

ЗАПАС ХВОИ ПОДРОСТА КАК ГОРЮЧЕГО МАТЕРИАЛА В ЛЕСАХ КРАСНОЯРСКОГО ПРИАНГАРЬЯ

М.А. Софронов, А. В. Волокитина

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН
660036 Красноярск, Академгородок, e-mail: volokit@ksc.krasn.ru

Приводятся данные о запасах хвой у экземпляров подроста сосны, ели, пихты, лиственницы и кедра в зависимости от их высоты. Это позволяет оценивать запас хвой подроста на гектаре по указанным в таксационном описании сведениям о составе, высоте и густоте подроста. Такая оценка необходима для уточненной пирологической характеристики насаждений при прогнозе поведения лесных пожаров. Оценивается реальное значение хвойного подроста как фактора при развитии низовых пожаров в верховые.

Ключевые слова: хвойный подрост, запас хвой, горючие материалы, низовые пожары, верховые пожары

Data on loads of needles for pine, spruce, fir, larch and *Pinus sibirica* saplings are given in relation to their height. This allows to estimate load of sapling needles per hectare by using forest inventory data on saplings composition, height and density. Such an estimate is necessary for more accurate pyrological description of tree stands during forest fire behavior prediction. The actual role of coniferous saplings is analyzed as a factor of surface fire development into a crown one.

Key words: coniferous saplings, load of needles, fuels, surface fires, crown fires

ВВЕДЕНИЕ

В России среди некоторых лесных пирологов распространено представление об исключительно важной роли, которую играет горение хвойного подроста при развитии низового пожара в верховой. Предлагается даже все участки хвойных насаждений с наличием хвойного подроста относить к первому классу природной пожарной опасности, в котором пожары недопустимы в связи с очень высокой вероятностью развития верховых пожаров. Во многих регионах Восточной Сибири суммарная площадь таких участков (вместе с участками хвойных молодняков и густых хвойных насаждений) может достигать 50 % и более (Михалев и др., 2006). Однако, известно, что по количеству верховые пожары составляют в России в среднем только 1,5 % (Лесная энциклопедия, 1986).

Какова действительная роль хвойного подроста в развитии лесных пожаров, зависящая от запасов его хвой и условий ее горения?

Аналитический обзор. Условия развития низовых пожаров в верховые наиболее изучены в канадской системе прогноза поведения пожаров (FBR). Этот блок создавался там на основе фактического материала, получаемого при экспериментальных верховых пожарах (Forestry Canada, 1992). Следует заметить, что в Канаде, как и в России, преобладают бореальные леса. В результате экспериментов канадскими учеными было установлено, что возможность развития низового пожара в верховой зависит от трех факторов: 1) интенсивности кромки низового пожара, 2) высоты до крон и 3) влагосодержания хвой в пологе. Интенсивность кромки низового пожара, при которой начинают загораться отдельные кроны, названа критической. Главным фактором достижения критической интенсивности низового пожара является его повышенная скорость. Поскольку определять интенсивность очень сложно, введено понятие критической скорости низового пожара (при которой на данном

типе участка интенсивность становится критической). Установлено, что если скорость низового пожара превышает критическую скорость на 2 м/мин, то загораются до 40 % крон, на 5 м/мин – 70 %, на 10 м/мин – 90 % крон. Следует отметить, что о роли горения хвойного подроста при развитии низовых пожаров в верховые в канадской системе вообще не упоминается. Для уточнения роли и значения хвойного подроста необходимо оценить, насколько может усиливаться низовой пожар за счет горения подроста. Это зависит, прежде всего, от его запаса хвой.

В 60-е годы прошлого столетия пирологи обратили внимание на увеличение количества верховых пожаров на северо-западе США. Это явление многие объясняли тем, что в результате активной и успешной лесопожарной охраны сосновых лесов в них произошло накопление больших запасов горючих материалов. Но в 1993 году на международной конференции в Красноярске пиролог Джейсон Гринли (Jason Greenlee), ученый и практик, работающий на северо-западе США, разъяснил причину. Оказывается, без пожаров там произошло изменение структуры насаждений, а именно, сформировался второй ярус из темнохвойных пород, что и послужило причиной участия в развитии низовых пожаров в верховые.

Какой запас сгорающей хвой может содержаться во втором темнохвойном ярусе?

