

ГИДРОХИМИЯ РЕК ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «ТУМНИНСКИЙ»

© 2018 г. В.П. Шестеркин

ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук», г. Хабаровск, Россия

Ключевые слова: р. Тумнин, малые реки, химический состав воды, минерализация, главные ионы, биогенные и органические вещества, микроэлементы.



В.П. Шестеркин

Активизация хозяйственной деятельности в Ванинском районе Хабаровского края (сооружение терминалов по перевалке сжиженных углеводородных газов, угля, глинозема) вызвала необходимость определения фоновых концентраций растворенных веществ в водах рек. Наблюдения в 2015 г. в заказнике «Тумнинский» Ванинского района позволили установить пространственную изменчивость содержания веществ в воде малых рек в летне-осеннюю межень.

По данным Росгидромета за 1966–1982 гг. дана характеристика химического состава воды р. Тумнин. Выявлены различия в содержании растворенных веществ в водах рек заказника, вызванные природно-климатическими особенностями территории. Показаны низкие значения минерализации ($< 55 \text{ мг/дм}^3$) и гидрокарбонатно-кальциевый состав вод р. Тумнин и ее левобережных притоков. Отмечены более высокие концентрации ионов натрия и хлоридных ионов (в среднем на $2,0 \text{ мг/дм}^3$) и значения минерализации (на 10 мг/дм^3) в воде малых рек материковой части побережья Татарского пролива вне зоны влияния приливно-отливных течений. Повышенные концентрации алюминия, железа, марганца и органических веществ выявлены в воде малых рек бассейна р. Тумнин, дренирующих в нижней части водосборов заболоченные земли. Максимальные концентрации нитратного азота отмечены в воде рек материковой части Татарского пролива, водосборы которых были пройдены лесными пожарами. Показано повышенное содержание кремния и минерального фосфора в воде малых рек, дренирующих вулканогенные отложения. Концентрации растворенных микроэлементов в условиях низкой минерализации речных вод сравнительно невысокие.

Государственный природный заказник «Тумнинский» общей площадью 143 100 га создан в 1967 г. на территории Ванинского района Хабаровского края, где в последние годы наблюдается активизация хозяйственной

деятельности. С обретением Владивостоком в 2016 г. статуса свободного порта в бухтах Мучке и Ванино возводятся терминалы по перевалке угля, глинозема, сжиженных углеводородных газов и др., которые могут повлиять на экологическое состояние речных экосистем. В этой ситуации результаты гидрохимических исследований рек в заказнике «Тумнинский» крайне важны для экологической диагностики качества поверхностных вод при возникновении чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера.

Заказник «Тумнинский» расположен в пределах гор восточного Сихотэ-Алиня высотой 500–700 м, находится в нижнем течении р. Тумнин, между ее левым берегом и материковой частью побережья Татарского пролива. Большая часть территории представляет собой слабовсхолмленное плато, плавно понижающееся к морскому побережью, круто обрывающемуся скалами. Плато сложено палеогеновыми базальтами, андезито-базальтами, андезитами и их туфами [1]. Почвенный слой маломощный (20–30 см). Наиболее распространены горно-таежные бурые почвы, в долинах рек – глеевые, торфяно-болотные и торфяные. Территория покрыта хвойным лесом: вблизи водоразделов преобладают елово-пихтовые леса, ниже по склонам – лиственничная тайга. Залесенность бассейна р. Тумнин составляет 83 %, болота занимают около 2 % [2].

Речная сеть заказника хорошо развита. Тумнин – основная река, длина 364 км (в пределах заказника 70 км), площадь водосбора – 22 400 км². Наибольший сток наблюдается в мае вследствие большой высоты снежного покрова (80–90 см), наименьший – в зимнюю межень [2]. Наиболее крупные водотоки длиной более 20 км на побережье Татарского пролива – реки Чумка, Быки и Аукан, в бассейне р. Тумнин – Абуа, Бекая, Аукамха, Агья, Людю, Гудюму, Туани и Хонолика.

