

## Гидрохимия горных озер бассейна реки Амур

Владимир Павлович ШЕСТЕРКИН

ХФИЦ, Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия,  
shesterkin@ivp.as.khb.ru,  
<https://orcid.org/0000-0002-7271-8228>

**Аннотация.** Дана гидрохимическая характеристика горных озер бассейна р. Амур. Показано, что воды ледниковых озер, тектонического оз. Большой Сулук и завального оз. Омот характеризуются низкой величиной минерализации ( $< 20$  мг/дм<sup>3</sup>), по значению рН являются нейтральными или слабокислыми, по химическому составу – гидрокарбонатными кальциевыми, редко кальциево-магниевыми. Отмечено, что содержание основных ионов в воде этих озер изменяется в узких пределах, наибольшие концентрации ионов натрия, магния, калия и гидрокарбонатного иона зафиксированы в оз. Букукунское (хребет Хантэй), минимальные – оз. Горное и Медвежье (хребет Дуссе-Алинь). Содержание сульфатного иона находится ниже предела обнаружения, хлоридного иона не превышает 1.0 мг/дм<sup>3</sup>. В российской части бассейна р. Амур максимальное содержание иона кальция, сульфатного и гидрокарбонатного ионов из-за влияния хозяйственной деятельности на водосборе (рубки леса, развитие сети дорог и туризма) установлено в воде завального оз. Амут. Слабощелочные значения рН и высокие концентрации ионов натрия, калия, кальция, гидрокарбонатных и хлоридных ионов, а также двуокиси кремния характерны для вод оз. Тяньчи в кратере вулкана Байтоушань из-за питания высокоминерализованными термальными водами. Воды горных озер бассейна р. Амур характеризуются низким содержанием аммонийного азота и минерального фосфора, железа, марганца и органических веществ. Сделано предположение, что повышенные концентрации нитратного азота в воде горных озер российской части бассейна р. Амур могут быть вызваны влиянием пирогенного фактора, а вулканического озера Тяньчи – термальных вод.

**Ключевые слова:** бассейн реки Амур, горные озера, химический состав воды, минерализация.

**Для цитирования:** Шестеркин В.П. Гидрохимия горных озер бассейна реки Амур // Тихоокеанская география. 2022. № 2. С. 50–59. DOI: 10.35735/26870509\_2022\_10\_5. EDN: FLGXRM

## Hydrochemistry of mountain lakes in the Amur River basin

Vladimir P. SHESTERKIN

KhFRC Institute of Water Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia,  
shesterkin@ivep.as.khb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7271-8228>

**Abstract.** Hydrochemical characteristics of mountain lakes in the Amur basin are given. It is shown that waters of glacial lakes, tectonic lake Bolshoy Suluk and landslide lake Omot are of low mineralization ( $< 20 \text{ mg/dm}^3$ ), neutral or weakly acidic pH value, calcium-hydrocarbonate, rarely calcium-magnesium ones by chemical composition. It was noted that the content of major ions in the water of these lakes varies within narrow limits. The highest concentrations of sodium, magnesium, potassium ions and hydrocarbonate ion were recorded in Lake Bukukunskoe (Khantei Range), the minimum concentrations - in Lake Gornoe and Medvezhye (Dusse Alin Range). Sulfate ion content is below the detection limit; chloride ion does not exceed  $1.0 \text{ mg/dm}^3$ . Within the Russian part of the Amur basin, the maximum content of calcium ion, sulfate and hydrocarbonate ions was found in the water of the landslide formed lake Amut due to the impact of economic activities in the watershed (logging, development of road network and tourism). Low-alkaline pH values and high concentrations of sodium, potassium, calcium ions, hydrocarbonate and chloride ions, as well as silicon dioxide, are typical for waters of Lake Tianchi in the crater of the Baitoushan volcano due to feeding by highly saline thermal waters. The waters of mountain lakes of the Amur basin are characterized by low content of ammonia nitrogen and mineral phosphorus, iron, manganese, and organic substances. An assumption was made that the increased concentrations of nitrate nitrogen in the waters of mountain lakes of the Russian part of the Amur basin may be caused by the influence of a pyrogenic factor and in the Tianchi volcanic lake by thermal waters.

