

Л.И. ИНИШЕВА*, Г.В. ЛАРИНА**

*Томский государственный педагогический университет,
634061, Томск, ул. Киевская, 60, Россия, inisheva@mail.ru

**Горно-Алтайский государственный университет,
649000, Горно-Алтайск, ул. Ленина, 1, Россия, gal29977787@yandex.ru

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БОЛОТ ГОРНОГО АЛТАЯ

По результатам экспедиционных исследований на территории Северного, Центрального и Юго-Восточного Алтая приведен химический (макро- и микроэлементный) состав вод эвтрофных и мезотрофных болот и рек-водоприемников. Отмечено повышенное содержание ряда элементов, что определяется ботаническим составом торфов, а также подстилающими породами. Выявлены особенности формирования состава болотных вод в торфяных залежах разного генезиса; определено влияние болот на гидрохимический режим рек. Подтверждена зависимость гидрохимического состава внутриболотных рек от болотных вод, что проявляется в содержании гуминовых кислот (ГК). Установлено, что изменение содержания ГК и фульвокислот свидетельствует о динамичности их поступления из торфяной залежи в болотные воды, а также о более высоком содержании ГК в водах горных болот на протяжении всего теплого периода по сравнению с болотами Западно-Сибирской равнины. Показано, что в болотных водах Северного Алтая отмечается повышенное содержание ряда элементов, оказывающее существенное влияние на гидрохимический режим внутриболотных рек. На территории Центрального Алтая отмечено увеличение минерализации болотных вод вследствие преобладания мелкозалежных болот и близкого залегания подстилающих пород. Определено, что в болотных водах и внутриболотных реках Юго-Восточного Алтая не происходит накопления химических элементов, но выявлено повышенное содержание ГК. Содержание микроэлементов не превышает величину ПДК и ОДК, что свидетельствует об отсутствии поступления на болота исследованной территории Горного Алтая техногенных веществ. Предложено оценить элементный состав болотных вод, сформировавшийся в настоящее время, как фоновый.

Ключевые слова: болотные воды, химические свойства, гуминовые кислоты, микроэлементы, торфяная залежь, реки.

L.I. INISHEVA*, G.V. LARINA**

*Tomsk State Pedagogical University, Tomsk,
634061, ul. Kievskaya, 60, Russia, inisheva@mail.ru

**Gorno-Altai State University, Gorno-Altai,
649000, ul. Lenina, 1, Russia, gal29977787@yandex.ru

HYDROCHEMICAL CHARACTERIZATION OF SWAMPS OF GORNYI ALTAI

The chemical (macro and trace element) composition of the waters of eutrophic and mesotrophic swamps and rivers is provided, based on of expedition investigations on the territory of the Northern, Central and Southeastern Altai. An increased content of a number of elements was observed, which is determined by the botanical composition of peats as well as underlying rocks. Special features in the formation of the composition of swamp waters in peat deposits of a different genesis are determined; the influence of swamps on the hydrochemical regime of surface waters are identified. A dependence of the hydrochemical composition of swamp rivers on swamp waters is confirmed, which is manifested in the content of humic acids. It was found that a change in the amount of humic and fulvic acids indicates the dynamism of their input from the peat deposit to the swamp waters as well as a higher content of humic acids in the waters of mountain swamps in comparison with the swamps of the West Siberian plain. It is shown that in the swamp waters of the Northern Altai there is an increased content of a number of elements, which has a significant impact on the hydrochemical regime of intra-swampy rivers. In the Central Altai, there is an increase in mineralization of swamp waters due to a predominance of shallow swamps and the close occurrence of underlying rocks. It was determined that there is no accumulation of chemical elements in the swamp waters and in intra-swamp rivers of the Southeastern Altai, but an increased content of humic acids was determined. The content of trace elements does not exceed the value of maximum permissible concentrations, which indicates that there is no input of man-made substances to the swamps of the territory of Altai. It is proposed to evaluate the elemental composition of swamp waters that has formed as a background composition to date.

Keywords: swamp water, chemical properties, humic acids, trace elements, peat deposit, rivers.

ВВЕДЕНИЕ

Болотные воды образуют совершенно особый органогенный тип вод, свойства и специфика формирования которых привлекают многих исследователей [1, 2]. Также известно, что болотно-речные системы — геохимические барьеры, которые из-за своей высокой сорбционной способности накапливают и удерживают большой спектр примесей из атмосферы, выводя их из круговорота веществ [3]. Атмосферные осадки, выпадающие на занятые торфяными болотами территории, до попадания в подземные водоносные горизонты проходят стадию болотного генезиса. В органогенной среде торфяной залежи они преобразуются в грунтовые воды, питающие болотно-речные экосистемы. В итоге появляются пресные воды, обогащенные углекислотой, метаном, растворенными органическими веществами, железом, марганцем и другими болотными компонентами. Так образуется особый вид болотных вод, состав которых и происходящие в них процессы взаимодействия изучены недостаточно [4, 5].

Исследования конкретных водных объектов на водосборных территориях очень перспективны в отношении химического компонента общего геостока на Земле. Функционирование болотных экосистем, их динамика и тенденция развития сопровождаются процессами образования, трансформации и миграции вещества. Сложный химический состав торфов в торфяных залежах болот, их физико-коллоидная структура формируют собственный гидрохимический состав болотных вод региона.

