

УДК 556.531.4

В. П. ШЕСТЁРКИН, Н. М. ШЕСТЁРКИНА, Ю. А. ФОРИНА

**ВЛИЯНИЕ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ
СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

Рассмотрено влияние торфяных пожаров на химический состав снежного покрова и поверхностных вод. Показано, что пирогенная минерализация торфа обуславливает появление в этих объектах гидросферы аномальных концентраций нитритного и аммонийного азота, а в воде карьеров, расположенных рядом со сгоревшими буртами торфа, — концентраций хлорид- и сульфат-ионов, ионов калия, кальция и магния, уровни которых существенно превышают рыбохозяйственные значения ПДК.

Ключевые слова: торфяные пожары, гидрохимия снежного покрова и поверхностных вод.

© 2009 Шестёркин В. П. (shesterkin@ivep.as.khb.ru), Шестёркина Н. М., Форина Ю. А.

We examine the influence of peat fires on chemical composition of snow cover and surface waters. It is shown that pyrogenic mineralization of peat brings about anomalous concentrations of nitrite and ammonium nitrogen in these objects of hydrosphere, and concentrations of chloride and sulfate ions, and sodium, calcium and magnesium ions in the water of quarries nearby hills of burnt peat, the levels of which by far exceed the fishery MAC values.

Keywords: peat fires, hydrochemistry of snow cover and surface waters.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Торфяные почвы в засушливые годы становятся потенциальным источником пожаров. Только в 1996–1997 гг. на осушенных системах Рязанской области из-за пожаров потеряно около тысячи гектаров торфяных земель, в осушение которых были вложены значительные средства [1]. Характерная особенность торфяных пожаров — сильная задымленность, распространяющаяся на многие сотни километров. Так, торфяные пожары в Рязанской области осенью 2002 г. обусловили задымленность атмосферы в расположенных рядом с ней Московской и Владимирской областях, Украине и Белоруссии [2], а также привели к уничтожению трех месторождений торфа. Высокая задымленность атмосферы и низкая видимость (до нескольких десятков метров) из-за торфяных пожаров отмечались в г. Новосибирске в октябре 2003 г. Дым и сильный запах гари вследствие торфяных пожаров во Владимирской и Рязанской областях наблюдались в августе 2007 г. в Москве и Московской области.

Большие запасы торфа сосредоточены и на территории Нижнего Приамурья. Только на Средне-амурской низменности и равнине Саньцзян (КНР) площади болот и заболоченных земель составляют 36 000 и 24 100 км² соответственно [3]. В Приамурье торфяные пожары не представляют собой исключительного явления: на их возникновение в далеком прошлом указывает наличие угольков на разных глубинах Мухенского торфяника [4]. В последние годы подобные пожары в регионе стали весьма частыми.

Наиболее напряженным в этом отношении был 2001 г., когда возгорание торфяников на площади 97 тыс. га привело к значительной задымленности Хабаровска и южных районов края. По данным стационарных наблюдений, уровень загрязнения атмосферы окислами азота и углерода в городе в этот период возрос в 2–6 раз [5]. Возникновению пожаров предшествовала необычная засуха в мае и июне. По данным Росгидромета, в эти месяцы количество атмосферных осадков в южных районах Хабаровского края составляло от нормы: в 2001 г. — 57 %, в 2002 г. — 76, а в 2003 г. — 16 %. Поэтому, однажды начавшись, пожары на одном болотном массиве продолжались несколько лет.

Торфяные пожары по сравнению с лесными характеризуются более высокой продуктивностью беспламенной фазы горения и небольшой скоростью распространения. Это способствует поступлению в атмосферу значительного количества летучих веществ (до 56 %) и большому выходу кокса (до 28 %). Больше, чем при лесных пожарах, образуется и зольных веществ [6]. Их содержание в торфяных почвах болот нижнеамурских низменностей изменяется от 3,5 до 37,4 %, причем повышенные величины в ряде случаев обусловлены минеральными примесями [7].

Существенно различается и зольный состав горючих материалов. В торфах, по сравнению с хвойным и лиственным древостоем Дальнего Востока, содержится больше фосфора и азота. При этом уровень содержания азота в нижних горизонтах торфяных залежей превышает содержание окислов калия, кальция и магния [7].

