

УДК 574.45

**ПИРОГЕННЫЙ ФАКТОР НА МАРЕВЫХ БОЛОТАХ ПРИАМУРЬЯ****Т. А. Копотева, В. А. Купцова***Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск  
E-mail: victoria@ivep.as.khb.ru*

Приведены и проанализированы данные фитомассы и продукции мохового яруса и наземной части кустарничково-травяного яруса на послепожарной стадии восстановления и на сохранившемся от выгорания участке «мари» – мезотрофного кустарничково-сфагнового листовничника. Рассчитан ущерб, нанесенный биосфере в результате выгорания биомассы на территории Бичевского болотного массива.

**Ключевые слова:** марь, кустарничково-сфагновые болота, пирогенный фактор, продуктивность сфагновых мхов, восстановление растительности, запас фитомассы.

Одним из основных факторов, влияющих на динамику растительности болот Приамурья, является пирогенный из-за очень неравномерного, «пульсирующего» характера распределения осадков и установившегося со времен освоения территории региона «пиротехнического стереотипа природопользования» (Сухомлинов, 2006). Это одна из причин маломощности торфяных залежей на маревых болотах (кустарничково-сфагновых листовничниках) Среднеамурских низменностей. Данной проблеме посвящено немало публикаций (Костырина, 1983; Копотева, 1999, 2002 и др). К настоящему времени на юге Приамурья не осталось фактически ни одного болотного массива, растительный покров которого не носил бы в той или иной степени следы пирогенного фактора. Если в Европейской части после пожаров на торфяных болотах происходит восстановление сфагнового покрова и клюквы (Цареградская, Косицын, 1999; Попов, 2000), то на приамурских из-за особенностей распределения атмосферных осадков в течение сезона и значительных колебаний уровней болотных вод экологическую нишу сфагновых мхов после пожаров часто занимают психрофильные кустарнички и кустарниковая береза (ерник). Обследование лесоболотных экосистем (марей) в Амурской области в 2003 г. показало, что после катастрофических пожаров 1987 г. более 200 тыс. га сфагновых болот трансформировались в безмоховые ерники (Буренина, 2006). Не меньший размах этот процесс носит в Хабаровском крае.

Послепожарные сукцессии на болотах имеют свои особенности, но так же, как и в лесных экосистемах на марях Приамурья, можно выделить послепожарную и восстановительную стадии (Со-

фронова, Волокитина, 1998). Отличие функционирования болотных фитоценозов от лесных в том, что основная ценотическая роль в первых принадлежит моховому ярусу. Из всех компонентов растительности сфагновые мхи вносят самый большой вклад в депонирование углерода. Исследования продуктивности фитоценозов, близких по структуре фитомассы к изучаемым нами, показывают, что годовичная продукция мохового яруса в 3–4 раза превышает годовичную продукцию наземной части древесного и кустарничкового ярусов, вместе взятых (Кнорре и др., 2007). Поэтому палы наносят очень большой ущерб, уничтожая сфагновые мхи, что резко снижает темпы торфообразования до полного его прекращения.

Цель нашей работы – изучить характер восстановления растительности мезотрофного кустарничково-сфагнового листовничника на постпирогенной стадии сукцессии, а также оценить ущерб для биосферы палов на марях Приамурья на примере Бичевского болотного массива.

**ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В качестве объекта исследований было взято типичное для Среднеамурской низменности мезотрофное кустарничково-сфагновое болото с листовницей (марь). В 2005 г. на юго-восточной окраине Бичевского болотного массива заложили пробную площадь (47°48' с. ш., 135°39' в. д.) Общая площадь кустарничково-сфагнового фитоценоза на массиве изначально составляла около 8 км<sup>2</sup>. Вследствие усилившегося пирогенного фактора антропогенного характера в последние 2–3 десятилетия его площадь существенно сократилась. В конце 1980-х гг. северо-западную часть массива подвергли мелиорации (2,31 км<sup>2</sup>). К на-

чалу наших исследований площадь ненарушенной мари (с сохранившимся сфагновым покровом) составляла 2,16 км<sup>2</sup>, остальная, не подвергавшаяся осушению часть трансформировалась в безмоховый ерник в результате пожаров. Торфяная залежь низинно-переходного типа (Кузнецов, 1992) имеет типичное для Среднеамурской низменности строение, но относительно большую мощность – 2–2,5 м. От основания почти до поверхности (50 см) залежь сложена древесно-кустарничковым торфом с примесью травянистых 20–30%, среди которых преобладают пушицы. Выше залегает древесно-травяной торф с преобладанием осок и только у самой поверхности – травяно-кустарничково-сфагновый.