Цель данной работы — изучение химического состава болотных вод на территории Северного, Центрального и Юго-Восточного Алтая и оценка степени их влияния на гидрохимический режим рек.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В настоящем исследовании рассматривается территория, которая по существующему административному делению относится к Республике Алтай, называемая Горный Алтай. По типам структуры вертикальной почвенной поясности, связанной с высотными уровнями и общими биоклиматическими особенностями, Горный Алтай разделяется на три района: Северный, Центральный и Юго-Восточный [6–8].

Таблица 1

Характеристика представительных болот Горного Алтая

Болото, тип, геоморфология, координаты	Мощность, м	Вид торфа в профиле (сверху вниз)	Степень разложения, %	Зольность, %	Возраст, лет
Северный Алтай					
Турочак, низинное присклонное (52°13' с. ш., 87°06' в. д.)	6,5	Древесно-осоковый, травяной	20–55	30,6–19,7	7060 ± 90 (СОАН-8034)
Кутюш, переходное долинное (52°18' с. ш., 87°15' в. д.)	2,0	Магелланикум, шейхериево-осоковый	5–40	2,8–8,3	–
Баланак, низинное присклонное (52°02' с. ш., 87°08' в. д.)	4,7	Травяной, древесный, осоковый	15–40	23–44,6	–
Чойское, переходное, долинное	1,8	Осоковый, травяной, осоково-папоротниковый	40–50	33,1–44,1	–
Ынырга, переходное, долинное (52°18' с. ш., 87°15' в. д.)	1,5	Фускум, осоковый, папоротниковый	10–30	4,8–27,7	2215 ± 140 (СОАН-8037)
Центральный Алтай					
Абайское, низинное, котловинное (50°24' с. ш., 85°02' в. д.)	0,4	Осоковый	45	13,2–46,6	–
Соузар, низинное, котловинное (50°38' с. ш., 85°18' в. д.)	0,2	–	–	12,2	520 ± 45 (СОАН-8034)
Тюгурык, низинное, котловинное (50°38' с. ш., 85°19' в. д.)	0,4	Осоковый	50	20,8	430 ± 55 (СОАН-8036)
Долина р. Онулу, низинное, долинное (50°38' с. ш., 88°03' в. д.)	0,3	Сфагновый, осоковый, древесно-осоковый	25–35	17,3–34,1	905 ± 45 (СОАН-8039)
Юго-Восточный Алтай					
Сас, низинное, долинное (50°02' с. ш., 89°01' в. д.)	0,2	–	–	49,3–46	1100 ± 65 (СОАН-8040)

Примечание. Прочерк — данные отсутствуют.

По всем типам структуры вертикальной зональности были проложены маршруты с отбором болотных, речных вод и торфов для проведения анализа (табл. 1). Ботанический состав и степень разложения торфов выявляли по ГОСТ 28245.2-89, содержание химических элементов в торфах и сухих остатках болотных вод определено высокочувствительным многоэлементным методом нейтронно-активационного анализа на ядерном реакторе ИРТ-2000 с использованием гамма-спектрометра ТА 512 в Институте ядерной физики при Томском политехническом университете. Радиоуглеродное датирование торфяных залежей проведено на радиоуглеродной установке QUANTULUS-1220 (бензолно-сцинтилляционный вариант) в лаборатории геологии и палеоклиматологии кайнозоя Института геологии и минералогии СО РАН. Химический анализ болотных вод выполнен в испытательной лаборатории ТГПУ (№ РОСС RU.0001.516054) следующими методами: рН — потенциометрическим, минерализация — по сухому остатку, Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^- — титриметрическим, Na^+ , K^+ — атомно-абсорбционным, NO_3^- , NH_4^+ — фотометрическим, Fe — полярографическим по [9], гуминовые (ГК) и фульвовые кислоты (ФК) — по [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Болотные воды Северного Алтая характеризуются значениями рН от 4,0 до 7,8 при средних значениях $6,1 \pm 0,56$, низкой минерализацией (среднее значение 0,2 г/л), высокой концентрацией специфических органических кислот (ГК — 6,9, ФК — 19,5 мг/л) (табл. 2). По содержанию ионов в болотных водах переходные и низинные болота примерно одинаковы, за исключением переходного болота Кутюш. Вода этого болота имеет показатели, подтверждающие его мезотрофное происхождение

