

УДК 553.982:504.54(571.16)

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БОЛОТНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ) И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С МИНЕРАЛЬНЫМИ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

О.Г. Савичев

Томский политехнический университет
E-mail: OSavichev@mail.ru

Проведен анализ химического состава болотных вод на территории Томской области за период с 1960 по 2007 гг. Получены данные о средних концентрациях макрокомпонентов, биогенных веществ, величинах биохимического потребления кислорода и рН, индексах насыщенности болотных вод относительно ряда минералов и органоминеральных соединений в естественных и нарушенных болотных экосистемах. Выявлены существенные различия в химическом составе поверхностных вод для разных типов болот и болотных биогеоценозов. Установлено, что в настоящее время антропогенное влияние на болота Томской области носит локальный характер.

Ключевые слова:

Химический состав болотных вод, формирование химического состава, взаимодействия в системе «вода – порода», Томская область, Западная Сибирь.

Введение

Территория Томской области (центральная часть Западной Сибири) характеризуется очень высокой заболоченностью региона в настоящем и тенденцию дальнейшего заболачивания в будущем. Так, по данным [1] в пределах Томской области общая площадь болот (без учёта заболоченных земель) составляет 116153 км² или 37 % территории, в том числе площадь верховых болот – 53492 км² (17 % территории Томской области), переходных – 48934 км² (15,6 %), низинных – 13727 км² (4,4 %). Природоформирующая роль болотного процесса уже сейчас прослеживается практически во всех компонентах, процессах и явлениях природной среды региона [2–4]. Это определяет актуальность изучения болотных систем региона, включая гидрохимические исследования с целью выявления основных особенностей химического состава болотных вод в нарушенном и естественном состоянии, а также механизмов их формирования. Именно такая задача была поставлена в данной работе, обобщающей результаты многолетних исследований болот в Томской области, которые проводились с начала 1960-х гг. до 2007 г. в Томском политехническом университете (ТПУ), Томском филиале Института геологии нефти и газа (ТФ ИГНГ) СО РАН, Сибирском НИИ торфа СО РАСХН, ОАО «Томскгеомониторинг» и ряде других организаций.

Программа исследований включала в себя отбор проб болотных вод и вод внутриболотных водотоков, последующее определение их химического состава, обобщение и статистический анализ полученных материалов и данных других организаций и исследователей, расчеты равновесий между болотными водами и рядом минералов и органоминеральных соединений. Полевые работы выполнялись при участии автора в течение 1997–2007 гг. в ТФ ИГНГ СО РАН, ТПУ и ОАО «Томскгеомониторинг». Отбор проб болотных вод осуществлялся на Васюганском и Обском болотах, болотах в долине р. Чулым, у п. Белый Яр, г. Колпашево, г. Стрежевого, в Томском районе и бассейнах рр. Васюган и Парабель из слоя 10...30 см от поверхности, отбор проб воды из внутриболотных водотоков – из слоя 20...50 см от поверхности. Схема размещения участков опробования, в пределах которых отбиралось от 1 до 5 проб, приведена на рисунке.

Определение содержаний макрокомпонентов, железа, соединений азота, величины химического потребления кислорода (ХПК) проводилось в аккредитованных лабораториях ТПУ и ОАО «Томскгеомониторинг» по аттестованным методикам. Обобщение полученных данных, ранее частично опубликованных в [5–9], с материалами других авторов [4, 10–15] выполнено при условии использования сходных или таких же методов хи-