Малые реки в основном имеют горный характер, на побережье пролива зачастую обрываются водопадами. Слабое течение характерно для приустьевых участков рек Аукан и Быки из-за приливно-отливных течений, а также рек Канга, Аукамха, Людю, дренирующих широкую пойму р. Тумнин. Реки мелководны, зимой перемерзают.

Гидрохимическая изученность рек заказника низкая. Мониторинг за качеством воды р. Тумнин у пос. Тумнин с 1953 г. осуществляет ФГБУ «Дальневосточное УГМС», материалы которого до настоящего времени не обобщены. Информация о содержании основных ионов и биогенных веществ в воде малых рек появилась лишь недавно [3]. В данной работе впервые приведены сведения о содержании микроэлементов в речных водах заказника в летне-осенний период.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в августе 2015 г. на побережье Татарского пролива, в августе и октябре – в бассейне р. Тумнин. Схема расположения пунктов отбора представлена на рисунке. Пробы воды отбирали с поверхности. В образцах определяли значения рН, концентрации основных ионов, биогенных (нитратный и аммонийный азот, фосфаты, железо, кремний) и органических (по цветности воды и величине перманганатной окисляемости) веществ, микроэлементы. Пробы воды на биогенные вещества и микроэлементы после отбора фильтровали на мембранных фильтрах с размером пор 0,45 мкм. Микроэлементы определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе ICP-MS Agilent 7500сх. Анализ проводили в ЦКП «Межрегиональный центр экологического мониторинга гидроузлов» при Институте водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук по общепринятым при гидрохимических исследованиях методикам [4]. Значения БПК₅ и ХПК не определяли из-за отсутствия в экспедиционных условиях электроэнергии для определения ХПК и устойчивого температурного режима (20 °С) для определения БПК₅. Эта ситуация, а также осуществление работ на заказнике, где источников загрязнения нет, и разовый отбор проб обусловили отсутствие оценки качества вод исследуемых рек по УКИЗВ.

При оценке степени загрязненности вод применяли значения предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ для водных объектов рыбохозяйственного значения, принятые для Российской Федерации [5]. В работе использованы данные ФГБУ «Дальневосточное УГМС» за 1966–1982 гг.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Большая роль в питании рек восточного Сихотэ-Алиня принадлежит снежному покрову. Изучение его химического состава в бассейне р. Тумнин показывает низкие значения минерализации и рН (табл. 1), гидрокарбонатно-магниевый состав.

Концентрации основных катионов не превышают 0,4 мг/дм³, хлоридного и гидрокарбонатного ионов составляют 0,5 и 1,8 мг/дм³ соответственно, аммонийного азота и железа находятся ниже 0,05 мг/дм³, кобальта, никеля, хрома, свинца и ванадия ниже предела обнаружения (< 1,0 мкг/дм³). Содержание остальных веществ изменяется в узких пределах. Исключение составляют фенолы, медь и цинк (табл. 1), концентрации которых превышают значения ПДК и могут быть обусловлены попаданием растительных остатков (травы, листьев и др.) в снежный покров в период снегопада и последующего выщелачивания вышеназванных веществ из этих остатков при таянии снега. Данное предположение основано на более высоком содержании этих веществ в снежном покрове лесного массива, чем на поверхности речного льда.



Таблица 1. Химический состав снежного покрова бассейна р. Тумнин, 2013 г.

pH	Минерализация	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	НРО ₄ ²⁻	Mn	Zn	Cu	Фенолы	Нефтепродукты
ед. pH	мг/дм ³	мг N/дм ³		мг P/дм ³	мкг/дм ³				
Лесной массив на берегу р. Тумнин									
5,5	4,3	0,8	0,08	0,002	5,5	41,1	7,4	5,0	30
Ледяной покров на р. Тумнин									
5,2	4,0	0,6	0,06	0,003	2,2	23,1	2,3	7,0	34

Аналогичные концентрации нефтепродуктов и фенолов ранее отмечались в снежном покрове побережья Татарского пролива в марте 2013 г. [6] и сосновом лесу пригородной зоны г. Барнаула [7].