**Keywords:** Amur basin, high-mountain lakes, chemical composition of water, mineralization.

**For citation:** Shesterkin V.P. Hydrochemistry of mountain lakes in the Amur River basin. Pacific Geography. 2022;(2): 50–59. (In Russ.). DOI: 10.35735/26870509\_2022\_10\_5. EDN: FLGXRM.

### Введение

Большую часть бассейна р. Амур занимают горы, разнообразные по структуре и происхождению (глыбово-складчатые, массивно кристаллические, вулканические горы и плато и др.), а также возрасту (мезозойские, кайнозойские и др.). Средневысотные горы составляют 17.4 % от всей площади бассейна, низкие – 40.6 %. Редкие вершины превышают 2500 м [1]. В долинах, котловинах и циркообразных углублениях среди горных хребтов находится большое количество озер различного происхождения. Наибольшее развитие на территории бассейна получили озера ледниковые (Медвежье, Корбохон, Букукунское и др.), меньшее тектонические (Большой Сулук) и завальные (Омот, Амут). В кратере затухшего вулкана Байтоушань на границе КНР и КНДР находится оз. Тяньчи.

Химический состав вод горных озер формируется в суровых климатических условиях на многолетнемерзлых породах, покрытых лишайниковой тундрой, на горно-тундровых и горных мерзлотно-таежных почвах.

В гидрохимическом отношении горные озера региона мало изучены, хотя процессы формирования химического состава их вод в условиях физического выветривания горных пород представляют большой научный интерес. В основном он связан с возможным использованием горных озер в качестве индикаторов загрязнения атмосферы. На химиче-

ском составе вод этих озер, находящихся на большом удалении от населенных пунктов, могут отражаться глобальные и локальные изменения качества воздуха. Причины этих процессов могут заключаться в следующем: 1) формирование качества вод происходит за счет атмосферных выпадений; 2) преобразований атмосферных осадков на водосборе практически не наблюдается из-за слабого развития почвенно-растительного покрова; 3) низкие температуры вод, их ультрапресный и олиготрофный характер обуславливают слабую самоочищающую способность водных объектов; 4) отсутствуют источники загрязнения [2].

Поэтому основной целью работы является изучение химического состава вод горных озер бассейна р. Амур, влияние на его формирование природных и антропогенных факторов.

## Материалы и методы

Гидрохимические исследования осуществляли в 1996–2020 гг. эпизодически. В воде определяли содержание главных ионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) и биогенных ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{Si}$ ) веществ. Содержание органических соединений оценивали по значениям цветности и перманганатной окисляемости (ПО). Химический анализ воды проводили по [3] в Центре коллективного пользования при ИВЭП ДВО РАН. Кроме материалов автора в работе использованы литературные источники.

Морфометрические характеристики и расположение наиболее крупных горных озер бассейна р. Амур представлены на рис. 1 и в табл. 1.



**Рис. 1.** Горные озера бассейна р. Амур: 1 – Букукунское; 2 – Медвежье; 3 – Горное; 4 – Корбохон; 5 – Большой Сулук; 6 – Омот; 7 – Амут; 8 – Каровое; 9 – Верхнее; 10 – Тяньчи

**Fig. 1.** Mountain lakes of the Amur basin: 1 – Bukukunskoye; 2 – Medvezhye; 3 – Gornoye; 4 – Korbokhon; 5 – Bolshoy Suluk; 6 – Omot; 7 – Amut; 8 – Karovoe; 9 – Verkhnoye; 10 – Tianchi

Морфометрические характеристики горных озер бассейна Амура  
**Table 1.** Morphometric characteristics of mountain lakes in the Amur basin

Показатель	Озеро									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Источник	[4]	[5]	[5]	[5]	[6]	[5]	[7]	[8]	[8]	[9]
Высота, м абс.	1885	1600	1500	1165	1331	1155	762	1600	1370	2189
Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	н.д.	~1.0	~1.0	~4.0	13.6	1.0	н.д.	н.д.	н.д.	21.4
Площадь зеркала, км <sup>2</sup>	н.д.	0.1	0.08	0.2	0.6	0.48	0.06	0.01	0.03	9.82
Длина, км	1.6	0.5	0.4	0,6	1.3	1.0	0.5	н.д.	н.д.	4.8
Ширина, км	0.5	0.3	0.2	0.4	0.5	0.5	0.1	н.д.	н.д.	3.37
Максимальная глубина, м	33	21.3	н.д.	14.0	30.5	18.0	14.0	0.5	2.5	373

Примечание: номер в таблице соответствует номеру озера на рис. 1.

