

УДК 630.431

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ВЛАЖНОСТИ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ С ПОЛНОТОЙ ЕЁ ВЫГОРАНИЯ В ЛИСТВЕННИЧНИКАХ МЕРЗЛОТНОЙ ЗОНЫ

А.М. Матвеев, Т.А. Матвеева

ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»  
660049 Красноярск, пр. Мира, 82

Рассматривается влияние влажности лесной подстилки на полноту ее выгорания при контролируемых выжиганиях в лиственничных ценозах лишайниковой и кустарничково-моховой группах типов леса. Выявленная зависимость позволяет через влажность фитодетрита определять силу пирогенного воздействия на лесной биогеоценоз, что открывает перспективы управления лесовозобновительными процессами в бореальных лесах мерзлотной зоны. Установлено возрастание толщины депонированной мортмассы в сырых местообитаниях, связанное с замедленным разложением отмершей органики в условиях неблагоприятного гидротермического режима эдафотопов.

The influence of forest litter moisture on the degree of litter consumed by control burning in larch cenosis of cladina and fruticulose-mossy forest types are considered. The obtained dependence allowed elaborating the intensity pyrogenic action on forest biogeocenosis, that is show perspectives of forest regeneration management in boreal forests of cryolithic zone. In muddy ecotops the thickness of deposit mortmass is increases, that explained the slow deterioration of phyto-detrin in conditions by foul hydrothermal regime of edaphotop.

### ВВЕДЕНИЕ

Леса высоких широт характеризуются большими накоплениями углерода, что обусловлено низкой скоростью разложения органического вещества в условиях короткого лета и своеобразия гидротермического режима почв. Уступая другим лесным экосистемам по площади, запасам фитомассы и биологической продуктивности, бореальные леса существенно превосходят их по своему воздействию на биосферу и параметрам углеродного цикла [4, 11], так как депонируют углерод не только в биомассе растений, но и в фитодетрите [20].

Отличительными особенностями лиственничных ценозов, произрастающих на многолетнемерзлых почвах, являются низкая продуктивность древостоев, незначительные запасы древесины на единицу площади, ослабленный восстановительный потенциал. Как отмечают многие исследователи [1, 8, 9, 15, 17], для активизации восстановительных процессов необходимо достаточно сильное экзогенное воздействие, устраняющее причины сдерживающего характера. Среди последних следует указать мощный слой мохово-лишайникового покрова и находящегося под ним фитодетрита, затрудняющий укоренение всходов в минеральном грунте. По нашим наблюдениям [7], толщина подстилки в лиственничниках среднетаежной подзоны варьируется от 3 см в сухих экотопах до 8 см и более – в сырых.

Вместе с тем состояние напочвенного покрова определяет не только успешность возобновительного процесса, но и уровень пожарной опасности в лесу, то есть возможность возникновения пожара и его интенсивность. Одним из главных факторов, от которых зависит полнота сгорания горючих материалов, выступающая в биогеоценозах криолитозоны как показатель силы пожара, а следовательно, и степени трансформации условий местообитания [5,

16] является влажность проводников горения [3, 6].

Из напочвенных горючих материалов наиболее важное лесоводственное и экологическое значение в криогенной зоне имеет подстилка. При ее выгорании трансформируются эдафические условия и в первую очередь гидротермический режим и химические свойства почвы, возрастает мощность деятельного слоя, изменяется режим питания растений. В зависимости от степени увлажнения коренного экотопа и гранулометрического состава почвы может происходить иссушение ее поверхностного слоя либо, наоборот, заболачивание, что негативно влияет на появление новой генерации древесных пород.

И еще одна особенность, характерная для эдафотопов мерзлотной зоны: на влажных почвах в связи с температурным градиентом ризосфера залегает неглубоко, так как интенсивный рост корней идет в верхних горизонтах. Проявляя положительный термотропизм, значительная часть корней с удалением от ствола поднимается к поверхности [12] и располагается в подстилке. Поэтому устойчивые низовые пожары, при которых горение заглубляется в нижние слои фитодетрита, повреждают корни деревьев, вызывая большой отпад древостоя и снижая плотность ценопопуляции. Таким образом, выгорание мертвой напочвенной фитомассы не только изменяет экологические факторы, но и воздействует на фитоценотические причины, обуславливающие конкурентные отношения в растительном сообществе, блокирующие или задерживающие реализацию потенциальных возможностей роста послепожарной генерации.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии со сказанным, целью работы явилось установление зависимости полноты сгорания подстилки от ее влажности. Это позволит обос-

новать время контролируемых выжиганий, постпирогенные последствия которых окажут благоприятное действие на качество возобновительной среды в различных местообитаниях. Исследования проведены в Учамском округе среднетаежных лиственничных и елово-кедровых лесов Эвенкийской провинции. Полигоны расположены в юго-восточной части Тунгусского плато, на левобережье р. Вэтэтэ, в 12-15 км от места впадения в р. Учами. Объектами исследований служили лиственничники из *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. лишайниковой и кустарничково-моховой групп типов леса, репрезентирующих лесной фонд региона работ.

