

ПИРОФИТНЫЕ СВОЙСТВА ЛИСТВЕННИЦЫ ГМЕЛИНА

П. А. ЦВЕТКОВ (Институт леса СО РАН)

Пирофитные свойства древесной породы - ее ответная реакция на тепловое воздействие. Степень реакции обуславливает неодинаковую устойчивость вида к пиро-генному фактору. Необходимо определять степень проявления данного качества у отдельной особи, насаждения и лесной формации в целом. Это важно в связи с тем, что пирофитные свойства одной и той же породы при рассмотрении на разных уровнях могут существенно различаться.

Как и рядом авторов [8], пирофитные свойства нами характеризуются с помощью понятий «огнестойкость», «пожароустойчивость» и «пирофитность». При этом «огнестойкость» используется применительно к отдельному дереву, «пожароустойчивость» - к насаждению, а «пирофитность» - к лесной формации. Исходя из этого рассмотрим пирофитные свойства лиственницы Гмелина в подзоне северной тайги Средней Сибири.

Исследования проведены на территории Эвенкийской, Путоранской и Котуйской лесорастительных провинций в лишайниковой и зеленомошной группах типов леса. Объектами служили чистые разновозрастные лиственничники, пройденные пожарами в разные годы (высота их - 6-12 м, диаметр - 5-12 см, полнота - 0,3-0,4, запас - 15-50 М³/га, класс бонитета - V-VБ).

На деревьях замеряли высоту нагара, по цвету камбия устанавливали его жизнеспособность. Определяли запасы горючих материалов, количество естественного возобновления. Жизненное состояние ценпопуляций подраста считывали по существующей методике [1], подразделяя его на здоровый, ослабленный, усыхающий и сухой, толщину коры - по кругам модельных

деревьев, взятым у шейки корня, на высоте 1,3 м и далее - на четвертях высоты дерева (Н): $\frac{1}{4}H$, $\frac{1}{2}H$ и $\frac{3}{4}H$. Полученные данные обрабатывали с использованием электронной таблицы «Excel».

Под **огнестойкостью** принято понимать степень потенциальной устойчивости дерева либо его частей к воздействию лесного пожара [8]. В это понятие включается как сопротивляемость дерева непосредственному тепловому влиянию, так и его жизнеспособность в послепожарный период.

Обобщенное представление об огнестойкости отражено на рис. 1. Непосредственное воздействие обусловлено факторами

среды, предопределяющими вид и силу пожара, а также морфофизиологическими параметрами кроны, ствола и корней. Послепожарная жизнеспособность дерева связана со степенью повреждения различных его частей, физиологическими свойствами породы, внешними воздействиями.

Степень непосредственного повреждения кроны лиственницы зависит от ее морфофизиологических параметров (табл. 1). При низком расположении крона подвергается большему воздействию при пожаре, увеличивается вероятность ее гибели. Так, в кронах примерно 50 % деревьев после низовых пожаров хвоя была пожелтевшей.



Рис. 1. Обобщенная схема огнестойкости дерева

Таблица 1

Статистические показатели параметров кроны

Показатели	Ср. значение, м	Ошибка средней	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %	Мин. значение, м	Макс. значение, м	Точность наблюдения, %	Достоверность данных
Расстояние до кроны	5,23	0,32	1,235	24	2,1	6,9	6	16
Протяженность кроны	5,49	0,42	1,635	30	1,9	7,5	8	13

Таблица 2

Статистические показатели толщины коры

Статистические показатели	Толщина коры на высоте				
	шейки корня	1,3 м	¼Н	½Н	¾Н
Среднее значение, см	2,2	0,8	0,6	0,5	0,4
Ошибка средней	0,14	0,06	0,04	0,05	0,02
Стандартное отклонение	0,527	0,245	0,175	0,179	0,093
Коэффициент вариации, %	24	30	31	35	23
Минимальное значение, см	1,4	0,5	0,3	0,3	0,3
Максимальное значение, см	3,1	1,2	0,9	0,8	0,6
Точность, %	6	8	8	9	6
Достоверность	16	13	13	11	17