Очень низкая (<50 мг/дм³) минерализация характерна для подземных вод [1]. В районе устья р. Абуа минерализация воды одного из родников в августе 2015 г. составила 26 мг/дм³, содержание хлоридного и сульфатного ионов – 0,6 и 1,6 мг/дм³ соответственно.

По данным ФГБУ «Дальневосточное УГМС» в воде р. Тумнин содержание растворенного кислорода в основном удовлетворительное (табл. 2). Хорошей аэрации способствует горный характер реки. Величина рН изменяется в широких пределах. Наименьшие значения отмечаются весной, когда с талыми снеговыми водами в русловую сеть с водосбора поступает большое количество органических веществ.

Таблица 2. Химический состав воды р. Тумнин у ст. Тумнин

Показатели	Период			
	зима	весна	лето	осень
рН, ед рН	<u>6,35 – 7,20</u> 6,63	<u>5,80 – 6,80</u> 6,54	<u>6,25 – 7,40</u> 6,81	<u>6,20 – 7,20</u> 6,81
Растворенный кислород, мг/дм ³	<u>7,04 – 13,44</u> 10,86	<u>8,93 – 13,92</u> 11,92	<u>7,62 – 12,29</u> 9,94	<u>4,6 – 14,04</u> 11,34
Na ⁺ + K ⁺ , мг/дм ³	<u>2,5 – 6,8</u> 4,8	<u>2,2 – 4,5</u> 3,2	<u>1,5 – 8,0</u> 3,3	<u>2,2 – 8,0</u> 4,0
Ca ²⁺ , мг/дм ³	<u>5,7 – 11,2</u> 7,4	<u>2,9 – 7,0</u> 4,6	<u>3,9 – 7,0</u> 5,0	<u>4,3 – 9,8</u> 6,5
Mg ²⁺ , мг/дм ³	<u>1,5 – 4,4</u> 2,4	<u>0,3 – 2,0</u> 1,1	<u>0,8 – 2,8</u> 1,4	<u>1,0 – 5,0</u> 1,9
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	<u>12,5 – 43,3</u> 28,7	<u>12,2 – 26,3</u> 17,4	<u>14,7 – 27,4</u> 20,7	<u>19,5 – 51,2</u> 28,7
Cl ⁻ , мг/дм ³	<u>1,4 – 5,3</u> 2,6	<u>0,7 – 4,2</u> 2,3	<u>1,0 – 4,3</u> 2,0	<u>0,3 – 5,7</u> 2,3
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	<u>0,9 – 9,3</u> 5,1	<u>2,3 – 11,1</u> 4,9	<u>1,3 – 10,1</u> 4,0	<u>0,3 – 12,8</u> 4,7
Минерализация, мг/дм ³	<u>29,1 – 71,5</u> 45,8	<u>19,4 – 52,3</u> 31,9	<u>23,2 – 56,2</u> 36,8	<u>23,5 – 77,1</u> 45,6
Цветность, град.	<u>4 – 40</u> 16	<u>14 – 300</u> 88	<u>10 – 100</u> 47	<u>4 – 70</u> 28
Перманганатная окисляемость (ПО), мг О/дм ³	<u>2,4 – 5,0</u> 3,1	<u>2,1 – 27,8</u> 14,4	<u>3,8 – 23,0</u> 10,3	<u>3,2 – 32,0</u> 7,5
Бихроматная окисляемость (БО), мг О/дм ³	<u>3,9 – 13,9</u> 8,6	<u>5,6 – 57,0</u> 28,6	<u>2,9 – 45,0</u> 22,7	<u>4,0 – 90,2</u> 16,5
Fe _{общ.} , мг/дм ³	<u>0,00 – 0,31</u> 0,11	<u>0,00 – 1,63</u> 0,32	<u>0,00 – 0,48</u> 0,13	<u>0,00 – 0,51</u> 0,12

Содержание главных ионов в воде р. Тумнин изменяется в узком диапазоне. Максимальные значения наблюдаются преимущественно зимой, минимальные – в половодье и паводки. Сезонные различия в содержании этих ионов незначительны, для хлоридного иона практически незаметны, что может быть обусловлено доминированием в составе подстилающих пород исследуемого района трудно выщелачиваемых вулканогенных отложений, низким содержанием солей в атмосферных осадках и подземных водах.