### Результаты исследований

Оледенение, затронувшее в четвертичный период Приамурье, привело к появлению в его горных районах ледниковых (каровых и моренных) озер. Наибольшее количество этих водных объектов расположено в отрогах Токинского Становика [10] и хребта Дуссе-Алинь. В меньшей степени эти озера получили развитие на хребтах Сихотэ-Алинь и Хантей.

Наиболее крупные каровые озера Горное (рис. 2) и Медвежье расположены в осевой части хребта Дуссе-Алинь. Сток первого озера осуществляется в речную сеть бассейна р. Амгунь, второго – бассейна р. Бурея. Площадь зеркала остальных каровых озер этого хребта меньше.



**Рис. 2.** Каровое озеро Горное. Фото А.Л. Антонова

**Fig. 2.** Cirque Lake Gornoye. Photo by A.L. Antonov

Характерной особенностью каровых озер является незначительное превышение площади водосбора над площадью водоема, что определяет слабый водный обмен. Колебания уровня воды в каровых озерах зависят от возможностей стока. Часто уровень паводковых вод совпадает с открытой ложбиной стока, что обеспечивает быстрый сброс избытка воды [10]. Летом эти колебания в основном менее 1 м. Каровые озера Сихотэ-Алиня, как правило, характеризуются небольшой глубиной ( $< 0.5$  м). Значительно больше глубина карового озера Медвежье на хр. Дуссе-Алинь (см. табл. 1).

Моренные озера, как правило, характеризуются большей площадью водосбора. Примером этого являются крупнейшее в северном Приамурье оз. Корбохон, которое расположено в верхнем течении р. Левая Буря. Вытянутое в троговой долине в меридианном направлении, озеро по форме напоминает овал (рис. 3) и является проточным. Небольшой ручей длиной менее 2.5 км, полого спускающийся по широкой долине перед впадением в озеро, меандрирует в торфяных берегах, образуя большое количество проток. Небольшая площадь водосбора определяет стабильный уровненный режим озера [5].

Питание дождевыми и тальми снеговыми водами, а также наличие в составе пород, слагающих ложе водоема, трудно выщелачиваемых гранитов, обуславливают нейтральную или слабощелочную величину рН и очень низкую минерализацию воды ледниковых озер Медвежье, Горное, Карбохон (табл. 2), которая не отличается от минерализации вод горных озер Северного Забайкалья [11], Алтая [12] и Кольского Севера [2]. По классификации О.А. Алекина [13], озерные воды в основном относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция, первому типу, характеризуются крайне низким содержанием ионов калия, магния и сульфатного иона.



**Рис. 3.** Моренное озеро Корбохон. Фото А.Л. Антонова

**Fig. 3.** Moraine Lake Korbokhon. Photo by A.L. Antonov

Несколько иной химический состав воды, обусловленный доминированием в составе подстилающих пород юрских песчано-сланцевых отложений, характерен для ледниковых оз. Каровое и Верхнее в предгорьях г. Тардоки-Яни (2090 м) на Сихотэ-Алине [8]. Воды этих озер характеризуются более высокими концентрациями ионов кальция, магния и натрия, гидрокарбонатного иона, а соответственно и значениями минерализации (табл. 2).