Таблица 3

Запасы НЛГМ в лиственничниках кустарничково-мохово-лишайниковых

Показатели	Запасы НЛГМ в лесорастительных провинциях		
	Эвенкийская	Путранская	Котуйская
Травы и кустарнички	0,1/1,9	0,1/1,2	0,1/0,8
Опад	0,2/3,7	0,1/1,2	0,6/5,0
Кустистые лишайники	0,4/7,4	0,5/6,1	0,3/2,1
Зеленые мхи	0,8/14,8	0,6/7,3	0,6/5,0
Лесная подстилка	3,3/61,1	5,1/62,1	9,0/74,4
Валеж	0,6/11,1	1,8/22,0	1,5/12,3
Опало-подстилочный коэффициент	16,5	51,0	15,0

Примечание. В числителе - абсолютно сухая масса, кг/м²; в знаменателе - %

Таблица 4

Характеристика естественного возобновления в лиственничниках кустарничково-мохово-лишайниковых

Давность пожара, лет	Численность, тыс. экз/га	Встречаемость, %	Распределение по категориям состояния, тыс экз/га			
			здоровый	ослабленный	усыхающий	сухой
Эвенкийская провинция (бассейн р. Кочечум)						
4/180	61,6/1,0	100/21	55,2/0,3	4,8/0,3	0/0,4	1,6/0
4/200	38,9/1,2	87/24	35,5/0,4	3,4/0,3	0/0,4	0/0,1
4/190	17,0/1,0	100/20	12,5/0,3	4,2/0,3	0,3/0,3	0/0,1
4/200	58,8/ед.	100/ед.	28,8/ед.	24,8/ед.	5,6/ед.	0,8/ед.
Путранская провинция (бассейны рр. Эмбенчимэ и Кочечум)						
20/200	28,7/1,1	100/24	11,5/0,6	10,2/0,2	7,0/0,2	0/0,1
15/150	10,0/1,1	60/36	7,0/0,5	2,0/0,3	1,0/0,1	0/0,2
20/200	24,5/2,2	52/48	16,2/0,3	6,2/1,1	2,1/0,5	0/0,3
45/170	31,3/0,6	56/33	16,6/0,2	11,1/0,3	3,6/0,1	0/0,1
Котуйская провинция (бассейн р. Мойеро)						
50/220	3,4/0,8	56/20	2,6/0,2	0,6/0,3	0,2/0,1	0/0,2
40/170	8,3/1,8	52/32	4,2/0,5	2,8/0,9	0,7/0,2	0,6/0,2
25/>300	24,8/5,7	100/64	21,2/0,8	2,4/2,2	1,2/2,1	0/0,6

Примечание. В числителе - гари и пожарища, в знаменателе - контроль.

Хвоя лиственницы в пологе редко сгорает. Это объясняется ее высокой влажностью (150-300 %) и незначительным содержанием эфирных масел (0,13-0,27 %). Однако низко расположенные ветви и свисающие с них эпифитные лишайники способствуют тому, что огонь поднимается в крону и повреждает ее. При этом происходит подавление фотосинтеза, для которого температуры в 48-50 °С являются сублетальными, а 50-60° - летальными [2].

Лиственничная хвоя обычно формирует плотный, трудновоспламеняющийся опад. На севере подобного опада, как правило, не образуется, так как хвоя зависает в мохово-лишайниковом покрове, высыхает и сгорает вместе с другими горючими материалами. Это характерно для северных лесов и в меньшей степени - для южно-таежных. Таким образом, ажурная крона лиственницы Гмелина благодаря своим морфофизиологическим параметрам отличается низкой огнестойкостью, что относится к региональным особенностям северных лесов.

Огнестойкость ствола зависит прежде всего от толщины коры, которая является

основным термозащитным средством. В свою очередь, толщина коры определяется породой, возрастом и диаметром. Имеют значение ее смолитость, трещиноватость и слоистость, наличие на ней мхов и лишайников, а также высота дерева, очищаемость от сучьев и имеющиеся на стволе травмы. Средние значения толщины коры у 180-200-летних деревьев и сопутствующие основные статистические показатели приведены в табл. 2. Наибольший интерес при этом представляет кора на расстоянии от шейки корня до высоты 1,3 м, так как именно эта часть подвергается воздействию низового пожара. В отличие от других регионов, где толщина коры у лиственницы достигает 10-12, а в комлевой части - даже 15-20 см, в северных лесах она намного меньше. Максимальная ее величина у шейки корня составила всего 3,1, на высоте 1,3 м - 1,2 см при средних значениях соответственно 2,2±0,14 и 0,8±0,06 см. Такая кора не способна защитить камбий от ожога. По нашим наблюдениям, после пожаров средней силы у 50-75 % деревьев стволы были повреждены. Степень повреждения камбия изменялась от

25 до 100 % длины периметра. Кроме того, особенностью лиственницы в условиях севера являются отслаивание коры, покрытие ее эпифитными мхами и лишайниками, что способствует продвижению пламени по стволу вверх.

