигосапробный олиготрофный.

Нижнее Мультиинское озеро (N 50°0'6,03", E 85°49'49,95") является последним из цепочки мультиинских озер. Озеро расположено на высоте 1710 м над уровнем моря, на 30 м ниже Среднего Мультиинского. Долина р. Мульта у оз. Нижнего Мультиинского расширяется, склоны, образующие долину, снижаются, берега покрыты густым кедрово-пихтовым лесом. Форма озера также, как и Среднего, напоминает вытянутый в меридиональном направлении прямоугольник. По площади акватории озеро самое крупное в цепочке мультиинских озер. Береговая полоса каменистая, почти везде поросшая густым лесом. И только в южной части берег сложен крупными валунами, которые образуют плотину, запруживающую Среднее Мультиинское озе-

ро. Со стороны северного берега – исток р. Мульты.

Цвет воды с молочно-беловатого, характерного для верхних в цепочке озер, сменяется на зеленоватый. Прозрачность воды также повышается и в пелагиале в центре озера достигает 5,7 м. Поверхностный слой воды здесь прогревается значительно сильнее, чем в других исследованных озерах. Температура воды в пелагиале достигает 15,4°C, а в литорали доходит до 15,9°C.

Содержание растворенного в воде кислорода высокое от 8,6 до 8,91 мг/л, в среднем составляет 8,74 мг/л. Минерализация воды в озере очень низкая и близка к минерализации воды в оз. Верхнее Мультиинское (от 11,2 до 11,7 мг/л), при этом величина УЭП (24,0-24,2 мкСм/см) несколько ниже. Величина рН (7,7-7,9) соответствует нейтральным водам. По степени насыщения воды кислородом (87,3-89,2 %) вода соответствует классу вод удовлетворительной чистоты, по величине БПК₅ – олигосапробным мезотрофным водам.

Обсуждение результатов исследований

Температура поверхностного слоя воды в озерах в период исследований колебалась в пределах 12,4-16,6°C, отличалась пространственной неоднородностью и, с одной стороны, была связана с высотной поясностью бассейна, с другой стороны, отражала влияние притоков. Самым холодным было озеро Верхнее Мультиинское, принимающее сток непосредственно с ледников и снежников, кроме того температура воздуха на этой высоте ниже, чем в Среднем и Нижнем Мультиинском, что уменьшает возможность прогрева. Однако температура воды в поверхностном слое в период исследований в оз. Верхнем Мультиинском была значительно выше, чем в июле 1933 г. [1] (в среднем на 5,2°C) и в июле 2008 г. [3] (в среднем на 4,3°C). В озерах Среднее и Нижнее Мультиинское температура воды была несколько выше, чем в 1933 г. (в

среднем на 0,6°C), но ниже, чем в 2008 г. (в среднем на 1,25°C).

Сток с ледников и снежников, которые непосредственно принимают озера Верхнее Мультиинское и Поперечное в значительной степени отражается на прозрачности воды. Прошедший накануне экспедиционных работ длительный дождевой паводок и, как следствие, повышение стока рек, несущих талые ледниковые воды, вероятно, явился причиной очень низкой прозрачности воды в оз. Верхнее Мультиинское (в среднем 0,4 м), что на 1,4 м меньше, чем в 1933 г. Высокая мутность воды оз. Верхнего Мультиинского, обусловленная мутностью воды ручьев, впадающих в озеро, отмечена в исследованиях Н.Л. Фроловой с соавт. [3]. По их данным мутность воды ручьев, впадающих в оз. Верхнее, варьировала за период наблюдений от 0,29 мг/л до 157,19 мг/л, что объясняется разными источниками питания ручьев и противоэрозийной устойчивостью подстилающих грунтов при прохождении ливней в период проведения наблюдений. В ручье ледникового происхождения на правом борту водосбора озера после прохождения ливневых дождей, по данным Н.Л. Фроловой с соавт. [3], мутность воды возросла более чем на порядок: с 13,0 мг/л до 157 мг/л. По мере удаления от ледников прозрачность воды в озерах повышалась, и в Среднем Мультиинском в период наблюдений она уже составляла в пелагиале 5,0 м, что на 1,3 м выше, чем было отмечено О.А. Алекиным. Наиболее прозрачным было Нижнее Мультиинское озеро (5,7 м), что было отмечено и предыдущими исследователями [1, 3].