Сезонная динамика содержания органического вещества и железа выражена больше. Максимальные значения цветности воды, ПО и БО, концентрации железа отмечаются весной, наименьшие – в летнюю межень и зимой (табл. 2). В пределах заказника «Тумнинский» в летне-осенний период вода р. Тумнин и ее левобережных притоков по величине минерализации является ультрапресной (<50 мг/дм³), по величине рН – нейтральной, по химическому составу – гидрокарбонатно-кальциевой (табл. 3, 4).

Концентрация иона калия находится ниже предела обнаружения, иона натрия и хлоридного иона не превышает 2,7 и 1,8 мг/дм³ соответственно. В более широком диапазоне изменяются концентрации иона кальция, гидрокарбонатного и сульфатного ионов, максимальные значения которых выявлены в воде малых рек Аукамха, Агья и Людю, дренирующих в нижней части водосбора заброшенные сельскохозяйственные угодья. Аналогичные концентрации основных ионов отмечались ранее в теплый период в воде малых рек центрального Сихотэ-Алиня, дренирующих пихтово-еловые и кедрово-широколиственные леса [8, 9].

Содержание биогенных и органических веществ, по сравнению с основными ионами, изменяется в более широких пределах (табл. 3, 4) вследствие большого разнообразия в ландшафтной структуре водосборов, включающих заболоченные поймы и хозяйственно освоенные равнинные участки.

Концентрации минеральных форм фосфора и азота в воде р. Тумнин в период летне-осенней межени за счет потребления фитопланктоном находятся ниже предела обнаружения. Низкое содержание аммонийного азота и минерального фосфора характерно для большинства малых рек этой части заказника. Исключение составляют лишь водотоки Ольховый и Хонолика, в воде которых содержание фосфора ввиду особенностей химического состава вулканогенных отложений [10, 11] превышает 0,04 мгР/дм³. Влияет состав этих отложений и на содержание кремния, которое в воде вышеназванных водных объектов не опускается ниже 9,5 мг/дм³. Ранее повышенное содержание кремния отмечалось в воде рек северного и центрального Сихотэ-Алиня, дренирующих вулканогенные образования [8, 11]. В остальных водотоках концентрации этих веществ значительно меньше, вероятно, вследствие потребления гидробионтами, причем в воде рек Аукамха, Агья и др., содержание кремния – ниже 1,6 мг/дм³ (табл. 4).

Таблица 3. Химический состав воды р. Тумнин в 2013 и 2015 гг.

Показатель, ед. измерения	24.12.2013	31.08.2015	18.10.2015
pH, ед pH	6,80	7,10	6,68
Цветность, град.	10	20	34
Na ⁺ , мг/дм ³	2,2	2,0	2,5
K ⁺ , мг/дм ³	0,37	0,50	0,57
Ca ²⁺ , мг/дм ³	5,7	5,9	5,0
Mg ²⁺ , мг/дм ³	2,0	1,3	2,3
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	26	25	23
Cl ⁻ , мг/дм ³	0,54	0,7	1,4
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	3,3	4,1	3,3
NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	0,04	<0,04	0,07
NO ₃ ⁻ , мг N/дм ³	0,15	<0,03	0,07
HPO ₄ ²⁻ , мг P/дм ³	0,01	<0,01	<0,01
Fe _{общ.} , мг/дм ³	0,03	0,05	0,07
Минерализация, мг/дм ³	37,0	39,1	38,0
Si, мг/дм ³	6,9	4,4	5,8
ПО, мг O/дм ³	6,9	3,8	7,8
Al, мкг/дм ³	14,82	9,26	16,06
Cu, мкг/дм ³	9,05	3,1	2,91
Mn, мкг/дм ³	2,7	1,16	1,28
Zn, мкг/дм ³	25,2	16,72	9,94
Ba, мкг/дм ³	6,22	2,48	2,30

Концентрации нитратного азота варьируют в небольших пределах. Повышенное содержание отмечается в воде рек Людю, Аукамха и Хонолика, водосборы которых в разные годы были пройдены лесными пожарами. Наблюдения на горях в бассейне р. Анюй [12] свидетельствуют о повышенном его содержании в воде рек в течение длительного периода после лесных пожаров.

