

Роль пирогенного фактора в продуктивности и динамике сосновых лесов Забайкалья

М. Д. ЕВДОКИМЕНКО

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

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены особенности динамики и продуктивности сосновых лесов, произрастающих в условиях засушливого климата Забайкалья. Отмечена их высокая горимость. Пожары обостряют лимитирующую роль влаги в росте деревьев. Иллюстрируются послепожарные флуктуации годичного слоя древесины на продольных срезах молодых сосен. Проанализированы внешние диагностические признаки, характеризующие состояние ксилогенеза у поврежденных огнем деревьев: высота нагара на стволах, термические поражения крон, редукция и изменение тона окраски хвои. Прослежен процесс дигрессионной динамики пирогенных насаждений. Отмечено ослабление их репарационного потенциала с возрастом. В результате регулярного воздействия пирогенного фактора продуктивность забайкальских сосняков оказывается в 1,5–2 раза ниже, чем в Приангарье.

Ключевые слова: сосновые леса, пожары, огневые повреждения, гидротермический режим почвы, ксилогенез, продуктивность древостоев, возрастная динамика.

Сосновые леса Забайкалья отличаются низкой производительностью древостоев, которая в основных эксплуатируемых массивах оценивается III–IV классами бонитета. Для сравнения уместно привести сосняки Приангарья, произрастающие на 3–4° севернее по географической широте. Там на сопоставимых по абсолютной высоте местоположениях бонитет древостоев оказывается на 1–2 класса выше.

Одним из вероятных факторов, лимитирующих продуктивность анализируемых насаждений, может быть засушливый климат. Годовая сумма осадков в Забайкалье на территории, занимаемой светлохвойной тайгой, составляет 300–350 мм, а в подтайге и лесостепи снижается до 220–300 мм [1]. Многим лесобразующим видам такого количества осадков недостаточно для нормального продуцирования, но сосна обыкновенная (*Pinus*

syvestris) является ксерофитом. В условиях холодного климата на северо-востоке Сибири сосновые насаждения могут удовлетворительно расти и развиваться при годовой сумме осадков около 200 мм [2, 3].

Другой особенностью забайкальских сосняков является их высокая горимость [4]. Сосновые леса вообще лидируют по степени природной пожароопасности в лесных массивах Сибири, а при известной засушливости климата в Забайкалье подвергаются пожарам более часто, нежели в сопредельных регионах. По данным А. В. Побединского, одни и те же сосняки подвергались в XIX в. воздействию огня от 11 до 17 раз, а в последующие 60 лет пережили еще от 6 до 10 пожаров [5]. В то же время в Приангарье пожаров было примерно в 2 раза меньше. Таким образом, в Забайкалье следует констатировать почти перманентный характер пирогенного воздействия на сосновые леса.

Евдокименко Михаил Данилович

Цель данной работы – изучение пирогенных трансформаций возрастной динамики и продуктивности сосновых лесов Забайкалья в связи с огневыми повреждениями деревьев и нарушениями гидротермического режима почвы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Стационарные исследования динамики и прироста древостоев, поврежденных низовыми пожарами разной интенсивности, проводили в сосновых лесах Южного Прибайкалья и Центрального Забайкалья. Маршрутные исследования осуществлены также в Селенгинском среднегорье, Хэнтэй-Чикойском нагорье, Баргузинской котловине, Становом нагорье: в долинах рек Верхняя Ангара, Муя и Чара. Объектами исследований служили сосновые насаждения преимущественно рододендроновой группы типов леса, широко распространенной по всему Забайкалью.

Основные биометрические наблюдения за лесоводственно-таксационными последствиями разных по интенсивности огневых воздействий проведены на стационарных объектах, оформленных в виде постоянных пробных площадей. Каждый объект отграничен от окружающих насаждений угловыми столбами и прямолинейными очищенными от деревьев и кустарников визирами по каждой стороне. Все деревья на пробных площадях пронумерованы и маркированы Т-образной меткой, обозначающей высоту и направление замеров диаметра ствола. Измерения проводили через 2, 5 и 10 лет после огневого воздействия, а вначале регистрировали состояние насаждений непосредственно после пожара, в том числе размеры огневых повреждений деревьев. Текущий прирост и наличный запас древесины определяли по 18–22 моделям, срубленным за пределами пробных площадей, но в таких же насаждениях.