Описание насаждений и учетные работы выполняли в соответствии с общепринятыми методиками [12, 14]. Запасы подстилки определяли согласно рекомендациям Н.П. Курбатского [6]. Учетные площадки размером 0,2 x 0,25 м распределяли на пробной площади с соблюдением принципа случайной выборки, то есть равномерно в пределах опытного участка. Число площадок на пробе равнялось 25, что обеспечивало 10% точность наблюдений.

Массу и влажность подстилки устанавливали термо-весовым способом, а ее толщину измеряли на

сторонах учетной площадки, вычисляя среднее значение. Полноту сгорания фитодетрита, выражаемую в процентах, рассчитывали по разнице толщины слоя до и после эксперимента.

Выжигания напочвенной фитомассы фронтальным огнем осуществляли на участках размером 25 x 25 м. Использование фронтальной кромки объясняется стабильностью и высокой скоростью ее распространения, а также более полным выжиганием горючих материалов по сравнению с другими тактическими элементами кромки пожара [9]. Кроме того, как отмечают зарубежные исследователи [18, 19, 21], зажигание по линии с наветренной стороны участка формирует динамику, схожую с динамикой стихийного лесного пожара.

Чтобы охватить весь спектр огневого воздействия на органическую составляющую эдафотопы, эксперименты проводили при широкой амплитуде погодных условий. При этом влажность фитодетрита варьировалась в большом диапазоне и способствовала разной степени выгорания мертвой органики. Число опытных участков составило 53 и 57 в сухих и сырых экотопах, соответственно. Результаты обследования шести типичных участков (по три от каждой группы типов леса) представлены в таблице 1.

**Таблица 1- Характеристика опытных участков**

№ участка	Тип лиственничного леса	Состав	Высота, м	Диаметр, см	Возраст, лет	Полнота	Класс бонитета	Запас, м <sup>3</sup> /га
1	Бруснично-лишайниковый	10Лед.С	16,3	21,8	180	0,43	V	105
2	Лишайниковый	10Л	15,7	21,2	200	0,47	V	110
3	Бруснично-лишайниковый	8Л2С	12,7 11,5	13,2 13,0	120 110	0,61	V	120
4	Голубично-бруснично-моховой	9Л1Б	14,9 13,2	17,6 12,8	180 100	0,46	V	100
5	Голубично-аулакомниевый	10Лед.Е	12,8	14,4	100	0,53	V	95
6	Голубично-багульниково-моховой	8Л2Б	11,4 10,2	10,2 8,7	90 90	0,47	Va	80

Сухие местообитания представлены чистыми древостоями из главной породы, иногда с участием сосны. Производительность – V класс бонитета, продуктивность невысокая. Подлесок редкий, либо отсутствует, в напочвенном покрове преобладают кустистые лишайники рода *Cladonia* и *Cetraria*, а также кустарнички семейства *Ericaceae*. На почвах с избыточным увлажнением в составе древостоя в небольшом количестве присутствуют *Picea obovata* Ledeb. и *Betula platyphylla* Sukacz. В живом напочвенном покрове роль субэдикаторов принадлежит зеленым мхам рода *Aulacomnium* и кустарничкам *Ledum palustre* L., *Vaccinium uliginosum* L., *V.vitis – idaea* L. Производительность древостоев низкая – V – Va классы бонитета, запасы древесины в спелом возрасте – около 100 м<sup>3</sup>/га. Естественное возобновление главной породы на экспериментальных участках слабое, зачастую неудовлетворительное. Подрост лиственницы приурочен, в основном, к окнам древесного полога и к местам, где по каким-либо причинам отсутствуют или слабо развиты мохово-лишайниковый покров и подстилка.

Под пологом древостоя подрост сильно угнетен.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов огневых опытов показал, что выгорание самого верхнего генетического горизонта почвы в значительной мере определяется степенью его увлажнения. Такая зависимость отличается стабильностью и имеет тенденцию увеличения полноты сгорания мортмассы при высыхании ее слоя (рис. 1).