С динамикой органического вещества, являющегося активным участником процессов выветривания, связано поступление растворенного железа, концентрации которого в воде р. Тумнин и ее притоках невелики. Повышенные содержания органических веществ и железа (табл. 4) отмечаются в воде руч. Ольховый и других безымянных ручьях, дренирующих в нижнем течении заболоченные земли.

Микроэлементный состав речных вод заказника зависит от геологических условий территории [13]. Поэтому по содержанию микроэлементов водотоки различаются, но в среднем концентрации невысокие, в основном не превышают значений ПДК и среднемировые показатели для речных вод [14, 15]. Исключение составляют Fe, Cu, Zn (табл. 3, 4).

В основном Al, Mn, Fe и Pb мигрируют во взвешенной форме. В растворенной форме предпочтительно мигрируют Cu, Zn, Cd и Cr, что обуслов-

Таблица 4. Химический состав вод малых рек бассейна р. Тумнин

Показатель, ед. измерения	Водоток, пункт наблюдения							
	Абуа, 2	Бекая, 3	Аукамха, 4	Агья, 5	Людю, 6	Гудюму, 7	Ольховый, 8	Хонолика, 9
pH, ед pH	6,35	6,82	6,78	6,31	6,54	6,91	6,93	7,04
Цветность, град.	26	26	41	10	37	45	153	18
Na ⁺ , мг/дм ³	2,1	2,7	2,7	2,7	2,7	2,1	2,7	2,7
K ⁺ , мг/дм ³	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Ca ²⁺ , мг/дм ³	4,2	5,0	6,7	6,7	6,7	5,9	5,0	5,9
Mg ²⁺ , мг/дм ³	1,5	1,5	2,0	2,5	1,5	1,5	1,0	3,0
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	31	24	32	36	29	23	18	33
Cl ⁻ , мг/дм ³	1,3	1,2	1,5	1,4	1,2	1,7	1,8	1,4
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	2,9	2,9	3,7	3,7	4,1	1,2	0,4	2,0
NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	<0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,09	0,05	<0,04
NO ₃ ⁻ , мг N/дм ³	0,11	0,06	0,15	0,07	0,12	0,11	0,10	0,13
HPO ₄ ²⁻ , мг P/дм ³	0,010	<0,010	0,010	<0,010	0,017	<0,010	0,042	0,041
Fe, мг/дм ³	0,01	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,13	0,01
Минерализация, мг/дм ³	37,0	37,8	49,2	54,2	45,9	36,0	29,4	48,8
Si, мг/дм ³	6,4	6,5	1,1	1,6	1,1	6,8	9,6	10,2
ПО, мг O/дм ³	6,9	6,1	7,2	2,7	6,6	8,0	20,3	5,6
Al, мкг/дм ³	17,23	34,79	37,47	3,15	32,92	23,82	237,8	37,97
As, мкг/дм ³	0,6	0,17	0,24	0,22	0,27	0,15	0,07	0,03
Ba, мкг/дм ³	0,94	1,10	3,34	3,4	3,28	2,13	7,33	2,99
Cd, мкг/дм ³	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,05	<0,01
Cu, мкг/дм ³	9,86	27,2	6,56	4,38	4,46	0,43	2,89	0,41
Mn, мкг/дм ³	0,45	0,74	1,12	10,8	7,48	0,81	1,86	0,28
Ni, мкг/дм ³	0,28	0,03	8,52	0,11	0,11	0,10	0,14	0,03
Pb, мкг/дм ³	0,16	0,26	0,17	0,11	0,19	0,07	0,47	0,03
V, мкг/дм ³	0,05	0,09	0,13	0,03	0,09	0,12	0,33	0,26
Zn, мкг/дм ³	15,89	15,09	11,09	8,51	5,92	3,6	10,51	3,73