На подгорном шлейфе хр. Черского в 80-летнем сосняке рододендроновом для проведения комплексных исследований заложили пару постоянных пробных площадей (пожарище и контроль) вслед за прохождением естественного низового пожара высокой интенсивности. Высота нагара на деревьях ва-

рьировала в пределах 3–5 м. Полнота древостоя на контроле была 0,84, а в горельнике снизилась до 0,71. На этих объектах изучали лесоводственно-экологические последствия пожара. В частности, наблюдали за динамикой лесного опада и восстановлением напочвенного покрова, для чего на пожарище и контроле установили по 30 опадометров размером 1 × 1 м. Перед установкой опадометров с таких же площадок собрали и учли лесной опад, накопившийся после пожара. Он был хорошо заметен на черной поверхности почвы. Как на пожарище, так и на контроле провели исследование гидротермического режима почвы.

На том же пожарище наблюдали за горельником в сосновом молодняке. Это были культуры 12-летнего возраста. Данный объект интересен доступностью для сплошных измерений прироста в высоту растущих деревьев. На модельных деревьях по продольным срезам прослежено отложение чехлика древесины на всем протяжении ствола до и после пожара. Кроме того, на тех же моделях определяли массу и длину хвои осевого и бокового побегов дифференцированно для до- и послепожарного годов.

На опытных участках в 60–65-летних сосняках рододендроновых осуществили экспериментальные выжигания напочвенного покрова и нижних ярусов фитоценоза управляемым огнем разной интенсивности. Благодаря огневому опытам удалось проследить весь процесс пирогенной трансформации насаждений начиная от их исходного состояния, что не обеспечивается на пробных площадях, закладываемых в горельниках после обычных пожаров. Все экспериментальные объекты до проведения выжиганий представлены здоровыми насаждениями без видимых признаков воздействия на них пожаров в прошлом. Полнота древостоев была равномерной и высокой (0,8–1,0).

Опытные участки размером 50 × 60 м каждый были размещены компактными группами на трех уровнях одного из мезосклонов Яблонового хребта: подгорный шлейф (нижняя часть склона), средняя и верхняя части склона. Экспозиция во всех вариантах была сходной: южная, юго-восточная. Крутизна местоположений до 10°.

Заданную интенсивность управляемого огня и время проведения опытов предварительно рассчитывали исходя из фактической продолжительности сухой погоды. Группа участков, расположенных в нижней части склона, отражает полный диапазон интенсивности огня – от слабой до высокой. Объекты средней и верхней частей склона были выжжены огнем слабой и средней интенсивности. Выжигания проводили от точечных источников огня, располагавшихся в центре опытных участков, каждый из которых был предварительно изолирован по всему периметру минерализованной (негоримой) полосой, достаточной для обеспечения пожаробезопасности работ. Контрольные пробные площади заложены в смежных (негоревших) частях тех же самых насаждений.

Вблизи экспериментальных объектов, в средней части крутого (25–30°) юго-восточного мезосклона Яблонового хребта, была заложена пробная площадь в аналогичном сосновом насаждении, поврежденном сильным низовым пожаром 14-летней давности. Там помимо перечисленных биометрических наблюдений выполнены сплошные измерения радиального прироста у всех деревьев за длительный период.

Информацию, необходимую для изучения динамики пирогенных древостоев в полном возрастном диапазоне, собирали на временных пробных площадях, закладываемых в процессе маршрутных исследований. По всем классам возраста прослежена реакция древостоев на огневые воздействия разной силы. Запас и отпад древесины определяли сплошным пересчетом живых и отмерших деревьев, как и на стационарных объектах, а измерения прироста проводили по радиальным кернам, взятым из 25–30 учетных деревьев на каждой пробной площади.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Низовой пожар высокой интенсивности в 80-летнем сосняке рододендроновом, расположенном на подгорном шлейфе хр. Черского, сопровождался существенными огневыми повреждениями многих деревьев. При этом сосны, оказавшиеся в сфере наиболее мощных вспышек огня, получили летальные ожо-

ги и подсушины стволов и ветвей. В результате произошедшего послепожарного отпада древостой выглядел заметно изреженным. Контрольный участок того же насаждения уцелел благодаря широкой дороге, послужившей эффективным барьером для остановки и локализации пожара.

Текущий прирост (ширина годичных колец) у сохранившихся деревьев на пожарище в течение 10 лет после пожара мало отличался от контроля. Однако суммарная величина прироста, определенная по изменению суммы площадей сечений деревьев на стандартной высоте (1,3 м), составила на горевшем участке всего 2,8 м²/га (против 3,9 м²/га на контроле). Снижение продуктивности горевшего участка насаждения объясняется изреживанием древостоя, убылью численности носителей древесного прироста. Послепожарный отпад складывался преимущественно из отставших в росте деревьев (IV–V классов роста и развития по Крафту), а также включал часть деревьев III класса. Единично отмидали сосны II класса роста и развития с тяжелыми ожогами крон.