В связи с тем, что средний диаметр деревьев - всего 5-12 см, пожары средней и даже слабой силы нередко приводят к их гибели. При этом из-за повышенной теплоемкости черной от нагара коры температура луба на солнечной стороне бывает на 5-8 °С выше, чем у здоровых деревьев, что затрудняет восстановительные процессы [2].

Таким образом, стволы лиственницы Гмелина в условиях севера характеризуются низкой огнестойкостью. Это - региональная особенность, она не присуща виду в средней и южной тайге.

Повреждаемость пожаром корней зависит от их размеров, глубины залегания, толщины коры, смолитости, наличия травм. Многолетняя мерзлота, как известно, способствует формированию поверхностной корневой системы. В результате у 5-20 % (иногда до 40 %) деревьев отмечено обнажение корневых лап, что способствует термическому воздействию на них. Толщина коры на лапах - обычно 0,3-0,5 см. Выявлено, что около 80-90 % корневых лап оказались поврежденными пожаром при поражении 25-100 % периметра лапы.

Итак, устойчивость древесной породы к непосредственному термическому воздействию связана, в первую очередь, с ее морфологическими признаками. Учитывая строение кроны, ствола, корней при близком залегании многолетней мерзлоты и их повреждение в результате прямого воздействия пожара, можно утверждать, что лиственница Гмелина в северной тайге характеризуется чрезвычайно низкой огнестойкостью. В других же регионах она считается самой огнестойкой породой. Следовательно, огнестойкость вида определяется как его биологическими свойствами, так и географическим положением места произрастания.

Жизнеспособность дерева после пожара обусловлена степенью повреждения кроны, ствола и корней, нарушением метаболизма, способностью к регенерации, интенсивностью смолы выделения, образования каллуса, устойчивостью к вредителям и болезням (см. рис. 1). Заселение древостоев энтомофагами зависит от силы пожара и времени пожароопасного сезона. Установлено, что основными вредителями лиственничных лесов севера являются большой лиственничный короед, малый хвойный усач, лиственничная златка [3].

Фрагментарные наблюдения за послепожарным распространением комлевых и стволовых гнилей показали, что число зараженных деревьев варьирует в значительных пределах. Ориентировочно количество с наличием внутренних гнилей составляет 20-50 %. При этом преобладает комлевой тип заражения.

Обобщая, можно сказать, что адаптивные свойства древесной породы, определяющие ее огнестойкость, направлены как на предотвращение повреждений при непосредственном термическом воздействии во время лесного пожара, так и на преодоление их в послепожарный период. В большей степени они обусловлены географическим положением места произрастания.

Устойчивость древесной породы к пожарному фактору на уровне насаждения характеризуется понятием «**пожароустойчивость**». Как и другие авторы [5], под пожароустойчивостью насаждения мы понимаем степень потенциальной повреждаемости огнем различных его компонентов. В обобщенном виде представление о ней можно получить на основе рис. 2.

Пожароустойчивость зависит от видовой, возрастной и пространственной структуры древостоя, от жизненного его состояния. Видовая структура важна в связи с различной огнестойкостью пород. Возрастная и пространственная в сочетании с видовой обуславливают запасы, состав, состояние и расположение горючих материалов в



Рис. 2. Обобщенная схема пожароустойчивости насаждения



Рис. 3. Обобщенная схема пиропитности

лесном биогеоценозе, что предопределяет условия возникновения, распространения и развития пожара.

В соответствии с этим рассмотрим пожароустойчивость северных лиственничников, которые представлены монодоминантными разновозрастными древостоями. Одновидовая структура понижает их пожароустойчивость. В строении по диаметру преобладает тонкомерная часть, которая при пожарах гибнет в первую очередь, в результате значительная часть древостоя отмирает.

Важную роль в пожароустойчивости насаждений играет мозаичность напочвенных лесных горючих материалов (НЛГМ). Определяющими при этом являются их запасы и состав. Усредненные данные о запасах и составе НЛГМ в разрезе лесорастительных провинций приведены в табл. 3.