Большие различия пирологических характеристик и химического состава древесных материалов и торфа — причина того, что влияние продуктов их горения на объекты гидросферы неодинаково. В настоящее время наиболее изучено воздействие лесных пожаров на формирование химического состава снежного покрова и поверхностных вод [8–10], чего нельзя сказать о торфяных пожарах, влияние которых изучено слабо [11–12]. Данная работа восполняет этот пробел.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в 2001–2004 гг. в районе торфяного карьера у пос. Кия, в 100 км южнее Хабаровска. Активное освоение торфа приходилось на начало 1990-х гг. Резкое снижение сельскохозяйственного производства в последующие годы привело к полной заброшенности карьера и мелиоративной системы. Торфяные бурты поросли кустарником и березой, добыча торфа велась лишь в небольших объемах фермерами и местными жителями. Вследствие этого и установившейся засухи в 1999 г. возникли торфяные пожары, продолжавшиеся до 2004 г. Торф сгорал до нижележащего грунта, что привело к массовому вывалу и полной гибели деревьев, проседанию подъездных дорог к месторождению. К концу 2003 г. торф, находившийся в буртах и на дне неглубоких полуобсохших карьеров, полностью выгорел на самых низких гипсометрических уровнях. Вода в этих карьерах находилась лишь в небольших, изолированных перемычками из грунта и золы углублениях.

Отбор проб снега проводился как непосредственно у кромки очагов подземного пожара, так и по профилю, с шагом 50 м от тлеющих буртов торфа. Пробы со всей глубины снежного покрова отбирались в полиэтиленовые пакеты, после чего снег таял при комнатной температуре в стеклянной посуде. Пробы талой снеговой воды брались ранней весной и поздней осенью вблизи тлеющих буртов, а также в расположенных рядом с ними торфяных карьерах. Анализ проб проводился по общепринятым в гидрохимических исследованиях методам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Медленным горением торфяной залежи при недостатке кислорода обусловлены неполное сгорание органического вещества и возгонка его летучих фракций с парами воды в атмосферу. Поэтому вблизи каждого очага пожара снежный покров имел желтоватую окраску (цветность 30–40°). Максимальная концентрация органического вещества отмечалась в изморози на ветках поваленных деревьев непосредственно над таким очагом (табл. 1).

Вместе с летучими органическими веществами в атмосферу при возгонке поступают аммиак, окислы азота, серы и других веществ. Эти соединения в больших количествах аккумулировались в изморози и снежном покрове, создавая в них повышенную, не характерную для таежных районов хр. Сихотэ-Алинь [8, 13–15] минерализацию (см. табл. 1).

Необычной, превышающей в десятки раз ПДК вод рыбохозяйственного использования (ПДК_{вр}) была концентрация аммонийного азота в снеговой воде. Поэтому при низких концентрациях главных катионов эта вода, по классификации О. А. Алекина [16], относилась к гидрокарбонатному классу, группе аммония, первому (очень редко — второму) типу. Аккумуляция больших количеств аммонийного азота в снежном покрове привела к уменьшению его кислотности. Величина рН снеговой воды была на одну-две единицы выше, чем в южнотаежных районах Приамурья [8, 11, 15].

Значительно меньше, по сравнению с аммонийным азотом, в снежном покрове содержалось нитритного и нитратного азота (см. табл. 1), однако уровни их концентраций также аномальны для районов Приамурья [15]. Наибольший интерес вызывает нитритный азот, концентрация которого, так же, как и аммонийного, превышает значение ПДК_{вр}. Как правило, уровень содержания этого вещества в снеговой воде таежных районов составляет тысячные доли мг/дм³, поэтому в большинстве работ, посвященных изучению химического состава снежного покрова, поведение нитритного азота не рассматривается. Его содержание в снеговой воде в районе торфяного пожара на три порядка выше, чем в равнинных и горнотаежных районах Приамурья [8, 12, 15]. Такие уровни концентраций минеральных форм азота в снежном покрове свидетельствуют о том, что при медленном горении торфа лишь небольшая часть аммонийного азота окисляется до нитритного, а затем и до нитратного.

Торфяными пожарами обусловлено и повышенное содержание в снежном покрове фосфат-ионов. Их максимальная концентрация отмечается в изморози, что свидетельствует о поступлении некоторой части фосфора в атмосферу при возгонке. По мере удаления от очага подземного пожара содержание растворенных веществ в снежном покрове постепенно уменьшается, что приводит к снижению величины рН снеговой воды и превышению нитратной формы азота над аммонийной (см. табл. 1).