Устанавливаемая зависимость для обеих групп типов леса аппроксимируется параболой третьего порядка вида

$$y = v_0 + v_1x + v_2x^2 + v_3x^3 \quad (1)$$

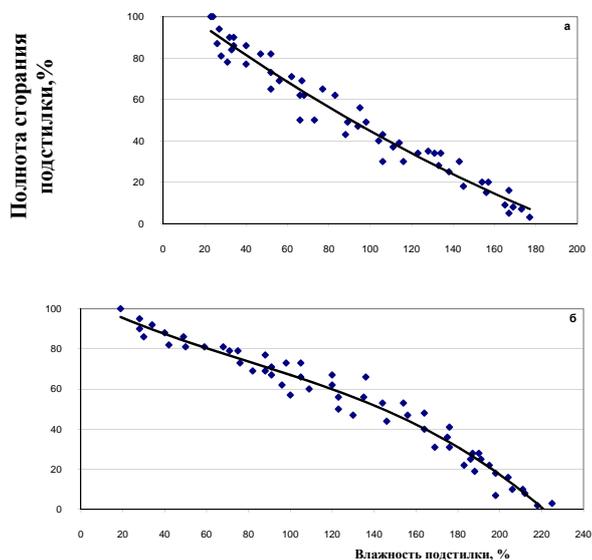
где  $y$  – полнота сгорания подстилки, %;

$x$  – влажность подстилки, %.

Параметры уравнений и статистические показатели ( $R^2$  – коэффициент детерминации,  $\mu$  – относительная статистическая ошибка) приведены в таб-

лице 2.

Данные таблицы указывают, что уравнения с высокой степенью точности описывают связь между исследуемыми величинами в конкретных экотопах, что иллюстрируют коэффициенты детерминации.



**Рисунок 1 – Зависимость полноты сгорания подстилки от ее влажности (а-сухие экотопы, б-сырые экотопы)**

Как видно из рисунков, в разных экотопах выгорание подстилки происходит неодинаково. Так, мощный ее слой в кустарничково-моховой группе типов леса начинает гореть при влажности 220%, а в лиственничниках лишайниковой группы – при 180%. Чтобы толщина оставшейся после эмпирического пожара подстилки составила 1-1,5 см, когда на участках формируется благоприятная

возобновительная среда [7], в сухих условиях произрастания мертвая органика должна содержать влагу в пределах 60-90%, а в сырых данный показатель уменьшается до 40-60%.

Можно говорить, что существует достаточно детерминированная связь между условиями местообитания, определяющими быстроту разложения фитодетрита и, как следствие, накопление его массы, и полнотой выгорания растительных остатков. В лишайниковой группе типов леса темпы накопления органического вещества минимальные; толщина подстилки здесь составляет в среднем чуть более 3 см и общее влагосодержание слоя изменяется быстрее, чем в кустарничково-моховых типах.

В сырых экотопах, где баланс между интенсивностью важнейших физиологических процессов, ответственных за продуцирование биомассы растений, и скоростью разложения фитодетрита более чем в других местообитаниях, сдвинут в сторону депонирования органики, толщина подстилки была равна 8 см. В этих условиях особенно четко прослеживается неравномерность ее увлажнения: просыхание начинается сверху, и через определенное время верхний слой достигает критического влагосодержания. Далее, по мере увеличения глубины слоя подстилки, наблюдается нарастание влажности.

Данный факт, отмеченный в работах многих исследователей [6, 10, 13], объясняет разную величину критического влагосодержания у одного типа горючих материалов - в естественной среде толщина слоя отдельных компонентов напочвенного покрова и подстилки варьируется в широком диапазоне. Если максимальное содержание воды в конкретном виде, позволяющее огню распространяться по слою горючего, достаточно точно определяется с помощью лабораторных экспериментов, то в полевых условиях, как правило, данный показатель устанавливают для всего слоя, в том числе для его нижней несгоревшей части.

**Таблица 2 – Характеристики уравнений зависимости полноты сгорания подстилки от ее влажности**

Группа типов леса и номер уравнения	Параметры уравнений				Статистические показатели	
	$V_0$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$R^2$	$\mu$
Лишайниковая 1.1	117,8114	-1,1059	0,0052	-1,4452 1-005	0,962	11,09
Кустарничково-моховая 1.2	104,7677	-0,5084	0,0023	-9,5461 1-006	0,966	9,77

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют дать оценку влажности подстилки в разных лесорастительных условиях криолитозоны, фактора, от которого зависит возможность воспламенения отмершей органики и степень ее выгорания. Последнее обстоятельство определяет уровень трансформации пирогенного экотопа – характер изменения эдафических условий и фитоценотической среды, которые формируют направленность восстановительных сукцессий. Выявленная зависимость полноты сгорания подстилки от ее влажности позволяет устанавли-