лено образованием комплексов с органическими соединениями и стабилизацией за счет этого в водной фазе [16]. Содержание Al в воде р. Тумнин и большинства ее притоков (табл. 3) в условиях нейтральных значений pH и низких концентраций органического вещества невысокое в сравнении с кларковым значением для речных вод – 50 мкг/дм³ [14, 15]. На порядок выше концентрация Al в руч. Ольховый, в воде которого содержание органического вещества достигает максимального значения (табл. 4). При среднем содержании Ba в речных водах мира 20 мкг/дм³ [15] в реках заказника его концентрация в основном не превышает 3,3 мкг/дм³, повышенное значение отмечается также в руч. Ольховый.

Цинк в воде рек мигрирует главным образом в ионной форме или в форме минеральных и органических комплексов. В воде большинства рек бассейна р. Тумнин содержание Zn находится ниже значения ПДК (табл. 3, 4). Повышенные концентрации, наблюдаемые в воде р. Тумнин и малых реках Абуа и Бекая, могут быть обусловлены влиянием рудопроявлений цветных металлов, часто встречающихся на Сихотэ-Алине [13, 17]. Содержание Cu в исследованных реках превышает значение ПДК (1 мкг/дм³). Наибольшие концентрации, также как и Zn, из-за влияния рудопроявлений отмечаются в воде р. Тумнин зимой (табл. 3) и малых реках Бекая, Абуа и Аукамха (табл. 4).

Концентрации Ni в воде р. Тумнин и во всех притоках, за исключением р. Аукамха, низкие по сравнению со средним значением в речном стоке – 0,80 мкг/дм [14, 15]. Максимальное содержание Ni, наряду с повышенными концентрациями Zn и Cu, вследствие геохимических особенностей Сихотэ-Алиня характерно для воды р. Аукамха (табл. 4).

Марганец в отличие от других элементов меньше связывается в комплексы. Содержание его в воде определяется интенсивностью потребления при фотосинтезе, разложением водорослей и высшей водной растительности. В большинстве исследуемых рек его содержание не превышает 2 мкг/дм³. Более высокие значения отмечаются в воде рек Агья и Людю, дренирующих в нижней части водосборов заболоченные ландшафты с восстановительными процессами в почвах.

Диапазон концентраций Pb в воде исследуемых рек находится ниже средних значений рек мира – 1 мкг/дм³ [15] и ПДК. Максимальное его содержание, также как Al и Fe, отмечается в воде руч. Ольховый. Содержание Cd в воде притоков р. Тумнин составляет сотые мкг/дм³ (табл. 4), что соответствует среднему значению для рек мира [15]. Кобальт в природных водах обнаруживается реже, чем Ni, что можно объяснить меньшей миграционной способностью данного вещества. В воде р. Тумнин и ее притоках концентрации составляют сотые доли (0,01–0,03 мкг/дм³).

Концентрации As низкие (табл. 3, 4), ниже среднемировых значений – 2,0 мкг/дм³ [15], Cr и Mo находятся ниже предела обнаружения. Содержание Be, Sb, Cr и Se составляет сотые доли мкг/дм³ и сопоставимо с содержанием в воде горно-таежных рек северного Сихотэ-Алиня [18].

Воды малых рек побережья Татарского пролива вследствие влияния приливно-отливных течений существенно отличаются по химическому составу от левобережных притоков р. Тумнин. Эти различия проявляются в повышенных концентрациях большинства главных ионов, в основном иона натрия и хлоридного иона, обуславливающих появление в приустьевых участках рек вод хлоридно-натриевого состава. Подобный состав вод характерен для многих водных объектов материковой части побережья Татарского пролива [11].