Исследования продуктивности мохового яруса начаты в 2005 г., продолжены после пала, уничтожившего в июне 2008 г. около 80% растительного покрова болотного массива. Прогорание произошло в основном на глубину сфагнового очеса на 5–10 см в понижениях и 10–20 см на подушках до плотной оторфованной подстилки. Остались отдельные редкие невыгоревшие пятна вытянутой формы, размеры самых крупных до 60 × 150 м. На пройденных палом участках полностью уничтожены надземные фитомасса и мортмасса кустарничково-травяного и мохового ярусов, а также подрост лиственницы.

Растительный покров до пала был представлен несколькими ярусами: древесным из угнетенной лиственницы даурской *Larix cajanderi* Mayr (Черепанов, 1995), сомкнутость 0,1; бонитет V, Va, сильно разреженным кустарничковым из березы овальнолистной *Betula ovalifolia* Rupr. со сред-

ней высотой яруса 1,2–1,5 м; кустарничково-травяным с доминированием хамедафны чашечной *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench и багульника болотного *Ledum palustre* L. Проектное покрытие (ПП) кустарничково-травяного яруса составляет 30–50% на подушках, 70–80% – в понижениях, ПП мохового яруса – 80–90%. В сложении кустарничково-травяного яруса участвуют, кроме доминантов, кустарнички: клюква мелкоплодная *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr. с покрытием около 5%, местами в пятнах до 20–30%; ива черничная *Salix myrtilloides* L., пятнами голубика *Vaccinium uliginosum* L. и на фусковых подушках редко подбел *Andromeda polifolia* L.; из травянистых: осока круглая *Carex globularis* L., пушица влагилищная *Eriophorum vaginatum* L., вейник незамечаемый *Calamagrostis neglecta* (Ehrh.) Gaertn., Mey. & Scherb.

Покров мохового яруса до пожара составляло 80–90%. Микрорельеф кочковато-бугристый. Амплитуда микрорельефа 40–50 см. На подушках преобладал бурый сфагновый мох *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr., пятнами встречался сфагнум магелланский *S. magellanicum* Brid. Склоны подушек в смешанных с *S. magellanicum* дернинах занимал сфагнум балтийский *S. balticum* (Russ.) Russ. ex C. Jens., днища понижений были заняты только *S. balticum*.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Надземные фитомассу и мортмассу кустарничково-травяного яруса отбирали методом укосов с поверхности мха однократно в конце веге-

Таблица 1. Структура надземного растительного вещества кустарничково-травяного яруса (г/м<sup>2</sup>; абсолютно сухая масса), август 2009 г.

Table 1. The structure of above-ground shrub-grass biomass (g/m<sup>2</sup>; absolute dry weight) August 2009

№ п/п	Растительное вещество	Негоревший участок		Выгоревший участок	
		M±(m · t), г/м <sup>2</sup>	P,%	M±(m · t), г/м <sup>2</sup>	P,%
1	<i>Chamaedaphne calyculata</i> , запас фитомассы (без годичного прироста)*	29,2 ± 6,6	20	15,8 ± 4,6	25
2	<i>Chamaedaphne calyculata</i> , годичный прирост	29,6 ± 7,1	21	49,3 ± 13	27
3	<i>Ledum palustre</i> , запас фитомассы*	39,2 ± 8,2	18	7,3 ± 2,0	24
4	<i>Ledum palustre</i> , годичный прирост	37,5 ± 6,4	15	43,3 ± 10,2	20
5	<i>Carex</i> & <i>Eriophorum</i> , фитомасса	17,1 ± 7,0	36	20,5 ± 6,0	26
6	<i>Oxycoccus microcarpus</i>	9,1		0,8	
7	<i>Vaccinium uliginosum</i> , запас фитомассы*	3,9		1,4	
8	<i>Vaccinium uliginosum</i> , годичный прирост	3,4		7,9	
9	<i>Ledum hypoleucum</i> , запас фитомассы*	0,01		0,6	
10	<i>Ledum hypoleucum</i> , годичный прирост	0,07		4,5	
11	<i>Epilobium angustifolium</i>	0		0,04	
12	Общая фитомасса	169,08 ± 16,9	8	151,4 ± 25,4	15
13	Ветошь	4,8		5,1	
14	Опад ветвей	25,7		0	
15	Опад листьев	13,1		2,5	
16	Мортмасса	43,6		7,6	
	Итого	212,68 ± 20,3	8	159 ± 27,2	15