Из данных таблицы следует, что северо-таежные лиственничники характеризуются повышенными общими запасами НЛГМ, широкой представленностью в них пожароопасных лишайников, мхов и других проводников горения. Количество их возрастает с юга на север. Большие запасы НЛГМ обусловлены низкой скоростью разложения органического вещества за короткое северное лето и при близком залегании многолетней мерзлоты. Этим объясняется многократное преобладание массы подстилки над массой опада, о чем свидетельствуют опадо-подстилочные коэффициенты. Значительные запасы органики обуславливают более длительное горение и медленное продвижение кромок пожара. В результате продолжительность непосредственного термического воздействия на дерево увеличивается. Установлено [7], что скорость распространения фронтальной кромок пожара в различных типах леса варьирует от 0,14 до 1,42 м/мин. При этом ширина кромок изменяется в пределах 0,13-1,84 м, а глубина прогорания - от 2,5 до 20 см. В сочетании с низкой

огнестойкостью лиственницы все это предопределяет массовый отпад в древостоях после низовых пожаров, который в нашем случае изменялся от 73 до 100 % (в среднем составлял 89 %) и продолжался в течение 3-5 лет. Приведенные данные согласуются с наблюдениями [3], установившими, что величина послепожарного отпада возрастает по мере перехода от южного мерзлотного пояса к северному.

Таким образом, насаждения из лиственницы Гмелина в северной тайге характеризуются низкой пожароустойчивостью. Это также региональная особенность, так как в подзонах средней и южной тайги лиственничные насаждения отличаются очень высокой устойчивостью к пожарам. Правильно считать, что пожароустойчивость насаждений, как и огнестойкость, - явление географическое, потому что наряду с другими факторами в значительной степени определяется географическим положением.

Для оценки устойчивости древесных пород к пожарам на уровне лесных формаций предложено понятие «пиропитность» [4], которое подразумевает высокую степень огнестойкости и адаптации вида к условиям гари.

Степень пиропитности зависит от послепожарного состояния экотопа и адаптивных признаков самой породы. Адаптация направлена на восстановление погибшего насаждения на площади гари, благодаря чему вид сохраняет свой ареал. Обобщенная схема пиропитности приведена на рис. 3.

Пирогенное влияние на экотоп заключается в нарушении целостности мохово-лишайникового покрова, минерализации поверхности почвы, что обуславливает доступ семян к субстрату. При этом известно, что число всходов на гари находится в гиперболической связи с толщиной слоя подстилки (4). Кроме того, пожар трансформирует гидротермический режим, сни-

жая на определенное время уровень залегания многолетней мерзлоты и увеличивая активный почвенный слой. По нашим данным, глубина залегания мерзлоты на гари в 1,5-3,5 раза больше, чем на контроле. Это различие сохраняется в течение 3-5 лет.

Изменяя коренным образом эдафические условия, лесные пожары трансформируют почвенно-микробиологические и биохимические процессы. Установлено, что на гари 4- и 16-летней давности возрастают численность и качественное разнообразие почвенных микроорганизмов, усиливается биохимическая функция микробных комплексов. Это выражается в активности гидротермических и окислительных процессов, способствует улучшению почвенно-трофических условий. Повышенная активность микрофлоры обеспечивает необходимый уровень минерализации органики и почвенного питания, улучшает лесовосстановительный процесс на гари [6].

Пожар ослабляет корневую конкуренцию, положительно влияя на рост и развитие всходов. На гари обычно уменьшается численность мышевидных грызунов, что способствует сохранности всходов. В результате формируются благоприятные условия для нового поколения леса, но это наблюдается лишь после слабых и средних по силе низовых пожаров и только на протяжении первых 7-10 лет.

Основные адаптивные признаки лиственницы Гмелина к послепожарному экотопу - экологическая пластичность, светолюбие и морозоустойчивость. Такие биологические свойства создают предпосылки для заселения площади гари и удержания занятых позиций.

Важным пиропитным свойством вида считается особенность плодonoшения. Семена у лиственницы Гмелина высыпаются из шишек на протяжении 3-4 лет. В результате определенный жизнеспособный запас их в шишках всегда есть. Данное свойство в сочетании с относительно хорошей всхожестью (36-60 %) и летательной способностью семян (до 60-80 м), а также с состоянием эдафотопов обуславливает вполне удовлетворительное естественное возобновление на гари. При этом совпадение пожара с семенным годом не имеет решающего значения.

