

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 556.53 + 556.55 (571.151)

Л. Е. ЕФИМОВА, Е. С. ПОВАЛИШНИКОВА, Н. Л. ФРОЛОВА

Московский государственный университет

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БАСЕЙНА РЕКИ МУЛЬТЫ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Приведены результаты комплексного гидролого-гидрохимического исследования рек и озер в верховьях бассейна р. Мульты (Горный Алтай), проведенного в июле–августе 2008 г. Выявлены особенности водного режима и механизм формирования стока растворенных веществ в труднодоступной части горно-ледниковых бассейнов. На основе анализа данных экспедиций О. А. Алёкина в 1933 г. и материалов исследований кафедры гидрологии суши Московского университета в 2008 г. оценены изменения показателей химического состава природных вод за 75-летний период.

Ключевые слова: Алтай, горно-ледниковый бассейн, биосферный заповедник, трансформация стока.

We report the results from a comprehensive hydrologo-hydrochemical investigation of the rivers and lakes in the upper reaches of the Multa river basin (Gorny Altai) as made in July–August 2008. The study revealed the characteristic features of the water regime, and the formation mechanism for dissolved matter runoff in an almost impassable portion of the mountain-glacier basin. Variations of the chemical composition indices of natural waters for a 75-year period have been estimated on the basis of analyzing the observational evidence from O. A. Alekin's field expeditions in 1933, and the research findings obtained by the Land Hydrology Department of Moscow University in 2008.

Keywords: Altai, mountain-glacier basin, biosphere reserve, runoff transformation.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование водных объектов горно-ледниковых бассейнов Кузнецкого Алатау и Алтая представляет исключительную важность при комплексном анализе современного состояния природных вод в бассейне Верх. Оби. В течение 2006–2009 гг. студенты и преподаватели кафедры гидрологии суши географического факультета Московского государственного университета проводили комплексные гидролого-гидрохимические исследования рек и озер Кузнецкого Алатау (верховья рек Уса, Черный и Белый Июс, Верх. и Сред. Терси) [1] и Алтая (бассейн р. Мульты).

Расположение исследуемых объектов в пределах территорий Государственного природного заповедника «Кузнецкий Алатау» и природного биосферного заповедника «Катунский», не подверженных антропогенному воздействию, дает возможность получить представление о фоновых характеристиках химического состава природных вод данного региона. Полученные материалы позволяют выявить особенности водного режима и механизм формирования стока растворенных веществ в труднодоступной части горно-ледниковых бассейнов, а также значимость отдельных факторов их формирования.

Внимание исследователей к бассейну р. Мульты было приковано с начала XX в. Одним из первых Мультинские озера описал В. В. Сапожников в монографиях «К истокам Катуня» [2] и «Пути по Русскому Алтаю» [3]. Впервые комплексное исследование озер Катунского хребта предпринято в 1925–1934 гг. экспедицией Государственного гидрологического института, которой руководила С. Г. Лепнева. По результатам этой экспедиции О. А. Алёкин опубликовал фундаментальный обзор [4]. Он провел частичный химический анализ воды и образцов ила Мультинских озер. Современный этап изучения долины Мульты связан с экспедиционными исследованиями В. А. Семёнова, Т. В. Большух, И. В. Семёновой в 2000–2004 гг. [5].

© 2011 Ефимова Л. Е. (ef_river@mail.ru), Повалишников Е. С. (almond_a@mail.ru), Фролова Н. Л. (frolova_nl@mail.ru)

В сентябре 2003 г. отбор проб воды из девяти озер бассейна Мульты произвели сотрудники Катунского заповедника. Химический состав воды определяли в лаборатории Горно-Алтайского университета [5]. Летом 2008 г. было продолжено комплексное изучение водных объектов рассматриваемой территории, что позволило получить новые данные об их режиме.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Бассейн Мульты приурочен к среднегорной части Центрального Алтая, образованного Южно-Чуйским и Катунским хребтами. Река Мульта, истоки которой находятся на абс. выс. 2350–2400 м в гляциально-нивальном поясе Катунского хребта, является правым притоком Катуня. Длина Мульты 39 км, площадь бассейна 320 км², его средняя высота 1950 м над ур. моря. Одна из важнейших особенностей бассейна — широкое распространение горного оледенения. В бассейне реки насчитывается 26 ледников общей площадью 14,3 км², которые оказывают существенное влияние на формирование стока рек и химический состав природных вод [6]. Средняя высота нижней границы ледников в бассейне Мульты соответствует 2330 м абс. выс. Начало их таяния — май–июнь, конец таяния — август–сентябрь. Летние снегопады часто замедляют и сокращают периоды абляции. Большая доля в питании реки принадлежит снегу. В долине Мульты на высотах 1700–2000 м расположена группа Мультигинских озер.

Гидролого-гидрохимические исследования 2008 г. проводились на большинстве водных объектов в верхней части бассейна Мульты. В процессе полевых работ измерялись температура, мутность, электропроводность и рН ледниковых и грунтовых вод, питающих реку и ее озера (рис. 1). В озерах помимо указанных характеристик определялась концентрация растворенного кислорода, отбирались

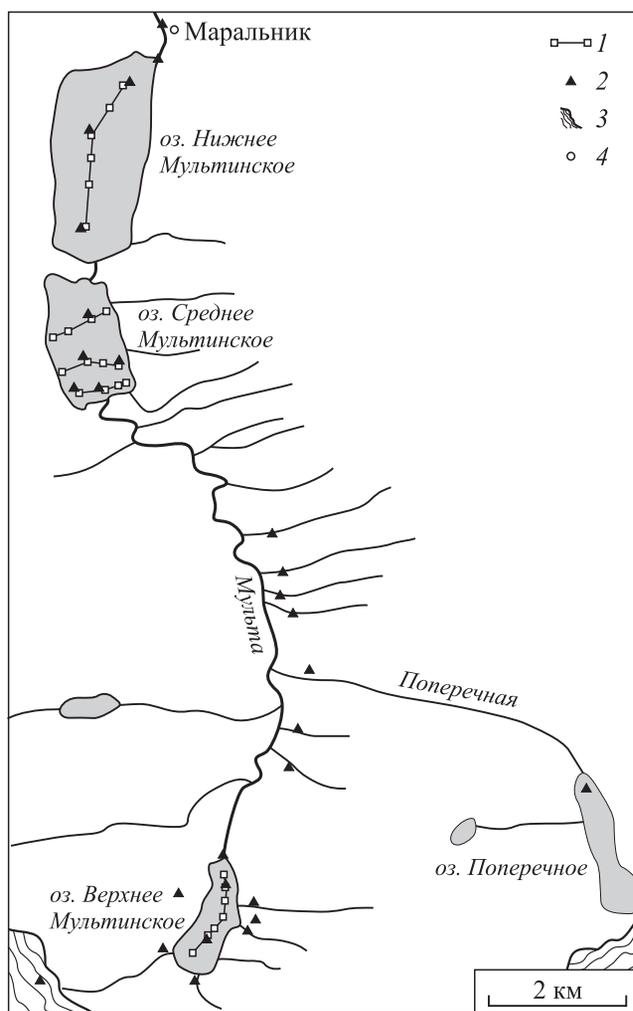


Рис. 1. Точки отбора проб на исследуемом участке бассейна р. Мульты.

1 — гидрологические разрезы; 2 — точки отбора проб; 3 — ледники; 4 — населенный пункт.

пробы для последующего анализа химического состава вод и содержания в них отдельных микроэлементов. Пробы воды фильтровались через мембранный фильтр (0,45 мкм), и проводилась их консервация для последующего определения в составе микроэлементов. Лабораторный анализ содержания главных ионов и биогенных элементов выполнен по известным методикам [7, 8].

Достоверность полученных данных подтверждается хорошей сходимостью результатов определения двумя методами: капиллярным электрофорезом в гидрохимической лаборатории кафедры гидрологии суши МГУ и ICP-MS в лаборатории геологических явлений и процессов Обсерватории Midi-Pyrénées (г. Тулуза).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Детальные гидрометрические работы проходили в период с 22 по 28 июля 2008 г. на каскаде Мультигинских озер. В результате получены современные морфометрические характеристики озер (табл. 1) и построены их батиметрические картосхемы.

В каровой котловине оз. Верхнее Мультигинское с течением времени ледником было выработано конусовидное углубление. Наиболее резкое изменение глубин характерно для южной, юго-западной и юго-восточной частей озера (примерно на 0,8 м вглубь на каждый метр удаления от берега). Дно в северной части более пологое, чем в южной. У истока Мультиги глубина водоема не превышает 5 м, а ее дно завалено топляком.

Примерно в 7,5–8 км от истока река с юга впадает в оз. Среднее Мультигинское, расположенное между двумя хребтами с осыпными склонами крутизной около 20°. Озеро находится на абс. выс. 1650 м и имеет практически прямоугольные очертания. Перед впадением в него река сильно меандрирует и разделяется на рукава. Ее долина образует широкую заболоченную дельту. С севера озеро ограничено валунно-глыбовой перемычкой Шумы между Средним и Нижним Мультигинскими озерами, поросшей по краям мелким кустарником. Длина перемычки 150 м, высота 30 м.

Резкое нарастание глубины в озере начинается непосредственно от берега, и уже в 100 м от него она достигает 13–14 м. В центральной части водоема глубина изменяется мало и составляет 14–16,5 м. Выделяются лишь два относительно мелководных участка: область впадения реки в озеро и северная его оконечность в районе Шумов. Выположенное днище долины вдоль южного берега оз. Среднего частично заболочено водой реки и представляет собой мелководную полосу шириной около 70 м с глубинами 1,5–3 м. В северо-западной части озера имеется мелководный залив глубиной до 3 м.

Последнее в каскаде — оз. Нижнее Мультигинское. Склоны озерной котловины крутизной около 15° густо поросли лесом, за исключением безлесного участка на юго-восточном склоне хребта, выгоревшего несколько лет назад. Здесь же наблюдаются молодые каменные осыпи. В плане озеро имеет форму неправильного прямоугольника со слегка вытянутым северо-восточным углом. Берега ровные, на восточном берегу выделяются небольшие заливы. В среднем в 100 м от берега глубина озера составляет 14–15 м; днище практически плоское.

Все озера Мультигинского каскада (далее будем именовать их как Верхнее, Среднее и Нижнее), несмотря на некоторые различия гидрологических характеристик, очень похожи. Их дно в основном сложено галькой, валунами и глыбами. Присутствуют среди отложений илы: их мощность постепенно увеличивается от Верхнего озера к Нижнему. Характерно и постепенное увеличение прозрачности воды в каскаде: самым прозрачным является оз. Нижнее.

Таблица 1

Морфометрические характеристики Мультигинских озер

Характеристики	Мультигинские озера		
	Верхнее	Среднее	Нижнее
Площадь водной поверхности, тыс. м ²	426	917	1822
Длина береговой линии, м	3370	4550	6410
Длина озера, м	1420	1700	2780
Наибольшая ширина, м	430	650	815
Средняя ширина, м	300	540	656
Средняя глубина, м	21,4	10,5	14,3
Максимальная глубина, м	46,6	16,8	20,2
Объем озера, тыс. м ³	9098	9674	26 009

Температура воды в бассейне Мульты отличается пространственной неоднородностью, отражающей высотную поясность бассейна и трансформацию теплового стока по мере пространственно-временного прогрева ледниковых и грунтовых вод в системе стока Мульты, зарегулированного каскадом Мультигинских озер. Наиболее холодной оказалась вода оз. Верхнего, ее средняя температура в поверхностном слое была на 5 °С ниже, чем в оз. Среднем, и на 7 °С ниже, чем в оз. Нижнем. Верхнее озеро принимает сток непосредственно с ледников и снежников, к тому же среднесуточные и максимальные температуры воздуха на этих высотах ниже, чем в остальной части бассейна, а значит, и возможность прогрева вод в самом озере меньше. В истоке Мульты температура воды в период наблюдений составила 10,1 °С. Аккумулируясь в каскаде Мультигинских озер, ледниковые и грунтовые воды с верховьев бассейна и со склонов долины реки постепенно нагреваются и переносят вниз по течению более высокую тепловую составляющую, чем она могла бы быть в аналогичных условиях при отсутствии проточных озер в ее русле.

Все озера характеризуются классической вертикальной термической структурой вод, в которой выделяются эпи-, мета- и гипolimнион. При приблизительно одинаковой мощности эпилимниона его средняя температура в озерах заметно различается, что обусловлено постепенным прогревом вод и высотной поясностью озер. Перемешивание вод в русле реки на участках между озерами и в самих озерах приводит к уменьшению вертикальных градиентов температуры в металимнионе, заглоблению гипolimниона и повышению его средней температуры (табл. 2).

Поверхностные воды бассейна Мульты, согласно классификации О. А. Алёкина [4], относятся к пресным и ультрапресным гидрокарбонатным кальциевым водам первого типа. Летом 2008 г. минерализация водотоков не превышала 50 мг/л, величина рН изменялась в диапазоне 5,69–7,19. По сравнению с данными 1930-х гг. величина рН снизилась на 1–2 ед. Возможно, интенсивное таяние ледников, дополнительное увеличение снеготопливов в весенний период и перераспределение стока в течение года привели к возрастанию доли кислых ледниковых и талых снеговых вод в питании реки и ее притоков.

Химический состав речных и озерных вод бассейна Мульты формируется вследствие выщелачивания химических элементов из горных пород и почв и их поступления с атмосферными осадками и тальми ледниковыми водами.

Образцы осадков (свежевыпавший снег и дождевая вода), отобранные в период проведения экспедиционных исследований в июле 2008 г., были слабокислыми (рН = 5,25), имели минерализацию <2 мг/л и смешанный состав, который менялся в зависимости от метеорологических условий, определяющих степень загрязненности воздуха аэрозольными частицами и газовыми микропримесями. В дождевой воде отмечено незначительное преобладание хлоридов. Относительное содержание иона кальция превышало долю остальных катионов более чем в два раза.

Первоначальный химический состав льда и снега на леднике трансформируется под влиянием процессов испарения и конденсации на его поверхности, а также в результате таяния и повторного замерзания воды, наблюдающихся в теплое время года. Фирн, отобранный на одном из ледников в верховьях бассейна Мульты, был значительно загрязнен минеральными частицами: его минерализация превосходила минерализацию снега почти в семь раз. Трансформация ионного состава выразилась также в изменении соотношений между гидрокарбонатами и хлоридами.

Поступление химических элементов в поверхностные воды бассейна в результате химического выветривания горных пород преобладает над вкладом, который дают атмосферные осадки и ледниковые воды. Горные породы, слагающие водосбор в верховьях Мульты, — кристаллические сланцы и гнейсы — состоят преимущественно из кварца, калиевых полевых шпатов и плагиоклаза, содержащих SiO₂, K₂O, Fe₂O₃, CaO, Al₂O₃ [9]. Сильная расчлененность рельефа, большое количество осадков определяют повышенное значение модуля поверхностного и подземного стока и незначительное время контакта вод с породами. Тем не менее воды довольно интенсивно взаимодействуют с рыхлым нивальным мелкоземом и обогащаются химическими элементами. Первый этап метаморфизации вод характеризуется увеличением содержания большинства химических элементов, причем минерализация воды закономерно увеличивается вниз по течению реки.

Таблица 2

Структура водной массы Мультигинских озер

Озеро	Эпилимнион		Металимнион		Гиполимнион	
	мощность, м	средняя Т, °С	глубина, м	градиент Т, °С/м	глубина, м	средняя Т, °С
Верхнее	4–5	10,5	5–7	1,5	> 7	5
Среднее	4	15,5	4–8	0,75	> 8	7
Нижнее	4	16,5	4–10	0,7	> 10	8

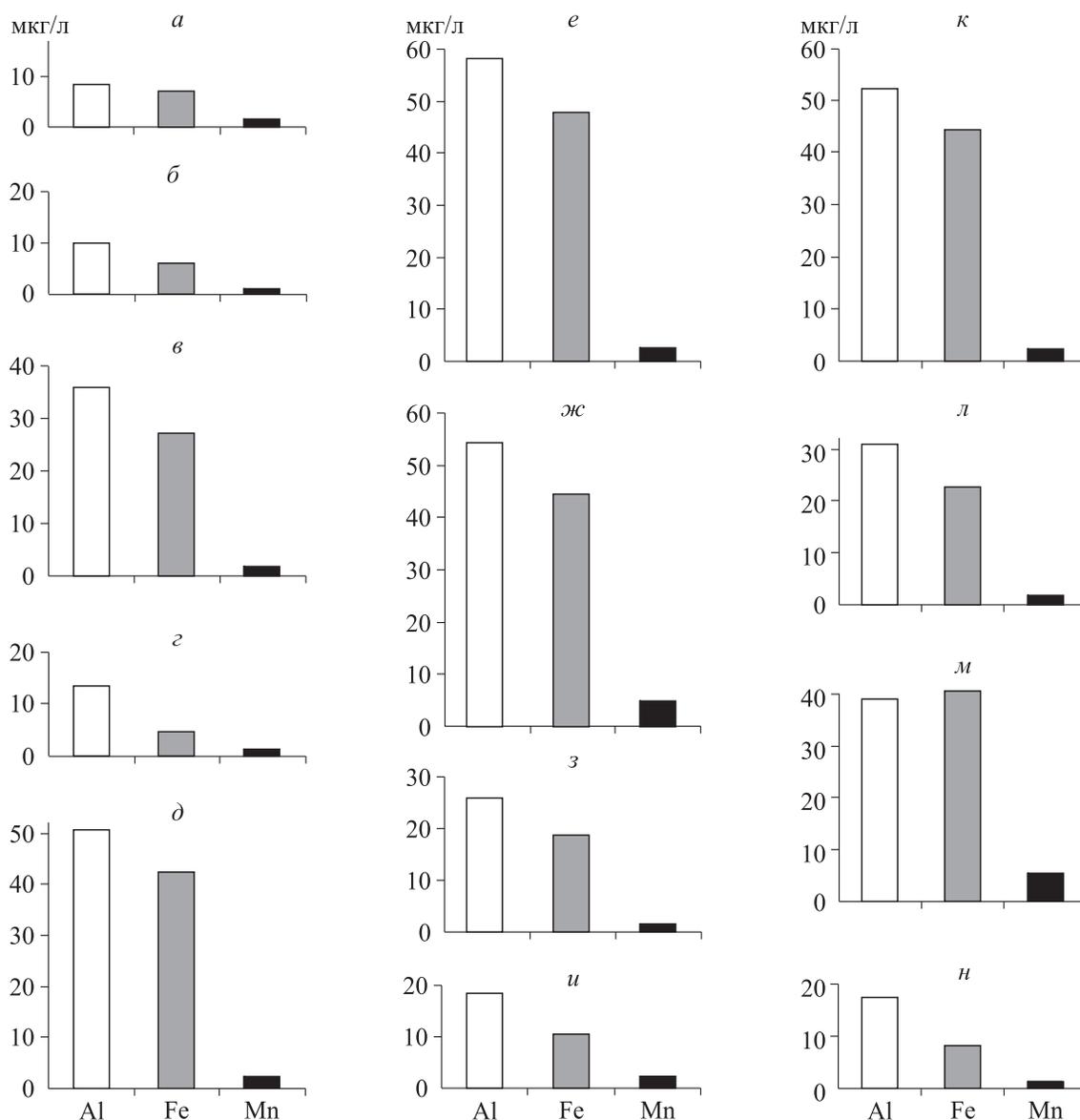


Рис. 2. Концентрация растворенных форм алюминия, железа и марганца в водных объектах верховьев р. Мульты.

Места отбора проб: *а* — снег с ледника; *б* — вода, вытекающая из-под ледника на водосборе оз. Верх. Мультинского; *в* — ручей ледникового питания в вершине озера; *г* — ручей ледникового питания по правому берегу озера; *д* — оз. Верх. Мультинское (поверхность); *е* — исток из оз. Верх. Мультинского, *ж* — заболоченный ручей, *з* — р. Поперечная; *и* — оз. Поперечное (поверхность); *к* — оз. Сред. Мультинское (поверхность); *л* — оз. Ниж. Мультинское (поверхность); *м* — исток из оз. Ниж. Мультинского; *н* — р. Мульта (пос. Маральник).

В речных и озерных водах преобладали гидрокарбонаты (7–9 мг/л) и ионы кальция (2–4 мг/л), относительное содержание которых изменялось в диапазоне 32–39 и 29–34 %-экв соответственно. Концентрация сульфатов не превышала 2 мг/л. Хлориды, фториды, ионы магния, натрия и калия содержались в количестве менее 1 мг/л. Соотношение между катионами в водах — следствие изменений в составе минералов, входящих в состав горных пород, слагающих водосбор реки.

В речных водах горных районов Алтая большая часть микроэлементов мигрирует во взвешенном состоянии [10]. Поэтому концентрация их растворенных форм невелика. Наибольшее содержание (десятки мкг/л) характерно для кремния, алюминия, железа, цинка, стронция, марганца, что обусловлено высокими кларками этих элементов в земной коре, и отражает состав пород и почв, слагающих водосбор р. Мульты (рис. 2). На порядок меньше (0,1–1 мкг/л) содержание в водных объектах ванадия, хрома, меди, никеля, свинца, молибдена и титана (табл. 3). Концентрация растворенного кобальта и кадмия не превышает 0,05 мкг/л. Количественные показатели микроэлементов в целом сопоставимы с соответствующими

**Концентрации растворенных форм микроэлементов в водных объектах
верховьев бассейна р. Мульты, мкг/л**

Объект	V	Cd	Co	Cr	Ni	Cu	Mo	Pb
Свежевыпавший снег	0,06	0,02	0,01	0,03	0,07	0,12	0,03	0,22
Дождь	0,02	0,01	0,01	0,07	0,23	0,55	0,04	0,15
Вода на поверхности ледника	0,06	0,02	0,04	0,01	0,08	0,14	0,02	0,13
Вода, вытекающая из-под ледника	0,05	0,01	0,00	0,03	0,04	0,34	0,13	0,15
Грунтовые воды	0,18	0,00	0,01	0,07	0,04	0,49	0,00	0,02
Ручей ледникового питания (приток оз. Верх. Мультиинское)	0,12	0,00	0,01	0,12	0,08	0,48	0,25	0,05
оз. Верх. Мультиинское, поверхность	0,11	0,01	0,03	0,11	0,12	0,47	0,20	0,08
Исток Мульты из оз. Верх. Мультиинское	0,15	0,01	0,03	0,14	0,15	0,64	0,22	0,08
р. Поперечная	0,12	0,01	0,01	0,11	0,07	0,47	0,22	0,16
Исток Мульты из оз. Ниж. Мультиинское	0,13	0,01	0,02	0,11	0,12	0,77	0,24	0,09
р. Мульта, пос. Маральник	0,25	0,01	0,01	0,09	0,10	0,76	0,31	0,06
Фоновое содержание, по [11]	0,9	0,08	0,2	0,3	3,3	0,5	4,3	0,3

ющими величинами для ледниковых [11, 12], поверхностных [10] и подземных [13] вод на территории Горного Алтая. Концентрация большинства химических элементов, будучи довольно однородной в водных объектах бассейна Мульты, возрастает вниз по течению реки, а в озерах увеличивается от поверхности ко дну.

Анализ корреляционных матриц содержания растворенных форм микроэлементов показывает, что алюминий, железо, кремний, титан, ванадий, хром, стронций и рубидий имеют природные источники поступления. В придонных горизонтах озер Верхнего и Среднего, так же, как и в воде притока, дренирующего заболоченную территорию между этими озерами, одновременно с заметным увеличением концентрации железа возрастает содержание марганца. В этих горизонтах поступление Mn может быть обусловлено его высвобождением из донных отложений при снижении значений pH и уменьшении концентрации кислорода.

В водах Мульты, а также в поверхностных горизонтах озер и ручьев (преимущественно ледникового питания) связь между концентрацией Fe и Mn отсутствует. Но существует довольно тесная ($r = -0,84$) обратная линейная связь между содержанием Mo и Pb, позволяющая предположить, что эти элементы имеют разное происхождение. Вероятнее всего, свинец, как и кадмий, не выщелачивается из горных пород и почв, а поступает в водные объекты с атмосферными осадками. Грунтовые воды характеризуются наименьшим содержанием этих элементов (см. табл. 3).

Незначительное содержание микроэлементов (в первую очередь тяжелых металлов) в водных объектах бассейна р. Мульты свидетельствует об отсутствии загрязнения вод. Концентрации большинства веществ значительно ниже фоновых или близки к ним [14]. Повышенные концентрации Zn, Cu, Ni и Mn в дождевой воде, а Pb в пробе свежевыпавшего снега свидетельствуют об аэротехногенном загрязнении ледников бассейна Мульты. Авторами работ [11, 15] было показано, что ледники Алтая по сравнению с другими ледниковыми бассейнами мира загрязнены такими металлами, как свинец, медь и цинк.

В верховьях бассейна Мульты содержание в воде растворенного фосфора не превышало 10 мкг/л, что заметно ниже концентраций P-PO₄, наблюдавшихся в 2003 г. [5]. Более высокое его содержание (до 28 мкг/л) отмечено в поверхностных горизонтах Верхнего и Среднего озер, а также оз. Поперечного. Вертикальное распределение минерального фосфора в озерах обратно пропорционально распределению кремния.

Генезис вод, питающих верховья бассейна Мульты, был определен по совокупности значений мутности, температуры и минерализации воды. В ручьях с ледниковым питанием минерализация изменялась в диапазоне 7–15 мг/л. Грунтовые воды, отобранные в верховьях Мульты, характеризовались минерализацией 40–45 мг/л, поэтому при увеличении доли грунтовой составляющей в питании вод притоков их минерализация возросла до 18–22 мг/л.

Ледники и снежники по бортам долины реки в теплый период года питают огромное количество ручьев, размывающих тонкодисперсный материал моренных валов, горные породы и почвы. Большая часть взвешенных частиц, смываемых с водосбора, оседает в каскаде Мультиинских озер. Наибольшая мутность воды отмечена в оз. Верхнем, принимающим сток непосредственно с ледников и снежников

в верховьях бассейна. Концентрация взвеси в озере изменялась от 10,74 мг/л на поверхности до 17,74 мг/л на глубине 45 м. Мутность воды ручьев, впадающих в озеро, варьировала в период наблюдений от 0,29 до 157,19 мг/л. Изменение мутности воды в таком широком диапазоне значений объясняется, с одной стороны, разными источниками питания ручьев, с другой — разной противозероэрозийной устойчивостью подстилающих грунтов.

Так, в ручье ледникового происхождения по правому борту водосбора озера после прохождения ливневых дождей 25–26 июля, размывших мелкие илистые отложения, мутность воды возросла более чем на порядок — с 13,0 мг/л 24 июля до 157 мг/л 26 июля при увеличении минерализации с 15,4 до 25,2 мг/л соответственно. В то же время мутность воды в ручье с преимущественно грунтовым питанием (минерализация 35,0 и 20,6 мг/л) по правому борту долины изменялась от 0,51 до 0,81 мг/л (24 и 26 июля соответственно). Значительное уменьшение минерализации воды во втором ручье объясняется разбавлением грунтовых вод дождевыми. Как было установлено, три ручья по правому борту долины (между озерами Верхним и Средним) связаны с выходами грунтовых вод, остальные водотоки, включая р. Поперечную, имели ледниковое происхождение.

В оз. Среднем были зафиксированы не только самая высокая мутность воды (37,6 мг/л) из всех озер системы, но и промежуточный максимум мутности, располагавшийся на нижней границе эпилимниона и в металимнионе в слое 6–10 м (рис. 3). Сезонная весенне-летняя водная масса эпилимниона характеризовалась быстрым понижением температуры воды, увеличением ее минерализации и, соответственно, плотности. В результате тонкодисперсный материал, находящийся во взвешенном состоянии, не оседая, скапливался в этом горизонте как на промежуточном дне.

Наиболее выраженный скачок плотности воды отмечен в прибрежных водах (см. рис. 3, б), причем на участках, наиболее удаленных от стоковой струи речной воды, увеличивающей роль динамического перемешивания в центральной части озера (см. рис. 3, а) и способствующей вертикальному выравниванию гидрофизических характеристик воды. Относительно повышенное содержание взвешенных частиц в оз. Среднем связано со склоновым смывом подстилающих пород при прохождении дождей (незадолго до начала полевых исследований между озерами Верхним и Средним сошел небольшой сель). С водосбора в последующее за селом время продолжала поступать вода с меньшей мутностью, постепенно вытесняя со стоковым течением область повышенной мутности в нижнюю часть озера. Одновременно происходило постепенное оседание взвеси. Наиболее прозрачным из трех озер оказалось оз. Нижнее (на поверхности мутность воды составляла 2,4 мг/л, у дна — 5,2 мг/л).

Содержание растворенного кислорода в Мультигинских озерах в период наблюдений изменялось от 10,24 мг/л в поверхностном слое до 5,08 мг/л у дна. Для холодных вод оз. Верхнего характерно высокое абсолютное содержание кислорода. Здесь даже на глубине 45 м содержание кислорода в воде (8,82 мгО₂/л) больше, чем в приповерхностном слое вод озер, расположенных ниже. У поверхности концентрация О₂ в оз. Верхнем была выше, чем в Среднем и Нижнем озерах на 1,88 и 1,41 мгО₂/л

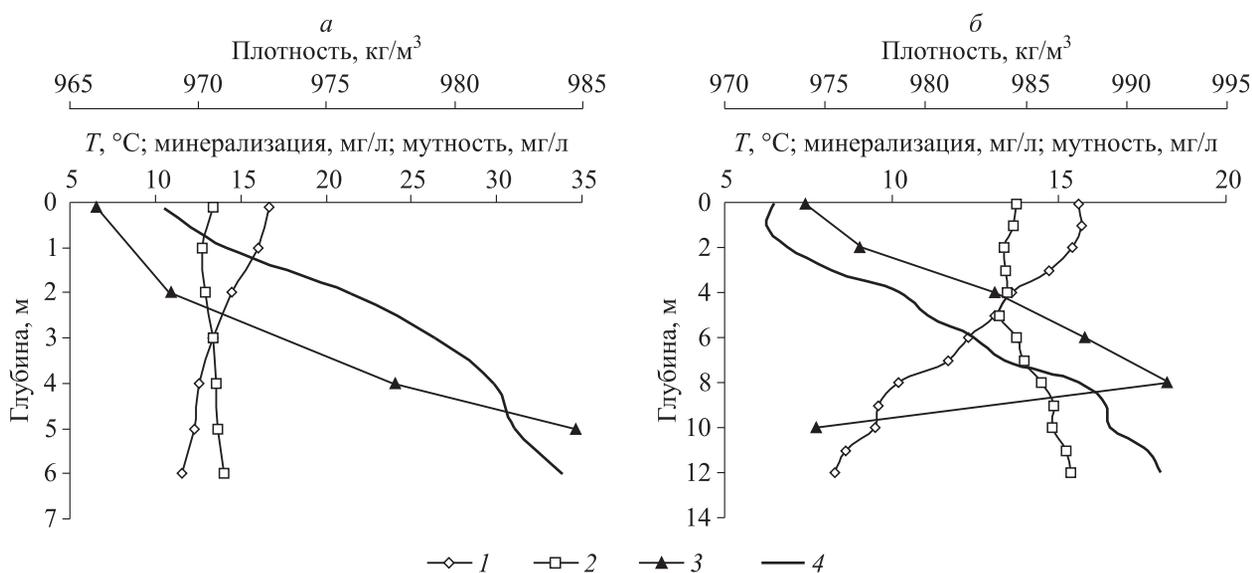


Рис. 3. Вертикальное распределение температуры (1), минерализации (2), мутности (3) и плотности (4) воды в оз. Сред. Мультигинском по данным измерений 22 июля 2008 г.

Части озера: а — центральная, б — прибрежная.

соответственно. В придонном слое разница в содержании кислорода значительно увеличивалась — соответственно на 3,74 мгО₂/л больше, чем в Среднем, и на 2,95 мгО₂/л, чем в Нижнем. Вследствие слабого фотосинтеза в холодном олиготрофном озере Верхнем относительное содержание кислорода на поверхности ниже (88,7 %) по сравнению с остальными озерами, а в придонных горизонтах — высокое (на глубинах 30 и 45 м — 82 и 71 % соответственно). В оз. Среднем у поверхности содержание кислорода составило 100 %, на глубине 15 м в Среднем и Нижнем оно не превышало 50 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате комплексного гидролого-гидрохимического обследования водных объектов в верховьях бассейна р. Мульты установлено, что ручьи и реки здесь четко делятся по преобладающему питанию на ледниковые (с температурой воды от 3–4 °С под ледником до 10–12 °С на значительном удалении от него, минерализацией 12–20 мг/л и мутностью 4–9 мг/л) и грунтовые, отличающиеся экстремально низкими значениями мутности (0,4–1,2 мг/л) и температуры воды (2–4 °С), но повышенной минерализацией (40–45 мг/л).

Выпадающие обильные осадки приводят к резкому увеличению мутности воды в ручьях и реках бассейна. Большая часть взвешенных частиц, смываемых с водосбора, оседает в каскаде Мультигинских озер.

