

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БОЛОТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

УДК 551.481:543

М. В. Шурова, Л. И. Инишева, Г. В. Ларина, О. А. Орт

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ГОРНОГО АЛТАЯ

Приводится анализ экспериментальных данных по химическому составу вод торфяно-болотных экосистем Турочакского района Республики Алтай.

**Ключевые слова:** торфяное месторождение, торф, болотные воды, зольность, химический состав, гуминовые кислоты и фульвокислоты.

Хорошо известно, что все природные воды представляют собой единое целое, однако их качественный и количественный состав определяется региональными особенностями. Так, болотные воды имеют ряд особенностей: они обогащены органическим веществом гумусовой природы, почти не содержат растворенного кислорода, имеют низкую минерализацию. Болота мира занимают 4 % суши и аккумулируют в себе около 4.3 тыс. км<sup>3</sup> воды. Если принять во внимание, что в болотах только Западной Сибири заключено 1000 км<sup>3</sup> болотной воды, а значительная часть пополнения стока рек происходит за счет стока с болот, то изучение вещественного обмена и ландшафтно-геохимической ситуации в торфяно-болотных экосистемах (ТБЭС), несомненно, представляет собой актуальный предмет исследования.

В процессе изучения химического состава болотных вод было выявлено, что к зональным факторам формирования химического состава болотных вод относятся: географическое и геоморфологическое положение болот; состав подстилающих пород; температурный режим, определяющий интенсивность биохимических процессов. Согласно А. И. Перельману [1], болотные воды по окислительно-восстановительным условиям представляют собой неравновесную систему, для которой характерны ассоциации окислителей (O<sub>2</sub>, Fe<sup>3+</sup>) и восстановителей (растворенные гуминовые кислоты – ГК и Fe<sup>2+</sup>). Наличие большого количества гумусовых веществ специфической природы объясняет отсутствие в болотных водах баланса между катионными и анионными составляющими. Высокая обменная емкость ГК обеспечивает образование прочных комплексных соединений с ионами металлов. Именно комплексообразование с ГК играет решающую роль в процессах растворения, переноса и отложений элементов в зоне гипергенеза [2–4].

Болота Горного Алтая практически не изучены даже с позиций запасов торфа. Наибольшие площади болот были отмечены в северо-восточной части Горного Алтая, где выпадает большое количество осадков и значительна мощность снегового покрова при невысоких уклонах стока вод по сравнению с другими районами Горного Алтая. Некоторые исследователи считают, что условия в Горном Алтае малоблагоприятны для развития болотообразовательных процессов вследствие расчлененности рельефа, большого уклона стока, широкого развития в долинах рыхлых водопроницаемых отложений. Вместе с тем высказана и противоположная гипотеза о широком распространении болот в Горном Алтае [5]. Предполагается, что болота развиваются преимущественно в долинах рек и имеют современное происхождение.

В настоящее время процесс болотообразования происходит путем зарастания стариц и долинных озер, а также заболачивания суши, лесов и лугов. Как уже отмечалось выше, наибольшие площади болот известны в Серитории в местах отсутствия обширных межгорных впадин и эрозийного рельефа. Основные площади болот Юго-Восточного Алтая приходятся на Чуйскую котловину в Северо-Восточном Алтае [6]. Образование болот в Центральном Алтае объясняется наличием крупных межгорных впадин, занятых в ледниковый период водными бассейнами. Развитию болотообразовательных процессов в высокогорных степных долинах благоприятствует наличие вечномерзлого грунта.

С целью выявления геохимической ситуации на заболоченных территориях Горного Алтая в 2007 г. была проведена экспедиция по болотам Турочакского района Республики Алтай (рис. 1). Одной из задач исследований являлось изучение химического состава болотных вод. В качестве объектов исследований