Как известно, индикатором экологических и фитоценологических условий экотопа являются численность и жизненное состояние ценопопуляции подростов. В табл. 4 дана характеристика естественного возобновления в преобладающих типах леса. На гари численность его больше, чем под пологом древостоев. Так, в Эвенкинской лесорастительной провинции она колеблется в пределах 17-61,6 тыс. экз/га, Пutorанской - 10-31,3, Котуйской - 3,4-24,8 тыс. экз/га, на контроле же варьирует от единичной встречаемости до 2,2 тыс. экз/га. Размещение подростов на гари более равномерное, о чем можно судить по индексам встречаемости. При этом установлено, что оптимальные гидротермические и трофические условия для лесовосстановления формируются мозаично и приурочены преимущественно к микропопуляциям. На площадях, пройденных пожарами, создается обстановка, благоприятная для возобновления лиственницы, и она активно их заселяет. Адаптации вида к условиям послепожарного эдафотопов способствует и положительный термотропизм корневых систем.

Послепожарным генерациями лиственницы по сравнению с насаждениями в контрольном варианте свойственно более высокое жизненное состояние. Значения его индексов, рассчитанные по существующей методике [1], изменяются от 80 до 97 %, что характеризует ценопопуляции как здоровые, на контроле - от 52-67 %, т. е. они относятся к категории ослабленных. Поэтому можно утверждать, что условия послепожарного экотопа соответствуют эколого-биологическим свойствам лиственницы Гмелина, а ее адаптивные признаки направлены на восстановление древостоя после пожара. Несмотря на низкие огнестойкость и пожароустойчивость, лиственница обладает высокой степенью пиро-

фитности. Как вид на уровне лесной формации она устойчива к пирогенному фактору и сохраняет свой ареал. Позитивная роль огня при этом проявляется через изменение экотопа, а не в результате непосредственного термического воздействия на деревья и древостой.

Итак, данные исследований пиропитных свойств свидетельствуют о существенных региональных особенностях их проявления, обусловленных резко континентальным климатом и близким залеганием многолетней мерзлоты. Лиственница Гмелина на севере отличается низкими огнестойкостью и пожароустойчивостью, но в то же время высокой пиропитностью. В связи с этим мы разделяем точку зрения других авторов [8], считающих, что в понятие «пиропитность» нецелесообразно вводить показатель огнестойкости, как это иногда делается [4], поскольку порода может быть неогнестойкой, но высокопиропитной.

Огнестойкость, пожароустойчивость и пиропитность характеризуют различную степень адаптации вида к пирогенному фактору, выработанную в процессе филогенеза. Она обусловлена не только биологическими свойствами, но и географическим положением. Одна и та же порода даже в пределах своего ареала, но в разных географических условиях может существенно различаться по своим пиропитным свойствам, которые проявляются по-разному. Таким образом, пиропитные свойства вида отражают определенные условия, являются следствием биологической и географической составляющих. Географическая компонента при этом доминирует, следовательно, пиропитные свойства древесной породы - явление географическое.

Знание пиропитных свойств в географическом аспекте - основа для прогнозирования послепожарных последствий в разных регионах страны и принятия соответствующих хозяйственных решений, а также для разработки принципов и методов формирования пожароустойчивых лесных насаждений. Кроме того, это важно для характеристики состояния лесов, оценки их экологического потенциала. С учетом экологической роли северных лесных экосистем и влияния на них пожаров оценка пиропитных свойств древесных пород в географическом аспекте приобретает большое практическое значение.

Список литературы

1. **Алексеев В. А.** Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51-57.
2. **Гирс Г. И.** Физиология ослабленного дерева. Новосибирск, 1982. 256 с.
3. **Матвеев П. М.** Последствия пожаров в лиственничных биогеоценозах на многолетней мерзлоте / Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Йошкар-Ола, 1992. 49 с.
4. **Санников С. Н.** Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяций сосны в Зауралье / Горение и пожары в лесу. Красноярск, 1973. С. 236-277.
5. **Фуряев В. В.** Пожароустойчивость лесов и методы ее повышения / Прогнозирование лесных пожаров. Красноярск, 1978. С. 123-146.
6. **Цветков П. А., Сорокин Н. Д., Прокушкин С. Г. и др.** Эдафические условия и лесовосстановление после пожаров в лиственничниках Эвенкии // Лесоведение. 2001. № 2. С. 16-21.
7. **Цыкалов А. Г.** Природа пожаров в лесах на вечной мерзлоте центральной Эвенкии / Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 1991. 26 с.
8. **Шешуков М. А., Пешков В. В.** О соотношении понятий «огнестойкость», «пожароустойчивость» и «пиропитность» // Лесоведение. 1984. № 5. С. 60-63.