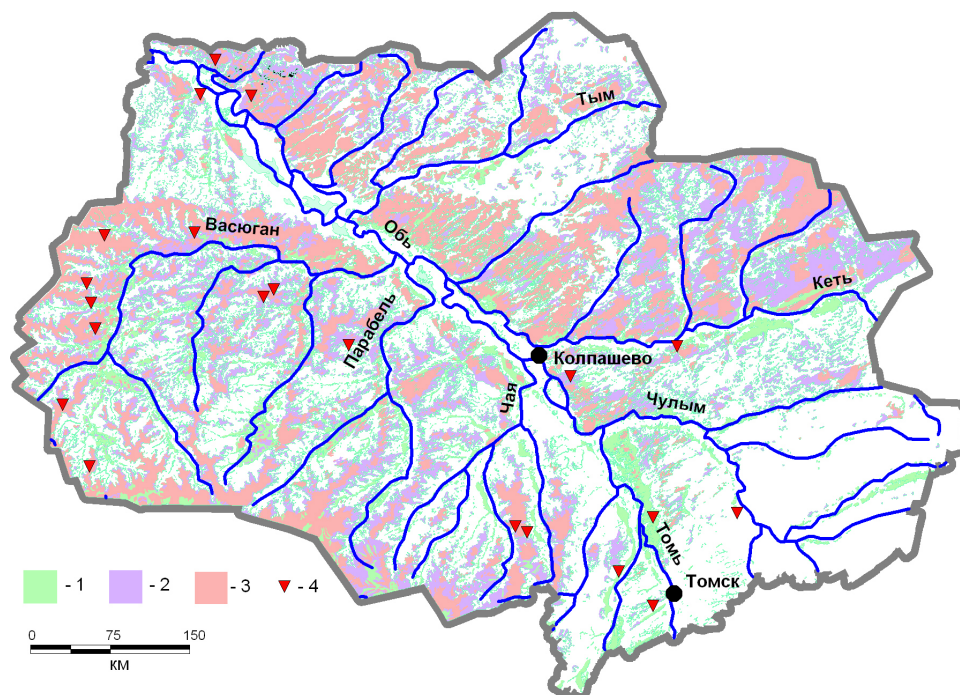


Рисунок. Схема распространности типов болот (1 – низинный; 2 – переходный; 3 – верховой) и размещения участков исследований (4) на территории Томской области

Таблица 1. Перечень изученных реакций в системе «вода – порода»

№	Реакция
1	$\text{CaCO}_3(\text{кальцит}) = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$
2	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2(\text{доломит}) = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 2 \cdot \text{CO}_3^{2-}$
3	$\text{CaCO}_3(\text{кальцит}) + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + 2 \cdot \text{HCO}_3^-$
4	$\text{MgCO}_3(\text{магнезит}) + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}^{2+} + 2 \cdot \text{HCO}_3^-$
5	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2(\text{доломит}) + 2 \cdot \text{CO}_2 + 2 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 4 \cdot \text{HCO}_3^-$
6	$\text{CaГК} = \text{Ca}^{2+} + \text{ГК}^1$
7	$\text{MgГК} = \text{Mg}^{2+} + \text{ГК}$
8	$\text{SiO}_2(\text{кварц}) + 2 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{SiO}_4^0$
9	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8(\text{анортит}) + 3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2 \cdot \text{CO}_2 = \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{каолинит}) + \text{Ca}^{2+} + 2 \cdot \text{HCO}_3^-$
10	$2 \cdot \text{NaAlSi}_3\text{O}_8(\text{альбит}) + 11 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2 \cdot \text{CO}_2 = \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{каолинит}) + 2 \cdot \text{Na}^+ + 2 \cdot \text{HCO}_3^- + 4 \cdot \text{H}_4\text{SiO}_4^0$
11	$3 \cdot \text{KAlSi}_3\text{O}_8(\text{ортоклаз}) + 2 \cdot \text{H}^+ + 12 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{KAl}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{мусковит}) + 2 \cdot \text{K}^+ + 6 \cdot \text{H}_4\text{SiO}_4^0$
12	$2 \cdot \text{KAl}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{мусковит}) + 2 \cdot \text{H}^+ + 3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 3 \cdot \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{каолинит}) + 2 \cdot \text{K}^+$
13	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8(\text{анортит}) + 2 \cdot \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{каолинит}) + \text{Ca}^{2+}$
14	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8(\text{альбит}) + 7 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ = \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{гиббсит}) + \text{Na}^+ + 3 \cdot \text{H}_4\text{SiO}_4^0$

¹ГК – гуминовые кислоты

мического анализа. Термодинамические расчеты проводились с помощью программного комплекса Solution+, разработанного автором в вычислительной среде MS Excel на основе метода констант. Описание программного комплекса приведено в [15], а перечень рассмотренных химических реакций – в табл. 1.

