

ИССЛЕДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ БАЙКАЛА

УДК 630*11:630*114:630*43

Ю. Н. КРАСНОЩЁКОВ, М. Д. ЕВДОКИМЕНКО, Ю. С. ЧЕРЕДНИКОВА

Институт леса СО РАН, г. Красноярск

ЛЕСОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОЖАРОВ В КЕДРОВНИКАХ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЯ

Проанализированы данные экспериментальных исследований по послепожарной динамике кедровых лесов в Южном Прибайкалье. Установлено, что низовые пожары подстильно-гумусового вида в засушливые годы являются основным деструктивным фактором в динамике кедровых лесов. Воздействие низового огня сопровождается усыханием деревьев, а жизнеспособность выживших после пожара кедров зависит от характера и тяжести огневых повреждений. Приведена характеристика нижних ярусов растительности и ее динамика под влиянием пожаров разной интенсивности. Показано негативное воздействие низовых пожаров на изменение запаса, качественного фракционного состава органогенных горизонтов почв и их химического состава.

Ключевые слова: Южное Прибайкалье, низовые пожары, радиальный прирост деревьев, напочвенный покров, органогенные пирогенные горизонты почв.

We examine the data from experimental investigations into the post-fire dynamics of Siberian stone pine forests in Southern Cisbaikalia. The analysis revealed that creeping fires of the litter-humus type in dry years constitute the main destructive factor in the dynamics of Siberian stone pine forests. Creeping fires involve desiccation of trees, while viability of Siberian stone pine trees that have survived the fire depends on the character and severity of fire-related tree injuries. We provide a characteristic of the lower layers of vegetation and its dynamics under the influence of fires of different intensities. It is shown that creeping fires have a negative influence on changes in reserves, qualitative fiber length distribution of organogenic soil horizons, and on their chemical composition.

Keywords: Southern Cisbaikalia, creeping fires, radial increment in trees, ground vegetation, organogenic pyrogenic soil horizons.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Кедровые (*Pinus sibirica*) леса в Южном Прибайкалье произрастают в условиях умеренного и повышенного увлажнения, что характерно для таежного кедрового высотного поясного комплекса (ВПК) типов леса горных хребтов, обрамляющих котловину оз. Байкал. Кедр достаточно заметен в составе лесного покрова и занимает здесь около 15 % ее площади. Известно, что кедровники выполняют в байкальском природном комплексе особо важную средообразующую роль, сохранение которой безусловно зависит от их собственной стабильности [1].

Обеспеченность атмосферными осадками, годовая сумма которых составляет 700–1000 мм, предопределяет номинально благополучный пирологический режим для горной кедровой тайги. К тому же в отличие от светлохвойных насаждений напочвенный покров в кедровниках медленно высыхает под тенистым пологом крон. Для возникновения пожароопасного состояния необходимо продолжительное время — около 15–20 дней, однако дожди обычно выпадают чаще [2, 3]. В засушливые годы, особенно при лесопирогенных аномалиях, когда весенне-летняя засуха в байкальском регионе длится более двух месяцев, процесс пожарного созревания таежных кедровников приобретает ландшафтный масштаб и они становятся пожароопасными, особенно в инсолируемых местоположениях. Дальнейшая фактическая пожарная обстановка зависит от появления источников огня в конкретном насаждении, а также от состояния противопожарной охраны.

Низовые пожары подстилично-гумусового вида, преобладающие в регионе, в зависимости от интенсивности огня по-разному трансформируют основные компоненты лесных экосистем — почву, живой напочвенный растительный покров, формируют сукцессионные стадии их восстановления, влияют на послепожарное формирование насаждений и динамику прироста древостоев. При любом пожаре в сферу горения попадают напочвенный покров и органогенные горизонты почв. При сильном воздействии огня на почвы с малой мощностью органогенного горизонта происходит прокаливание верхнего органоминерального или минерального горизонта и одновременное поступление золы от сгорания подстилки и других горючих материалов.

Несмотря на ключевую роль пирогенного фактора, в современной динамике экосистем кедровых лесов она изучена недостаточно. Поэтому рассмотрение лесоэкологических последствий пожаров в кедровниках Южного Прибайкалья, входящих в центральную экологическую зону Байкальской природной территории и представляющих биосферную ценность на мировом уровне, стало целью данной статьи.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в кедровых лесах, произрастающих на горных хребтах Приморский (Юго-Западное Прибайкалье) и Хамар-Дабан (Южное и Юго-Восточное Прибайкалье). Наблюдения за возрастной динамикой прироста кедра проведены на геоморфологическом профиле (г. Бабушкин—пос. Таежный), заложенном на Хамар-Дабане в насаждениях, которые в течение жизни исследуемых поколений кедра были свободны от пожаров. На трех участках профиля изучена возрастная динамика текущего и среднего приростов по объему у 60–80-летних кедров: на северном макросклоне (580 м абс. выс.) в кедровнике крупнотравном, на водоразделе (1360 м абс. выс.) в кедровнике мохово-лишайниковом и на южном склоне (1100 м абс. выс.) в сосняке бруснично-грушанковом, со вторым ярусом кедра. Кроме того, для получения сравнительно полной картины возрастной динамики прироста дополнительно была заложена пробная площадь на южном макросклоне (1200 м абс. выс.) в кедровнике чернично-зеленомошном, возраст древостоя 230 лет.