Таблица 2

Химический состав болотных и речных вод, Северный Алтай, сентябрь, 2013 г., мг/л

Компонент	Болото						Река					Снег с болота	
	Турочак	Кутюш	Чойское	Баланак	Ынырга	экстремальные и средние значения	Малый Кутюш	Большой Кутюш	Кутюш	Сия	Чойка	Турочак	Кутюш
Ca^{2+}	4,0	1,0	12,0	16,0	64,0	$\frac{1,0 - 64,0}{19,4 \pm 11,47}$	42,1	44,1	42,1	22,0	30,1	1,5	—
Mg^{2+}	2,4	0,3	1,2	3,7	9,1	$\frac{0,3 - 9,1}{3,3 \pm 1,55}$	4,9	7,3	9,7	1,2	13,4	0,3	0,3
NH_4^+	0,4	0,8	0,3	0,2	1,2	$\frac{0,2 - 1,2}{0,6 \pm 0,19}$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	20,7	25,4	39,9	28,8	11,5	$\frac{11,5 - 39,9}{25,3 \pm 4,7}$	63,3	56,3	56,0	33,2	51,9	9,4	9,4
$\text{Fe}_{\text{общ}}$	2,8	4,6	0,8	1,7	1,3	$\frac{0,8 - 4,6}{2,2 \pm 0,68}$	0,2	0,2	0,3	0,3	1,4	2,7	2,7
HCO_3^-	30,5	42,7	73,2	103,7	144,0	$\frac{30,5 - 244,0}{98,8 \pm 38,45}$	170,8	189,1	176,9	79,3	152,5	18,3	18,3
NO_3^-	1,6	3,8	0,8	1,8	6,2	$\frac{0,8 - 6,2}{2,8 \pm 0,97}$	0,4	0,5	0,7	0,7	0,5	> 0,1	> 0,1
рН	6,0	4,0	6,4	7,1	7,0	$\frac{4,0 - 7,1}{6,1 \pm 0,56}$	7,5	7,7	7,8	7,3	7,3	6,3	6,2
ГК	6,7	10,1	9,7	4,7	3,5	$\frac{3,5 - 10,1}{6,9 \pm 1,32}$	8,7	4,7	4,4	4,0	8,1	34,2	18,8
ФК	22,5	6,5	23,9	11,7	33,0	$\frac{6,5 - 33,0}{19,5 \pm 4,68}$	6,8	2,9	6,3	3,4	19,2	6,3	6,2
М	0,19	0,30	0,16	0,20	0,25	$\frac{0,164 - 0,302}{0,2 \pm 0,02}$	0,16	0,18	0,16	0,08	0,24	0,03	0,03

Примечание. Здесь и в табл. 3 и 5: числитель — экстремальные значения, знаменатель — среднее и ошибка среднего. Прочерк — отсутствие данных.

ние: низкие значения рН и содержание ионов кальция и магния, высокая концентрация общего железа, ГК. По болоту протекают внутриболотные реки Малый и Большой Кутюш, которые сливаются, образуя р. Кутюш, впадающую в р. Сию. Кутюш и Сия уже не относятся к заболоченной территории, а Сия — большая река. Рассмотрим, оказывают ли влияние болотные воды болота Кутюш на химический состав внутриболотных малых рек (см. табл. 2).

Для внутриболотных рек (Малый и Большой Кутюш) по сравнению с болотными водами отмечается увеличение содержания ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , HCO_3^- , что определяет повышение рН. В речных водах уменьшается концентрация ионов аммония, общего железа, нитратов, в 2–10 раз снижается содержание ФК. Воды р. Сии имеют другие показатели, отличные от болотных вод и вод рек, находящихся в пределах зоны заболачивания. Принимая это во внимание, можно сделать вывод о влиянии торфяного болота Кутюш на формирование химического состава внутриболотных рек (Большой и Малый Кутюш) и об отсутствии такого влияния на реки, не относящиеся к зоне заболачивания (Кутюш и Сия). Болота Чойское и Кутюш относятся к переходным, но, благодаря подстилающим карбонатным породам, ионный состав насыщен ионами кальция и магния, что существенно увеличивает мезотрофность (рН 6,4 против 4,0 в болоте Кутюш). Гидрохимический состав р. Чойки отличается от других рек более высокой концентрацией ионов магния, железа, ГК и ФК. Отсюда можно сделать вывод и о разном гидрохимическом составе рек Горного Алтая, формирующихся в неодинаковых геолого-геоморфологических условиях.

Если сравнить болотные воды Северного Алтая с болотными водами южнотаежной подзоны Западной Сибири [11], то выявляются некоторые закономерности. Болотные воды в пределах Северного Алтая имеют более высокую минерализацию, повышенное содержание ряда ионов и органических соединений (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , ГК) и меньшие значения подвижных соединений железа, аммония и ФК [12]. Эти отличия можно объяснить тем, что в данном регионе преобладающе распространены покровные лёссовидные карбонатные суглинки, которые обычно перекрывают грубые аллювиальные, пролювиальные или ледниковые отложения. В некоторых понижениях лёссовидные карбонатные суглинки сменяются толщей бурых глин, имеющих делювиальное происхождение [13].

Но всегда ли сток болотных вод будет иметь одинаковый химический состав? И одинаковый ли состав болотных вод образуется на самом болоте? Для ответов на эти вопросы была рассмотрена пространственная изменчивость химического состава болотных вод на примере болота Кутюш. Вдоль всего болота на протяжении 3,5 км с интервалом в 500 м отобраны образцы болотной воды. Для этого делали прикопки до УБВ и отбирали болотную воду после повторного наполнения. Мощность торфяной залежи вдоль болота изменяется от 1,25 до 2,2 м, и ботанический состав торфов с поверхности (0–50 см) представлен либо верховым торфом, либо переходным. На глубине 50–100 см торф чаще переходного типа и довольно разного ботанического, а, соответственно, и химического состава. И это не может не оказывать влияние на химический состав болотных вод, что рассмотрим на примере содержания ГК, ФК и минерализации болотных вод (рис. 1).