Несравнимо более губительная картина пирогенной деструкции фитоценоза наблюдалась на участке 12-летних культур сосны, подвергшихся низовому пожару. Уместно сделать акцент на большой разнице в возрасте сопоставляемых насаждений – почти 70 лет. Местоположение и тип леса обоих объектов сходны. Интенсивность пожара во втором случае была заметно меньшей, варьировала от слабой до средней. Интенсивность весенних пожаров обычно бывает неравномерной, особенно при их распространении на большую площадь. Она зависит от ветра, времени суток, рельефа и других факторов.

В отличие от 80-летнего насаждения в 12-летних культурах помимо годичных колец исследован послепожарный прирост деревьев в высоту. Выявлена обратная зависимость данного показателя от размеров огневых повреждений стволов и крон, хотя строгой пропорциональности при этом не обнаружено. Встречались отдельные отклонения от типичной картины, причем с разным знаком. То же констатировалось в отношении связи ширины годичного кольца, сформировавшегося после пожара, с величиной огневых повреждений.

Прирост осевого побега снизился с $(41,3 \pm 0,6)$ см (допожарный год) до $(35,4 \pm 1,6)$ см (после пожара). Ширина годичного кольца редуцировалась с $(3,78 \pm 0,09)$ до $(2,20 \pm 0,12)$ мм соответственно. Коэффициенты корреляции между высотой нагара на стволах деревьев и их послепожарным приростом составили:

- с длиной осевого побега – $0,685 \pm 0,042$;
- с шириной годичного кольца – $0,726 \pm 0,038$.

Коэффициенты корреляции степени термических поражений хвои в кронах и прироста деревьев оказались такими же высокими:

- с длиной осевого побега – $0,686 \pm 0,042$,
- с шириной годичного кольца – $0,759 \pm 0,034$.

Высокая корреляция между огневыми повреждениями и приростом молодых деревьев после пожара свидетельствует о возможности надежной диагностики их жизнеспособности по хорошо заметным внешним признакам, доступным для измерений и количественной оценки.

Помимо рассмотренных непосредственных огневых повреждений древесных стволов и ветвей в течение первого вегетационного периода были заметны и другие признаки, свидетельствующие о глубоких нарушениях ассимиляционного аппарата деревьев. Сосны с высоким нагаром на стволах, у которых пожелтело более половины кроны, имели светлый тон окраски живой хвои. Между тем

у контрольных деревьев хвоя была темно-зеленой. Биометрия хвои представлена в табл. 1. Образовавшаяся за первый послепожарный сезон вегетации хвоя у сильно поврежденных деревьев оказалась короче на 15–45 % и легче на 37–70 % по сравнению с хвоей слабо поврежденных экземпляров. На состоянии ассимиляционного аппарата помимо непосредственных огневых повреждений деревьев пагубно отражаются потоки нагретого воздуха, хаотически перемещаемые порывами ветра или конвективно, поэтому у некоторых сосен величина нагара на стволах и термические поражения кроны не совпадают.

Судя по продольным (осевым) срезам модельных стволов, проведенным одновременно с биометрическими исследованиями хвои в сосновых культурах, сильные огневые повреждения и существенная редукция ассимиляционного аппарата деревьев отрицательно отражаются на их ксилогенезе, особенно в комлевой части ствола, вплоть до полного прекращения радиального прироста в течение первого послепожарного года. В лесоводственной литературе обращалось внимание на то, что датировка одного и того же пожара, устанавливаемая по поперечным срезам деревьев, различалась на несколько лет, в течение которых у некоторых особей временно останавливалось формирование годичных колец [6].

Т а б л и ц а 1

Биометрические показатели хвои на осевом (числитель) и боковом (знаменатель) побегах в зависимости от высоты нагара на стволе сосны

Номер дерева	Диаметр ствола на высоте груди, см	Высота ствола, м	Предельная высота нагара, м	Масса 100 хвоинок, г		Средняя длина хвоинок, см	
				до пожара	после пожара	до пожара	после пожара
1	3,4	3,0	0,3	3,23	1,94	6,7	6,1
				2,26	1,34	6,0	5,9
2	3,7	3,1	0,9	3,71	1,43	7,1	4,9
				2,75	1,00	6,5	4,3
3	3,5	3,0	1,1	3,33	2,07	7,1	5,0
				2,38	0,98	6,2	4,5
4	3,1	3,0	1,2	4,58	1,52	7,4	4,3
				3,72	1,11	6,7	3,7
5	3,4	3,0	1,2	3,40	1,27	7,0	4,2
				2,60	1,07	6,3	3,9