Химический состав болотных вод в естественном состоянии

Болотные воды рассматриваемой территории в естественном состоянии характеризуются в целом как слабо кислые (верховые и переходные, реже низинные) или нейтральные (низинные), пресные

с малой и средней минерализацией (до 200 и 200...500 мг/дм³ соответственно). Минерализация вод верховых и переходных болот обычно заметно меньше, чем в низинных болотах (табл. 2), причем в катионном составе вод верховых болот значительно возрастает доля ионов натрия и магния, а в анионном – резко усиливается доля ионов Cl^- и SO_4^{2-} [9]. Содержания органических веществ в болотных водах составляет около 25...50 мгС/дм³. Значительная их часть представлена фульвокислотами (ФК), концентрации которых в водах верховых болот в среднем равны 76,38 мг/дм³, а в низинных – 44,44 мг/дм³ (табл. 1). Обобщение данных [4–15] показало, что в болотных водах рассматри-

ваемой территории присутствуют различные группы органических соединений — карбоновые кислоты, фенолы, ароматические и парафиновые углеводороды, органические фосфаты, фталаты и другие соединения, в том числе и вещества, идентифицируемые как «нефтепродукты» [14, 15]. Концентрации последних могут превышать $0,3 \text{ мг/дм}^3$, то есть ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого назначения. Однако происхождение этой группы углеводородов, скорее всего, связано в основном не с антропогенными, а природными факторами, поскольку по данным С.Л. Шварцева и соавторов [14] в составе *n*-алканов в болотных водах незагрязненных участков преобладают парафины группы $C_{25}:C_{33}$ с нечетным количеством атомов углерода. Согласно [17], это указывает на поступление значительной части парафиновых углеводородов в водную среду при разложении остатков болотной растительности.

Сравнение химического состава болотных и речных вод показало, что внутриболотные водотоки характеризуются более высокими содержаниями в воде растворенных солей по сравнению с водами верховых болот и меньшими — по сравнению с водами низинных болот (табл. 1). Первый факт объясняется дренированием (в той или иной мере) водотоками более минерализованных грунтовых вод, оказывающих как прямое (непосредственное поступление растворенных солей в речное русло), так и косвенное (создание условий для распространенности в речных долинах низинных болот) воздействие. Второй факт связан с наличием обратной зависимости между минерализацией вод и интенсивностью водообмена, теоретическое обоснование которой приведено в работе [18]. С учетом этой зависимости воды внутриболотных водотоков, в питании которых не принимают участие минерализованные подземные воды, обычно содержат меньшее количество растворенных солей, чем воды низинных болот, в пределах которых эти водотоки размещены.

Кластерный анализ средних значений суммы главных ионов в болотных водах позволил выявить заметные отличия не только между верховыми и низинными болотами, но и внутри этих типов в зависимости от интенсивности водообмена и преобладающих болотных биогеоценозов. Так, минимальные отличия установлены между суммой главных ионов в водах топей на сфагновых биогеоценозах, грядово-мочажинных и грядово-озерковых комплексов с преобладанием внутриболотных водоемов линейной формы. Достаточно близки к ним верховые болота с преобладанием сфагново-кустарничковых биогеоценозов и, в меньшей степени, воды грядово-мочажинных и грядово-озерковых комплексов с преобладанием внутриболотных водоемов нелинейной формы. Группа переходных болот и верховых болот с сосново-сфагновым биогеоценозом обособлена от прочих верховых болот и занимает переходное место между ними и низинными болотами [9]. Таким образом, существен-

ные различия в химическом составе болотных вод характерны не только для разных типов болот, но и внутри них, что необходимо учитывать при анализе состояния болотных экосистем и оценке влияния болот на другие водные объекты. Дифференцированным должен быть и подход к изучению внутриболотных водотоков, расположенных в верховых, переходных и низинных болотах.