Второй ярус принято выделять в тех случаях, когда совокупность более молодых деревьев имеет среднюю высоту не менее трети от высоты первого яруса (т. е. более 5–8 м) и сомкнутость полога (полноту) не менее 0,3. Имеется значительное количество работ с данными о запасах хвой в древостоях различных пород разного возраста. Часть этих данных (в том числе по ели и пихте) приводится в монографии В. А. Усольцева (1998). Сравнение и анализ данных показывают большие различия (более, чем в два раза) по запасам хвой в молодом возрасте (в древостоях высотой до 8 м) при полноте около 1,0. В среднем запасы хвой примерно следующие (табл. 1).

Таблица 1 – Запас хвой в еловых молодняках (по обобщенным литературным данным)

Относительная полнота древостоя	Высота древостоя, м				
	4	5	6	7	8
	Запас хвой, т/га (в абсолютно сухом состоянии)				
1,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
0,3	2,0	2,3	2,7	3,0	3,3

В таблице показаны также примерные запасы хвой при полноте 0,3. Следовательно, можно предполагать, что запас хвой у совокупности молодых деревьев, растущих под пологом, способствующий развитию верхних пожаров из низовых, должен превышать 2 – 3 т/га ($0,2 - 0,3 \text{ кг/м}^2$). Необходимо заметить, что анализируемые данные о запасах хвой относятся к нормальным насаждениям, которые произрастают на открытом месте, причем молодые деревья в них испытывают значительное взаимное угнетение, вызывающее дифференциацию по высоте и развитию. Это, безусловно, оказывает влияние на запасы хвой как в целом, так и очень значительное – у отдельных экземпляров. Очевидно, что запас хвой у экземпляров первого класса развития в насаждении будет выше, чем запас хвой у экземпляров точно такой же высоты, но четвертого класса развития в другом насаждении. Хвойный подрост под пологом леса произрастает в условиях затенения, а его густота, как правило, не столь велика, чтобы вызывать заметное взаимное угнетение и дифференциацию. Это обстоятельство должно влиять на запасы хвой. Литературные сведения о запасах хвой у подроста почти отсутствуют.

Имеются лишь данные И. П. Щербакова и В. М. Михалевой (1979) по Якутии. В описании одной из пробных площадей указано, что сосновый подрост при густоте 7 тыс.шт./га и высоте 2 м имел запас хвой и веток в абсолютно сухом состоянии 320 кг/га (т. е. в среднем 32 г/м^2).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В таксационных описаниях выделов обычно указываются состав подроста, его высота и количество на гектаре. Желательно на основании этих характеристик иметь возможность судить о запасах хвой и возможном влиянии на развитие низового пожара в верховой.

Анализ характеристик хвойного подроста в таксационных описаниях Чуноярского участкового лесничества по профилю с севера на юг показал, что в темнохвойных и лиственных насаждениях чаще всего встречается еловый, пихтовый и кедровый подрост, причем преобладают следующие высоты: у елового подроста 1,5 – 2,5 м, у кедрового – 2,0 – 3,0 м, у пихтового – 2,5 – 4,0 м (табл. 2):

Таблица 2 – Средняя высота темнохвойного подроста, отмеченная в таксационных описаниях Чунского лесничества

Древесная порода	Средняя высота подроста, м								Итого
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	
	Количество случаев, %								
Ель	4	8	22	22	18	14	9	3	100
Пихта	2	9	13	15	17	20	18	6	100
Кедр	1	6	13	26	22	16	13	3	100

В 2008 году мы провели в Приангарье на трех участках исследования по оценке запасов хвой у экземпляров подроста сосны (в сосняке бруснично-лишайниковом), лиственницы (в сосняке с березой разнотравном), ели, пихты и кедра (в ельнике хвощево-зеленомошном). Оценивались средние запасы хвой (а также тонких веток до 3 мм толщиной) у экземпляров подроста по категориям высот. Методика работ состояла в следующем. На участке срубали 20 – 40 экземпляров подроста данной породы, измеряли параметры каждого экземпляра (высоту ствола, высоту до кроны, диаметр кроны и пр.), распределяли все экземпляры по категориям высот и рассчитывали средние параметры для срубленного подроста каждой категории. В каждой категории у подроста отрезали охвоенные части веток, объединяли их, взвешивали, отбирали в пакет средний образец, который потом разделяли на хвою и побеги (ветки) без хвой, взвешивали их, рассчитывали процент хвой в охвоенных ветках в сыром весе, а после высушивания образцов – их влагосодержание. Используя полученные данные, были рассчитаны по древесным породам средние запасы хвой и тонких веток для экземпляров подроста каждой высотной категории с определенными средними параметрами (табл. 3). Графический анализ полученных данных показал, что динамика запаса хвой

у экземпляров подроста в связи с их высотой является близкой у всех темнохвойных пород; то же самое наблюдается и у светлых пород. Поэтому мы объединили данные по ели, пихте и кедру и данные по сосне и лиственнице и рассчитали зависимость запаса хвой на одном экземпляре подроста от его высоты отдельно для темнохвойных и отдельно для светлых пород (рис.).