В отсутствие влияния приливно-отливных течений воды рек характеризуются снижением содержания ионов натрия и хлоридных ионов, но их концентрации остаются повышенными по сравнению с водами притоков р. Тумнин (в среднем на $2,0 \text{ мг/дм}^3$). Ветровым переносом морской воды во время штормов может быть обусловлено повышенное содержание ионов калия в воде водотоков Медвежий, Гыму и др. (табл. 5). Поэтому минерализация воды этих водных объектов изменяется в пределах $50\text{--}64 \text{ мг/дм}^3$ и в среднем на 10 мг/дм^3 выше по сравнению с левобережными притоками р. Тумнин.

Таблица 5. Химический состав воды рек материковой части Татарского пролива

Показатель, ед. измерения	Водоток, пункт наблюдения							
	Чумка, 10	Медвежий, 11	Гыму, 12	Водопадный, 13	Быки, 14	Тихий, 15	Рыбачий, 16	Аукан, 17
pH, ед pH	6,88	7,12	7,12	7,16	7,04	6,96	7,08	7,04
Цветность, град.	7	< 5	< 5	< 5	30	66	26	26
Na ⁺ , мг/дм ³	3,5	4,0	4,0	3,0	3,5	5,0	4,0	4,0
K ⁺ , мг/дм ³	1,3	1,4	1,4	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Ca ²⁺ , мг/дм ³	6,8	7,2	5,9	5,1	6,8	7,6	6,8	7,6
Mg ²⁺ , мг/дм ³	1,8	1,5	1,8	1,3	2,1	2,8	2,6	3,1
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	34	34	31	26	36	37	36	42
Cl ⁻ , мг/дм ³	3,7	4,8	3,9	3,4	2,8	7,0	3,0	1,8
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	3,7	2,9	2,5	1,2	<2,0	4,1	3,3	3,3
NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05
NO ₃ ⁻ , мг N/дм ³	0,20	0,20	0,24	0,13	0,10	0,15	0,08	0,10
НРО ₄ ²⁻ , мг P/дм ³	0,029	0,056	0,037	0,042	0,023	0,023	0,023	0,038
Fe _{общ.} , мг/дм ³	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	0,10	0,02	0,09
Минерализация, мг/дм ³	55,8	56,9	51,8	40,7	51,8	64,4	56,2	62,6
Si, мг/дм ³	10,7	10,7	11,0	10,7	8,9	8,9	9,9	10,5
ПО, мг O/дм ³	1,1	1,5	1,8	2,8	7,0	15,0	8,3	12,2

Концентрации нитратного азота варьируют в небольших пределах. Повышенное содержание отмечается в воде рек Людю, Ауканха и Хонолика, водосборы которых в разные годы были пройдены лесными пожарами. Наблюдения на горях в бассейне р. Анюй [12] свидетельствуют о повышенном его содержании в воде рек в течение длительного периода после лесных пожаров.

Широкая амплитуда колебаний концентраций характерна для нитратного азота и минерального фосфора, содержание которых, как уже ранее упоминалось, для нитратного азота обусловлено влиянием пирогенного фактора, для минерального фосфора – особенностями химического состава вулканогенных отложений [12, 16].

Отсутствие заболоченных ландшафтов на побережье Татарского пролива обуславливает крайне низкое содержание в воде рек аммонийного азота и растворенного железа, значений цветности воды и перманганатной окисляемости (табл. 5). Исключение составляют руч. Тихий (в районе оз. Быки) и р. Аукан, в нижнем течении которых наблюдается небольшая заболоченность, что вызывает повышенный сток органических веществ.

ВЫВОДЫ

Речные воды заказника «Тумнинский» вне зоны влияния приливно-отливных течений характеризуются низким содержанием основных ионов, соответственно и небольшой минерализацией ($< 65 \text{ мг/дм}^3$). По химическому составу воды относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция, первому типу.

Воды рек материковой части побережья Татарского пролива, подверженные влиянию приливно-отливных течений, отличаются повышенными концентрациями основных ионов, в первую очередь иона натрия и хлоридного иона.

Природно-климатические условия территории Тумнинского заказника определяют формирование вод с низким содержанием аммонийного азота, растворенного железа и повышенными концентрациями минерального фосфора и кремния в отдельных водотоках, дренирующих вулканогенные отложения. Концентрации нитратного азота в водотоках на территории заказника распределены неравномерно, наибольшие значения отмечаются в воде рек, водосборы которых пострадали от природных пожаров.