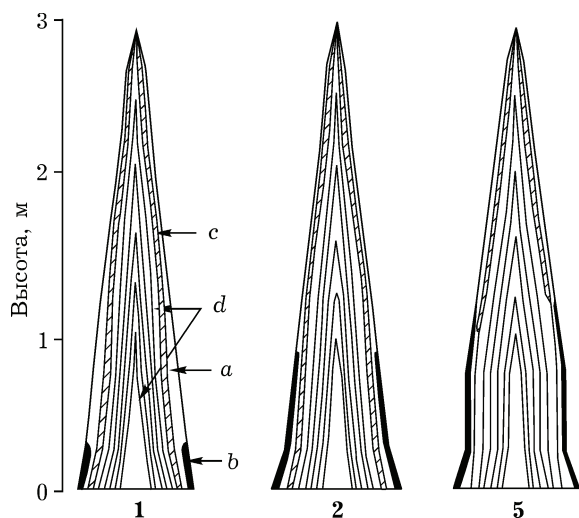


Рис. 1. Продольные срезы стволов 12-летних сосен. Обозначения: 1, 2, 5 – номера деревьев; *a* – кора, *b* – нагар, *c* – послепожарный слой древесины, *d* – допожарные годичные слои

Деятельные ткани древесной коры и камбий у молодых сосен еще не защищены достаточным слоем корки, поэтому весьма чувствительны к термическим воздействиям. Летальные повреждения флоэмных тканей происходят после нагрева свыше $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ [7]. На рис. 1 иллюстрируются пирогенные флуктуации годичного слоя древесины у анализируемых модельных деревьев из 12-летних сосновых культур. Соответственно номеру дерева по данным табл. 1 можно судить о степени нарушений в ассимиляционном аппарате конкретной особи. Послепожарные чехлики древесины отображены на всем протяжении стволов, от основания до верхушечного побега. Видно, что выпадение годичного кольца произошло у дерева № 5 с высоким нагаром на поверхности коры. Причем зона приостановки камбиальной деятельности (ксилогенеза) не выходит за верхний предел нагара. В ходе анализа насаждений сосны и дуба, проведенного в США, устойчивыми к беглым пожарам оказались деревья, у которых толщина коры превышала 9–10 мм [8].

Поскольку мы не проводили микроскопических исследований иллюстрируемых на рис. 1 деревьев, то трудно судить о некоторых минимальных проявлениях камбиальной деятельности в течение первого вегетационного периода после пожара. Теоретически нельзя совершенно исключить возможность

отложения незначительного числа трахеид, но под микрометрической лупой (увелич. $\times 10$) они не просматривались.

Прирост деревьев и продуктивность насаждений потенциально детерминируются условиями местопроизрастания, которые кардинально изменяются после пожаров. Даже низовые пожары, не оказавшие заметного воздействия на древостой, сопровождаются резкими и глубокими нарушениями лесной среды. Полностью уничтожаются нижние ярусы фитоценоза, сгорает напочвенный покров, существенно изменяются микроклимат и гидротермический режим почвы [9]. Об особенностях отмеченных последствий пожаров применительно к обсуждаемым данным можно судить по нашим стационарным наблюдениям.

На пожарище в 80-летнем сосняке рододендроновом прослежены пирогенные изменения лесной среды, произошедшие в результате низового пожара высокой интенсивности. Подпологовое пространство на горевшем участке внешне абсолютно контрастировало по сравнению с контролем, по крайней мере в течение всего мая и июня, пока не прошли обильные дожди. Особенно тяжелая картина наблюдалась на поверхности почвы, а также в нижних ярусах насаждения (напочвенном покрове и подлеске), которые выглядели совершенно уничтоженными огнем. Лишь в июле стали появляться редкие отростки трав и рододендрона даурского.

В июне начала обильно опадать хвоя с усохших деревьев, а далее – с отмерших ветвей уцелевших, но поврежденных огнем особей. Количество свежего опада, накопившегося в течение первого после пожара вегетационного периода, составило в среднем 240 г/м^2 (против 85 г/м^2 на контроле). Однако ускоренный опад на пожарище лишь частично компенсирует огневую потерю лесной подстилки, которая составила 1540 г/м^2 . При этом слой допожарного опада сгорел полностью, что увеличивает убыль напочвенного покрова еще на 1120 г/м^2 . Нормализация процесса наступила после опадения поврежденной пожаром хвои. Далее опад протекал в обычном режиме, по мере естественного опадения хвои со здоровых ветвей.