\*Статистическую обработку проводили по Н. А. Плохинскому (1970), уровень значимости 0,95. Ошибка (P) для компонентов растительного вещества (видов сообщества), имеющих незначительный вклад, не считалась, так как данные недостоверны из-за недостаточного объема выборки, хотя и отражают общую тенденцию.

тационного сезона 2009 г. Учетные площадки закладывали случайно-систематическим способом размерами 100 × 50 см в 10-кратной повторности на выгоревшем участке и участке с сохранившейся растительностью, т. е. ненарушенном (табл. 1).

Для определения продукции сфагновых мхов линейный прирост на подушках измеряли колышками, в понижениях – методами покрасок и перевязок (Слито, 1970), плотность дернины мхов определяли методом монолитов. Определение живой части мха для оценки запаса фитомассы проводили двумя методами: визуальным – по окрашенной хлорофиллом фотосинтезирующей верхней части мха с головкой (I) и гистохимическим (II) по Т. В. Малышевой (1970). Фитомассу рассчитывали путем умножения массы 1 см стебля вместе с головкой на плотность дернины. Продукцию определяли произведением массы 1 см стебля на величину линейного прироста. Распределение видов мхов по площади фитоценоза оценивали картированием 36 учетных площадок по 1 м<sup>2</sup>, заложенных случайно-систематическим методом на трансекте. Площадь болотного массива оценивали по спутниковым снимкам программы Google Earth.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

К концу второго сезона восстановления запаса растительного вещества в кустарничково-травяном ярусе постпирогенной сукцессии снижены на 25% относительно сохранившихся от выгорания сообществ (см. табл. 1). Доминантом яруса на сохранившемся участке фитоценоза, который до пожара находился в относительно стабильном, т. е. близком к климаксовому для данных условий, состоянии, была хамедафна, содоминант – багульник болотный. В постпирогенной сукцессии оба кустарничка имеют значительно больший прирост, чем в негоревшем сообществе. Данные «запаса фитомассы» постпирогенной сукцессии в табл. 1 отражают продукцию прошлого (2008) года, и при сравнении с продукцией 2009 г. видно, что темпы прироста багульника увеличились на второй год, возможно, вследствие более благо-

приятных условий (табл. 2). Продукция надземной части яруса составляет около 50% от запасов фитомассы в негоревшем сообществе и более 80% в постпирогенной сукцессии, причем в первом она в 1,5 раза меньше, чем во втором. Крайне негативно воздействие пирогенного фактора на ассектатор этого типа болот – клюкву мелкоплодную: на второй год после пожара ее фитомасса восстановилась лишь на 9%, в то время как фитомасса хамедафны стала больше, чем до пожара, на 10%. Прирост фитомассы другого ягодного кустарничка – голубики – пирогенный фактор, наоборот, стимулирует вследствие усилившейся эвтрофикации. Надземная мортмасса кустарничково-травяного яруса к концу второго года восстановилась на 17%. Инвазионные виды (*Epilobium angustifolium* L., *Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin.) на выгоревших участках не развили большой фитомассы вследствие низких значений pH почвы (3,5–3,6), а также большого количества осадков в сезон 2009 г. (см. табл. 2). Однако этот фактор (переувлажнение) не является неблагоприятным для багульника *Ledum hypoleucum* Kom. – индикатора пирогенных смен, фитомасса которого после пожара увеличилась более чем в 60 раз.