Водотоки характеризуются большими вариациями концентраций растворенных форм металлов, которые в основном невысокие и сопоставимы со среднемировыми значениями. Исключение составляют концентрации Fe, Zn и Cu, нередко превышающие значения ПДК. В отсутствие антропогенной нагрузки их повышенное содержание соответствует естественному геохимическому фону территории, указывает на большую роль подстилающих пород и заболоченных земель в формировании микроэлементного состава речных вод.

Автор выражает благодарность администрации ФГБУ «Государственный природный заповедник «Ботчинский» за организацию экспедиционных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрогеология СССР. Т. XXIII. Хабаровский край и Амурская область. М.: Недра, 1971. 514 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 3. Приморье. Л.: Гидрометеоздат, 1972. 627 с.
3. Шестеркин В.П., Костомарова И.В. Гидрохимия малых рек государственного природного заказника «Тумнинский» // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. 2017. № 7. С. 262–266.

4. 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. изм. № 1, утв. Росгидрометом 11.10.2002, изм. № 2, утв. Росгидрометом 28.10.2009).
5. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения. Приказ Росрыболовства от 18.01.2010. № 20.
6. Пузанов А.В., Шестеркин В.П., Алексеев И.А. Характеристика химического состава снежного покрова в районах падения отделяющихся частей ракет-носителей, планируемых к запуску с космодрома «ВОСТОЧНЫЙ». Регионы нового освоения: современное состояние природных комплексов и вопросы их охраны: мат-лы конф. с межд. участием. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. 2015. С. 213–216.
7. Долманова Л.А., Егорова Л.С., Михайленко М.А. Летучие фенолы в объектах экосистемы р. Барнаулки // Известия Алтайского государственного университета. Химия. География. Биология. 2004. № 3 (33). С. 10–13.
8. Болдескул А.Г., Шамоу В.В., Гарцман Б.И., Кожевникова Н.К. Ионный состав генетических типов вод малого речного бассейна: стационарные исследования в центральном Сихотэ-Алине // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33. № 2. С. 90–101.
9. Кожевникова Н.К., Луценко Т.Н., Болдескул А.Г., Лупаков С.Ю., Шамоу В.В. Водная миграция макроэлементов в хвойно-широколиственных лесах Сихотэ-Алиня // Сибирский лесной журнал. 2017. № 3. С. 60–73.
10. Форина Ю.А., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Фосфор в воде таежных рек Северного Сихотэ-Алиня // Тихоокеанская геология. 2013. Т. 32. № 1. С. 116–119.
11. Форина Ю.А., Шестеркин В.П. Особенности химического состава речных вод восточного макросклона северного Сихотэ-Алиня // География и природные ресурсы. 2010. № 3. С. 81–87.
12. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Влияние катастрофических лесных пожаров на химический состав воды рек бассейна р. Анюй (Северный Сихотэ-Алинь) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2016. № 3. С. 47–54.
13. Чудаева В.А. Миграция химических элементов в водах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 2002. 392 с.
14. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983. 272 с.
15. Hitchon B., Perkins E. N., Gunter W.D. Introduction to the Ground Water Geochemistry. Sherwood Park; Alberta: Geoscience Publishing Ltd., 1999. 310 p.
16. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 270 с.
17. Шулькин В.М., Богданова Н.Н., Перепелятников Л.В. Пространственно-временная изменчивость химического состава речных вод юга Дальнего Востока РФ // Водные ресурсы. 2009. Т. 36. № 4. С. 428–439.
18. Chudaeva V.A., Shesterkin V.P., O.V. Chudaev O.V. Trace Elements in Surface Water in Amur River Basin // Water Resources. 2011. Vol. 38. P. 650–661.

Сведения об авторе:

Шестеркин Владимир Павлович, канд. геогр. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук» (ИВЭП ДВО РАН), Россия, 680000, г. Хабаровск, ул. Дикопольцева, д. 65; e-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru