

УДК 550.42:577.4(571.1)

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД ОБСКОГО БОЛОТА (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ) И ЕГО ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

О.Г. Савичев, Н.В. Гусева, Е.А. Куприянов, А.А. Скороходова, К.В. Ахмед-Оглы

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

Проведен анализ химического состава вод Обского болота (Западная Сибирь). Получены данные о средних концентрациях главных ионов, микроэлементов, биогенных и органических веществ в естественных и загрязнённых болотных водах, подземных и речных водах в районе Обского болота. Установлены критерии загрязнения болотных вод. Выявлены три группы веществ с различным характером изменения концентраций по мере удаления от выпуска хозяйственно-бытовых сточных вод. Показано, что снижение минерализации, содержания органических и биогенных веществ вплоть до фоновых значений происходит в полосе шириной до 600 м от границы болота.

Ключевые слова:

Болотные воды, химический состав, Обское болото, антропогенное влияние, Западная Сибирь.

Key words:

Bog waters, chemical composition, Obskoe bog, anthropogenous influence, Western Siberia.

Введение

Особенностью бассейна реки Оби на участке её среднего течения, примерно соответствующего подзонам южной и средней тайги, является значительная заболоченность, составляющая в пределах Томской области 37 % (рис. 1, а), а по центральной части южнотаёжной подзоны Западной Сибири – 47 % [1, 2]. Уже столь широкое распространение болот предопределяет актуальность их постоянного изучения, важность которого еще более возрастает при решении целого спектра фундаментальных и прикладных задач в области геохимии, гидрохимии, гидрологии, геоэкологии, геоботаники. В частности, понимание биогеохимической, гидрохимической и гидрологической роли болот является совершенно необходимым при прогнозе долгосрочных изменений окружающей среды в Западной Сибири и определении допустимого антропогенного воздействия на экосистемы, в том числе и болотные.

Особое значение при этом имеют исследования крупных болот, возникновение и эволюция которых, как правило, являются индикатором каких-либо существенных региональных изменений окружающей среды и климата. Наиболее известный подобный объект в таёжной зоне Западной Сибири – Васюганское болото площадью более 50 тыс. км² [3]. Но есть ещё одно крупное болото, внимание к которому пока незаслуженно незначительное.

Это – Обское (евтрофное) болото, протянувшееся в левобережной части долины реки Оби, от с. Кожевниково на юге до с. Иштан на севере, полосой шириной от 1,5 до 7 км и длиной 104 км. Торфяная залежь – низинного типа, со средней мощностью 3,2 м при максимуме до 6 м. Участок, расположенный южнее с. Мельниково (соответствует торфяному месторождению «Обское I»), характеризуется средними значениями: зольности торфа 28,7 %, степени разложения – 34 %; влажности –

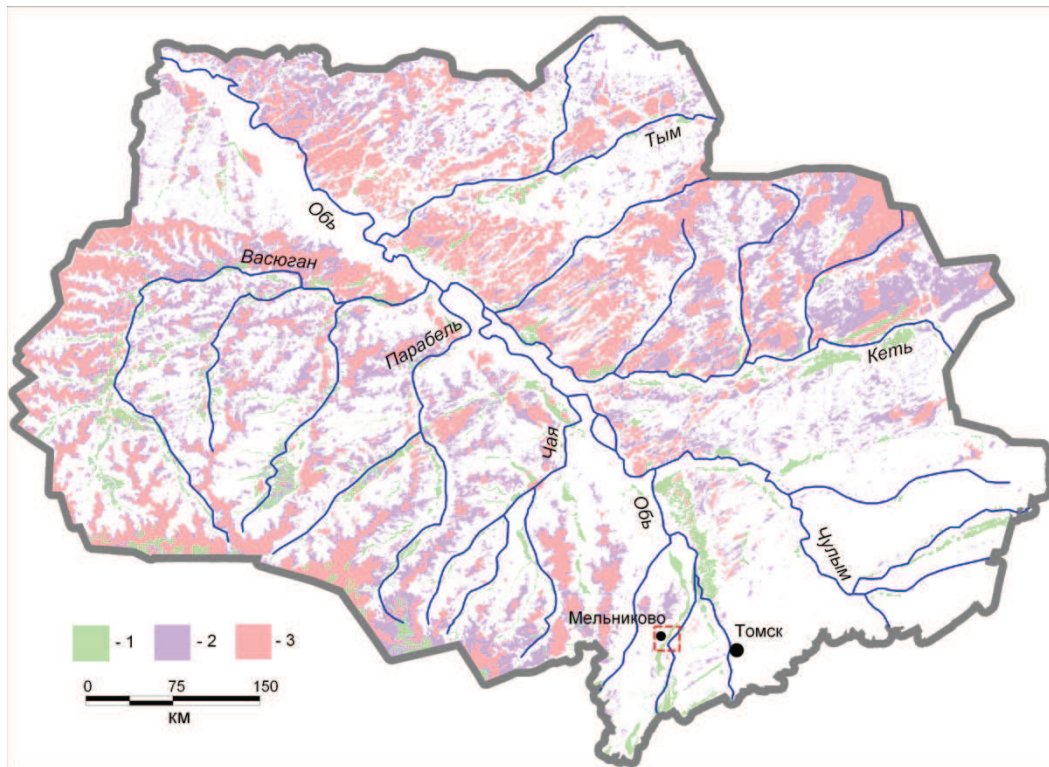
83,7 %; рН – от 5,5 до 7,3. Средние значения северного участка (торфяное месторождение «Обское II») составляют: степень разложения торфа – 34 %; зольность – 28,7 % [4].

Объект и методика исследования

В данной статье представлены результаты первого этапа исследований, в рамках которого основное внимание было уделено изучению пространственно-временных изменений химического состава вод Обского болота на участке сброса сточных вод жилищно-коммунального хозяйства с. Мельниково (муниципальное унитарное предприятие МУП «Комхоз») – административного центра Шегарского района Томской области. На исследуемом участке распространён берёзово-тростниковый тип биогеоценозов с полосами, занятыми преимущественно тростником. Его положение показано на рис. 1, а его место в поперечном профиле долины реки Оби – на рис. 2.

С целью выявления пространственно-временных изменений химического состава болотных вод и изучения факторов его формирования проводился: 1) отбор болотных вод, сточных вод жилищно-коммунального хозяйства и подземных вод эксплуатируемого водоносного горизонта в с. Мельниково (отложения палеогенового возраста) согласно [6, 7]; 2) определение химического состава болотных, сточных и подземных вод в стационарных аккредитованных лабораториях Томского политехнического университета (ТПУ) и ОАО «Томскгеомониторинг»; 3) обобщение и статистический анализ данных ТПУ и ОАО «Томскгеомониторинг» о химическом составе болотных, сточных, подземных и речных вод в соответствии с [8].

Отбор проб болотных вод выполнен из деятельного горизонта торфяной залежи (0,2...0,5 м от поверхности растительного покрова). Одновременно с отбором проб воды проводилось определение рН, Eh, удельной электропроводности и темпера-



а



б

Рис. 1. Схема размещения пунктов наблюдений за химическим составом вод Обского болота у с. Мельниково: а) типы болот: 1 – евтрофные; 2 – мезотрофные; 3 – олиготрофные; б) пункты гидрохимических наблюдений: 1 – сточные воды МУП «Комхоз» с. Мельниково; 2 – фоновый участок; 3 – участок загрязнённого болота (I – створ выпуска сточных вод; II – створ вдоль дороги Мельниково – Старая Шегарка)

туры воды и атмосферного воздуха. Пункты отбора проб болотных вод расположены в границах трёх профилей (рис. 1): 1) профиль I, размещённый перпендикулярно границе суходола (с. Мельниково) и болота у выпуска сточных вод жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) с. Мельниково; 2) профиль II, размещённый в 50 м выше дороги с. Мельниково – с. Старая Шегарка перпендикулярно границе суходола (с. Мельниково) и болота; 3) фоновый участок Обского болота 0,5 км вы-

ше дороги г. Томск – с. Мельниково, пункт пробоотбора в 2012 г., – в 90 м от границы болота и суходола (окраина с. Нашёково). Средний продольный уклон долины р. Обь составляет 0,085 ‰ (расчёт по средним уровням воды р. Обь у п. Победа и с. Никольское), уклон поверхности грунтовых и болотных вод по поперечному профилю долины – ориентировочно 0,49 ‰ (по разнице отметки поверхности границы болота и суходола и среднего уровня воды в р. Обь).

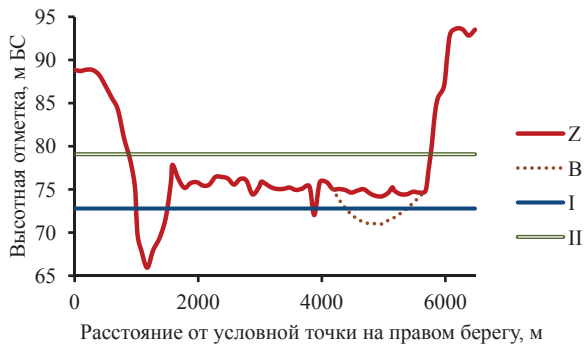


Рис. 2. Профиль долины р. Оби и Обского болота у с. Мельниково: Z – высотная отметка твёрдой поверхности [5]; B – оценочное положение минерального дна Обского болота (расчёт по средней толщине торфяной залежи); I – средний уровень воды в р. Оби у с. Победа [2]; II – средний уровень подземных вод в режимной скважине бЗр ($2a_{Q_{II}} + P_{3,t}$) в с. Мельниково [2]

При определении гидрохимических и геохимических показателей использовались следующие методы: удельная электропроводность χ – кондуктометрический; pH и Eh – потенциометрический; SO_4^{2-} , Cl^- – ионная хроматография; Ca^{2+} , HCO_3^- , бихроматная окисляемость (Б.О.), фульво- (ФК) и гуминовые (ГК) кислоты, перманганатная окисляемость (П.О.), растворённый углекислый газ – титриметрический; NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , Si – фотометрический; Na^+ , K^+ , Al, Li – атомная абсорбция и атомно-эмиссионная спектрометрия; Zn, Pb, Cd, Cu – инверсионная вольтамперометрия и атомно-эмиссионная спектрометрия [9]. Анализ гидрохимических данных на наличие экстремальных значений проведён согласно [8].

Результаты исследования и их обсуждение

Наиболее подробное исследование химического состава вод Обского болота, его пространственной изменчивости в районе с. Мельниково выполнено в ноябре 2012 г., когда были отобраны пробы из деятельного горизонта Обского болота на незагрязнённом (фоновом) участке у с. Нашёково, в створе выпуска сточных вод ЖКХ с. Мельниково и вдоль дороги с. Мельниково – с. Старая Шегарка, а также точные воды ЖКХ с. Мельниково (табл. 1). Болотные воды фонового участка Обского болота в этот период характеризовались как пресные с повышенной минерализацией, гидрокарбонатные кальциевые, жёсткие, нейтральные, с окислительной обстановкой (по классификациям О.А. Алёкина [10], требованиям [11, 12]), сточные воды и болотные воды в зоне влияния выпуска сточных вод – как солоноватые, гидрокарбонатные натриевые, жёсткие, слабощелочные и нейтральные, с преимущественно восстановительной обстановкой (в створе II – с переходной или окислительной). Во всех случаях болотные и сточные воды содержат значительное количество органических и биогенных веществ, железа (табл. 1), что позволяет их отнести к поли- и гиперсапробным, гипертрофным.

По характеру изменения по мере удаления от выпуска и границы болота и суши выделяются три основные группы веществ: 1) хорошо выраженное изменение в обоих створах (Б.О., П.О., БПК₅, нефтепродукты – уменьшение; Li, Ca^{2+} , Mg^{2+} – увеличение); 2) однозначное изменение в одном из створов и скачкообразное – в другом (сумма главных ионов, Si, NH_4^+ , HCO_3^- , Cl^- , Na^+ , PO_4^{3-} , Cu, ГК, ФК – уменьшение; Al – увеличение в створе выпуска сточных вод); 3) скачкообразное изменение в обоих створах (pH, Fe, CO_2 , K^+ , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , F^- , Zn, Pb).

При этом необходимо отметить, что, во-первых, наиболее заметное уменьшение значений физико-химических и гидрохимических показателей в большинстве случаев отмечено в створе II, расположенном в 400 м ниже (по уклону долины р. Обь) выпуска хозяйственно-бытовых сточных вод (МУП «Комхоз»). Во-вторых, более или менее резкие колебания веществ из второй и третьей групп отмечаются на границе тростникового и берёзово-тростникового биогеоценозов или в пограничной полосе с преимущественно древесной растительностью. В-третьих, анализ регрессионных моделей изменения ряда гидрохимических показателей в створе II показал, что самоочищение загрязнённых болотных вод до фоновых значений, определённых на незагрязнённом участке Обского болота в это же время, ориентировочно достигается на расстоянии: нефтепродукты – 220...250 м; БПК₅, PO_4^{3-} , NH_4^+ – 300...320 м; минерализация и бихроматная окисляемость – 550...600 м.

Обобщение данных, полученных в 2012 г., с материалами ранее выполненных исследований [2, 13, 14] показало, что воды низинного Обского болота по химическому составу и минерализации на незагрязнённых участках занимают промежуточное положение между подземными и речными водами (с учётом значительно более высокого уровня содержания органических веществ и продуктов их трансформации), а болотные воды на загрязнённых участках – между подземными, сточными и незагрязнёнными водами (табл. 2). Критерием явного загрязнения болотных вод могут считаться: сумма главных ионов $\Sigma_{ин} > 1000...1100$ мг/дм³; $Na^+ > 170...180$ мг/дм³; $Cl^- > 120...140$ мг/дм³; $NH_4^+ > 5...7$ мг/дм³; $PO_4^{3-} > 0,5$ мг/дм³; БПК₅ $> 5,8$ мгО₂/дм³; Б.О. $> 190...200$ мгО/дм³; П.О. > 40 мгО/дм³; нефтепродукты $> 0,2$ мг/дм³; фенолы $> 0,03$ мг/дм³.

Сравнение данных о химическом составе болотных вод вдоль дороги Мельниково–Старая Шегарка 29.09.2002 г. [2, 13, 14] и 16.11.2012 г. позволило сделать вывод о существенной временной изменчивости как содержаний ряда веществ в стоках, так и характера их трансформации в болотных водах (рис. 3), что, возможно, связано с различным водным и термическим режимом Обского болота. В частности, летний период 2012 г. был значительно более засушливым и отличался пониженными уровнями болотных и речных вод в регионе. Тем не менее, эффективное самоочищение болотных вод в полосе шириной около 200 м от границы болота и

Таблица 1. Физико-химические и гидрохимические показатели вод Обского болота и хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих в Обское болото в с. Мельниково в ноябре 2012 г.

Показатель	Единицы измерения	Стоки ЖКХ с. Мельниково	Обское болото у с. Мельниково (расстояние от суходола в сторону р. Обь, м)						Обское болото с. Нащёково (фон)
			створ выпуска стоков ЖКХ с. Мельниково			вдоль дороги Мельниково–Старая Шегарка			
			110	220	300	120	200	300	
pH	–	7,54	7,48	7,68	7,63	7,4	7,7	7,6	7,3
CO ₂	мг/дм ³	17,6	20,24	26,4	22	52,8	35,2	22	30,8
Σ _{гп}	мг/дм ³	1418,9	1425,4	1461,7	1477,2	1486,2	1361,0	1103,0	580,5
Ca ²⁺	мг/дм ³	80,0	76,0	102,0	104,0	90,0	106,0	123,0	108,0
Mg ²⁺	мг/дм ³	26,8	26,8	25,6	24,4	26,1	29,9	32,3	21,2
Na ⁺	мг/дм ³	218,0	237,0	218,0	216,0	244,8	219,6	152,6	11,1
K ⁺	мг/дм ³	20,9	21,1	21,1	25,8	23,6	21,0	12,8	1,6
HCO ₃ ⁻	мг/дм ³	920,0	854,0	888,0	950,0	927,0	793,0	622,0	433,0
Cl ⁻	мг/дм ³	142,0	160,0	156,0	149,0	167,0	177,5	150,9	3,5
SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	11,2	50,5	51,0	8,0	7,7	14,0	9,3	2,1
NH ₄ ⁺	мг/дм ³	78,00	62,40	46,80	63,18	74,00	37,00	1,05	0,10
NO ₂ ⁻	мг/дм ³	0,005	0,005	0,060	0,055	0,005	0,005	0,025	0,012
NO ₃ ⁻	мг/дм ³	0,41	0,40	0,26	0,29	0,31	0,20	3,67	0,19
PO ₄ ³⁻	мг/дм ³	28,00	18,20	24,50	36,40	30,80	7,70	0,46	0,154
Si	мг/дм ³	23,45	20,97	16,69	18,79	21,54	18,59	13,33	8,17
БПК ₅	мгО ₂ /дм ³	8,35	8,38	8,13	7,66	7,99	7,84	0,84	1,08
Б.О.	мгО/дм ³	204,0	104,1	101,6	82,7	102,9	68,8	56,6	13,8
П.О.	мгО/дм ³	31,30	34,40	17,60	16,70	12,56	8,48	4,88	1,92
ГК	мг/дм ³	6,99	9,37	0,34	0,02	2,19	0,54	0,17	0,34
ФК	мг/дм ³	38,65	73,26	10,95	28,97	28,8	17,78	5,02	20,79
Нефтепродукты	мг/дм ³	3,080	2,950	1,280	0,330	0,080	0,032	0,014	0,028
F ⁻	мг/дм ³	0,22	0,24	0,24	0,21	0,25	0,21	0,22	0,28
Al	мг/дм ³	0,083	0,111	0,256	0,312	0,071	1,020	0,022	0,099
Fe _{общ}	мг/дм ³	2,89	0,65	8,72	2,01	0,62	5,78	0,27	1,13
Li	мкг/дм ³	6,0	6,0	6,5	8,0	0,5	4,5	6,2	4,0
Cu	мкг/дм ³	3,4	3,1	1,4	1,1	0,6	2,0	1,0	1,0
Zn	мкг/дм ³	30,0	45,0	7,5	7,3	2,1	12,0	2,0	2,3
Pb	мкг/дм ³	0,92	0,98	0,22	0,38	0,22	2,30	0,10	0,39

Примечание: χ – удельная электропроводность; $\Sigma_{гп}$ – сумма главных ионов; Б.О. – бихроматная окисляемость; П.О. – перманганатная окисляемость; БПК₅ – биохимическое потребление кислорода за пять суток; ГК – гуминовые кислоты; ФК – фульвокислоты.

суходола отмечено и в 2002, и в 2012 г., причём в пределах первых 100...150 м возможно даже некоторое увеличение минерализации и концентраций некоторых веществ (по сравнению со сточными водами на момент обследования).

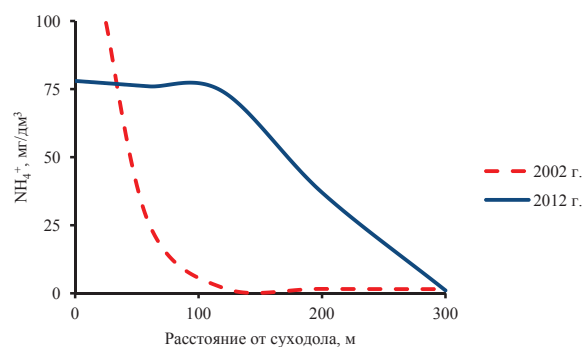


Рис. 3. Изменение концентраций NH₄⁺ в болотных водах в створе II (вдоль дороги Мельниково–Старая Шегарка) 29.09.2002 г. и 16.11.2012 г.

Заключение

Установлены средние уровни содержания главных ионов, микроэлементов, органических и биогенных веществ в водах Обского болота на его естественных и загрязнённых участках (в районе выпуска хозяйственно-бытовых сточных вод административного центра Шегарского района Томской области – с. Мельниково). Наиболее типичными загрязняющими веществами, сбрасываемыми в Обское болото, являются растворённые соли, нефтепродукты, NH₄⁺, PO₄³⁻, органические вещества по Б.О., П.О. и величине БПК₅.

В пределах загрязнённых участков: 1) выделены группы гидрохимических и физико-химических показателей с различными тенденциями пространственных изменений (или их отсутствием); 2) по мере удаления от выпуска сточных вод отмечено снижение минерализации, Б.О., П.О, БПК₅, концентраций соединений азота фосфора, нефтепродуктов, Si, металлов; различия в изменении гидро-

Таблица 2. Средние многолетние значения физико-химических и гидрохимических показателей болотных и речных вод у с. Мельниково, подземных вод в южном Приобье Томской области (с. Мельниково, Кожевниковский район)

Показатель	Ед. измерения	Обское болото		Сточные воды, с. Мельниково	р. Обь - п. Победа	Подземные воды в южном Приобье (палеогеновый водоносный горизонт)
		незагрязнённые участки	загрязнённые участки			
pH	ед. pH	7,24	7,41	7,71	7,97	7,31
χ	мКС/см	170,3	1810,8	1977,0	205,6	-
ги	мг/дм ³	552,9	1198,5	1372,8	185,0	638,2
Ca ²⁺	мг/дм ³	94,0	118,3	106,8	32,8	89,9
Mg ²⁺	мг/дм ³	18,3	30,0	40,3	6,2	20,6
Na ⁺	мг/дм ³	18,0	107,3	72,7	6,7	44,7
K ⁺	мг/дм ³	2,6	10,5	7,0	1,1	1,9
HCO ₃ ⁻	мг/дм ³	405,4	771,3	1056,7	121,4	450,2
Cl ⁻	мг/дм ³	8,3	140,4	125,7	3,3	18,8
SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	1,6	20,8	20,4	13,5	6,2
NH ₄ ⁺	мг/дм ³	3,01	45,26	66,11	0,26	0,57
NO ₂ ⁻	мг/дм ³	0,014	0,144	0,011	0,022	0,022
NO ₃ ⁻	мг/дм ³	0,40	2,95	0,45	0,75	0,624
PO ₄ ³⁻	мг/дм ³	0,15	18,89	15,22	0,04	0,315
Si	мгSi/дм ³	8,17	18,32	23,45	2,56	19,39
БПК ₅	мгO ₂ /дм ³	1,08	76,74	125,45	2,82	-
Б.О.	мгO/дм ³	99,6	306,2	332,6	12,0	<4,0
П.О.	мгO/дм ³	25,93	15,77	31,30	3,85	2,17
ГК	мг/дм ³	0,34	2,11	6,99	0,68	-
ФК	мг/дм ³	20,79	27,46	38,65	3,74	-
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,03	0,47	1,03	0,04	0,05
Фенолы	мг/дм ³	-	0,0175	0,0470	0,0009	0,0090
СПАВ	мг/дм ³	-	0,22	0,38	0,01	-
F ⁻	мг/дм ³	0,28	0,23	0,14	0,24	0,26
Al	мг/дм ³	0,099	0,299	0,083	0,056	-
Fe _{общ}	мг/дм ³	0,616	3,036	4,120	0,326	1,990
Li	мкг/дм ³	4,0	5,3	6,0	7,0	-
Cu	мкг/дм ³	1,0	1,5	3,4	7,0	7,7
Zn	мкг/дм ³	2,3	12,7	30,0	1,9	24,3
Pb	мкг/дм ³	0,4	0,7	0,9	0,4	0,8
Количество проб	-	3...4	12	4	15...22	6...9

Примечание: СПАВ – синтетические поверхностно-активные вещества.