Химический состав вод горных озер бассейна р. Амур

Table 2. Chemical composition of waters of mountain lakes in the Amur basin

Горный массив	№ озера	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	M	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
		мг/дм <sup>3</sup>									мг N/дм <sup>3</sup>
Хребет Хантэй	Букукунское, 2012 г.										
	1	0.9	0.3	2.0	1.2	15.3	0.7	<2.0	20	0.06	0.18
Хребет Дуссе-Алинь	Медвежье, 2002 г.										
	2	0.1	0.1	1.6	0.1	4.3	1.0	<2.0	7.3	0.04	0.10
	Горное, 2002 г.										
	3	0.1	0.1	1.6	0.1	4.3	1.0	<2.0	7.3	0.06	0.13
	Корбохон, 1996 г.										
4	0,4	0,1	0,8	0,5	5,0	1,0	< 2,0	8,0	0,12	0,02	
	2002 г.										
4	0.2	0.1	1.6	0.1	4.7	1.0	<2.0	9.1	0.19	0.13	
	Большой Сулук, 2002 г.										
Бурейский хребет	5	0.1	0.1	1.3	0.5	4.9	0.4	<2.0	8.0	0.11	0.24
Баджальский хребет	Омот, 2000 г.										
	6	0.5	0.2	2.4	0.1	5.6	1.4	2.4	13.7	0.14	0.23
Хребет Мяо-Чан	Амур, 2020 г.										
	7	0.5	0.2	4.9	1.0	16.0	0.3	5.3	28.2	0.03	0.34
Хребет Сихотэ-Алинь	Каровое, 1991 г.										
	8	0.4	0.2	3.0	1.1	12.2	0.4	<2.0	18.3	0.12	–
	Верхнее, 1991 г.										
9	0.3	0.1	3.0	0.8	11.0	0.4	<2.0	16.2	–	–	
Плоскогорье Чанбайшань	Тяньчи										
	10	50.9	5.8	11.5	0.7	154.5	20.1	3.2	200.8	0.06	0.23

Примечание: М – минерализация.

Подстилающие породы влияют и на содержание солей в самом глубоком бассейне р. Амур ледниковом озере Букукунское [4], которое врезано в сложенный интрузивными породами разного состава и возраста юго-западный склон горы Сохондо (2500 м). Воды этого водного объекта, характеризующиеся гидрокарбонатным кальциево-магниевым составом, выделяются максимальным, по сравнению с остальными ледниковыми озерами, содержанием ионов натрия, магния и гидрокарбонатного иона.

Суровые природные условия обуславливают слабое развитие растительности и почв на территории водосборов горных озер, что в свою очередь отражается на содержании в воде биогенных и органических веществ. В воде ледниковых озер Приамурья, как и в горных озерах Кольского Севера [2] и Алтая [14], в небольшом количестве содержится аммонийный азот. Как правило, его содержание редко превышает 0.12 мг N/дм<sup>3</sup>. Концентрация нитратного азота в воде рассматриваемых нами ледниковых озер изменяется в более широких пределах – от 0.1 до 0.24 мг N/дм<sup>3</sup>, в 5 и более раз превышает уровни, наблюдаемые в воде горных озер Забайкалья [11] и Кольского Севера [2]. Еще более широкий диапазон концентраций нитратов (<0,01–0,33 мг/дм<sup>3</sup>) наблюдается в воде ледниковых озер Алтая на высоте 1885–1920 м [14]. Такие различия в содержании нитратного азота в воде ледниковых озер могут быть связаны с влиянием лесных пожаров, во время которых в атмосферу поступает большое количество окислов азота. Данное предположение основано на исследованиях А.В. Иванова и Н.П. Кашина [15], которые свидетельствуют, что во время пожаров содержание нитратного азота в атмосферных осадках может достигать 1.4 мг N/дм<sup>3</sup>. На влияние пирогенного фактора, в частности, указывает и динамика со-

держания соединений азота в воде озер. Так, в воде оз. Корбохон в 2002 г., по сравнению с 1996 г., содержание нитратного азота после крупнейших в Приамурье лесных пожаров 1998 г. возросло в 6 раз. Как свидетельствуют исследования на малых горно-таежных реках северного Сихотэ-Алиня, дренирующих пирогенно-измененные водосборы, содержание нитратного азота в воде в первые годы после пожара может достигать  $1.6 \text{ мг N/дм}^3$  [16], оставаться повышенным длительный период времени [17].