Таблица 2. Средний химический состав поверхностных вод в незагрязненных неосушенных болотах и средние значения индекса насыщенности поверхностных вод¹

Показатель	Низинное болото		Переходное болото ²		Верховое болото		Водотоки низинных болот		Водотоки верховых болот	
	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N
pH	6,59	44	5,17	9	4,41	28	5,55	4	5,70	8
Химический состав, мг/дм ³										
$\Sigma_{\text{и}}^3$	256,3	45	58,2	9	30,9	28	153,3	4	139,0	10
Ca^{2+}	29,4	45	9,1	9	6,7	28	33,6	4	27,0	10
Mg^{2+}	12,8	45	5,2	9	1,4	28	9,7	4	8,0	10
Na^+	13,5	45	2,5	9	1,2	28	3,2	4	2,3	10
K^+	2,0	45	0,4	9	0,2	28	0,6	4	0,5	10
HCO_3^-	189	45	29,7	9	10,9	28	94,6	4	89,0	10
SO_4^{2-}	0,1	45	0,1	9	0,1	28	8,3	4	6,4	10
Cl^-	9,5	45	11,2	9	10,4	28	3,5	4	5,9	10
Si	2,04	5	2,02	6	0,6	7	5,32	2	1,36	6
$\text{Fe}_{\text{общ}}$	1,315	44	1,691	9	0,144	28	3,465	2	2,954	5
NO_3^-	8,034	6	1,05	6	3,136	8	4,149	4	7,932	9
NO_2^-	0,064	6	0,052	6	0,053	8	0,070	4	0,095	7
NH_4^+	1,106	44	2,392	9	3,318	28	1,131	4	1,758	8
PO_4^{3-}	0,47	6	0,40	6	0,26	7	0,273	4	0,630	6
ФК	44,44	6	37,75	6	76,38	8	44,05	4	117,73	9
ГК	11,43	6	9,68	6	18,04	7	3,67	2	28,35	8
ХПК	134,9	3	123,7	4	93,1	4	161,55	4	421,10	9
Zn	0,0105	44	0,0082	9	0,006	28	0,013	4	0,007	8
Cu	0,0015	44	0,0032	9	0,001	28	0,003	4	0,002	8
Индекс насыщенности вод ⁴										
1	-8,99	45	-9,30	9	-9,33	28	-8,08	4	-4,60	10
2	-17,31	45	-17,82	9	-18,32	28	-15,68	4	-8,69	10
3	-0,69	45	-2,72	9	-3,79	28	-3,09	4	-2,67	10
4	-3,96	45	-5,88	9	-7,39	28	-6,57	4	-6,09	10
5	-0,70	45	-4,65	9	-7,24	28	-5,72	4	-4,82	10
6	0,70	45	0,27	9	0,16	28	0,71	4	0,53	10
7	1,07	45	0,75	9	0,20	28	0,87	4	0,74	10
8	-0,07	45	-0,07	9	-0,60	28	0,33	2	-0,33	6
9	-258,13	45	-260,18	9	-261,36	28	-261,45	4	-260,82	10
10	-12,12	45	-15,18	9	-18,97	28	-12,16	2	-16,41	4
11	-26,87	45	-31,17	9	-36,47	28	-24,85	2	-30,60	4
12	-2,04	45	-6,31	9	-8,45	28	-3,67	3	-4,57	6
13	-23,27	45	-27,37	9	-29,73	28	-29,92	4	-28,66	10
14	-205,95	45	-208,10	9	-210,75	28	-204,94	2	-207,82	4

¹A и N — среднее арифметическое и количество наблюдений.

²В пределах переходных болот опробованы болотные воды в сосново-сфагново-кустарничковых биогеоценозах.

$\Sigma_{\text{и}}^3$ — сумма главных ионов.

⁴Отрицательное значение индекса насыщенности свидетельствует о потенциально возможном растворении минералов, положительное, напротив, указывает на возможность образования подобных минералов

Изменение состава болотных вод под влиянием антропогенных факторов

Учитывая, что в пределах заболоченных участков рассматриваемой территории достаточно интенсивно добывается нефть и газ, целесообразно рассмотреть, какие изменения в состоянии болотных вод произошли в результате хозяйственной деятельности. С этой целью автором проведено обобщение материалов ТПУ, ОАО «Томскгеомониторинг», ТФ ИГНГ СО РАН, НИИ биологии и биофизики при Томском государственном университете и прочих организаций, результаты которого приведены в табл. 3.