вать оптимальную степень выжигания органогенного субстрата, создающую благоприятные предпосылки для появления нового поколения лиственницы и формирования в перспективе устойчивой лесной экосистемы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абаимов, А.П. Леса мерзлотной зоны Сибири: региональные особенности, природная и антропогенная динамика / А.П. Абаимов // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: материалы Всероссийской конференции. – Красноярск,

2004. – С. 244-246.
2. Анучин, Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 512 с.
  3. Жуковская, В.И. Увлажнение и высыхание гигроскопических лесных горючих материалов / В.И. Жуковская // Вопросы лесной пирологии: сб. ст. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970. – С. 105-141.
  4. Заварзин, Г.А. Вступление / Г.А. Заварзин // Круговорот углерода на территории России. – М., 1999. – С. 11-16.
  5. Исаев, А.С. Низовые пожары в лиственничных лесах Восточной Сибири и значение стволовых вредителей в послепожарном состоянии древостоя / А.С. Исаев, А.И. Уткин // Защита лесов Сибири от насекомых вредителей. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 118-183.
  6. Курбатский, Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов / Н.П. Курбатский // Вопросы лесной пирологии: сб. ст. – Красноярск, 1970. – С. 5-58.
  7. Матвеев, А.М. Пожары среднетаежной подзоны Восточной Сибири / А.М. Матвеев. – Дивногорск: Изд-во ИПКЛХ СидВ, 2002. – 171 с.
  8. Матвеев, А.М. Послепожарное лесовозобновление в сырых экотопах криолитозоны / А.М. Матвеев // Лесные и степные пожары: возникновение, распространение, тушение и экологические последствия: материалы 6-й международной конференции, 5-11 сентября 2005 г. – Томск, 2005. – С. 75.
  9. Матвеев, П.М. Последствия пожаров в лиственничных биогеоценозах на многолетней мерзлоте: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 06.03.03 / П.М. Матвеев. – Йошкар-Ола, 1992. – 49 с.
  10. Нестеров, В.Г. Пожарная охрана леса / В.Г. Нестеров. – М.: Гослестехиздат, 1945. – 146 с.
  11. Писаренко, А.И. Экологические аспекты управления лесами России / А.И. Писаренко // Лесное хозяйство. – 2000. - № 3. – С. 8-12.
  12. Прокушкин, С.Г. Роль корней в адаптации лиственницы Гмелина к гипотермии / С.Г. Прокушкин // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: материалы Всероссийской конференции. – Красноярск, 2004. – С. 192-194.
  13. Софронов, М.А. Пирологическое районирование в таежной зоне / М.А. Софронов, А.В. Волокитина. – Новосибирск: Наука, 1990. – 204 с.
  14. Сукачев, В.Н. Методические указания к изучению типов леса / В.Н. Сукачев, С.В. Зонн. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 144 с.
  15. Уткин, А.И. О вкладе лесов России в глобальный углеродный цикл / А.И. Уткин, Д.Г. Замолодчиков, О.В. Милова // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: материалы Всероссийской конференции. – Красноярск, 2004. – С. 212-215.
  16. Фуряев, В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования / В.В. Фуряев. – Новосибирск: Наука, 1996. – 253 с.
  17. Цветков, П.А. Пирогенные свойства лиственницы Гмелина в северной тайге Средней Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 06.03.03 / П.А. Цветков. – Красноярск, 2005. – 40 с.
  18. Carbon assimilation and growth of pine forest in Central Siberia / Schulze E.D. [et al.] // Abstract of Workshop on Spatial – Temporal dimentions of high-latitude Ecosystem Change (The Siberian IGBP Transect). – Krasnoyarsk, Russia, 1997. – P. 29-30.
  19. Johansen, R.W. Ignition Patterns and Prescribed Fire Behavior in Southern Pine Stands / R.W. Johansen. – Georgia Forestry Commission, Macon, Georgia. Georgia Forest Research Paper 72, 1987.
  20. McRae, D.J. Site preparation — prescribed fire in Regenerating the Canadian Forest : Principles and Practices for Ontario. R.G. Wagner and S.J. Columbo (editors) / McRae D.J., Weber M.G., Ward P.C. // Fitzhenry and Whiteside. - Markham, Ontario. - 2001. – P. 201-219.
  21. Weber, R. O. Analytical models for fire spread due to radiation Combustion and Flame / R.O. Weber. – 78, 398-408, 1989.

Поступила в редакцию 20 февраля 2007 г.  
Принята к печати 26 ноября 2007 г.