Статистическая обработка данных растительного вещества, общей фитомассы и фитомассы доминантов (P) показывает значительное увеличение неоднородности растительного покрова кустарничково-травяного яруса после пожара на фоне общего незначительного снижения запасов надземной фитомассы – соответственно 169 и 151 г/м<sup>2</sup> ненарушенного и выгоревшего фитоценозов (см. табл. 1).

Согласно нашим предыдущим исследованиям, запасы надземной фитомассы кустарничков на болотах этого типа в Приамурье колеблются в пределах 1,5–3,0 т/га; на нарушенных больше, чем на ненарушенных. Их надземная продукция может варьировать от 0,9 до 3,1 т/га в зависимости от условий.

В литературе, как правило, данные запасов сфагновых мхов приводятся по длине фотосинтезирующей (окрашенной хлорофиллом), считающейся живой части стебля (Гончарова, 2005; Косых, 1999; и др.). Полученные нами данные мето-

Таблица 2. Атмосферные осадки (мм) и суммы температур (°C) по данным наземных метеорологических станций ([www.rp5.ru](http://www.rp5.ru)) за вегетационные периоды 2008–2009 гг., пос. Бичевая

Table 2. Monthly precipitation (mm) and sums of air temperatures (°C) according to weather stations data ([www.rp5.ru](http://www.rp5.ru)) during the 2008–2009 growing seasons for Bichevaya Village

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Итого за период
2008	Сумма температур							
	223,8	307,09	554,4	679,3	549,2	376,3	151,8	2841,9
	Осадки							
	23,8	83,2	15,8	106,5	103,8	59,5	53,5	446,1
2009	Сумма температур							
	127,2	424,7	126,7	587,6	379,5	368,3	162,5	2176,5
	Осадки							
	19,2	36,8	166,2	131,8	229,2	70,6	39,6	693,4
Среднегодовое кол-во осадков, мм	46	72	109	145	152	106	59	689

Таблица 3. Динамика фитомассы сфагновых мхов, г/м<sup>2</sup>  
Table 3. The dynamics of *Sphagnum* mosses phytomass, g/m<sup>2</sup>

Вид	20.06.2008 г.		02.10.2008 г.		18.06.2009 г.		14.09.2009 г.	
	I	II	I	II	I	II	I	II
<i>S. balticum</i>	156,4±5,82	330,7±9,37	204,0±9,60	413,4±16,59	158,0±5,40	212,9±9,58	394,6±46,10	640,0±84,20
<i>S. magellanicum</i>	410,0±93,23	844,5±105,05	408,8±41,10	605,9±75,37	232,8±11,44	346,2±20,05	302,2±23,79	452,7±47,86
<i>S. fuscum</i>	229,3±7,38	648,9±33,25	247,6±13,10	654,6±49,18	316,8±16,80	458,4±24,58	487,9±26,62	543,6±41,27

Таблица 4. Продукция мхов  
Table 4. Production of *Sphagnum* mosses

Вид	Продукция, г/м <sup>2</sup> год		Уничтоженная пахом продукция мхов, т/га *	
	22.09.2007–02.10.2008	02.10.2008–14.09.2009	22.09.2007–02.10.2008	02.10.2008–14.09.2009
<i>S. balticum</i>	196,19±7,24	530,74±17,73	41,45/21,15	112,01/21,15
<i>S. magellanicum</i>	78,91±11,87	54,43±14,45	38,13/48,88	26,61/48,88
<i>S. fuscum</i>	39,41±7,54	83,64±12,98	43,42/111,33	93,12/111,33
Итого	–	–	123,00/181,36	231,74/181,36

\* Дана оценка на 100% площади массива.

дом Т. В. Малышевой, значительно более трудоемким, но более точным, дают оценку фитомассы, в 2 раза превышающую таковую, полученную методом I. Для дальнейших расчетов мы использовали данные, полученные методом II (табл. 3). Данные оценки фитомассы разных видов являются произведением плотности дернин на величину живой части.