Таблица 1

Гидрохимические показатели изморози и снежного покрова в районе торфяного пожара

L	Цв.	рН	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	HPO ₄ ²⁻	ПО	М
<i>Изморозь на ветках дерева над очагом подземного пожара</i>															
0,3	85	6,5	0	0,2	0,4	0,2	43,3	1,7	18,2	0,14	1,8	34,1	0,48	134,6	100,5
<i>Снежный покров вблизи подземного очага пожара</i>															
0,5	40	6,2	0	0,1	0,4	0,2	18,9	0,7	2,7	0,25	2,1	13,0	0,07	52,1	38,4
<i>Снежный покров в районе горения торфяного бурта</i>															
15	5	7,4	0,4	0,5	4,9	1,0	28,7	2,3	5,0	0,11	4,4	10,4	0,22	15,3	58,0
50	5	6,1	0,1	0,1	0,4	0,5	7,9	1,0	3,2	0,09	3,2	3,4	0,06	7,6	20,0
100	5	5,0	0	0,1	0,4	0,2	3,7	0,7	2,3	0,03	2,9	1,3	0,03	2,9	11,6
150	5	5,2	0	0,1	0,4	0,2	1,8	0,7	2,3	0,01	2,1	0,5	0,02	2,4	8,2

Примечание. L — удаленность от очага пожара, м; Цв. — цветность, град; ПО — перманганатная окисляемость, мг О/дм³; М — содержание ионов и минерализация, мг/дм³.

При горении торфяных буртов уровни содержания растворенных веществ в снежном покрове в основном зависят от масштаба пожаров и циркуляции в атмосфере. Поэтому высокие уровни концентраций главных катионов, сульфат- и фосфат-ионов, нитратного азота из-за ветрового переноса могут наблюдаться в снежном покрове на большом расстоянии от очага подземного пожара (см. табл. 1).

Как свидетельствуют полученные материалы, в снежном покрове района исследований растворенных веществ содержится больше, чем в сформированном во время лесного пожара [8]. Наибольшие различия отмечаются в содержании сульфат-ионов и всех форм минерального азота.

Талые снеговые воды весной, а нередко (вследствие резкого потепления) и поздней осенью содержат больше растворенных веществ, чем снег [17]. В таежных районах Приамурья [18] воды характеризуются невысокой минерализацией (менее 50 мг/дм³), гидрокарбонатно-кальциевым составом и сравнимыми со снежным покровом уровнями концентраций хлорид- и сульфат-ионов, соединений азота и фосфора. В районе торфяного пожара талые снеговые воды относятся к гидрокарбонатному классу, группе аммония, первому типу, имеют высокие значения цветности (310–500°) и рН (7,1–7,4) [16]. Воды характеризуются повышенными уровнями концентраций органического вещества (48–70 мг О/дм³), нитритного (поздней осенью) и аммонийного азота, а соответственно, и величиной минерализации (табл. 2). Содержание этих форм азота, также как и фосфат-ионов, в талой воде значительно превышает значение ПДК_{вр}.

В отличие от снежного покрова талые воды содержат больше ионов калия, чем натрия (на порядок и более). По сравнению с сульфат-ионами в талой воде выше и содержание хлорид-ионов (см. табл. 2). Такое существенное различие химического состава объектов гидросферы обусловлено аккумуляцией зольных веществ в снежном покрове в течение длительного зимнего периода, а также, возможно, наличием в золе калийных удобрений, которые вносились в торфяные бурты при их закладке.

Таблица 2

Предельные и средние концентрации растворенных веществ в объектах гидросферы в районе торфяного пожара, мг/дм³