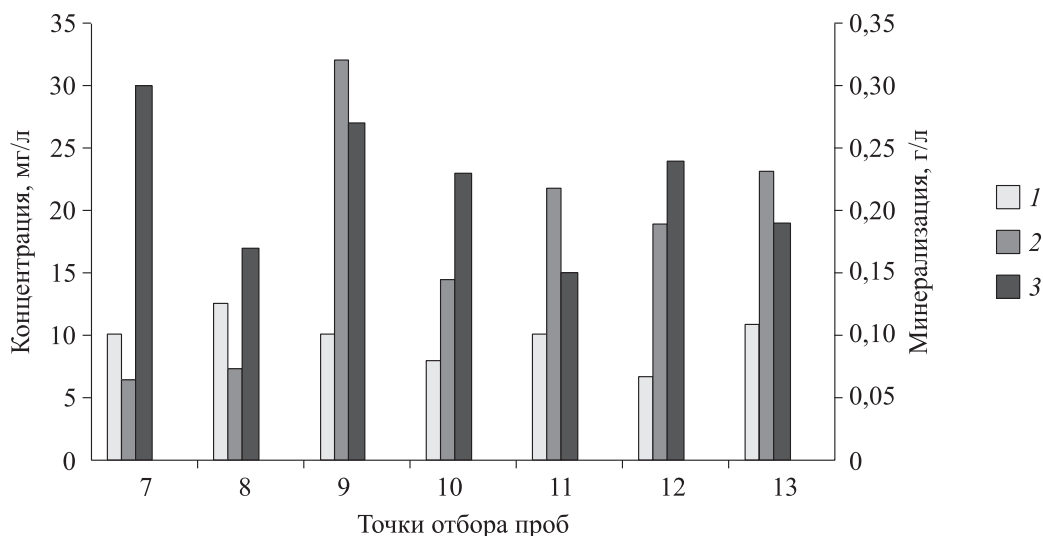


Рис. 1. Содержание ГК, ФК и минерализация болотной воды по территории болота Кутюш, сентябрь, 2013 г.

1 — гуминовые кислоты, 2 — фульвокислоты, 3 — минерализация.

Так, минерализация в болотных водах изменяется от 0,15 до 0,28 г/л, близкое залегание подстилающих пород и горный характер рельефа способствуют ее увеличению. Специфические органические вещества вод характеризуются широким диапазоном концентраций. Если ГК изменяются в небольших пределах (7–10 мг/л), то экстремальные значения содержания ФК в разных точках болота — в пределах 6–33 мг/л, т. е. более чем в пять раз. Комплексообразующие свойства этих кислот предполагают дальнейшее увеличение минерализации болотных вод за счет реакций с минеральными составляющими подстилающих пород и мигрирующими водными потоками. Таким образом, динамика расщепленных элементов показывает пространственную изменчивость состава болотных вод, и химический состав стока с разных частей болота будет различным.

На двух болотах (Турочак и Кутюш) были отобраны пробы снега. Их состав идентичен составу снеговых вод, информация о которых представлена в официальных источниках [14]. Но следует обратить внимание на повышенное содержание в снеговой воде ГК и ФК. Их концентрация в снеговой воде в 2–6 раз выше, чем в болотных водах этих же объектов. Возможно, это обусловлено поступлением ГК и их комплексов с талыми водами с окружающих возвышенностей. Проведенные нами ранее исследования показали, что торфы болот Горного Алтая богаты ГК, содержание которых достигает 50–60 % на органическое вещество.

Как отмечалось выше, на территории Центрального Алтая распространены мелкозалежные болота. Подстилающие породы представлены здесь пролювиальными, делювиальными и дефлюкционными отложениями [15]. Наличие озерно-ледниковых отложений установлено практически во всех долинах и крупных логах до абс. выс. 1300 м [16]. В болотных водах этой территории возрастает минерализация за счет увеличения содержания ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , что определяет изменение рН среды в сторону подщелачивания (табл. 3). Одновременно происходит снижение содержания биогенных компонентов (NH_4^+ , NO_3^-) и $\text{Fe}_{\text{общ}}$. Отмечаются изменения и в концентрации

Таблица 3

Химический состав болотных и озерных вод, Центральный и Юго-Восточный Алтай, сентябрь, 2013 г., мг/л