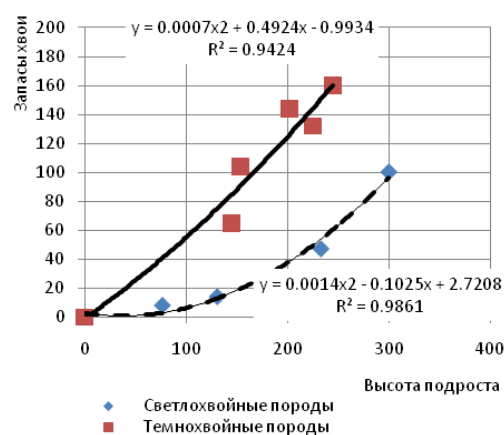


Рисунок - Запасы хвой в абсолютно-сухом весе (в граммах) у экземпляров подроста в зависимости от их высоты (в см)

Оказалось, что запас хвой у экземпляров подроста высотой 1–2 м темнохвойных пород в 4–6 раз больше, чем у такого же подроста светлохвойных пород, а при высоте подроста 3 м – больше в 2 раза. Судя по вышеупомянутым литературным данным

(Усольцев, 1998), запас хвой на отдельных деревцах в молодняках пихты примерно такой же, как определенный нами запас на экземплярах пихтового подроста той же высоты, а в молодняках ели и сосны этот запас почти в два раза выше.

Таблица 3 – Запас сгорающих растительных горючих материалов у экземпляров хвойного подроста по категориям высоты

Древесная, порода	Высотные категории, м	Средние параметры срубленных экземпляров по высотным категориям					Запас на одном экземпляре в абсолютном сухом весе, г			
		высота, см	высота до кроны, см	протяженность кроны, см	диаметр кроны, см	возраст, лет	хвоя	побеги без хвой	не охвоенные ветки до 3 мм	всего сгорающих РГМ
Сосна	0,5-1,0	77	23	54	32	12	8	5	1	14
Сосна	1,1-1,5	131	74	57	38	12	14	4	8	26
Сосна	2,1-2,5	233	115	118	47	18	47	18	15	80
Лиственница	2,1-3,0	241	32	209	86	15	85	80	15	180
Лиственница	3,1-4,0	352	41	311	105	15	109	85	11	205
Ель	1,1-2,0	145	82	63	100	42	65	24	22	111
Ель	2,1-3,0	225	105	120	134	43	132	54	39	235
Пихта	1,1-2,0	154	33	121	88	19	104	59	8	171
Пихта	2,1-3,0	245	101	144	151	31	160	100	73	333
Кедр	1,1-3,0	202	72	130	102	38	144	25	-	169

На основании установленной зависимости была составлена таблица для оценки запаса хвой подроста на одном гектаре (т/га) в связи с древесной поро-

дой, средней высотой и густотой (шт./га), которые указываются в таксационном описании выделов (табл. 4).

Таблица 4 – Запас хвой у подроста в зависимости от древесной породы, высоты и количества

Количество экземпляров подроста (шт./га)	Высота подроста, м							
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Запас хвой у подроста ели, пихты и кедра, кг/га (в абс. сухом сост.)								
100	2,8	5,6	8,8	11,6	16,4	20,7	31	42
500	14	28	44	58	82	104	155	210
1000	28	56	88	116	164	207	310	420
2000	56	112	176	232	328	414	620	840
3000	84	168	264	348	492	621	930	1260
4000	112	224	352	464	656	828	1240	1680
5000	140	280	440	580	820	1040	1550	2100
6000	168	336	528	696	984	1242	1860	3360
7000	196	392	616	812	1148	1449	2170	2940
Запас хвой у подроста сосны и лиственницы, кг/га								
100	0,5	1,1	1,9	4,0	6,4	9,6	18	30
500	2,5	5,5	9,5	20	32	48	90	150
1000	5	11	19	40	64	96	180	300
2000	10	22	38	80	128	192	360	600
3000	15	33	57	120	192	288	540	900
4000	20	44	76	160	256	384	720	1200
5000	25	55	95	200	320	480	900	1500
6000	30	66	114	240	384	576	1080	1800
7000	35	77	133	280	448	672	1260	2100