Динамика количества и структуры опада за 5-летний период представлена в табл. 2,

Динамика и структура опада (кг/га) в 80-летнем сосняке рододендроновом (на пожарище и контроле)

Фракция опада	Периоды, годы и месяцы									
	1976–1977		1977			1977–1978		1978	1978–1981	
	IX–VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII–II	III–VIII	(IX) (IV)	
	<i>Пожарище</i>									
Хвоя	555,6	54,3	283,7	121,1	79,1	6,6	5,1	37,4	1953	
Кора	71,6	19,0	27,3	39,6	11,8	1,4	5,1	14,9	308	
Веточки	81,5	7,9	7,9	21,3	10,3	0,3	6,0	4,8	332	
Шишки	73,5	20,7	5,0	4,5	1,0	–	2,7	5,1	144	
Всего:	782,2	101,9	323,9	186,5	105,2	8,3	18,9	62,2	2737	
	<i>Контроль</i>									
Хвоя	1027,6	78,8	509,0	184,6	95,9	11,1	9,2	69,5	2888	
Кора	194,2	33,0	44,0	86,2	16,4	2,7	7,9	22,1	459	
Веточки	106,6	7,3	5,8	47,7	10,4	0,8	5,7	5,1	368	
Шишки	314,2	38,7	5,0	2,9	0,8	–	1,4	5,8	245	
Всего:	1642,6	157,8	563,8	321,4	123,5	14,6	24,2	102,5	3960	

из которой следует, что после стабилизации данного процесса горевший участок систематически уступает контролю по общей массе опадающих на землю отмерших фракций. Причем наиболее устойчивые различия прослеживались в отношении преобладающей по массе фракции (хвое). Жизненный цикл сосновой хвои в условиях Забайкалья – от появления на молодых побегах до опадения – составляет 4–6 лет. Поскольку на горевшем участке сократилось общее число живых деревьев, а на многих из них засохли нижние ветви, то общий запас хвои в пологе крон горельника снизился, что и отразилось пропорционально на массе опада. Из полученных данных следует, что для восстановления на поверхности почвы нормального подстильного слоя, обладающего допозарной теплозащитной и водоаккумулирующей способностью, необходим весьма длительный период.

Усиленный прогрев обгоревшей поверхности почвы в дневное время по сравнению с контролем был особенно очевиден при сопоставлении максимальных температур. Разность последних в жаркие дни первого послепожарного сезона выходила за пределы 20 °С. Через год контраст максимальных температур был уже вдвое меньше в жаркие дни, а в обычную погоду сокращался до 3–5°. Различия срочных и суточных температур в меньшей степени зависят от погоды. В полуденное время первого сезона среднедекадные температуры на пожарище были на 10–12 °С выше, чем на контроле, а через год – на 5–6 °С. Минимальные температуры на пожарище и контроле различались незначительно, хотя общая тенденция к их понижению на контроле все же сохранялась. Повышенная температура поверхности почвы на пожарище обуславливает соответствующий прогрев верхних горизонтов. На глубине 10 см разность температур между горевшим и контрольным участками составляла около 5 °С. Устойчивые, хотя и незначительные, различия температур сохраняются на большой (50–120 см) глубине, в то время как верхний горизонт подвержен динамическим перепадам термического режима сообразно ходу погоды [9].

Вследствие усиленного нагрева почвы на пожарище солнечной радиацией, проникающей сквозь разреженный полог крон к обож-

женной поверхности, резко возрастает расход влаги на физическое испарение. Кроме того, снижение влагоемкости обгоревшей лесной подстилки создает предпосылки для усиления поверхностного стока части атмосферных осадков, хотя пологие местоположения в этом отношении более благополучны.

Рассмотренная деструкция напочвенного покрова, полное уничтожение огнем нижних ярусов растительности и уменьшение сомкнутости полога древесных крон негативно отразились на водном режиме почвы. На фоне общего дефицита увлажнения, связанного с засушливостью климата в регионе, запасы влаги на участке с пожаром оказались стабильно сниженными по сравнению с контролем (табл. 3). Причем независимо от глубины прослеживается однообразная картина сокращения запасов влаги после пожара. Лишь в отдельных случаях на глубине 80–100 см при мизерных значениях влагозапасов общая тенденция ослабевает, что можно объяснить погрешностью измерений.

По данным нашего дендрохронологического исследования, проведенного в сосняках Селенгинского среднегорья, отмечается синхронность затяжных спадов индекса годовых колец с засушливыми периодами климатического цикла [10]. Индексы годовых колец вычисляли по методике С. Г. Шиятова [11]. В благоприятные годы с повышенным по сравнению с многолетней нормой количеством осадков текущий прирост у исследуемых деревьев заметно увеличивался. Отсюда представляется очевидной лимитирующая роль влаги в росте деревьев. Она обусловлена региональными особенностями природных условий, прежде всего общей засушливостью климата. На инсолируемых горных склонах, к которым преимущественно тяготеют сосновые насаждения, дефицит увлажнения ощущается наиболее остро, особенно при большой крутизне местоположения. В подобной природной обстановке огневые повреждения насаждений и напочвенного покрова, чреватые усилением процесса поверхностного стока осадков, повышают риск негативных лесоводственно-экологических последствий.