Компонент	Центральный Алтай							Юго-Восточный Алтай		
	болото							болото		озеро на болоте Сас
	Ябоган	Абай	Тюгурук	Соузар	Онулу	Улаган	экстремальные и средние значения	Гусиное (плато Укок)	Сас	
Ca^{2+}	92,0	84,0	30,0	98,0	62,0	28,0	$\frac{28,0 - 98,0}{65,7 \pm 12,6}$	12,0	7,0	40,0
Mg^{2+}	28,6	12,8	6,1	18,9	4,3	5,5	$\frac{4,3 - 28,6}{12,7 \pm 3,9}$	3	1,2	9,1
NH_4^+	1,2	0,1	0,7	0,5	0,3	0,7	$\frac{0,1 - 1,2}{0,6 \pm 0,2}$	0,2	0,5	0,7
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	88,9	62,8	36,3	50,4	16,3	17,7	$\frac{16,3 - 88,9}{45,4 \pm 11,4}$	8,1	11,3	24,4
$\text{Fe}_{\text{общ}}$	0,4	0,1	—	0,4	—	0,4	$\frac{0,1 - 0,4}{0,3 \pm 0,1}$	—	—	—
HCO_3^-	475,8	347,7	164,7	457,5	231,8	414,8	$\frac{164,7 - 475,8}{348,7 \pm 51,6}$	54,9	42,7	164,7
NO_3^-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,6	<0,1	$\frac{0,1 - 0,6}{0,2 \pm 0,1}$	1,2	<0,1	<0,1
pH	8	7,6	7,3	7,5	7,6	8,3	$\frac{7,3 - 8,3}{7,7 \pm 0,1}$	6,7	8,0	7,3
ГК	3,1	5,2	1,0	6,3	4,4	2,7	$\frac{1,0 - 6,3}{3,8 \pm 0,8}$	2,7	5,3	6,2
ФК	7,3	20,7	6,7	12,1	26,6	25,5	$\frac{6,7 - 26,6}{16,5 \pm 3,7}$	5,7	12,5	5,7
М	0,58	0,44	0,19	0,46	0,24	0,13	$\frac{0,13 - 0,58}{0,33 \pm 0,07}$	0,06	0,05	0,2

специфических органических веществ. Содержание ГК в болотных водах Центрального Алтая (средние значения) снижается в два раза по сравнению с болотными водами Северного Алтая, содержание ФК — на 30 %.

Рассмотрим химический состав вод озера на болоте Сас в сравнении с болотными водами. Как следует из данных химического состава (см. табл. 3), ионный состав воды озера, генетически связанного с питающим его болотом, имеет существенные отличия. Вода в озере слабо минерализована, пресная, гидрокарбонатно-кальциево-натриевая, содержит в 5–7 раз больше ионов кальция и магния и в 4 раза — бикарбонатов, чем болотная. При этом рН воды в озере почти на единицу рН ниже. Можно предположить, что приток из болота в озеро определяется более высокими величинами, нивелируя влияние карбонатно-бикарбонатного равновесия в воде озера.

В Юго-Восточном Алтае подстилающие породы представлены сезонно-талыми, талыми и сезонно-мерзлыми грунтами. Это преимущественно гравийные отложения с песчаным или с суглинистым заполнителем. Глубина зоны сезонного промерзания и оттаивания колеблется от 2,5 до 5,6 м. Аллювиальные отложения в основном распространены по долинам рек. Аллювиальные породы в большинстве своем карбонатные, засоленные слаборастворимыми солями, рН изменяется от нейтральной до щелочной среды 7,5–8,7 [17]. Однако природно-климатические условия Юго-Восточного Алтая не способствуют активизации процесса засоления и даже, наоборот, отмечается снижение минерализации болотных вод и, следовательно, уменьшение содержания ионов кальция, магния, натрия. Содержание ГК и ФК остается на прежнем уровне.

Специфичность органоминерального типа болотных вод проявляется и в элементном составе. Имеющиеся немногочисленные исследования по биогеохимии торфяных болот показывают, что торфяная залежь может содержать значительное количество рассеянных элементов, выполняя роль глобального сорбента, регулирующего их содержание. Разными авторами было доказано, что в поглощении ионов преимущественно участвуют тонкодисперсные частицы, полуторные оксиды и гуминовые вещества, чье содержание в болотной воде значительно [18]. Следует отметить, что высокие содержания гуминовых веществ, в особенности ГК, характерны для болотных вод Горного Алтая по всей его территории.

Обсуждая полученные результаты по макро- и микроэлементному составу болотных вод, можно по рассматриваемым параметрам оценить их как достаточно чистые природные воды (табл. 4). Содержание таких элементов, как Fe, Zn, Cr, Co, в болотных водах ниже значений ПДК для водных