Содержание растворенного в воде кислорода в поверхностном слое воды в Мультиинских озерах колебалась в пределах от 7,27 до 9,49 мг/л, наибольшие значения были отмечены в оз. Верхнем Мультиинском. Более высокое содержание кислорода в поверхностном слое оз. Верхнего Мультиинского, по срав-

нению с другими мультинскими озерами, отмечали О.А. Алекин [1] и Н.Л. Фролова с соавт. [3]. В Верхнем Мультинском озере О.А. Алекин [1] наблюдал равномерное распределение по глубине растворенного кислорода (в среднем 8,6 мг/л). В Среднем Мультинском, по его наблюдениям, содержание растворенного кислорода в поверхностном слое воды составляло – 7,9 мг/л, в Нижнем Мультинском озере – 7,7 мг/л. Для холодных вод оз. Верхнего Н.Л. Фролова с соавт. [3] отмечали высокое абсолютное содержание кислорода (10,24 мг/л), по их данным, у поверхности концентрация кислорода в оз. Верхнем была больше, чем в озерах Среднем и Нижнем на 1,88 и 1,41 мгО₂/л, соответственно.

Поверхностные воды бассейна р. Мульта относятся к пресным и ультрапресным гидрокарбонатно-кальциевым I типа [1]. В исследованный период минерализация воды в озерах составляла от 10,5 до 13,2 мг/л, наибольшие величины отмечены для озера Поперечное и Верхнее Мультинское. Полученные результаты практически совпадали с данными О.А. Алекина [1] и Н.Л. Фроловой с соавт. [3] за летний период 1933 и 2008 гг., соответственно, но были значительно ниже тех, которые указывали В.А. Семенова с соавт. за сентябрь 2003 г. [2]. Химический состав речных и озерных вод бассейна р. Мульта формируется вследствие выщелачивания химических элементов из горных пород и почв, а также их поступления с атмосферными осадками и талыми ледниковыми водами. Атмосферные осадки, выпадающие на водосборе р. Мульта, характеризуются малой минерализацией [3], и вероятно, прошедшие накануне исследований дождевые паводки явились причиной низкой минерализации воды.

Величина рН изменялась от 7,3 до 8,5 и соответствовала нейтральным и слабо щелочным водам. По сравнению с данными 1930-х гг. (6,9-7,1) вода в

озерах стала более щелочной. Однако в 2003 [2] и 2008 гг. [3] вода в озерах была слабо кислой (рН=5,2-6,3 – в 2003 г. и 5,69-7,19 – в 2008 г.). Более кислую реакцию воды Н.Л. Фролова с соавт. [3] связывают с возрастанием доли кислых ледниковых и талых снеговых вод в питании реки и ее притоков в эти годы.

По величине БПК₅ вода озера Поперечное относится к классу чистых олигосапробных олиготрофных вод с очень низким содержанием органических веществ. Вода оз. Верхнее Мультинское в истоке р. Мульта относится к классу вод удовлетворительной чистоты β-мезосапробных мезотрофных. Вода в литорали озера Среднее и Нижнее Мультинское относится к классу чистых олигосапробных мезотрофных вод. По сравнению с данными 1930-х гг. качество воды в оз. Нижнее Мультинское не изменилось, однако снизилось качество воды в озерах Верхнее и Среднее. По данным О.А. Алекина [1], в озерах Верхнее и Среднее по величине перманганатной окисляемости (3,05 и 3,88, соответственно) вода этих озер относилась к классу чистых олигосапробных олиготрофных вод. Повышение величины сапробности и трофности воды этих озер в литорали в 2020 г. может быть связано с обильным развитием здесь фитоперифитона на камнях.

Удельная электропроводность служит приблизительным показателем суммарной концентрации электролитов, главным образом неорганических. Значение электропроводности характеризует буферную емкость раствора: чем больше концентрация сильных электролитов в растворе, тем выше буферная емкость раствора, т.е. его способность сопротивляться внешним воздействиям [6]. Поверхностные воды исследованных озер имеют низкую электропроводность (22,7-28,2 мкСм/см), особенно воды оз. Среднее Мультинское, и, следовательно, более уязвимы к внешним воздействиям. Повышение рекреационной нагрузки на озера в последние годы

может привести к значительным изменениям во всей экосистеме водоема.