Объекты для изучения последствий воздействия низовых пожаров подстилично-гумусового вида расположены в кедровых насаждениях Слюдянского и Голоустненского лесничеств Иркутской области. Первая серия пробных площадей (пл. 1, 2 и 3) заложена на южной оконечности хр. Хамар-Дабан в кедровнике кустарничково-зеленомошном на высоте 940 м над ур. моря в 10 км на юг от с. Тибельти (Слюдянское лесничество, Быстринская лесная дача, урочище Дабан). Таксационная характеристика древостоев приведена в табл. 1. Пробные площади расположены в приводораздельной части склона северной экспозиции крутизной 5–6°, где летом 2002 г. произошел пожар, повредивший 15 га лесных насаждений. Пробные площади различаются по степени интенсивности пожара.

Таблица 1

Лесоводственно-пирологическая характеристика объектов исследования

Номер пробной площади (интенсивность пожара)	Состав насаждения	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Полнота	Запас древесины, м ³ /га	Текущий прирост древесины, м ³ /га
Слюдянское лесничество, Быстринская дача								
1 (контроль)	10К ед С,Б	120	18	23	IV	0,7	284	3,2
2 (средняя)	Тот же	—	20	30	IV	0,4	162	1,5
3 (высокая)	»	—	Ко времени наблюдения полное усыхание всего древостоя					
Слюдянское лесничество, Култукская дача								
4 (контроль)	4К2СЗБ1Л	110	19	21	III, 5	0,7	315	3,6
5 (слабая)	Тот же	—	20	26	III, 5	0,5	227	2,1
Голоустненское лесничество, урочище Онод								
6 (высокая)	7С1Л2К+Б	110	20	28	IV	0,6	185	3,0

Вторая серия пробных площадей (пл. 4 и 5) заложена в кедровнике кустарничково-зеленомошном на высоте 970 м над ур. моря в 2 километрах на север от пос. Ангасолка (Слюдянское лесничество, Култукская лесная дача, Олхинское плато), в верхней части склона юго-восточной экспозиции, крутизной 3–4°. Общая площадь пожара 2003 г. — 450 га.

Пробная пл. 6 на Приморском хребте (Юго-Западное Прибайкалье, Голоустненское лесничество, урочище Онод) заложена в 110-летнем светлохвойном насаждении с кедром, доля которого в составе древостоя 20 %. Общая площадь пожара 2003 г. 40 тыс. га. Проанализированы последствия низового пожара высокой интенсивности. Данный объект примечателен тем, что деревья кедра приурочены к участкам (парцеллам) с напочвенным покровом из бадана (*Bergenia crassifolia*), практически не тронутым огнем.

При исследованиях составлялась лесоводственно-геоботаническая характеристика пробных площадей по [4, 5]. Устанавливались давность и интенсивность пожара, определяемые по высоте нагара (обугливания) на стволах деревьев, степени повреждения крон, полноте сгорания горючих материалов и др. Радиальный прирост деревьев измерялся по цилиндрическим образцам древесины (кернам), высверливаемым из периферической зоны ствола (4–5 см) с помощью возрастного бура. Образцы взяты на стандартной высоте 1,3 м, принятой в лесной таксации для измерения диаметра деревьев. Постпирогенные изменения прироста устанавливались сравнением его величины за трехлетние до и послепожарный периоды как на участках с пожарами, так и на контрольных площадках. Учет мощности, запаса, фракционного состава подстилки, определение ее зольного химического состава сделаны по Л. Е. Родину с соавторами [6]; гранулометрический состав, физико-химические и химические свойства почв определены общепринятыми методами [7, 8]; название почв и индексация почвенных горизонтов даны по Классификации... [9].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В Южном Прибайкалье горнотаежные кедровые леса приурочены к абс. высотам 600–1200 (1300) м. Фитоценотическая особенность их, как и в других районах гор Южной Сибири, принадлежат к циклоническим климатическим фациям, — преобладание кустарничково-зеленомошных типов леса. Кедрово-таежные леса доминируют на территории северного, обращенного к Байкалу, макросклона хр. Хамар-Дабана, а также в темнохвойных лесах юго-западной и восточной частей побережья, где они являются ландшафтообразующими.

Фитоценотически кедровники кустарничково-зеленомошные отличаются господством покрова, сформированного черникой (*Vaccinium myrtillus*), брусничкой (*Vaccinium vitis-idaea*), багульником (*Ledum palustre*) с примесью немногочисленных таежных видов (*Carex iljinii*, *Linnaea borealis*, *Trientalis europaea*, *Goodyera repens*, *Majanthemum bifolium*, плауны — *Lycopodium annotinum*, *L. anceps*) на фоне лесных гипновых мхов, индифицирующих средние по увлажнению и производительности эдафические условия (*Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Ptilium crista-castrensis*) с примесью кукушкина льна (*Polytrichum commune*). Проективное покрытие достигает 70–80 %. В подросте преобладает кедр, примесь сосны и пихты разных высотно-возрастных групп с нормальным приростом в высоту. Подлесок редкий, из рябины (*Sorbus sibirica*), жимолости (*Lonicera altaica*), шиповника (*Rosa acicularis*).

Примыкающая к Хамар-Дабану часть Олхинского плато (между южной частью Байкала и р. Ангарой), на водоразделах (900–1000 м абс. выс.) представлена экосистемами кустарничково-зеленомошных лесов с древостоями смешанного состава: в значительной степени к кедру примешиваются сосна и лиственница, а также пихта. Подрост из сосны и кедра разных высотно-возрастных групп. В травяно-кустарничковом ярусе практически с равным обилием произрастают брусника, черника, багульник на фоне зеленых мхов. Примесь других видов незначительна — ожика (*Luzula parviflora*), плауны, линея (*Linnaea borealis*).

Необходимые данные о потенциальной динамике текущего прироста деревьев кедра, не подвергавшихся воздействию огня на протяжении всей их жизни, получены нами на геоморфологическом профиле хр. Хамар-Дабан. По данным о возрастной динамике текущего прироста деревьев кедра в негоревших насаждениях видно, что до 60–80 лет продукционный процесс развивается весьма интенсивно во всех трех типах леса, причем абсолютная величина прироста зависит не столько от типа леса или абсолютной высоты местоположений, сколько от морфологических особенностей деревьев, а также от микроэкологических условий. Прирост крупных деревьев в каждом типе леса был в два-три раза выше по сравнению со средними деревьями. Следует заметить, что при близком возрасте сравниваемых деревьев насаждения различны по своему составу и структуре. На южном макросклоне.

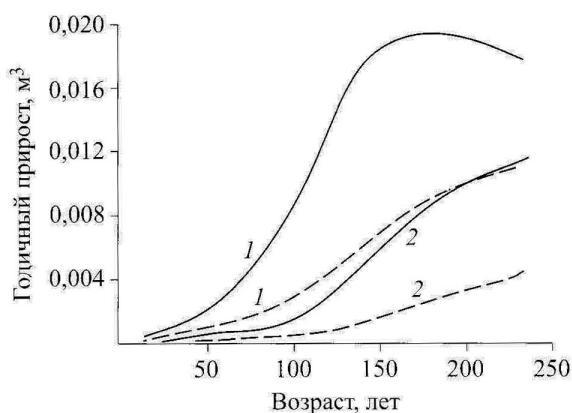


Рис. 1. Возрастная динамика текущего (сплошная линия) и среднего (штриховая) приростов по объему в кедровнике чернично-зеленомошном. Классы роста (по Крафту): 1 — первый, 2 — второй.

например, кедр растет во втором ярусе соснового насаждения, на северном — в окружении лиственных пород, а на водоразделе, наоборот, в условиях свободного расположения на фоне более низкого елово-пихтового древостоя.

Закономерное влияние абсолютной высоты на прирост заметно только по вариантам северный макросклон — водораздел. Причем в первом случае прослеживается зависимость прироста от экспози-

ции склона. Так, текущий прирост деревьев кедра на местоположении южной экспозиции оказался заметно выше, чем на северном склоне. Анализ хода роста старых кедров (рис. 1) свидетельствует о том, что кульминация текущего прироста у них наступает в 170–200-летнем возрасте, т. е. на 50 лет позднее, чем у сосны. Соответственно количественная спелость, судя по трендам текущего и среднего приростов, наступает в беспожарных кедровниках не ранее 250-летнего возраста. Хорошая жизнеспособность в них сохраняется еще дольше, если не помешают пожары, последствия которых иллюстрирует основная группа объектов нашего исследования.

Чистый древостой кедр на южной окраине Хамар-Дабана, приуроченный к пологому склону водораздела, под воздействием пожара средней интенсивности (пл. 2) уничтожен на 50 %. Оставшиеся после пожара деревья функционируют нормально. В настоящее время происходит вывал сухостоя. Подроста хвойных нет, имеется поросль березы. Влияние пожара сказалось на травяно-кустарничковом ярусе лишь в появлении редкого кипрея (*Chamerion angustifolium*) и разрастании осоки Ильина (*Carex iljinii*), а также интенсивно отрастающих после пожара рябины и багульника.

Пожар высокой интенсивности (пл. 3) полностью уничтожил древостой. Сухостой с обгоревшей и упавшей корой, покрытый лишайниками, с глубокими подгарами. Огнем поврежден равномерный в прошлом моховой покров — сейчас он пятнистый, отрастает багульник, от огня погибла практически вся брусника. Из разнотравья можно отметить лишь небольшое количество кипрея. Другие виды разнотравья крайне необильны — ве́йник тупоко́лосковый (*Calamagrostis obtusata*), линнея, местами обильно куртинами отрастает осока Ильина. Общее проективное покрытие живого напочвенного покрова составляет 50 %. Моховой покров представлен пирогенным видом — политрихум можжевельниковый (*Polytrichum juniperinum*), местами мох Шребера (*Pleurozium schreberi*) и дикран волнистый (*Dicranum undulatum*) заглушаются кустарничками.

На Олхинском плато пожар 2003 г. слабой интенсивности (пл. 5) в исследуемом лесном массиве уничтожил подрост; стогрели валеж и пни, наблюдается вывал березы. Повреждение нижних ярусов выразилось в деградации мохового покрова и снижении жизнеспособности черники. Прежние доминанты кустарничкового покрова (черника, брусника) имеют пятнистое распространение. Явно деградирует осока Ильина, брусника отмечена на корневых лапах, мхов нет. Из типичных сорно-гаревого видов можно отметить небольшое количество кипрея и ясколки (*Cerastium pauciflorum*).

Сводная характеристика объектов в Южном и Юго-Западном Прибайкалье, приведенная в табл. 1, показывает, что наиболее тяжелые лесоводственные последствия пожаров типичны для чистых кедровников, в которых нет примеси других лесобразующих пород. Так, на пробной площади с низовым пожаром высокой интенсивности монодоминантный кедровый древостой, несмотря на зрелый возраст, полностью погиб через 8 лет после огневого воздействия. При пожарах средней интенсивности в таких кедровниках усыхает 40–70 % деревьев. Низовой огонь слабой интенсивности сопровождается изреживанием кедровников на 20–40 %. Потери текущего прироста по запасу древесины в среднем пропорциональны снижению полноты древостоев.

Установлено, что 110–120-летние кедр через 7–8 лет после пожаров слабой и средней интенсивности сохраняют жизнеспособность, если высота предельного нагара на поверхности коры в среднем не превышает 0,8–1,0 м. У деревьев с более значительным обгоранием ствола происходило отмирание оснований крон. Термические поражения проводящих тканей сопровождались последую-

шим ослаблением деревьев, что внешне проявлялось в образовании подсушин на стволах и усыхании крон. Радиальный прирост выживших после огневого воздействия деревьев редуцировался сообразно сокращению объема живой части кроны. В преимущественном положении оказываются самые крупные деревья с относительно утолщенной корой. Кроме того, повышенный радиальный прирост регистрировался у единичных тонких деревьев. Впрочем, при более внимательном рассмотрении выяснилось, что это молодые кедры (кедровники обычно бывают разновозрастными), которые уцелели в локальных участках, где огонь ослабевал или останавливался.

Относительно устойчивы к пожарам кедровые насаждения, в напочвенном покрове которых обильно представлен бадан. Листья этого растения в вегетирующем состоянии абсолютно негоримы, поэтому крупные бадановые парцеллы способны задерживать продвижение низового огня. Примечательным в данном отношении оказалось 110-летнее кедрово-сосновое насаждение на обширной гари 2003 г. в Голоустненском лесничестве (пл. 6).

Растительный покров здесь характеризуется господством двух видов — бадана и черники. Распределение их в пространстве обусловлено различными микроусловиями среды. При практически ровной поверхности без выраженного уклона имеются каменистые участки с маломощными почвами и господством бадана с высокой степенью обилия. Участки с более сформированными почвами зарастают черникой с редкими спутниками (плауны, седмичник (*Trientalis europaea*), осока Ильина и зеленые мхи). Эти разные парцеллы определяют всю физиономию данного лесного сообщества. После воздействия сильного низового огня многие кедры погибли, но на отдельных участках с бадановым покровом сохранились не только взрослые деревья, но и небольшие биогруппы кедрового подроста. Однако в целом весь фитоценоз на данной площади, включая более огнестойкие элементы леса (сосну и лиственницу), был сильно поврежден пожаром, а полнота древостоя снизилась с 0,8 до 0,6.

Послепожарное формирование почв непосредственно связано с пирогенной трансформацией органогенных горизонтов, а их изменчивость служит индикатором воздействия пожара на почву. В результате изменяется характер типодиагностических поверхностных горизонтов почв. Формируется новый органогенный пирогенный горизонт (O_{pif}), который по химическим, физико-химическим свойствам и биологическому круговороту элементов очень сильно отличается от природных неизменных аналогов.

Анализ изменения строения морфологических профилей подзолов грубогумусовых показал, что если до воздействия пожара он был $O-AO-E-BHF-C$, то после пожара слабой и средней интенсивности стал $OL/O_{\text{pif}}-AO-E-BHF-C$. Пирогенно-измененный профиль почвы на участке леса, подвергнувшегося воздействию пожара высокой интенсивности, имеет вид $OL/O_{\text{pif}}-AO_{\text{pif}}-AE-BHF-C$. Следует отметить, что ландшафтные пожары в горах часто вызывают развитие необратимых деструктивных процессов, ведущих к разрушению почвы как природного тела.

По гранулометрическому составу исследуемые почвы легкосуглинистые (табл. 2). Почвы щебнисты (содержание щебня в нижних горизонтах достигает 80–90 %); в составе мелкозема преобладают фракции мелкого песка и крупной пыли. По физической глине элювиально-иллювиальная дифференциация выражена достаточно четко.

Основными характеристиками лесной подстилки являются их мощность, запас и фракционный состав. Различия в условиях формирования подстилок в пирогенно-преобразованных лесных экосистемах значительно отражаются на их зольности, содержании химических элементов и физико-химических свойствах.

Под пологом кедровников кустарничково-зеленомошных (пл. 1, 4) средняя мощность подстилки 2–4 см, запас — 21,4–24,8 т/га (абс. сухой вес). Во фракционном составе подстилки около половины веса приходится на труху (40–46 %), на долю мхов и лишайников — 17,4–20 %, фракции хвои, листьев и травы соответственно составляют 3,7–7,3; 1,4–6,3 и 4,0–4,9 %, грубые фракции (сучья, кора, шишки) — 20,5–24,8 % (рис. 2). На гари 2002 г. со средней интенсивностью пожара (пл. 2) мощность подстилки 2 см, запас 18,9 т/га. По сравнению с контролем подстилки на гаревом участке имеют иное соотношение фракций: мхи и лишайники — 9 %, хвоя — 4,6 %, грубая фракция — 34,8 %. Следует отметить, что крупные сучья, а также шишки и кора несут на себе следы пожара. Фракция листьев и травы составляет соответственно 3,5 и 8,6 %. На долю фракции древесных углей приходится 2 %, на долю трухи, которая состоит из тонкодисперсных древесных углей, перемешанных с серогумусовыми остатками разной степени разложения, — 37,5 %.

Восьмилетний период, прошедший после пожара высокой интенсивности (пл. 3), значительно изменил состав и структуру поверхностных органогенных и органогенных пирогенных горизонтов. Если учесть, что древостой погиб полностью, то это значительно повлияло на поступление хвои и

Таблица 2

Некоторые химические и физико-химические свойства подзолов грубогумусовых

Гори- зонт	Глубина, м	Содержание фракций, %		рН		Гумус, %	Обменные катионы			Гидроли- тическая кислот- ность	Степень на- сыщенности основания- ми, %
				водный	солевой		Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺		
		<0,001 мм	<0,01 мм							мг-экв/100 г почвы	
Разрез 14-25 (пл. 1)											
O	0-4	—	—	4,6	4,0	84,7*	37,2	10,0	9,1	56,3	45,6
AO	4-20	—	—	3,9	2,8	79,8*	28,6	6,9	27,5	73,7	32,5
E	20-27	10,2	23,2	4,0	2,9	6,6	2,7	0,6	9,9	17,0	16,3
BHF	30-40	11,7	24,4	5,1	4,0	2,6	0,6	0,8	3,2	3,6	28,0
C	45-55	8,9	17,8	5,9	4,8	0,9	0,4	0,6	0,8	1,0	50,0
Разрез 14-26 (пл. 2)											
OL/O _{pir}	0-2	—	—	5,0	3,7	73,3*	36,6	10,2	4,4	22,6	67,4
AO	2-15	—	—	3,8	3,2	79,6*	29,3	8,4	20,0	64,4	36,9
E	15-20	9,8	23,5	4,3	3,1	4,7	2,7	0,8	10,7	16,9	17,2
BHF	20-28	11,0	25,3	5,5	4,2	2,3	0,7	0,8	1,6	4,8	23,8
C	35-45	8,0	18,1	6,2	4,7	1,0	0,7	0,6	0,8	1,0	56,5
Разрез 14-27 (пл. 3)											
OL/O _{pir}	0-1	—	—	4,7	3,4	65,5*	34,2	12,4	6,8	28,8	61,8
AO _{pir}	1-4	—	—	4,9	3,8	48,1*	26,5	5,6	10,1	22,1	59,2
AE	4-10	13,5	27,8	4,6	3,8	9,0	12,5	3,7	10,8	16,0	50,3
BHF	10-29	13,2	29,6	5,7	4,3	2,2	0,7	0,9	0,5	3,4	32,0
C	40-50	7,8	18,0	5,8	4,2	0,9	0,7	0,5	0,5	1,0	54,5
Разрез 14-28 (пл. 4)											
O	0-2	—	—	4,8	4,0	85,5*	29,0	12,7	11,9	38,4	52,0
AO	2-13	—	—	4,1	3,1	81,3*	24,4	8,9	16,8	55,0	41,4
E	13-18	12,8	28,2	4,3	3,0	7,7	1,3	1,6	9,6	17,0	14,6
BHF	18-25	12,8	29,5	5,4	3,8	1,9	1,0	0,9	3,5	6,2	23,5
C	35-45	10,8	23,6	5,7	3,8	0,8	1,9	1,9	1,7	2,8	57,6
Разрез 14-29 (пл. 5)											
OL/O _{pir}	0-2	—	—	5,1	4,1	73,6*	29,6	9,2	4,1	33,7	53,5
AO	2-10	—	—	4,6	3,4	71,8*	24,5	6,6	12,8	45,9	40,4
E	10-14	13,3	27,4	4,5	3,9	3,2	1,7	1,0	4,2	10,3	20,8
BHF	14-22	13,3	29,4	5,6	4,1	1,0	1,1	0,8	1,0	5,1	27,1
C	35-45	10,1	24,3	6,1	4,3	0,6	1,6	1,1	0,4	2,5	51,9
Разрез 14-32 (6-1 — кедровая балановая парцелла)											
O	0-2	—	—	4,6	3,8	94,3*	22,0	9,4	4,7	28,7	52,2
AO	2-10	—	—	4,6	3,6	76,0*	16,8	5,7	6,8	48,1	31,9
E	10-14	12,4	23,6	4,6	2,9	4,0	2,0	1,1	13,3	17,0	15,4
BHF/C	20-30	18,8	27,1	5,1	3,6	2,2	1,6	0,9	8,4	15,5	13,9
Разрез 14-33 (6-2 — кедровая баланово-черничная парцелла)											
O	0-2	—	—	4,5	3,6	88,8*	18,4	8,9	6,3	49,2	35,7
AO	2-8	—	—	4,1	3,1	73,3*	11,6	5,3	10,7	42,0	28,7
E	8-14	8,5	23,9	4,4	2,9	3,7	2,0	2,8	12,1	22,3	17,0
BHF	20-30	13,8	25,5	5,1	3,5	1,9	1,3	1,2	3,7	11,7	17,6
C	40-50	16,7	27,7	6,0	4,4	0,9	0,6	1,5	0,8	2,9	42,0

Примечание. Прочерк — не определялось; звездочка — потеря при прокаливании.

листьев на поверхность и их участие в формировании поверхностного органогенного горизонта почвы. За этот период на поверхности сформировался маломощный (1 см) горизонт OL/O_{pir} с запасом 6,3 т/га. Грубогумусовый горизонт AO_{pir} мощностью 3 см местами сильно поврежден огнем и обогащен древесными углями.

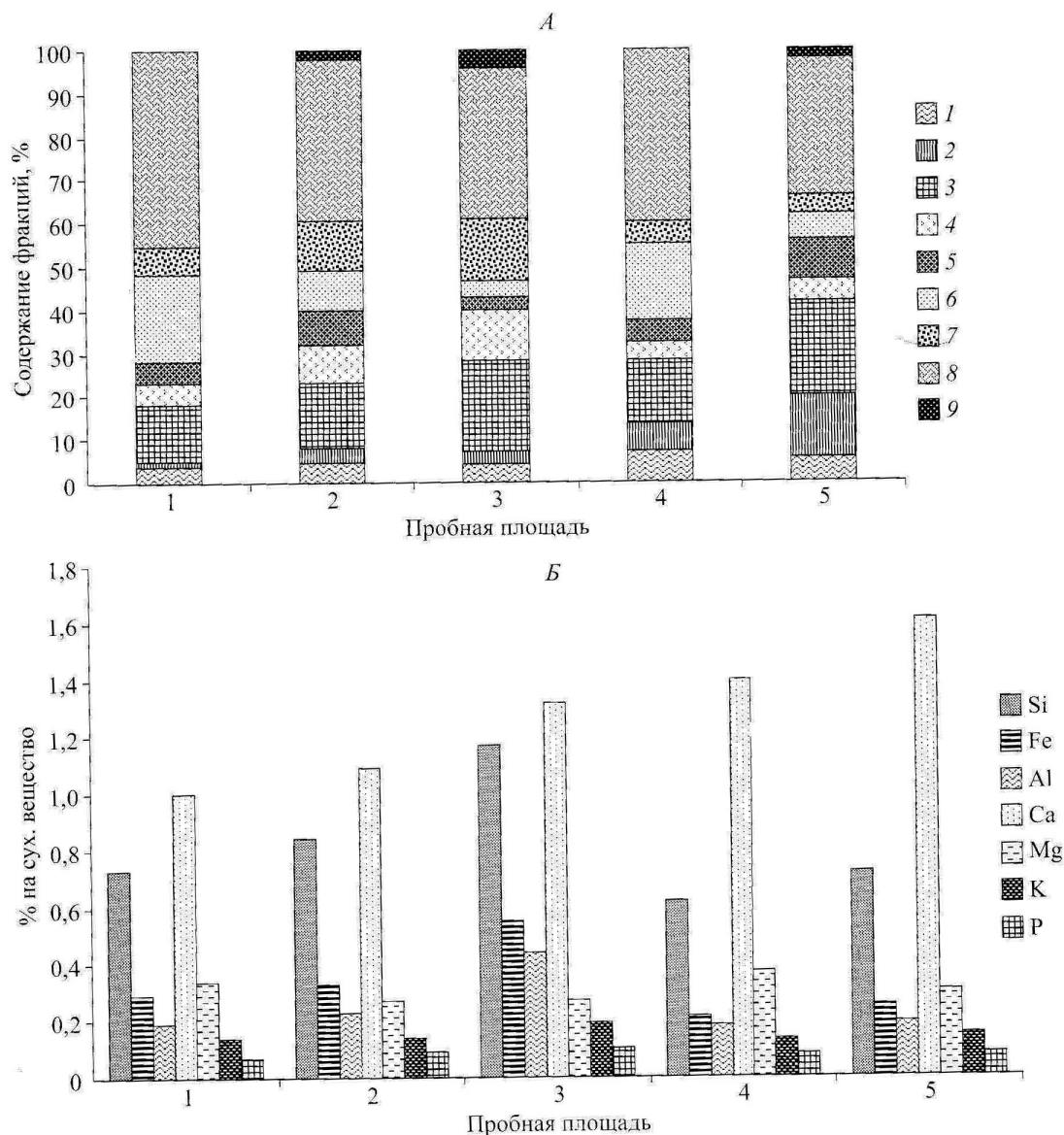


Рис. 2. Фракционный состав (А) и содержание зольных элементов (Б) в органических и органично-пирогенных горизонтах почв.

1 — хвоя, 2 — листья, 3 — сучья, 4 — трава, 5 — шишки, 6 — мох, 7 — кора, 8 — труха, 9 — угли.

Во фракционном составе горизонта OL/O_{pir} фракция мхов и лишайников составляет 3,6 %, фракции хвои, листьев и травы соответственно 1,0; 0,2 и 11,7 %, грубые фракции — 44,5 %. На долю фракции древесных углей приходится 4 %. Остальная часть (35 %) принадлежит фракции трухи, представляющей собой смесь тонкодисперсных древесных углей, перемешанных с органическими остатками и мелкоземом. На участке гари со слабой интенсивностью пожара (пл. 5) мощность поверхностного органического пирогенного горизонта (O_{pir}) составляет 2 см, а его запас 18,3 т/га. Во фракционном составе, по сравнению с лесом, на гари наблюдается относительное уменьшение фракции хвои, листьев, мхов и трухи, но в то же время увеличение грубой фракции. Фракция древесных углей составляет 2 %.

На пожарище 2003 г. 110-летнего кедрово-соснового баданово-черничного типа леса (пл. 6) в кедровой бадановой (6-1) и кедровой баданово-черничной (6-2) парцеллах средняя мощность подстилки равна 2 см, а ее запасы соответственно составляют 18,7 и 15,6 т/га. Во фракционном составе подстилки бадановой парцеллы более половины веса приходится на фракцию листьев (51 %), состоящую в основном из листьев бадана разной степени разложённости. Фракция трухи составляет 23,4 %, фракции хвои и травы — 4 и 2,5 %, грубые фракции — 17,1 % (рис. 3). В составе подстилки баданово-черничной парцеллы фракции хвои, листьев и травы соответственно равны 9,1; 14 и 7,1 %, доля грубой фракции составляет 35,1 %, трухи — 28 %, в составе трухи имеется тонкодисперсный древесный уголь.

В процессе горения лесной подстилки часть углерода и азота улетучивается в атмосферу. Установлено, что на 7–8-летних гарях со слабой и средней интенсивностью пожара в кустарничково-зеленомошных кедровниках потеря углерода из лесной подстилки составляет 2414,1–3575,9 кг/га, или 26–34 %, а азота — 56,1–60,7 кг/га, или 24–27 %. При пожарах высокой интенсивности потеря углерода 8439,5 кг/га, или 80 %, азота 140 кг/га, или 63 %. Это вполне согласуется с данными многих исследователей [10–12].

Известно, что подстилки представляют собой саморегулирующуюся систему, где состав и структура химических элементов отражают характер биологического круговорота веществ между почвой и растительностью. Как показали исследования, на контрольных участках в кедровниках кустарничково-зеленомошного типа зольность подстилок равна 14,97–15,44 %. На гарях со слабой и средней интенсивностью пожара зольность подстилок составляет соответственно 18,17 и 24,75 %. На участке кедрового леса, пройденного пожаром высокой интенсивности, зольность поверхностного органогенного пирогенного горизонта OL/O_{pir} — 34,86 %. В целом подстилки в исследуемых кедровых насаждениях и на гарях отличаются низким содержанием зольных элементов. Однако наблюдаются различия в содержании элементов в зависимости от интенсивности пожаров и постпирогенной направленности сукцессионных процессов живого напочвенного покрова.

Пожар слабой и средней интенсивности привел к заметному возрастанию концентрации химических элементов в горизонтах O/O_{pir} . Даже спустя 7–8 лет после пожара по сравнению с контролем концентрация Si на этих участках увеличилась в 1,15–1,16 раза, Fe в 1,14–1,19; Al в 1,05–1,21; Ca в 1,09–1,15; K в 1,15 и P в 1,28 раза. В то же время концентрация Mg снизилась в 1,2–1,25 раза (см. рис. 2). В поверхностном органогенном пирогенном горизонте OL/O_{pir} , образовавшемся после воздействия огня высокой интенсивности (пл. 3), наблюдается более высокая концентрация химических элементов по сравнению с контролем: Si в 1,6 раза; Fe в 1,9; Al в 2,31; Ca в 1,32; K в 1,35; P в 1,42 раза. Концентрация Mg снизилась в 1,25 раза. Поверхностные органогенные горизонты почв в кедровой бадановой и баданово-черничной парцеллах (пл. 6) имеют зольность соответственно 13,51 и 19,61 %. По содержанию химических элементов эти горизонты несколько различаются: ряд накопления элементов в бадановой парцелле — $Ca > Si > Mg > K > Fe > Al > P$, а в баданово-черничной — $Ca > Si > Fe = Al > Mg > K > P$ (см. рис. 3).