Примечание: Запас тонких веток и побегов (до 3 мм толщиной) в процентах от запаса хвой составляет: у сосны, ели и пихты – 30 – 40 %, у кедра – 20 %; у лиственницы – 60 %.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Таблица показывает, что запас хвой у подроста даже при высокой его густоте невелик. Например, при высоте подроста 2 м и густоте 5000 шт./га запас хвой у темнохвойного подроста составляет 580 кг/га (или около 60 г/м² в среднем), а у светлохвойного подроста – всего лишь 200 кг/га (около 20 г/м²). Запас основного проводника горения на почве (слоя мхов,

лишайников и опада), а также кустарничков и мелкого валежника в сумме бывает обычно около 1 кг/м². Следовательно, хвоя подроста может увеличивать этот запас (и интенсивность горения) на 3–6 % (с учетом мелких веток подроста – на 5–10 %), т. е. незначительно.

Запас хвой, превышающий 2 т/га (200 г/м²) у темнохвойного подроста может быть лишь при его высоте 4 м и густоте более 7 тыс. шт./га., у светлохвойного

подроста – при густоте более 12 тыс. шт./га. Подобная густота подроста встречается очень редко.

Кроме запаса хвой, важную роль играют условия ее воспламенения при пожаре. Обследования пожарных показывают, что хвоя в кронах подроста очень часто вообще не сгорает, а лишь желтеет или чернеет. Объяснить это можно тем, что в случаях, когда кроны подроста расположены выше уровня пламени кромки, они попадают в зону горячих газов над пламенем, где очень мало кислорода. Во время нагревания хвоя получает губительный ожог или даже обугливается, но не горит.

При сильных низовых пожарах с высотой пламени 1,5 м и более кроны хвойного подроста воспламеняются, но заметно усилить пожар не могут по причине малого запаса хвой. Значительное усиление низового пожара происходит в местах горения биогрупп и куртин крупного хвойного подроста; там горение может переходить в кроны соседствующих деревьев. Однако, горение крон отдельных деревьев нельзя расценивать как верховой пожар.

Обследования площадей после верховых пожаров убеждают, что развитие низовых пожаров в верховые, с распространением горения на полог древостоя происходит при значительном увеличении интенсивности низового огня, причем не в отдельных точках, а на достаточно широком участке фронта. Причиной такого усиления интенсивности низового огня является, чаще всего, вторжение ветра под полог древостоев на краях выруб и прогалин, возле дорог, просек и разрывов, на участках с изреженными древостоями или подъем пожара по крутому склону. В таких местах хвойный подрост активно горит, усиливая низовый огонь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что запас хвой как горючего материала у подроста различных пород сравнительно невелик, даже при значительной высоте и густоте подроста. Так у

темнохвойного подроста при его высоте 2 м и густоте 5000 шт./га он составляет около 0,6 т/га (60 г/м²). Запас хвой у светлохвойного подроста в 2 – 3 раза меньше.

Условия воспламенения хвой подроста при пожаре под пологом леса неблагоприятны, так как кроны подроста обычно оказываются в «бескислородной» зоне над пламенной кромкой пожара и поэтому не сгорают. Это подтверждают наблюдения на пожарах.

Следовательно, существующее в России представление об очень важной роли хвойного подроста при развитии низовых пожаров в верховые явно преувеличено.

Роль хвойного подроста при развитии пожара может быть значительной при такой его высоте и густоте, когда он представляет собой, по сути, второй ярус.

Роль хвойного подроста в усилении пожара может быть значительной также на участках, где создаются благоприятные условия для воспламенения крон подроста, т. е. там, где под полог леса свободно вторгается ветер, или на крутых горных склонах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Лесная энциклопедия. Т. 2. – М.: «Советская энциклопедия», 1986. 632 с.
- Михалев Ю. А., Ряполова Л. М., Борисов А. Н. и др. Принципы пирологической классификации земель лесного фонда с использованием лесных ГИС // Лесное хозяйство, 2006, № 2. с. 44 – 45.
- Усольцев В. А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 542 с.
- Щербаков И.П., Михалева В.М. Описание пробных площадей // Лесные пожары в Якутии и их влияние на природу леса.- Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1979. с. 11-20.
- Forestry Canada, Fire Danger Group. Development and structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System. - Science and Sustainable Development Directorate. - Inf. Rep. ST-X-3. – Ottawa, 1992. 63 p.

Поступила в редакцию 16 марта 2010 г.
Принята к печати 27 апреля 2011 г.