химических показателей по территории болота, выявленные в сентябре 2002 и ноябре 2012 гг., возможно, связаны с замедлением биохимических и гидрохимических процессов при отрицательной температуре атмосферного воздуха; 3) зафиксировано увеличение концентраций Ca²⁺, Mg²⁺, Al и изменение гидрохимического типа вод (с гидрокарбонатного натриевого на гидрокарбонатный кальциевый) по мере удаления от выпуска сточных вод.

В целом и загрязнённые, и незагрязнённые воды Обского болота характеризуются нарушением предельно допустимых значений (для объектов хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения) по величине бихроматной и перманганатной окисляемости, содержанию Fe, NH₄⁺, PO₄³⁻, нефтепродуктов. Самоочищение загрязнённых болотных вод до фоновых значений достигается на расстоянии от выпуска сточных вод: 400 м и более вниз по течению р. Обь (по продольному профилю) и от 220 до 600 м и более от границы болота и суходола по поперечному профилю долины р. Обь.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 11-05-93112-НЦНИЛ а и ГК № 11.519.11.6044 ГК № 11.519.11.6044), Госзадания «Наука» № 5.4573.2011.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bazanov V.A., Berezin A.E., Savichev O.G., Skugarev A.A. The phytoindication method for mapping peatlands in the taiga zone of the West-Siberian Plain // International Journal of Environmental Studies. – 2009. – V. 66. – № 4. – P. 473–484.
2. Савичев О.Г. Водные ресурсы Томской области. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2010. – 248 с.
3. Львов Ю.А. Болотные ресурсы // в кн.: Природные ресурсы Томской области / под ред. И.М. Гаджиева и А.А. Земцова. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 67–75.
4. Торфяные месторождения Томской области / под ред. Я.Н. Задунницкого, И.И. Казакова, В.Д. Маркова. – М.: Геолгорфразведка, 1971. – 306 с.
5. Лыгин В.А., Савичев О.Г. Проблемы определения границ водоохраных зон водных объектов // Вода: химия и экология. – 2008. – № 9. – С. 3–6.
6. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 8. Гидрометеорологические наблюдения на болотах / под ред. С.М. Новикова. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 360 с.
7. Вода. Общие требования к отбору проб. ГОСТ Р 51592–2000. – Госстандарт России, 2000. – 31 с.
8. РД 52.24.622–2001. Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. – М.: Федер. служба России по гидрометеор. и мониторинг. среды, 2001. – 68 с.
9. Зарубина Р.Ф., Копылова Ю.Г., Зарубин А.Г. Анализ и улучшение качества природных вод: в 2-х ч. Ч. 1. Анализ и оценка качества природных вод. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2007. – 168 с.
10. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 444 с.
11. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. ГОСТ 17.1.2.04–77. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 17 с.
12. Молчанова Я.П., Заика Е.А., Бабкина Э.И., Сурнин В.А. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / под ред. Т.В. Гусевой. – М.: Изд-во «ФОРУМ», 2007. – 192 с.
13. Лыгин В.А., Савичев О.Г. Оценка допустимых сбросов загрязняющих веществ в болота Томской области // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 5. – С. 33–38.
14. Савичев О.Г. Химический состав болотных вод на территории Томской области (Западная Сибирь) и их взаимодействие с минеральными и органоминеральными соединениями // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – № 1. – С. 72–77.

Поступила 25.01.2013 г.