Таблица 1

## Характеристика торфяных залежей Турочакского района

Точки отбора	Слой, см	Ботанический состав, тип залежи	Степень разложения, %	Зольность %	pH
Чойское, т. 15	0–50	Осоковый, н	40–45	38.8	7.3
	50–100	Осоковый, н	65	40.1	6.3
Чойское, т. 16	0–50	Древесно-осоковый, н	30–35	26.7	6.4
	50–100	Осоковый, н	45	34.4	5.9
Чойское, т. 17	0–50	Древесно-осок.	40	9.2	6.8
	50–100	Осоковый	25–30	21.1	6.1
Баланак, т. 14	0–50	Травяной, н	10–15	21.7	7.2
	50–100	Травяной, н	10–20	26.8	5.9
Турочакское, т. 1	0–50	Древесно-осоковый, н	20	41.9	5.5
	50–100	Древесно-осоковый, н	20	35.0	4.5
Турочакское, т. 6	0–50	Осоковый, н	35	42.4	5.9
	50–100	Осоковый, н	30–35	41.6	4.4
Кутюшское, т. 7	0–50	Магелланикум, п	0–15	10.4	3.1
	50–100	Магелланикум, п	0–5	3.2	3.4
Кутюшское, т. 8	0–50	Магелланикум, п	0	6.4	3.4
	50–100	Магелланикум, п	0	3.3	3.9
Кутюшское, т. 9	0–50	Сфагновый, п Ангустифолиум	0–15	5.6	4.6
	50–100	Осоково-шейхцериевый, п	25–40	6.2	4.6
Кутюшское, т. 10	0–50	Сфагново-травяной, п	0–35	9.7	5.6
	50–100	Осоковый, п	35	12.2	5.6
Кутюшское, т. 11	0–50	Осоково-сфагновый, п	15–40	16.6	4.9
	50–100	Осоковый, п	40	28.5	4.7
Кутюшское, т. 12	0–50 50–100	Пушицево-сфагновый,	10	6.8	4.9
		Осоковый, п	15	5.2	4.8
		Пушицевый, п Шейцериевый, п			
Кутюшское, т. 13	0–50	Осоковый, п	5–10	6.8	5.7
	50–100	Осоково-шейхцериевый, Осоково-пушицевый	15–20	5.2	5.6

Примечание: н – низинный тип залежи, п – переходный, т. – точка (пункт наблюдения).

ническая принадлежность торфа. Так, появление в ботаническом составе пушицы определяет увеличение содержания битумов в составе ОВ торфов (табл. 2).

Если провести сравнительный анализ состава ОВ низинных и переходных торфов, то прежде всего заметны отличия по содержанию ГК, ЛГ и ТГ веществ. Процесс гумификации наиболее выражен в нижнем полуметровом слое и особенно четко проявляется в низинных залежах.

Вышерассмотренные условия формирования и свойства торфов, слагающих профили исследованных ТБЭС, определяют специфический состав болотных вод в разных пунктах болот, которые в условиях зимних и летних атмосферных осадков формируют миграционные потоки веществ в болотные речки. Прежде всего существенно различаются по минерализации болотные воды ТБЭС низинного и переходного типов. Более низкая минерализация характерна для болотных вод Кутюшской ТБЭС (табл. 3, 4), которые имеют низкое содержание ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и

$\text{HCO}_3^-$ . Их содержание в большей степени увеличивается в речных водах. Аммонийного иона значительно больше содержится в болотных водах, что объясняется биохимическими процессами непосредственно в торфяной залежи. Содержание общего железа в болотных водах ТБЭС переходного типа изменяется от 1.05 до 5.2 мг/л, а в болотных водах ТБЭС низинного типа – 0.13–3.20 мг/л (табл. 3).

Таким образом, данные (табл. 3 и 4) указывают на резкую смену кислых вод переходных ТБЭС на слабокислые воды низинных ТБЭС. В этом направлении увеличивается и их общая минерализация, а также содержание большей части макрокомпонентов. Это свидетельствует о значительном влиянии на состав болотных вод поверхностных водных потоков, стекающих с окружающих склонов. И в то же время состав болотных вод значительно отличается от атмосферных осадков, что указывает на развитие в торфяных залежах сложных биохимических процессов, связанных прежде всего с преобразованием органи-