Заключение

Таким образом, по сравнению с данными предыдущих исследователей во всех озерах отмечено повышение температуры поверхностного слоя воды, а также значительное уменьшение прозрачности воды в Верхнем Мультинском озере. Концентрация растворенного в воде кислорода, рН и минерализация воды, по сравнению с данными 1930-х гг., существенно не изменились.

Авторы выражают благодарность за помощь в организации сбора материала заместителя директора по научной работе Государственного природного биосферного заповедника «Катунский» Т.В. Яшину и сотрудников заповедника.

Список литературы

1. Алекин О.А. Озера Катунских Альп // Исследования озер СССР. – Л., 1935. – Вып. 8. – С. 153-232.
2. Семенов В.А., Больбух Т.В., Семенова И.В. Гидролого-гидрохимическая характеристика водных объектов высокогорий бассейна р. Катунь (Горный Алтай) на пороге XXI в. // Материалы гляциологических исследований. – 2006. – Вып. 101. – С. 128-134.
3. Фролова Н.Л., Повалишникова Е.С., Ефимова Л.Е. Комплексные исследования водных объектов Горного Алтая (На примере бассейна р. Мульти) – 75 лет спустя // Изв. РАН. Серия географическая. – 2011. – № 2. – С. 113-126.
4. Руководство по методам химического анализа поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.
5. Оксийук О.П., Жукинский В.Н., Брагинский П.Н. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журнал. – 1993. – Т. 29. – № 4. – С. 62-76.
6. Румянцев В.А., Игнатьева Н.В. Система ранней диагностики кризисных экологических ситуаций на водоемах. – СПб.: ВВМ, 2006. – 152 с.

References

1. Alekin O.A. Oзера Katunskikh Alp // Issledovaniya ozer SSSR. – L., 1935. – Vyp. 8. – S. 153-232.
2. Semenov V.A., Bolbukh T.V., Semenova I.V. Hidrologo-gidrokhimicheskaya kharakteristika vodnykh obyektov vysokogory basseyna r. Katun (Gornyy Altay) na poroge XXI v. // Materialy glyatsiologicheskikh issledovany. – 2006. – Vyp. 101. – S. 128-134.
3. Frolova N.L., Povalishnikova Ye.S., Yefimova L.E. Kompleksnyye issledovaniya vodnykh obyektov Gornogo Altaya (Na primere basseyna r. Multy) – 75 let spustya // Izv. RAN. Seriya geograficheskaya. – 2011. – № 2. – S. 113-126.
4. Rukovodstvo po metodam khimicheskogo analiza poverkhnostnykh vod sushi. – L.: Gidrometeoizdat, 1977. – 541 s.
5. Oksiyuk O.P., Zhukinsky V.N., Braginsky P.N. i dr. Kompleksnaya ekologicheskaya klassifikatsiya kachestva poverkhnostnykh vod sushi // Gidrobiol. zhurnal. – 1993. – T. 29. – № 4. – S. 62-76.
6. Rumyantsev V.A., Ignatyeva N.V. Sistema ranney diagnostiki krizisnykh ekologicheskikh situatsiy na vodoyemakh. – SPb.: VVM, 2006. – 152 s.

TO HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS
OF HIGH ALTITUDE LAKES IN THE RIVER MULTA BASIN
(GORNY ALTAI)

E.Yu. Zarubina, G.V. Fetter

Institute for Water and Environmental Problems of the SB RAS, Barnaul, E-mail: zeur11@mail.ru

Hydrological and hydrochemical survey of mountain lakes located in the upper reaches of the river. The surveys (Gorny Altai) were carried out in July 2020. This made it possible to assess the current state of the studied lakes. Based on the analysis of the data of previous researchers, the dynamics of the changes in the chemical composition of natural waters over an almost 90-year period has been revealed.

Key words: water transparency and temperature, oxygen concentration, pH, mineralization, Multinskie lakes, Gorny Altai.

Received December 1, 2020