Таблица 4

Элементный состав болотных, озерных вод, Горный Алтай, сентябрь, 2013 г., мкг/л

Элемент	Северный Алтай					Центральный Алтай		Юго-Восточный Алтай			озеро на болоте Сас
	болото			снег с болота		болото		болото			
	Турочак	Кутюш	Ынырга	Турочак	Кутюш	Улаганский район	долина р. Онулу	Гусиное 1	Гусиное 2	Сас	
Sm	0,119	0,062	0,076	0,000	0,002	0,018	0,006	0,005	0,005	0,280	0,004
Ce	0,882	0,496	0,898	0,005	0,025	0,090	0,097	0,126	0,063	2,197	0,029
Co	0,546	0,704	1,951	0,072	0,031	0,256	0,469	0,079	0,134	1,675	0,187
U	0,018	0,016	1,417	0,002	0,009	0,102	0,243	0,275	0,042	0,081	0,770
Zn	11,46	16,98	10,15	1,688	1,330	5,478	2,208	3,367	1,405	24,85	6,159
Cr	1,852	1,597	1,702	0,482	0,480	0,295	0,251	1,988	1,335	1,960	0,391
Yb	0,072	0,031	0,036	0,000	0,001	0,011	0,005	0,001	0,003	0,201	0,003
Au	0,003	0,003	0,002	0,000	0,001	0,016	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Hf	0,034	0,000	0,004	0,000	0,001	0,009	0,021	0,002	0,002	0,030	0,004
Nd	0,210	0,318	0,349	0,004	0,008	0,159	0,341	0,209	0,046	1,390	0,515
As	0,964	1,425	5,267	0,005	0,088	1,618	0,349	0,586	0,898	4,034	1,955
Ag	0,348	0,051	0,088	0,250	0,012	0,048	0,078	0,014	0,014	0,060	0,044
Cs	0,055	0,111	0,127	0,003	0,003	0,016	0,026	0,004	0,009	0,077	0,015
Tb	0,032	0,002	0,014	0,000	0,000	0,003	0,005	0,001	0,001	0,065	0,003
Sc	0,210	0,064	0,136	0,001	0,003	0,024	0,003	0,007	0,008	0,178	0,003
Rb	2,652	4,411	1,364	0,115	0,083	0,532	0,848	0,371	1,262	3,800	0,437

объектов рыбохозяйственного значения — наиболее строгого регламента для водных объектов, что подтверждают и другие авторы [17, 19, 20]. Вместе с тем следует отметить, что содержание изученных элементов в разных болотных водах невысокое на всей территории Горного Алтая. Однако некоторые авторы [21] отмечают резкое увеличение концентраций ряда элементов на примере притоков р. Актру и объясняют это условиями взаимодействия горных пород с талыми и речными водами, а также процессами атмосферного переноса антропогенных веществ с территории Восточного Казахстана.

Проведем сравнение содержания отдельных элементов в болотных водах южно-таежной подзоны Западной Сибири и лесостепной и степной зон Горного Алтая (табл. 5). В условиях Западной Сибири приводятся результаты исследований по гидрохимическому режиму болот, на которых проведена лесомелиорация. В метровом слое их торфяной залежи преобладают аэробные условия. Практически все элементы в болотной воде дренированных западносибирских болот находятся в повышенных концентрациях, что связано, надо полагать, с окислительными условиями в метровом слое.

Как уже отмечалось, особенность болотных вод Горного Алтая (по сравнению с болотами Западной Сибири) — это достаточно высокое содержание ГК по сравнению с ФК. Эти условия способствуют образованию разнообразных активных органических и органоминеральных соединений с повышенной миграционной способностью. Согласно [22], в торфяных залежах создаются условия для образования и миграции ГК, что определяет специфический состав мигрирующих болотных вод с заболоченного водораздела в реки и озера. Это и есть основная причина их повышенной концентрации в болотных водах всего Горного Алтая. В соответствии с климатическими условиями скорость процесса гумификации растительных остатков болотной растительности и выделения подвижных ГК в болотные воды будет различаться.

Рассмотрим динамику содержания ГК и ФК в болотных водах низинного болота (Турочак) и переходного болота (Кутюш) за теплый период 2013 г. в сравнении с водами внутриболотных рек (рис. 2). Гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову (по данным ГМС Турочак, Северный Алтай) за период с мая по сентябрь равен 1,07 при среднемноголетнем значении ГТК 1,5. Особенно засушливыми были июнь и июль (осадков выпало в два раза ниже нормы). В болотных водах наблю-

Таблица 5

Содержание отдельных элементов в болотной воде разных типов болот и территорий, сентябрь, 2013 г., мкг/л

Элемент	Западная Сибирь			Горный Алтай			
	низинное мелиорируемое болото	низинное болото, частично мелиорируемое	низинное болото, естественное	низинное, Турочак	переходное, Чойское	низинное, Баланак	переходное, Кутюш
Sm	1,2	1,8	$\frac{0,5 - 1,4}{0,9 \pm 0,1}$	0,64	0,02	0,04	0,15
U	41,1	—	2,6	0,04	0,03	0,01	0,01
Au	$\frac{0,1 - 0,6}{0,2 \pm 0,0}$	$\frac{0,1 - 0,6}{0,3 \pm 0,0}$	$\frac{0,03 - 0,16}{0,08 \pm 0,0}$	0,002	0,01	0,002	0,01
Hf	1,0	$\frac{0,8 - 3,0}{1,3 \pm 0,1}$	$\frac{0,6 - 2,6}{1,7 \pm 0,4}$	0,3	0,07	0,04	—
Cs	2	$\frac{6,4 - 7,4}{4,6 \pm 0,4}$	$\frac{1,4 - 1,5}{1,0 \pm 0,2}$	1,04	0,22	0,15	0,89
Sc	$\frac{0,2 - 0,6}{0,3 \pm 0,0}$	$\frac{0,2 - 2,1}{0,8 \pm 0,1}$	$\frac{0,2 - 1,5}{0,8 \pm 0,1}$	1,88	0,33	0,14	0,24
Rb	$\frac{299,9 - 645,0}{441,4 \pm 63,2}$	$\frac{432,7 - 649,2}{540,9 \pm 43,2}$	$\frac{73,3 - 258,9}{157,4 \pm 23,2}$	21,88	4,80	6,60	25,8
Eu	0,6	0,5	$\frac{0,3 - 0,9}{0,7 \pm 0,1}$	0,13	0,05	0,05	0,05
La	10,0	9,4	$\frac{2,6 - 7,8}{4,6 \pm 1,2}$	2,45	0,40	0,30	0,65
Ce	$\frac{28,2 - 79,2}{46,8 \pm 8,7}$	$\frac{32,5 - 115,3}{62,1 \pm 14,6}$	$\frac{36,7 - 129,5}{78,7 \pm 12,3}$	4,49	24,3	1,42	2,82