Динамику фитомассы сфагновых мхов формируют несколько факторов: условия увлажнения, биология вида и др. Из табл. 3 видно, что в течение сезона и по годам фитомасса меняется в результате изменений длины живой части и плотности дернины.

Продукция мхов в более сухом и теплом 2008 г. в 2 раза меньше, чем в более влажном 2009 г. (табл. 4). Наиболее продуктивный *S. balticum*, занимающий в основном днища понижений, – соответственно 2,0–5,3 т/га. Различия погодных условий 2008–2009 гг. практически не повлияло на продукцию *S. magellanicum*. Продукция *S. fuscum* в 2009 г. оказалась в 2 раза больше, чем 2008 г., – соответственно 4,0–8,4 т/га. Это объясняется тем, что в 2009 г. линейный приросту *S. fuscum* больше, чем у *S. magellanicum* (18,4–13,5 мм соответственно), а в 2008 г., наоборот, меньше в 2 раза (6,5–13,0 мм соответственно). Кроме того, по данным карельских ученых, продукция мхов зависит не только от метеоусловий года, но и от плотности моховой дернины: плотность дернины *S. fuscum* в 2009 г. увеличилась почти в 1,5 раза – 644 шт./100 см<sup>2</sup> в 2009 г. и 479 шт./100 см<sup>2</sup> в 2008 г. (Грабовик, Антипин, 1982). Плотность дернины *S. magellanicum* не изменилась – 127,0 шт./100 см<sup>2</sup> в 2008 г. и 127,5 шт./100 см<sup>2</sup> в 2009 г.

Самый большой процент проективного покрытия (51,54) и, соответственно, максимальный запас фитомассы у *S. fuscum*. *S. magellanicum* занимает 22,63% площади (табл. 5), т. е. ровно в 2 раза меньше, и запас его фитомассы соответственно около половины от запасов фитомассы *S. fuscum*, однако его продуктивность в сухом 2008 г. в 2 раза больше, чем *S. fuscum*, а в более влажном 2009 г. она составила всего 65% от продуктивности *S. fuscum*. Таким образом, *S. magellanicum* более толерантен по отношению к колебаниям условий увлажнения, которыми отличается регион Приамурья. Наименее распространен по площади фитоценоза *S. balticum* – 9,79%, имеющий самый маленький запас фитомассы, но отличающийся самой высокой продуктивностью.

На основании анализа продуктивности данных видов мхов в разных условиях эколого-ценотический статус *S. balticum* можно определить как эвтрофный гигрофит, хотя в литературе по результатам исследований в европейской части и Сибири он везде пишется олиготрофным, реже мезотрофным. Что касается двух других видов, этих данных пока недостаточно для оценки их эколого-ценотического статуса.

## ВЫВОДЫ

В результате пала площадь, занимаемая сфагновыми мхами на болотном массиве, сократилась с 80 до 15–20%. Самые простые расчеты с применением метода II показывают, что пал в экосистеме Бичевского болотного массива уничтожил около 80% мохового покрова, запас фитомассы которого составляет 1001 т. Продукция мхов на вы-

Таблица 5. Результаты оценки ущерба в моховом ярусе болотного массива, нанесенного пожаром

Table 5. Assessments of fire damage to the moss cover of the mire

Вид	ПП вида, %	Занимаемая им площадь, га	Средний показатель фитомассы, г/м <sup>2</sup> (2008–2009 гг.)	Запас фитомассы, уничтоженной палом, т*
<i>S. balticum</i>	9,79	21,15	399,2	84
<i>S. magellanicum</i>	22,63	48,88	562,3	275
<i>S. fuscum</i>	51,54	111,33	576,4	642
Итого	83,96	181,36	–	1001

\*Оценка дана при допущении, что уничтожение мохового покрова произошло на 80% площади болотного массива.

горевшей части площади массива должна была составить около 98 т в 2008 г. и около 185 т в 2009 г. Растения, слагающие кустарничково-травяной ярус, значительно более устойчивы к пирогенному фактору, поэтому с уничтожением его надземной части биосфере был нанесен ущерб, который составил около 367 т, однако менее катастрофичный, поскольку фитомасса яруса полностью восстанавливается за 1–2 вегетационных сезона, а восстановление мохового яруса в лучшем случае растянется на десятки лет, в худшем – не произойдет совсем.