Анализ этих данных показал, что при осушении или рекультивации загрязненных участков верховых болот происходит трансформация химического состава болотных вод по типу, характерному не для верховых, а для низинных болот. Кроме того, было установлено, что при сбросе сточных вод в болота или аварийных разливах нефти и минерализованных вод, используемых для поддержания пластового давления, изменения в химическом составе болотных вод обычно наблюдаются в пределах 100...300 м от источника загрязнения, причем наиболее существенные отклонения содержаний от обычных для конкретного типа болот и комплекса преобладающих биогеоценозов значений достаточно часто прослеживаются на локальных участках до нескольких десятков метров [5, 6]. В целом в результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что влияние антропогенных факторов на гидрохимические показатели болотных вод на территории Томской области в значительной степени зависит от интенсивности водообмена в болотных биогеоценозах — чем она больше, тем больше зона загрязнения.

С учётом указанных выше фактов возникает вопрос о целесообразности более обоснованного подхода к планированию и проведению природоохранных мероприятий на болотах. В частности, в ряде случаев представляется излишним проведение рекультивации участков верховых болот при относительно незначительном их загрязнении нефтепродуктами, поскольку результатом такой рекультивации является не верховое болото, а некий новый природно-антропогенный объект, существенно отличающийся от исходного состояния и достаточно устойчивый к внешним воздействиям.

Взаимодействия в системе «вода – порода – органическое вещество»

С учетом необходимости объяснения указанных выше фактов достаточно резкого снижения минерализации болотных вод по мере удаления от источника загрязнения автором были проведены исследования механизмов самоочищения болотных вод региона с использованием методов химической термодинамики. Анализ полученных при этом материалов позволил предположить, что удаление ионов Ca^{2+} и HCO_3^- , а следовательно и уменьшение

минерализации природно-техногенных вод, может быть связано с образованием малорастворимых соединений гуминовых кислот (ГК) и Ca^{2+} . В подтверждение этой гипотезы можно привести результаты термодинамических расчетов, выполненных на основе обобщения данных о химическом составе болотных вод региона (табл. 2, 3).

Таблица 3. Средний химический состав вод в нарушенных болотных биогеоценозах и средние значения индекса насыщения болотных вод

Показатель	Болото загрязненное неосушенное				Болото верховое незагрязненное осушенное		Рекультивированный участок верхового болота		Амбар на болоте	
	Низинное		Верховое							
	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N
pH	6,66	8	5,44	10	5,43	3	5,75	2	7,39	4
Химический состав, мг/дм ³										
$\Sigma_{\text{и}}$	796,9	8	94,0	10	318,7	3	492,6	2	1383,6	4
Ca^{2+}	93,2	8	16,3	10	36,7	3	41,6	2	68,7	4
Mg^{2+}	23,6	8	7,3	10	8,1	3	10,7	2	17,0	4
Na^+	74,6	8	12,8	10	31,9	3	100,0	2	353,1	4
K^+	11,3	8	1,1	10	4,7	3	14,7	2	19,9	4
HCO_3^-	514,5	8	42,6	10	221,6	3	148,4	2	524,6	4
SO_4^{2-}	11,1	8	0,4	10	0,3	3	1,0	2	1,0	4
Cl^-	68,6	8	13,6	10	15,4	3	176,3	2	399,5	4
Si	-	-	2,74	6	3,09	3	1,50	2	-	-
$\text{Fe}_{\text{общ}}$	11,700	3	1,790	5	6,367	3	1,390	2	-	-
NO_3^-	4,869	8	2,636	10	0,140	3	0,210	2	3,893	4
NO_2^-	0,207	8	0,024	10	0,093	3	0,010	2	0,000	4
NH_4^+	16,755	8	0,957	10	5,797	3	1,115	2	1,355	4
PO_4^{3-}	0,357	3	0,243	10	-	-	0,085	2	0,630	4
ФК	228,15	8	68,88	10	38,17	3	36,50	2	47,32	4
ГК	38,34	6	9,50	6	15,08	3	9,36	2	-	-
ХПК	766,39	8	242,2	10	138,93	3	99,45	2	181,30	4
Zn	0,0400	2	0,010	8	0,0080	2	-	-	0,0300	4
Cu	0,0070	2	0,003	9	0,0040	2	-	-	0,0070	4
Индекс насыщенности вод										
1	-1,35	8	-7,40	10	-2,53	3	-2,91	2	-6,57	4
2	-2,20	8	-14,11	10	-0,09	3	-5,14	2	-12,69	4
3	-0,76	8	-3,62	10	-2,47	3	-2,84	2	0,04	4
4	-4,21	8	-6,87	10	-3,59	3	-6,10	2	-3,46	4
5	-1,02	8	-6,55	10	0,05	3	-4,99	2	0,52	4
6	1,02	8	0,42	10	0,69	3	0,59	2	0,90	4
7	1,21	8	0,81	10	1,30	3	0,96	2	1,03	4
8	-	-	-0,15	4	0,09	3	-	-	-	-
9	-258,98	8	-262,0	10	-261,72	3	-261,20	2	-257,68	4
10	-	-	-14,88	4	-15,85	3	-14,92	2	-	-
11	-	-	-28,47	4	-29,04	3	-28,77	2	-	-
12	-0,34	6	-3,24	6	-3,63	3	-2,81	2	0,98	4
13	-24,97	8	-30,93	10	-30,46	3	-29,42	2	-22,37	4
14	-	-	-206,8	4	-207,04	3	-206,91	2	-	-