Компоненты	Талые снеговые воды		Вода торфяных карьеров		
	23.11.2001 г.	4.04.2005 г.	7.05.2003 г.	2.10.2003 г.	14.04.2004 г.
Na ⁺	<u>0,8 – 2,8</u> 2,0	<u>0,8 – 1,8</u> 1,2	<u>1,8 – 2,4</u> 2,2	<u>11,2 – 34,4</u> 17,7	<u>3,3 – 13,9</u> 6,2
K ⁺	<u>14,6 – 21,8</u> 19,3	<u>8,2 – 20,1</u> 14,1	<u>8,0 – 13,6</u> 10,4	<u>19 – 396</u> 136	<u>8 – 63</u> 26
Ca ²⁺	<u>8,1 – 18,7</u> 13,4	<u>4,9 – 18,0</u> 8,2	<u>10,1 – 25,6</u> 18,1	<u>246 – 452</u> 352	<u>90 – 566</u> 262
Mg ²⁺	<u>1,2 – 4,0</u> 2,6	<u>1,9 – 3,0</u> 2,6	<u>3,5 – 5,1</u> 4,3	<u>39,0 – 54,0</u> 46,2	<u>11,7 – 46,7</u> 21,9
HCO ₃ ⁻	<u>95 – 134</u> 114	<u>28 – 93</u> 58	<u>26 – 64</u> 42	<u>85 – 461</u> 240	<u>73 – 460</u> 176
Cl ⁻	<u>5,2 – 32,1</u> 18,9	<u>3,9 – 13,8</u> 9,3	<u>10,5 – 17,9</u> 15,4	<u>44 – 499</u> 181	<u>9 – 85</u> 32
SO ₄ ²⁻	<u>5,9 – 24,0</u> 11,2	<u>5,7 – 11,4</u> 8,4	<u>11,8 – 19,1</u> 14,8	<u>277 – 568</u> 372	<u>268 – 2090</u> 919
NO ₂ ⁻	<u>0,31 – 0,85</u> 0,51	<u>0,01 – 0,17</u> 0,05	<u>0 – 0,01</u> 0,01	<u>0 – 0,58</u> 0,26	<u>0,10 – 0,92</u> 0,54
NO ₃ ⁻	<u>1,5 – 15,5</u> 6,6	<u>0,4 – 2,0</u> 1,0	<u>1,1 – 2,0</u> 1,6	—	<u>15,4 – 95,1</u> 44,9
NH ₄ ⁺	<u>26,8 – 47,2</u> 34,5	<u>6,3 – 19,7</u> 12,5	<u>1,1 – 2,1</u> 1,5	<u>20,4 – 68,5</u> 40,1	<u>9,5 – 98,4</u> 31,9
HPO ₄ ²⁻	<u>1,7 – 8,8</u> 5,2	<u>1,0 – 2,7</u> 1,7	<u>0,04 – 0,09</u> 0,04	<u>0 – 0,06</u> 0,02	<u>0,03 – 0,12</u> 0,06
M	<u>182 – 322</u> 262	<u>69 – 171</u> 117	<u>75 – 152</u> 111	<u>796 – 2198</u> 1379	<u>512 – 3520</u> 1522

Примечание. В числителе — пределы колебаний, в знаменателе — среднее содержание.

Пирогенная минерализация торфа в буртах сопровождается появлением большого количества золы, из которой растворенные вещества выщелачиваются атмосферными осадками, поступая в грунтовые и речные воды. В районе торфяных пожаров влияние пирогенного фактора наиболее отчетливо проявляется в химическом составе воды торфяных карьеров. В течение короткого периода (с мая 2003 г. по апрель 2004 г.) в ней отмечено значительное повышение уровней концентраций главных ионов, причем кальций- и сульфат-ионов, а в одном из карьеров — хлорид-иона и калия на два-три порядка (см. табл. 2).

Впервые в исследованиях химического состава поверхностных вод таежных районов Сихотэ-Алиня уровни концентраций хлорид- и сульфат-ионов, а также ионов калия, кальция и магния превысили значения ПДК_{вр}. Значительная концентрация сульфат- и кальций-ионов в воде может быть обусловлена внесением в бурт в период его закладки суперфосфата, в составе которого в виде примеси находится гипс (CaSO₄).

Такое увеличение содержания главных ионов стало причиной резкого возрастания величины минерализации, которая превысила 1 г/дм³, т. е. вода стала солоноватой. Существенные изменения произошли и в ее качественном составе. Если в начале наблюдений она, по [16], относилась к гидрокарбонатному классу, группе кальция, первому типу, то в конце — к сульфатному (реже — хлоридному) классу, группе кальция, третьему типу. Изменения коснулись и величины рН. В начале мая 2003 г. она варьировала в пределах 6,2–6,6, а в октябре — 7,1–8,2.

Амплитуда колебаний содержания главных ионов в воде торфяных карьеров вследствие небольших глубин изменяется в очень больших пределах (см. табл. 2). Так, в одном из карьеров концентрация ионов калия колебалась от 28 до 85 мг/дм³, а сульфат-ионов — от 370 до 441 мг/дм³. Вода характеризуется низким содержанием фосфат-ионов, что может быть обусловлено их осаждением в виде фосфатов кальция вследствие низкой растворимости этого соединения и высокими концентрациями ионов кальция. Как и в талой снеговой, в воде этих карьеров наблюдаются очень высокие концентрации нитритного и аммонийного азота, которые постоянно (а нитратного — очень редко) превышают значения ПДК_{вр}. В этих водоемах отмечается и более высокое, чем в озерах, расположенных за пределами торфяного месторождения, содержание железа (до 5,2 мг/дм³).