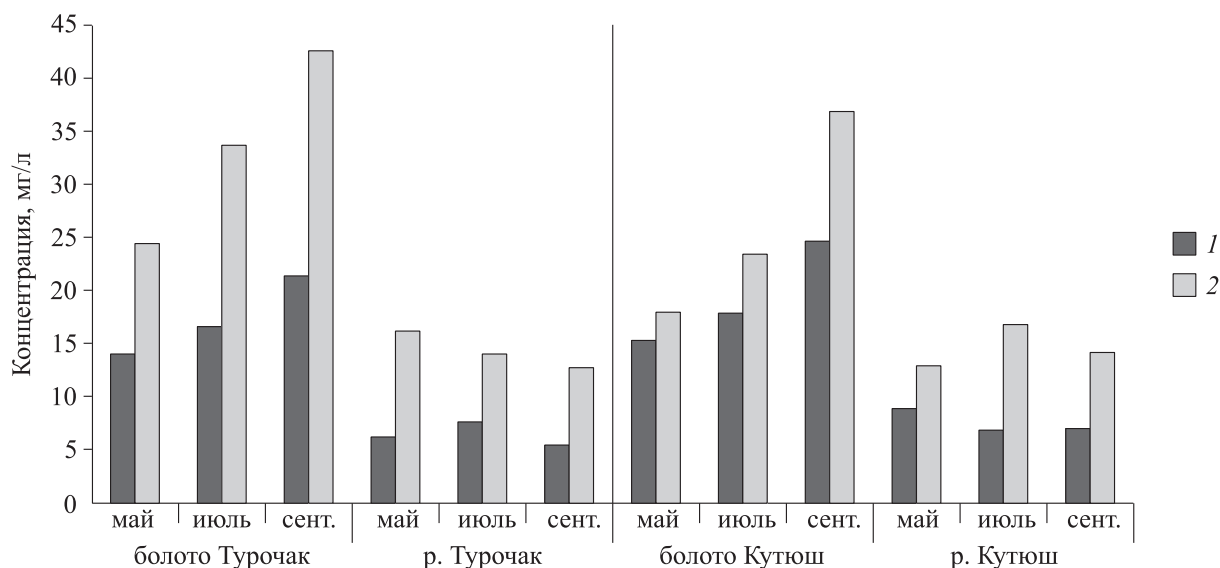


Рис. 2. Динамика химического состава речных и болотных вод за теплый период 2013 г., мг/л. Северный Алтай.

1 — гуминовые кислоты, 2 — фульвокислоты.

дается высокое содержание ГК и ФК по сравнению с речными водами. Концентрация этих веществ увеличивается к осени (наивысшая в сентябре) независимо от генезиса болот. В количественном отношении содержание ГК в водах болот Турочак и Кутюш практически одинаково; ФК преобладают в болоте Турочак, что нетипично для болот низинного типа. Концентрация ГК и ФК в речных водах также одинакова, но, в отличие от болотных вод, в меньшей степени подвержена сезонной динамике. Это подтверждает зависимость гидрохимического состава внутриболотных рек от болотных вод, которая проявляется в содержании наиболее подвижного их компонента — ГК. Изменение количества ГК и ФК свидетельствует о динамичности поступления ГК из торфяной залежи в болотные воды, а также о более высоком содержании ГК в водах горных болот на протяжении всего теплого периода по сравнению с аналогичными болотами Западно-Сибирской равнины, что ранее нами уже отмечалось.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В болотных водах Северного Алтая отмечается повышенное содержание ряда элементов, что определяется ботаническим и, соответственно, химическим составом торфов, а также преимущественно карбонатными подстилающими породами. Исследования показали влияние болотных вод на гидрохимический режим внутриболотных рек, которое проявляется в зависимости от содержания гуминовых веществ в торфяных залежах болот.

Общие природно-климатические условия на территории Юго-Восточного Алтая не способствуют повышению содержания химических элементов в водах болот, внутриболотных рек.

Основываясь на данных о содержании органического вещества в торфяной залежи болот, можно говорить о тенденции преобладания органического вещества в болотных и поверхностных водах Горного Алтая. В то же время в болотных водах региона отмечается невысокое содержание ФК, в отличие от болотных вод Западной Сибири. В последних их концентрация достигает 80 мг/л и более. Вместе с тем содержание ГК в болотных водах Алтая превышает количество ФК. Вероятно, это может быть отнесено к особенностям торфов и болотных вод Горного Алтая в целом.