Приведены данные, полученные на участках болот, загрязнение которых произошло не менее чем за год до момента опробования

Несмотря на их приближенность, обусловленную в том числе и отсутствием надежных сведений о термодинамических константах образования органо-минеральных комплексов, эти материалы достаточно хорошо объясняют наблюдаемое значительное снижение минерализации воды по мере удаления от источника загрязнения — положительное значение индекса насыщенности L для реакций $(Ca(ГК)=Ca^{2+}+ГК)$ и $(Mg(ГК)=Mg^{2+}+ГК)$ указывает на потенциально возможное образование и последующее выведение из раствора соединений $ГК$, Ca^{2+} , Mg^{2+} ; последние же два элемента являются компонентами карбонатной системы, а изменение их содержаний совместно с прочими процессами приводит к снижению концентраций HCO_3^- , а следовательно и минерализации. При этом следует отметить, что если $ГК$ образуют с рядом металлов малорастворимые соединения, выпадающие из раствора, то $ФК$, напротив, входят в состав подвижных органо-минеральных комплексов, накапливающихся в болотных водах. Именно этот механизм, а не наличие тех или иных источников антропогенного загрязнения, и оказывает основное влияние на сложившийся уровень содержания тяжелых металлов в регионе.

Важной особенностью геохимических процессов, протекающих в нарушенных биогеоценозах, является то, что и загрязнение, и осушение болот приводит к определенному приближению болотных вод к равновесию с изученными минералами и пересыщению относительно соединений металлов

с гуминовыми кислотами. В то же время, это равновесие в большинстве случаев так и не достигается. Исключение отмечено только для осушенных участков верховых болот для реакций растворения доломита и кварца (табл. 1, 3), что указывает на кардинальные изменения эколого-геохимического состояния торфяников.

Выводы

1. Заметные различия в химическом составе поверхностных вод характерны не только для разных типов болот, но и для различных болотных биогеоценозов.
2. Значительное химическое загрязнение болотных вод на территории Томской области пока ограничено локальными участками.
3. Механизм самоочищения болотных вод при их загрязнении более минерализованными стоками может быть связан с образованием малорастворимых соединений металлов с гуминовыми кислотами.
4. Осушение и рекультивация загрязненных участков верховых болот приводит к трансформации химического состава их вод по типу, характерному для низинных болот с достаточно резким увеличением доли HCO_3^- и Ca^{2+} .