Закономерная картина вариаций продукционного процесса, вызванных огневыми воздействиями разной интенсивности в насаждениях, которые отличались по местопо-

жению относительно склона, установлена на экспериментальных объектах. Жизнеспособность сохранившихся после проведенных опытов деревьев наиболее достоверно характеризует их текущий прирост по диаметру, сопоставленный с контролем. В табл. 4 приведены средние данные для всего древостоя по каждому из экспериментальных объектов. Сравнительно благополучная ситуация наблюдалась на опытных участках в нижней части склона (подгорный шлейф), где после выжиганий слабой и средней интенсивности деревья прирастали нормально, как и на контроле, а на участке с сильным огнем падение прироста было умеренным – 18 %. В средней части склона прирост древостоя снизился на 16 % после огневого воздействия средней интенсивности. Наибольшее падение прироста наблюдалось на объектах, расположенных в верхней части склона: после слабого низового огня – 22 %, а в результате огневого воздействия средней интенсивности – 32 %. Заметим, что крутизна склонов на экспериментальных объектах не превышала 10°. Экспозиция юго-юго-восточная.

В естественном горельнике, образовавшемся в аналогичном сосновом насаждении после низового пожара высокой интенсивности и расположенном вблизи экспериментальных объектов, но на крутом склоне юго-восточной экспозиции, наблюдалось снижение прироста деревьев на 30–35 % в течение длительного периода, более 10 лет. Исследованы все деревья на пробной площади – от самых тонких до крупных. Такую реакцию деревьев на произошедший пожар нельзя объяснить только их особыми огневыми повреждениями. Ослабление роста в значительной мере могло быть обусловлено острым и длительным дефицитом почвенной влаги, который образуется в результате аномального поверхностного стока атмосферных осадков с обгоревшей поверхности крутого склона. Для данного региона этот вопрос принципиально важен не только в лесоводственном, но и в экологическом отношении.

По данным наших исследований, наибольшее влияние на величину стока оказывают интенсивность дождя, сохранность лесной подстилки после пожара и крутизна склона. По любому из этих показателей регион характеризуется как неблагоприятный. Ситуа-

Сравнительная динамика запасов продуктивной влаги (мм) в почве на горевшем и контрольном участках в течение второго послепожарного периода вегетации (сосняк рододендровый)

Глубина, см	Сроки наблюдений											
	25.V	5.VI	15.VI	25.VI	5.VII	15.VII	25.VII	5.VIII	15.VIII	25.VIII	5.IX	16.IX
	<i>Пожарище (плотота древостоя 0,71)</i>											
0-10	10,0	7,3	12,5	10,6	6,5	5,0	5,0	5,4	4,4	4,3	12,8	10,7
11-30	13,4	14,2	16,7	21,8	14,2	9,3	8,9	8,5	7,9	7,4	11,8	15,1
51-70	6,4	6,9	6,1	6,9	6,8	6,3	7,1	5,8	5,7	5,0	5,0	4,9
81-100	6,1	7,0	6,9	5,4	5,9	4,6	6,0	6,6	5,7	5,6	5,6	5,4
0-50	33,2	34,7	39,3	47,5	34,7	23,3	22,7	21,8	19,4	18,3	33,7	33,4
0-100	48,6	51,5	55,3	62,3	50,8	36,5	38,8	37,1	33,1	31,0	57,9	45,9
	<i>Контроль (плотота древостоя 0,84)</i>											
0-10	13,3	9,2	14,9	12,1	5,9	6,0	6,5	6,1	6,3	6,0	13,1	12,6
11-30	20,3	17,4	20,4	25,7	19,2	13,4	11,8	10,3	9,8	9,3	17,5	18,5
51-70	8,4	8,5	6,8	10,0	8,5	8,2	8,0	6,9	6,7	5,2	7,4	5,9
81-100	8,6	8,4	6,6	5,3	5,4	6,0	7,1	6,1	6,4	5,6	5,2	5,8
0-50	45,5	37,5	44,2	56,1	42,2	31,3	29,0	25,0	23,9	23,0	38,6	39,8
0-100	66,5	58,5	60,7	75,2	59,7	48,1	45,0	41,5	37,5	36,8	56,3	54,6

Изменение прироста сосен по диаметру ($M \pm m$) на опытных участках за 5 лет после экспериментальных выжиганий низовым огнем, см

Интенсивность огня			Контроль
слабая	средняя	высокая	
<i>Нижняя часть склона</i>			
0,5 ± 0,05	0,48 ± 0,04	0,42 ± 0,04	0,51 ± 0,08
<i>Средняя часть склона</i>			
–	0,64 ± 0,03	–	0,76 ± 0,04
<i>Верхняя часть склона</i>			
0,56 ± 0,03	0,49 ± 0,02	–	0,72 ± 0,04

ция с атмосферными осадками складывается на пожарищах почти парадоксально. При малом годовом количестве осадки выпадают главным образом в виде летних ливней, вследствие чего вода преимущественно стекает с обожженной поверхности крутых горных склонов, в то время как почва под горевшими насаждениями остается сухой [12].

Регулярные огневые повреждения древостоев от повторяющихся пожаров, сгорание напочвенного покрова и последующее ухудшение гидротермического режима почвы в целом отрицательно влияют на продуктивность Забайкальских сосняков, произрастающих в жестких природных условиях. По мнению Л. Ф. Правдина, частые пожары снижают производительность светлохвойных древостоев в Забайкалье и потому, что ухудшают плодородие почв вследствие значительных потерь гумуса от огня [13].

Степень изреживания древостоя (снижение полноты) является интегральным критерием, указывающим на характер и тяжесть пирогенной трансформации насаждения: нарушение жизнеспособности и продукционного процесса, экологические последствия. В лесоводственном отношении представляет интерес возрастная динамика компенсационных возможностей насаждений применительно к разной степени повреждений. Длительность периодов восстановления исходной (допожарной) полноты и запаса древостоя можно определить сопоставлением величины отпада и последующего прироста.

По результатам маршрутных исследований выявлена зависимость периодов восста-

новления допожарной полноты сосновых древостоев от их возраста в широком диапазоне изреживания, наблюдаемом после низовых пожаров разной интенсивности. Эта зависимость наглядно иллюстрируется рис. 2. Слабое (до 10 %) изреживание компенсируется древостоем в приемлемые по хозяйственным нормативам сроки, близкие к повторяемости рубок ухода. Чем старше древостой, тем слабее его репарационный потенциал. Интенсивное (20–30 %) изреживание удовлетворительно переносится сосняками до 80-летнего возраста, который можно считать критическим по реакции насаждений на сильное повреждение пожарами. Восстановление полноты старых древостоев, пострадавших от интенсив-

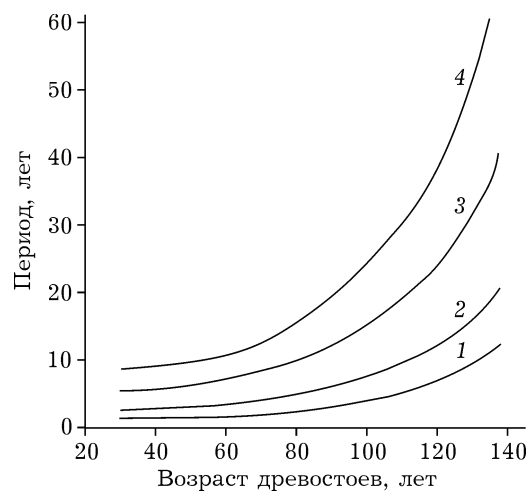


Рис. 2. Зависимость периодов восстановления допожарной полноты древостоев от их возраста и степени изреживания, %: 1 — 5, 2 — 10, 3 — 20, 4 — 30

ного огня, растягивается на длительное время, в течение которого обычно происходят новые пожары. Фактически к возрасту рубки запасы древесины в сосняках Забайкалья оказываются в 1,5–2 раза ниже по сравнению с таковыми в Приангарье.

На пожарных прогалинах и редирах возможно появление новых поколений древостоя, если межпожарный период окажется продолжительным (не менее 25–30 лет), а интенсивность очередного пожара слабой. Так формируются в регионе группово-разновозрастные древостои.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сосновые леса Забайкалья формируются в условиях экстремального пирологического режима, обусловленного крайне засушливым климатом, сложным горным рельефом, а также растущей антропогенной нагрузкой на занимаемую ими территорию.

Огневые повреждения наиболее губительны для сосновых молодняков, в которых даже после низовых пожаров слабой интенсивности многие деревья отмирают. Поледующий рост выживших деревьев с высоким нагаром на стволах и ползузасохшими кронами существенно замедляется. Бледная окраска и редуцированность хвои на живых ветвях, слабый прирост побегов – очевидные внешние признаки негативных нарушений в ассимиляционном аппарате. Соответственно падает текущий прирост древесины, а в комлевой части деревьев с высоким нагаром на стволах происходит критическая редукция, или “выпадение”, годовичного кольца в течение одного или нескольких лет.

Ослабление продукционного процесса взрослых насаждений после пожаров детерминируется главным образом ухудшением почвенно-экологических условий в горельниках. Повышенный приток солнечной радиации к обгоревшей поверхности почвы сопровождается ее повышенным прогревом, вследствие чего из корнеобитаемых горизонтов быстро испаряется и без того дефицитная влага, которая для данного региона является лимитирующим фактором в росте древесных растений. В результате пожаров интенсифицируется также поверхностный сток атмосферных осадков.

Послепожарная динамика текущего прироста древостоев зависит как от силы огневого воздействия, так и от местоположения насаждений. На пологих участках после воздействия низового огня средней интенсивности снижение прироста 60-летних сосняков по сравнению с контролем оказалось следующим: в нижней части склона – 6 %, в средней – 16, а в верхней части – 32 %. Потери прироста после интенсивных пожаров на крутых склонах бывают особенно тяжелыми и длительными.

Пирогенное изреживание древостоев происходит большей частью на протяжении двух–трех лет вслед за огневыми воздействиями. Репарационный потенциал сосняков относительно благополучно реализуется в типичных условиях примерно до 80-летнего возраста. В более старых насаждениях, изреженных пожарами на 20–30 %, суммарный прирост выживших деревьев оказывается недостаточным для восполнения послепожарных потерь полноты древостоя. Запасы древесины в сосновых лесах Забайкалья систематически снижены в 1,5 раза и более по сравнению с таковыми в Приангарье, хотя последние произрастают большей частью на 3–4° севернее.

Образующиеся после интенсивных пожаров прогалины и редины в благоприятной ситуации, когда межпожарный период составляет не менее 25–30 лет, при слабой интенсивности последующих пожаров, представляют собой своеобразную “экологическую нишу” для поселения нового поколения деревьев. Так обычно формируются разновозрастные сосняки в данном регионе.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 08-04-00027).

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Забайкалья /под ред. В. Б. Сочавы. М.: Иркутск, 1967. 176 с.
2. Ткаченко М. Е. Общее лесоводство. М.: Гослесбумиздат, 1952. 600 с.
3. Мелехов И. С. Лесоведение. М.: Лесная пром-сть, 1980. 406 с.
4. Евдокименко М. Д. Потенциальная пожароопасность лесов в бассейне оз. Байкал // Лесоведение. 1991. № 5. С. 14–25.
5. Побединский А. В. Сосновые леса Средней Сибири и Забайкалья. М.: Наука, 1965. 268 с.

6. Тюрин А. В. Основы хозяйства в сосновых лесах. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952. 112 с.
7. Гирс Г. И. Физиология ослабленного дерева. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. 256 с.
8. Harmon M. E. Survival of trees after low – intensity surface fires in Great Smoky Mountains National Park // Ecology. 1984. Vol. 65 (3). P. 796–802.
9. Евдокименко М. Д. Микроклимат древостоев и гидротермический режим почв в сосновых лесах Забайкалья после низовых пожаров // Горение и пожары в лесу: мат-лы Всесоюз. науч.-техн. совещания. Ч. III. Лесные пожары и их последствия. Красноярск, 1979. С. 130–140.
10. Евдокименко М. Д., Копцев С. Г. Дендрохронология засух на примере сосновых древостоев Забайкалья // Повышение продуктивности и сохранности лесов. Красноярск: Красноярский университет, 1991. С. 61–72.
11. Шиятов С. Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 136 с.
12. Евдокименко М. Д. Пирогенная дигрессия светлых хвойных лесов Забайкалья // География и природ. ресурсы. 2008. № 2. С. 109–115.
13. Правдин Л. Ф. Естественное возобновление сосны и лиственницы в Бурятской АССР // Труды Ин-та леса АН СССР. М., 1962. Т. 54. С. 158–188.

Role of the Pyrogenic Factor in the Productivity and Dynamics of the Pine Forests in Transbaikalia

M. D. EVDOKIMENKO

*V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS
660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok
E-mail: institute_forest@ksc.krasn.ru*

Pine forests of Zabaikalie region growing under rainless climate are remarkable for high inflammability. Forest fires increase the limiting role of moisture in tree growth. The outward diagnostic signs were determined which characterize the xylogensis state of trees damaged by fire. Pyrogenic fluctuations of the year-to-year tree rings are illustrated in the paper. The process of digression dynamics of pyrogenic tree stands was monitored as well. Their reparation potential becomes weaker with ageing. As a result of the permanent effect of the pyrogenic factor, the productivity of pine forests in Transbaikalia is 1.5-2 times lower than that of the pine forests in the Priangarie region.

Key words: pine forests, wild fires, fire damages, hydrothermal soil regime, xylogensis, productivity of tree stands, age dynamics.