Таблица 4

Химический состав болотных вод и рек, мг/л

Компонент	ТБЭС Кутюшская							Реки				
	т. 7	т. 8	т. 9	т. 10	т. 11	т. 12	т. 13	Сия	Малый Кутюш	Большой Кутюш	*М. и Б. Кутюш	Лебедь
рН	4.02	4.21	4.60	5.60	5.90	4.92	5.74	7.32	7.49	7.30	7.82	6.89
Минерализация	302	168	270	232	150	238	186	84	163	177	160	94
Жесткость, мг-экв/л	0.15	0.10	0.5	0.2	0.3	0.15	0.25	1.2	2.5	2.8	2.9	1.2
Ca <sup>2+</sup>	1.00	1.00	4.01	1.00	2.0	0.50	1.50	22.04	42.08	44.09	42.08	14.03
Mg <sup>2+</sup>	0.30	не обн.	3.65	0.61	2.43	0.61	0.61	1.22	4.86	7.30	9.73	6.08
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.78	0.66	0.82	0.66	0.20	0.42	0.70	0.08	0.08	0.08	0.05	0.05
Fe <sub>общ.</sub>	4.60	5.20	4.80	3.50	1.05	1.70	3.85	0.340	0.18	0.20	0.27	0.13
K <sup>+</sup>	0.20	1.30	0.30	0.20	0.60	1.20	0.50	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	42.70	48.80	30.50	36.60	36.60	24.40	30.50	79.30	170.80	189.10	176.90	67.10
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3.80	2.80	3.00	2.20	1.20	2.40	2.50	0.70	0.40	0.50	0.70	0.80
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.02	0.02	0.02	0.01	0.002	0.009	0.011	–	–	–	–	–
Cl <sup>-</sup>	16.84	16.17	12.12	10.10	18.19	11.45	12.80	8.51	5.67	7.80	6.38	10.64

Таблица 5

Содержание гуминовых и фульвокислот в болотных водах и реках с торфяно-болотной экосистемы Кутюшская, мг/л

Компонент	ТБЭС Кутюшская							Реки				
	т. 7	т. 8	т. 9	т. 10	т. 11	т. 12	т. 13	Сия	Малый Кутюш	Большой Кутюш	М. и Б. Кутюш	Лебедь
Бихроматная окисляемость, мг O <sub>2</sub> /л	108.8	81.6	77.51	63.92	29.92	57.12	24.48	4.08	12.24	40.8	1.36	4.08
Гуминовые кислоты	10.10	12.62	10.22	7.99	10.10	6.73	10.94	3.98	8.67	4.05	4.37	3.98
Фульвокислоты	6.53	7.26	32.13	14.52	21.78	18.88	23.23	3.41	6.84	2.93	6.32	3.41

Примечание: \* – М. и Б. Кутюш после слияния до впадения в р. Сию.

Таблица 6

Содержание ГК и ФК в болотных водах и в р. Бирюля, мг/л

Компонент	ТБЭС Чойская			Река Бирюля	ТБЭС Баланап	ТБЭС Турочакская	
	Т. 15	Т. 16	Т. 17			Т. 14	Т. 1
Бихроматная окисляемость, мг O <sub>2</sub> /л	4.1	28.6	29.9	40.8	20.4	72.8	27.2
Гуминовые кислоты	2.8	9.7	8.5	8.1	4.7	7.2	6.7
Фульвокислоты	0.5	23.9	22.8	19.2	11.7	49.4	22.5

что процессы заболачивания не влияют на гидрохимический состав рек. Такая же ситуация отмечается в системе ТБЭС Чойская – р. Бирюля (табл. 6). Выше уже отмечалось, что важная роль в формировании гидрохимического состава болотных вод принадлежит водорастворимым гумусовым кислотам, особенно фракциям ФК. Воды в этом случае обладают интенсивной желто-бурой окраской (цветность более 4°), а величина окисляемости обычно имеет значение от нескольких десятков до сотен мг O<sub>2</sub>/л, в среднем составляя 200–300 мг O<sub>2</sub>/л [1].

Об этом же свидетельствуют обширные данные, приведенные в литературе и обобщенные Г. М. Варшал [8], в которых отмечается, что из гумусовых кислот наиболее растворимы ФК, что связано с высоким вкладом в их структуру карбоксильных групп и фенольных оксигрупп. Отмечается также, что ФК, как правило, почти на порядок превышают содержание ГК и находятся в интервале от 1 до 100 мг/л и более. Как считает автор, главной миграционной формой многих элементов в речных водах являются прочные растворимые высокомолекулярные фульватные комплексы



Churova M. V.

**Gorno-Altai Research Institute of Agriculture.**

ul. Katunskaya, 2, Maima, Republic of Altai, Russia, 649100.

E-mail: imergen@yandex.ru

Inicheva L. I.

**Tomsk State Pedagogical University.**

ul. Kievskaya, 60, Tomsk, Russia, 634061.

E-mail: agroecol@tspu.edu.ru

Larina G. V.

**Gorno-Altai State University.**

ul. Lenkina, 1, Gorno-Altai, Republic of Altai, Russia, 649000.

E-mail: knh@gasu.ru

Ort O. A.

**Gorno-Altai Research Institute of Agriculture.**

ul. Katunskaya, 2, Maima, Republic of Altai, Russia, 649100.