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 06-05-96924-Р_офи, 08-04-92497-НЦНИЛ_а, 08-05-92500-НЦНИЛ_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савичев О.Г., Скугарев А.А. Распространение и гидрохимические особенности болотного процесса на территории Томской области // Гидрогеология, инженерная геология и гидрогеоэкология: Матер. научн. конф. — Томск: Изд-во «НТЛ», 2005. — С. 174–182.
2. Базанов В.А., Савичев О.Г. Экологические аспекты при хозяйственной деятельности на заболоченных землях таежной зоны Западной Сибири // Почвы — национальное достояние России: Матер. IV Докучаевского общества почвоведов: в 2-х кн. — Новосибирск: Наука-Центр, 2004. — Кн. 1. — С. 377–379.
3. Болота Западной Сибири. Их строение и гидрологический режим. — Л.: Гидрометеиздат, 1976. — 447 с.
4. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. — Тула: Изд-во «Гриф и К», 2001. — 584 с.
5. Базанов В.А., Савичев О.Г., Егоров Б.А., Крутовский А.О. Антропогенные изменения макрокомпонентного состава болотных вод на территории Томской области // Болота и биосфера: Матер. II научной школы. — Томск: Изд-во Томск. гос. пед. ин-та, 2003. — С. 94–101.
6. Базанов В.А., Савичев О.Г., Волостнов Д.В. и др. Влияние шламовых амбаров на геохимическое состояние болотных экосистем в бассейне реки Васюган // Известия Томского политехнического университета. — 2004. — Т. 307. — № 2. — С. 72–75.
7. Березин А.Е., Базанов В.А., Савичев О.Г. Принципы разработки кадастра торфяных болот (на примере районов нефтедобычи Томской области) // Охрана природы. Вып. 3 / Под ред. А.Е. Березина. — Томск: Изд-во «НТЛ», 2005. — С. 13–26.
8. Савичев О.Г., Базанов В.А., Здвижков М.А. Химический состав природных ландшафтов с разной степенью антропогенной нагрузки // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири: Труды Всерос. научн. конф. — Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2003. — С. 274–276.
9. Савичев О.Г. Влияние болот на гидрохимический сток в бассейне Средней Оби (в пределах Томской области) // Известия Томского политехнического университета. — 2005. — Т. 308. — № 3. — С. 47–50.
10. Инишева Л.И., Инишев Н.Г. Элементы водного баланса и гидрохимическая характеристика олиготрофных болот южно-таежной подзоны Западной Сибири // Водные ресурсы. — 2001. — № 4. — С. 410–417.
11. Березин А.Е., Базанов В.А., Волостнов Д.В., Шинкаренко В.П. Влияние старых шламовых амбаров на экологическую ситуацию вмещающих территорий // Охрана природы / Под ред. А.Е. Березина. — Томск: Изд-во «НТЛ», 2001. — С. 21–43.
12. Рассказов Н.М., Удодов П.А., Назаров А.Д., Емельянова Т.Я. Болотные воды Томской области // Известия Томского политехнического института. — 1975. — Т. 297. — С. 102–117.
13. Рассказов Н.М. Основные особенности химического состава болотных вод (на примере юго-восточной части Западной Сибири) // Известия Томского политехнического университета. — 2005. — Т. 308. — № 4. — С. 55–58.
14. Шварцев С.Л., Рассказов Н.М., Сидоренко Т.Н., Здвижков М.А. Геохимия природных вод района Большого Васюганского болота // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития — Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2002. — С. 139–149.

15. Bleuten W., Lapshina E., Ivens W. et al. Ecosystem recovery and natural degradation of spilled crude oil in peat bog ecosystems of West-Siberia // International Peat Journal. – 1999. – V. 9. – P. 73–82.
16. Савичев О.Г., Колоколова О.В., Жуковская Е.А. Состав и равновесие донных отложений р. Томь с речными водами // Геоэкология. – 2003. – № 2. – С. 108–119.
17. Берлин Ю.М., Верховская З.И., Егоров А.В. Нормальные алканы и изопреноидные углеводороды в донных осадках Карского моря // Океанология. – 1999. – № 2. – С. 228–232.
18. Савичев О.Г. Метод оценки допустимых антропогенных изменений химического состава поверхностных вод // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 4. – С. 51–55.

Поступила 06.10.2008 г.