Согласно полученным данным об элементном составе болотных вод Горного Алтая, можно констатировать отсутствие поступления на исследованную территорию Горного Алтая техногенных веществ с окружающей болота территории, а сформировавшийся в настоящее время элементный состав болотных вод можно оценить как фоновый.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки (госзадание ТГПУ № 5.7004.2017/64 и госзадание ГАГУ № 1216).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Branfireun B.A., Roulet N.T.** The baseflow and storm flow hydrology of a precambrian shield headwater peatland // *Hydrol. Processes*. — 1998. — Vol. 12. — P. 57–72.
2. **Bullock A., Acreman M.** The role of wetlands in the hydrological cycle // *Hydrology and Earth System Sciences*. — 2003. — Vol. 7, N 3. — P. 358–389.
3. **Глазовская М.А.** Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. — М.: Высш. шк., 1988. — 329 с.
4. **Holmes R.M., James W., McClelland J.W., Peterson B.J.** Seasonal and annual fluxes of nutrients and organic matter from large rivers to the Arctic Ocean and surrounding seas // *Estuaries and Coasts*. — 2012. — Vol. 35. — P. 369–382.
5. **Хубларян М.Г.** Современное состояние природных вод суши и связанные с ними экологические проблемы // Глобальные экологические проблемы на пороге XXI века: Материалы конф. — М.: Наука, 1998. — С. 87–98.
6. **Модина Т.Д.** Климаты Республики Алтай. — Новосибирск: Наука, 1997. — 177 с.
7. **Почвы Горно-Алтайской автономной области** / Под ред. Р.В. Ковалёва. — Новосибирск: Наука, 1973. — 352 с.
8. **Сляднев А.П.** Климатическое районирование юго-востока Западно-Сибирской равнины в связи с районированием Западной Сибири // *Сиб. геогр. сб.* — Л.: Наука, 1964. — № 3. — С. 28–39.
9. **Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколова И.Ю.** Методы анализа природных вод. — М.: Недра, 1970. — 488 с.
10. **Базин Е.Т., Копенкин В.Д., Косов В.И.** Технический анализ торфа. — М.: Недра, 1992. — 431 с.
11. **Инишева Л.И., Инишев Н.Г.** Элементы водного баланса и гидрохимическая характеристика олиготрофных болот южно-таежной подзоны Западной Сибири // *Водные ресурсы*. — 2001. — Т. 8, № 4. — С. 410–417.
12. **Хорошавин В.Ю., Ефименко М.Г.** Факторный анализ условий формирования качества поверхностных вод северной тайги Западной Сибири // *Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохимической экологии*. В 2 т. — Барнаул: Изд-во Ин-та водных и экологических проблем СО РАН, 2015. — Т. 1. — С. 230–233.
13. **Петров Б.Ф.** О лёссе Алтая // *Бюл. комис. по изучению четвертичного периода*. — М.: Изд-во АН СССР, 1948. — С. 69–91.
14. **Ресурсы поверхностных вод СССР** / Под ред. Н.Д. Шека. — Л.: Гидрометеоздат, 1969. — Т. 15, вып. 1. — 317 с.
15. **Гаджиев И.М., Курачев В.М., Шоба В.Н., Дергачёва М.И., Караваева Н.А., Клевенская И.Л., Константинов В.Д., Мордкович В.Г., Рябова Т.Н., Соколов И.А., Титлянова А.А., Хмелев В.А.** Генезис, эволюция и география почв Западной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1988. — 224 с.
16. **Русанов Г.Г.** Позднеплейстоценовое ледниково-подпрудное озеро в Абайской котловине и долине верхней Коксы // *Изв. Том. политехн. ун-та*. — 2011. — Т. 318, № 1. — С. 8–13.
17. **Ельчинова О.А., Кузнецова А.В., Рождественская О.А.** Элементный состав атмосферных и поверхностных вод бассейна р. Майма // *Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Труды 3-й Всерос. науч. конф. с междунар. участием*. В 4 т. — Барнаул: Изд-во Ин-та водных и экологических проблем СО РАН, 2017. — Т. 2. — С. 58–62.
18. **Сапрыкин Ф.Я.** Геохимия почв и охрана природы. — Л.: Недра, 1984. — 385 с.
19. **Об утверждении** нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения, 2016 [Электронный ресурс]. — <https://minjust.consultant.ru/documents/22231> (дата обращения 26.12.2018).
20. **Пузанов А.В., Рождественская Т.А., Бабошкина С.В., Балькин С.Н.** Гидрохимический сток рек Горного Алтая в экстремальные дождевые паводки в зависимости от почвенно-геохимических условий водосборных бассейнов // *Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохимической экологии*. В 2 т. — Барнаул: ООО «Пять плюс», 2015. — Т. 1. — С. 301–306.
21. **Савичев О.Г., Паромов В.В.** Химический состав талых ледниковых и речных вод бассейна реки Актру (Горный Алтай) // *География и природ. ресурсы*. — 2013. — № 4. — С. 94–100.
22. **Комиссаров И.Д.** Гуминовые вещества в биосфере. — М.: Наука, 1993. — С. 36–45.

Поступила в редакцию 05.07.2018

После доработки 29.01.2019

Принята к публикации 24.03.2020