Озера Большой Сулук и Омот, расположенные в бассейне р. Амгунь и имеющие большие размеры и глубины, характеризуются гидрокарбонатно-кальциевым составом и низкой минерализацией. Первое озеро тектонического происхождения, является истоком рек Сулук и Сулук-Макит; второе образовано мощным сейсмическим обвалом. По химическому составу воды этих озер не отличаются от ледниковых озер Дуссе-Алиня.

Химический состав вод проточного оз. Амут, образованного в результате обвала, перегородившего русло р. Амут на хр. Мяо-Чан в 60 км от г. Комсомольск-на-Амуре, формируется на водосборе, сложенном в основном вулканитами, покрытом елово-пихтовой тайгой (частично пройденной пожарами). Усиление хозяйственной деятельности на водосборе (вырубка леса, развитие дорог и туризма), появление гарей после лесных пожаров [7] оказали большое влияние на химический состав его вод. Более высокая, чем у ледниковых озер Приамурья, величина минерализации [18] обусловлена повышенным содержанием в воде ионов щелочноземельных металлов, гидрокарбонатных и сульфатных ионов из-за хозяйственной деятельности.

Воды оз. Амут, как и ледниковые озера Приамурья [10, 12], содержат незначительное количество минерального фосфора и аммонийного азота, характеризуются максимальным содержанием нитратного азота (см. табл. 2). Содержание этого вещества в воде оз. Амут выше в 2–3 раза, чем в горных озерах Кольского Севера [2] и Дуссе-Алиня [5], что может быть обусловлено как влиянием хозяйственной деятельности, так и лесными пожарами.

Содержание растворенного железа в воде оз. Амут не превышает  $0,02 \text{ мг/дм}^3$ , кремния –  $4,3 \text{ мг/дм}^3$ . Значения цветности воды находятся ниже  $5^\circ$ , перманганатной окисля-



**Рис. 4.** Озеро Тяньчи. *Фото автора*

**Fig. 4.** Tianchi Lake. *Photo by the author*

емости – 1,7 мг О/дм<sup>3</sup>, что свидетельствует об очень низкой концентрации органических веществ. Подобные значения отмечались в воде горных озер Северного Забайкалья [11].

Тяньчи – самый высокогорный и глубокий водоем в бассейне р. Амур, расположен в кратере вулкана (рис. 4), кроме атмосферных осадков основным источником питания являются термальные подземные воды, которые характеризуются высоким содержанием некоторых ионов (мг/дм<sup>3</sup>): K<sup>+</sup> – 20.6; Na<sup>+</sup> – 334; Ca<sup>2+</sup> – 53.6; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 908.2 и Cl<sup>-</sup> – 106.6 [9]. Поэтому воды оз. Тяньчи отличаются от горных озер российской части бассейна р. Амур слабощелочными значениями рН и более высокой концентрацией вышеназванных основных ионов. Помимо этого, воды этого озера содержат повышенные количества SiO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (31.97 мг/дм<sup>3</sup>) и нитратного азота (0.23 мг N/дм<sup>3</sup>). По глубине (от 0.3 до 300 м) содержание основных ионов распределено относительно равномерно. Содержание органического вещества, определяемое по величине перманганатной окисляемости, не превышает 0.8 мг О/дм<sup>3</sup>, Fe и Mn находится на уровне 38.2 и 4.5 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно [8].

### Закключение

Воды горных озер бассейна р. Амур характеризуются низким содержанием солей, по величине рН являются нейтральными или слабокислыми, по химическому составу – гидрокарбонатными кальциевыми, редко кальциево-магниевыми. Содержание основных ионов изменяется в узких пределах, наибольшие значения Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> и HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> отмечены в оз. Букукунское (хр. Хантэй), наименьшие – оз. Горное и Медвежье (хр. Дуссе-Алинь). Содержание SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> находится ниже предела обнаружения, Cl<sup>-</sup> менее 1.0 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальное содержание Ca, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> отмечено в воде завального оз. Амут из-за рубок леса, развития сети дорог на водосборе. Слабощелочные значения рН и высокое содержание Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> и Cl<sup>-</sup> и кремния характерны для вод оз. Тяньчи в кратере вулкана Байтоушань из-за питания термальными водами. Воды исследуемых озер характеризуются низким содержанием аммонийного азота и минерального фосфора, железа, марганца и органических веществ. Предположительно, повышенные концентрации нитратного азота в воде горных озер российской части бассейна р. Амур могут быть вызваны влиянием пирогенного фактора, а вулканического озера Тяньчи – термальных вод.

### Литература

1. Никольская В.В. Морфоскульптура бассейна Амура. М.: Наука, 1972. 294 с.
2. Моисеенко Т.И., Даульватер В.А., Каган Л.Я. Горные озера как индикаторы загрязнения воздуха // Водные ресурсы. 1997. Т. 24, № 5. С. 600–608.
3. Руководящий документ. Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды РД 52.18.595–96 (в ред. Изменения № 1, утв. Росгидрометом 11.10.2002, Изменения № 2, утв. Росгидрометом 28.10.2009). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200036098> (дата обращения: 04.12.2021).
4. Куклин А.П. Микроскопические водоросли в бассейне р. Букукун // Записки Заб. отд. РГО. Чита: Изд-во Забайкальского регионального отделения РГО. 2013. Вып. 132. С. 68–75.
5. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Гидрохимия ледниковых озер Северного Приамурья // Труды Государственного природного заповедника «Бурейнский». Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2003. Вып. 2. С. 11–13.
6. Круглов М.В. Маршрутные геологические наблюдения в северо-восточной части Бурейского хребта // Амгунь-Селемджинская экспедиция АН СССР. Л.: АН СССР, 1934. Ч. 1. С. 85–99.
7. Оползневое озеро Амут впервые исследовали в Хабаровском крае. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://iz.ru/1055060/2020-08-31/opolznevoe-ozero-amut-vpervye-issledovali-v-khabarovskom-krae> (дата обращения: 1.02.2021).
8. Шестеркин В.П., Аднагулов Э.В. Гидрохимия ледниковых озер Сихотэ-Алиня // Эколого-биогеохимические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука. 1996. С. 119–122.
9. Jin Xangcan. Lakes in China. Beijing.China Ocean Press. 1995. Vol. 2. P. 1–17.
10. Готванский В.И. Озера Джугджурско-Становой горной области // Гидрология и гидрохимия водоемов различных климатических зон. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1980. С. 56–68.

11. Иванов А.В. Гидрохимический режим озер Чарской котловины и ее горного обрамления // *Гидрохимия рек и озер в условиях резко континентального климата*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР 1977, С. 39–68.
12. Зарубина Е.Ю., Феттер Г.В. К гидролого-гидрохимической характеристике высокогорных озер бассейна реки Мульта (Горный Алтай) // *Изв. Алтайского отделения РГО*. 2020. № 4 (59). С. 74–82.
13. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
14. Семенов В.А., Больбух Т.В., Семенова И.В. Гидролого-гидрохимическая характеристика водных объектов высокогорий бассейна р. Катунь (Горный Алтай) на пороге XXI века // *Материалы гляциологических исследований*. 2006. Вып. 101. С. 128–134.
15. Иванов А.В., Кашин Н.П. Лесные пожары и многолетняя изменчивость химического состава и атмосферных осадков и снежного покрова // *Гидрохимические материалы*. 1989. Т. 95. С. 3–14.
16. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Влияние крупных лесных пожаров на гидрохимический режим таежных рек Приамурья // *География и природные ресурсы*. 2002. № 2. С. 47–52.
17. Форина Ю.А., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Таловская В.С. Гидрохимия вод малых рек западного склона Сихотэ-Алиня // *Биогеохимические и гидроэкологические параметры наземных и водных экосистем*. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2011. С. 125–135.
18. Шестеркин В.П. Гидрохимическая характеристика озера Амут // *Материалы XVI Совещ. географов Сибири и Дальнего Востока*. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2021. С. 193–195.

### References

1. Nikolskaya, V.V. Morphosculpture of the Amur basin. Nauka: Moscow, Russia, 1972, 294 p. (In Russian)
2. Moiseenko, T.I.; Daulvater, V.A.; Kagan, L.Ya. Mountain lakes as indicators of air pollution. *Water resources*. 1997, 24(5), 600–608. (In Russian)
3. Guides. Federal list of measurement methods approved for use in the performance of works in environmental pollution monitoring RD 52.18.595–96 (Amended Changes No. 1, approved by RosHydroMet on October 11, 2002; Amendments No. 2, approved by RosHydroMet on October 28, 2009). Available online: <https://docs.cntd.ru/document/1200036098> (assessed on 4 December 2021). (In Russian)
4. Kuklin, A.P. Microscopic algae in the basin of the Bukkun river. In *Notes of the Transbaikalian Branch of the Russian Geographical Society*. Publishing house of ZRB RGS: Chita, Russia. 2013, 132, 68–75. (In Russian)
5. Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M. Hydrochemistry of glacial lakes in North Priamurye. In *Proceedings of the State Natural Reserve «Bureinsky»*. Institute of Water and Ecological Problems, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences: Khabarovsk, Russia, 2003, Issue 2, 11–13. (In Russian)
6. Kruglov, M.V. Route geological observations in the north-eastern part of the Bureinsky Ridge. In *Amgun-Selemdzha expedition of the USSR Academy of Sciences*. Leningrad: USSR Academy of Sciences, Russia, 1934, Part 1, 85–99. (In Russian)
7. The Amut landslide lake in the Khabarovsk Territory was explored at first time Available online: <https://iz.ru/1055060/2020-08-31/opolznevoozero-amut-vpervye-issledovali-v-khabarovskom-krae> (accessed on 1 February 2021). (In Russian)
8. Shesterkin, V.P.; Adnagulov, E.V. Hydrochemistry of the Sikhote-Alin glacier lakes. In *Biogeochemical and ecological research in the Far East*. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 1996, 119–122. (In Russian)
9. Xangcan Jin. Lakes in China. Beijing: China Ocean Press. V. 2, 1995, 1–17.
10. Gotvansky, V.I. Lakes of the Dzhugdzhur-Stanovoy mountain region. In *Hydrology and hydrochemistry of reservoirs of various climatic zones*. Far East Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok, Russia, 1980, 56–68. (In Russian)
11. Ivanov, A.V. Hydrochemical regime of the lakes of the Charskaya lowland and its mountain framing. In *Hydrochemistry of rivers and lakes in a sharply continental climate*. Far East Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok, Russia, 1977, 39–68. (In Russian)
12. Zarubina, E.Ju.; Fetter, G.V. Hydrological and hydrochemical characteristics of high altitude lakes in the Multa river basin (Gorny Altai). *Bulletin AB RGS*. 2020, 4 (59), 74–82. (In Russian)
13. Alekin, O.A. Fundamentals of hydrochemistry. Leningrad: Hydrometeizdat, 1970, 444 p. (In Russian)
14. Semenov, V.A.; Bol'buх, T.V.; Semenova, I.V. Hydrological and hydrochemical characteristics of water bodies in the highlands of the Katuni river basin (Mountainous Altai) on the threshold of the XXI century. *Data of Glaciological Studies*. 2006, 101, 128–134. (In Russian)
15. Ivanov, A.V.; Kashin, N.P. Forest fires and long-term variability of chemical composition and atmospheric precipitation and snow cover. *Hydrochemical materials*. 1989, 95, 3–14. (In Russian)
16. Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M. The influence of large forest fires on the hydrochemical regime of the taiga rivers of the Amur region. *Geography and natural resources*. 2002, 2, 47–52. (In Russian)
17. Forina, Yu.A.; Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M.; Talovskaya, V.S. Hydrochemistry of waters of small rivers of the western slope of Sikhote-Alin. In *Biogeochemical and geoeological parameters of terrestrial and aquatic ecosystems*. Institute of Water and Ecological Problems, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences: Khabarovsk, Russia, 2011, 125–135. (In Russian).

18. Shesterkin, V.P. Hydrochemical characteristics of Lake Amut. In *Materials of the XVI Meeting of geographers of Siberia and the Far East*. Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences: Vladivostok, Russia, 2021, 193–195. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 01.12.2021; одобрена после рецензирования 03.02.2022; принята к публикации 11.02.2022.

The article was submitted 01.12.2021; approved after reviewing 03.02.2022; accepted for publication 11.02.2022.