Содержание растворенного кислорода в Мультигинских озерах в период проведения съемки составляло от 10,24 мг/л в поверхностном слое до 5,08 мг/л у дна. Наибольшая стратификация водной массы наблюдалась в оз. Среднем, а наиболее однородно содержание кислорода по глубине в оз. Верхнем.

В июле 2008 г. минерализация вод Мульты в верхнем течении не превышала 22 мг/л. Наименее минерализованными (5–11 мг/л) были воды притоков, имеющих ледниковое питание. При увеличении доли грунтовой составляющей минерализация вод притоков возрастала до 20–45 мг/л.

Величина рН в поверхностных водах составила 5,89–7,19. Самые низкие значения отмечены в пробах атмосферных осадков (5,2–5,3). По сравнению с данными 1930-х гг. водородный показатель снизился на 1–2 ед. Одна из гипотез, объясняющих подобное изменение, предполагает увеличение доли кислых талых снеговых и ледниковых вод в питании водных объектов бассейна вследствие изменения климатических условий в данном регионе.

Содержание растворенных микроэлементов¹ свидетельствует об отсутствии прямого антропогенного воздействия на водные объекты верховьев Мульты. Концентрация растворенных микроэлементов возрастает вниз по течению реки, а в озерах увеличивается от поверхности ко дну. Химический состав поверхностных вод бассейна можно считать фоновым для данного региона.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (09–05–00339), Программы ведущих научных школ (НШ-4964.2008.5), Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (государственный контракт № 02.740.11.0336 и проект № П164), а также в рамках совместных исследований с Лабораторией Европейской ассоциации «Геохимия окружающей среды» (LEAGE).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заславская М. Б., Повалишников Е. С., Фролова Н. Л. Гидролого-экологические особенности водных объектов заповедника Кузнецкий Алатау // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 2008. — № 5. — С. 8–14.
2. Сапожников В. В. Катунь и ее истоки. Путешествия 1897–1899 годов. — Томск: Паровая типо-литография П. И. Макушина, 1901. — 271 с.
3. Сапожников В. В. Пути по Русскому Алтаю. — Томск: Типо-литография Сибирского товарищества Печатного Дела, 1912. — 169 с.
4. Алёкин О. А. Озера Катунских Альп // Исследования озер СССР. — 1935. — Вып. 8. — С. 153–232.
5. Семёнов В. А., Большух Т. В., Семёнова И. В. Гидролого-гидрохимическая характеристика водных объектов высокогорий бассейна р. Катунь (Горный Алтай) на пороге XXI века // Материалы гляциол. исследований. — 2006. — Вып. 101. — С. 128–134.
6. Каталог ледников СССР. — Л.: Гидрометеиздат, 1980. — Т. 15. — 44 с.
7. Комаров Н. В., Каменцев Я. С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель». — СПб: ООО «Вед», 2006. — 212 с.

¹ Авторы благодарны доктору О. С. Покровскому (Laboratoire des Mécanismes et Transferts en Géologie, Observatoire Midi-Pyrénées), предоставившему возможность анализа микроэлементного состава проб воды.

8. **Руководство** по методам химического анализа поверхностных вод суши. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 541 с.
9. **Мальгин М. А.** Биогеохимия элементов в Горном Алтае. — Новосибирск: Наука, 1978. — 272 с.
10. **Пузанов А. В., Бабошкина С. В., Егорова И. А., Горбачев И. В.** Микроэлементный состав поверхностных вод различных физико-географических провинций Алтая // Мир науки, культуры, образования. — 2007. — Вып. 3. — С. 55–59.
11. **Галахов В. П., Темерев С. В., Сапрыкин А. И. и др.** Тяжелые металлы антропогенного происхождения в ледниках Алтая (по исследованиям в бассейне Актру) // Материалы гляциол. исследований. — 2002. — Вып. 93. — С. 195–199.
12. **Савичев О. Г., Нарожный Ю. К., Паромов В. В. и др.** Химический и микробиологический состав водно-ледниковых объектов в бассейне р. Актру (Горный Алтай) // Материалы гляциол. исследований. — 2002. — Вып. 92. — С. 128–134.
13. **Шварцев С. Л.** Гидрогеохимия зоны гипергенеза. — М.: Недра. 1978. — 287 с.
14. **Моисеенко Т. И., Гашкина Н. А.** Распределение микроэлементов в поверхностных водах суши и особенности их водной миграции // Водн. ресурсы. — 2007. — Т. 34, № 4. — С. 454–468.
15. **Галахов В. П., Темерев С. В., Дудник А. В.** Ледники Алтая — индикаторы антропогенного загрязнения природной среды // Материалы Междунар. науч. конференции «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия». — Томск: Изд-во Том. НЦ СО РАН, 2000. — С. 91–94.

Поступила в редакцию 21 декабря 2009 г.