#### ЛИТЕРАТУРА

Буренина Т. А. Послепожарная динамика в листовенных лесах Северо-Восточной Азии // Лесные экосистемы Северо-Восточной Азии и их динамика : материалы междунар. конф. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – С. 152–156.

Гончарова И. А. К вопросу о структуре дерновины и продуктивности сфагновых мхов на олиготрофных болотах // Сибир. эколог. журн. – 2005. – № 1. – С. 131–134.

Грабовик С. И., Антипин В. К. Линейный прирост и величина живой части некоторых видов сфагновых мхов и их связь с гидрометеорологическими показателями // Эколого-биологические особенности и продуктивность растений болот. – Петрозаводск : Изд-во Карел. фил. АН СССР, 1982. – С. 195–203.

Кнорре А. А., Кирдянов А. В., Ваганов Е. А. Изменчивость годичной продукции надземной фитомассы основных доминантов высокоширотных сообществ Центральной Сибири // Растительные ресурсы. – 2007. – Т. 43. – Вып. 1. – С. 3–15.

Поступила в редакцию 22.04.2010 г.

Копотева Т. А. Пирогенный фактор и динамика растительного покрова болот Приамурья : материалы междунар. конф. «Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования». – М. : ГЕОС, 1999. – С. 58–61.

Копотева Т. А. Палы на болотах Приамурья и их роль в формировании окружающей среды // Охрана лесов от пожаров в современных условиях : материалы междунар. конф. – Хабаровск, 2002. – С. 241–245.

Костырина Т. В. Динамика экстремумов пожароопасных периодов (на примере Хабаровского края) // Геогр. и природ. ресурсы. – 1983. – № 3. – С. 115–120.

Косых Н. П. К методике определения линейного прироста и продукции сфагновых мхов на мезо-олиготрофных болотах Западной Сибири : материалы междунар. конф. «Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования». – М. : ГЕОС, 1999. – С. 121–122.

Кузнецов О. Л. Классификация торфяных залежей Карелии и их ресурсы // Почвенные ресурсы Карелии, их рациональное использование и охрана. – Петрозаводск, 1992. – С. 29–58.

Малышева Т. В. К методике разграничения живых и отмерших частей у мхов при учете их фитомассы // Ботан. журн. – 1970. – Т. 55, № 5. – С. 704–709.

Плохинский Н. А. Биометрия. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 362 с.

Попов С. Ю. Пирогенные сукцессии сфагновых мхов в Средней России // Ботан. журн. – 2000. – Т. 85, № 2. – С. 89–96.

Софронов М. А., Волокитина А. В. Методика оценки баланса углерода по динамике биомассы в пирогенных сукцессиях // Лесоведение. – 1998. – № 3. – С. 36–42.

Сухомлинов Н. П. Пожары как фактор деградации дальневосточных лесов: социально-исторический взгляд на проблему // Лесные экосистемы Северо-Восточной Азии и их динамика : материалы междунар. конф. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – С. 134–138.

Цареградская С. Ю., Косицын В. Н. Оценка состояния растительного покрова после сильного торфяного пожара : материалы междунар. конф. «Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования». – М. : ГЕОС, 1999. – С. 156–158.

Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб. : Мир и семья, 1995. – 990 с.

Clymo R. S. The growth of *Sphagnum*: methods of measurement // J. Ecol. – 1970. – No. 58. – P. 13–49.

## FIRE IN WATERLOGGED OPEN LARCH FORESTS IN THE AMUR R. AREA

T. A. Kopoteva, V. A. Kuptsova

The post-fire phytomass and production data of sphagnum mosses and above-ground parts of shrubs and grasses are compared with those in the unburnt area of a mesotrophic shrub-sphagnum larch bog. The environmental damage caused by biomass burning is assessed for the Bichevaya bog area.

**Key words:** waterlogged area, dwarf shrub-sphagnum bog, fire, sphagnum moss productivity, plant restoration, phytomass stock.