ВЫВОДЫ

Торфяные пожары оказывают значительное влияние на химический состав объектов гидросферы — снежного покрова и поверхностных вод. Пирогенная минерализация торфа ведет к появлению аномальных концентраций нитритного и аммонийного азота в воде этих объектов. Высокие уровни концентраций хлорид- и сульфат-ионов, калия, кальция и магния, часто превышающие значения ПДК_{вр}, наблюдаются в воде карьеров вблизи сгоревших торфяных буртов.

Выявленные особенности ее химического состава обусловлены пирогенной минерализацией значительных количеств торфа в буртах, а также неравномерным внесением при их закладке минеральных калийных, фосфорных и других удобрений. Поступление значительных количеств соединений азота и фосфора в речную сеть может привести к эвтрофикации водных объектов, а главных ионов — к резкому снижению качества речных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайдельман Ф. Р., Банников М. В., Шваров А. П. Последствия пожаров на осушаемых торфяных почвах // Мелиорация и водн. хоз-во. — 2001. — № 2. — С. 40–44.
2. Григорьев А. Лесные и торфяные пожары 2002 года // Лесн. бюллетень. — 2003. — № 21–22. — С. 11.
3. Климин М. А. Генезис торфяных отложений Нижнего Приамурья // Геохимические и эколого-биогеохимические исследования в Приамурье. — Владивосток: Дальнаука, 2000. — С. 170–179.
4. Минкина Ц. И., Федорова Р. В. Смена лесов и история развития торфяников Дальневосточного края по данным ископаемой древесной пыли // Сов. ботаника. — 1936. — № 4. — С. 17–24.
5. Иванова Е. Г. Состояние воздушного бассейна в крупных городах Хабаровского края // Города Дальнего Востока: Экология и жизнь человека. — Владивосток; Хабаровск: Изд-во Ин-та водн. и экол. проблем ДВО РАН, 2003. — Вып. 1. — С. 51–54.
6. Шешуков М. А., Савченко А. П., Пешков В. В. Лесные пожары и борьба с ними на севере Дальнего Востока. — Хабаровск, 1992. — 95 с.
7. Прозоров Ю. С. Болота нижнеамурских низменностей. — Новосибирск: Наука, 1974. — 209 с.
8. Иванов А. В., Кашин Н. П., Куклина Н. М. и др. Роль лесных пожаров в формировании химического состава атмосферных осадков, снежного покрова и поверхностных вод // Формирование химического состава природных вод Приамурья и Забайкалья. — Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1978. — С. 28–38.

9. Шестеркина Н. М., Шестеркин В. П. Влияние крупных лесных пожаров на гидрохимический режим таежных рек Приамурья // География и природ. ресурсы. — 2002. — № 2. — С. 47–52.
10. Spenser C. N., Gabel K. O., Hauer F. R. Wild re effects on stream food webs and nutrient dynamics in Glacier National Park, USA // Forest Ecol. and Manag. — 2003. — Vol. 178, № 1–2. — P. 141–153.
11. Шестеркин В. П., Шестеркина Н. М., Форино Ю. А. О влиянии торфяных пожаров на химический состав снежного покрова // Биогеохимические и экологические исследования наземных и водных экосистем. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — Вып. 16. — С. 204–209.
12. Шешуков М. А., Голдаммер Й. Г., Джервелиус М. и др. Северо-Восточная Азия: вклад в лесопожарный цикл. — Фрайбург: Центр глобального мониторинга природных пожаров; Хабаровск: Тихоокеанский лесной форум, 2006. — 415 с.
13. Гладкова Г. А., Бутовец Г. Н., Манько Ю. И., Захаров С. М. Исследование химического состава снеговых вод в связи с региональной деградацией пихтово-еловых лесов в Приморском крае // География и природ. ресурсы. — 1993. — № 2. — С. 58–62.
14. Елпатьевский П. В. Химический состав снеговых вод и его изменение техногенными факторами // Геохимия зоны гипергенеза и техническая деятельность человека. — Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1976. — С. 48–56.
15. Шестеркин В. П., Шестеркина Н. М., Форино Ю. А. Особенности формирования химического состава снежного покрова южных районов Приамурья // Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов: Материалы науч. конференции. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2005. — С. 155–157.
16. Алевкин О. А. Основы гидрохимии. — Л.: Гидрометеоиздат, 1970. — 440 с.
17. Иванов А. В. Криогенная метаморфизация химического состава природных льдов, замерзающих и талых вод. — Хабаровск: Дальнаука, 1998. — 164 с.
18. Шестеркин В. П. Гидрохимия конжеляционных льдов Нижнего Приамурья: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Иркутск, 1994. — 20 с.

*Институт водных и экологических проблем
ДВО РАН, Хабаровск*

*Поступила в редакцию
20 февраля 2008 г.*