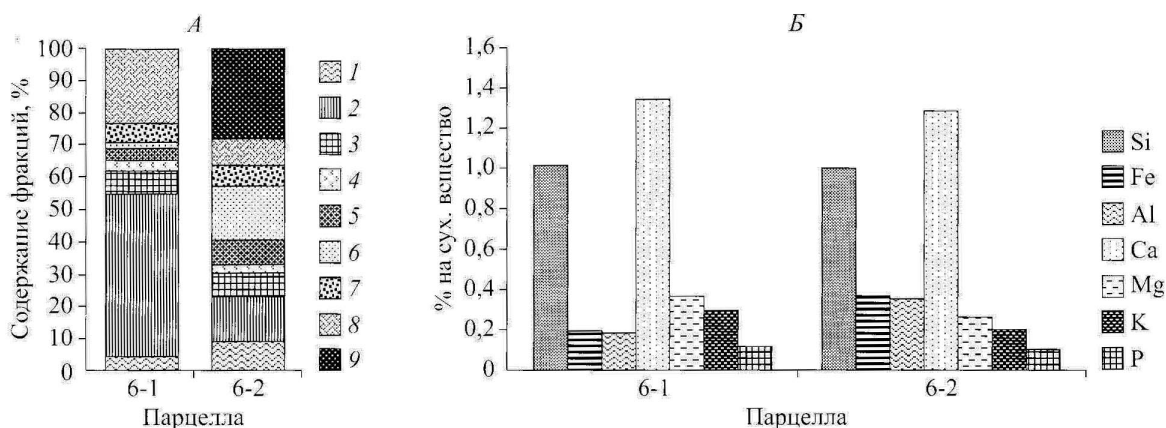


Рис. 3. Фракционный состав (А) и содержание зольных элементов (Б) в органогенных и органогенно-пирогенных горизонтах почв парцелл.

Парцеллы: 6-1 — кедровая бадановая, 6-2 — кедровая баданово-черничная, 1–8 — см. на рис. 2, А.

Почвы характеризуются высоким содержанием гумуса в аккумулятивном горизонте. С глубиной содержание его снижается (см. табл. 2). Ощутимые величины гумуса в минеральных горизонтах объясняются его большой подвижностью в условиях кислой среды. Гидролитическая кислотность наиболее высокая в лесной подстилке и грубогумусовом горизонте, где она достигает 38,4–73,7 мг-экв/100 г почвы. Несмотря на то, что органогенные и грубогумусовые горизонты по сравнению с минеральными выделяются большим содержанием обменных катионов, они не насыщены ими из-за значительного присутствия обменного водорода.

Пирогенная трансформация органогенных горизонтов почв сопровождается сдвигом кислотности в сторону нейтрализации кислых растворов. Семи-восьмилетний период после пожаров значительно нивелировал разницу в кислотности органогенных и органогенных пирогенных горизонтов. Они на всех исследованных объектах характеризуются кислой реакцией pH. Однако если под пологом кедровых древостоев на контрольных пробных площадях в подстилках $pH_{вод}$ равен 4,6–4,8, то на пожарах поверхностные горизонты O/O_{pir} даже спустя 7–8 лет после пожара имеют $pH_{вод}$ 5,0–5,1. Разница в кислотности отмечается только в органогенном слое, нижние горизонты имеют реакцию, близкую соответствующим горизонтам ненарушенной лесной почвы. Кислая реакция среды отмечена также в горизонтах OL/O_{pir} и AO_{pir} на участке кедрового леса, подвергнувшегося пожару высокой интенсивности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на близкие к оптимальным условия увлажнения, кедровники Южного Прибайкалья в засушливые годы подвергались пожарам, которые являются основным деструктивным фактором в их динамике. В отличие от светлохвойных пород, кедр даже в зрелом возрасте погибает не только от верховых, но и от интенсивных низовых пожаров. Воздействие низового огня слабой и средней интенсивности сопровождается усыханием многих деревьев, а жизнеспособность выживших после пожара кедров зависит от характера и тяжести огневых повреждений. Как правило, деревья с высотой нагара на стволах более метра и с термическими поражениями крон усыхают через 5–7 лет после пожара, а древостой превращается в редицу. Продуктивность (запас и текущий прирост древесины) падает в послепожарных кедровниках пропорционально снижению полноты древостоя. Жизнеспособность выживших кедров можно объективно диагностировать по изменениям радиального прироста. Но для практических целей при проведении рубок ухода достаточно визуально ориентироваться на высоту нагара и состояние кроны у кедров.

В Южном Прибайкалье низовые пожары подстильно-гумусового вида резко меняют морфологический облик верхней части почвенного профиля подзолов грубогумусовых, широко распространенных в почвенном покрове кедровых лесов. В первую очередь эти изменения наблюдаются в поверхностных органогенных и грубогумусовых ($O + AO$) горизонтах почв за счет их выгорания. В результате изменяется характер типодиагностических поверхностных горизонтов почв. Формируются новые маломощные органогенные пирогенные горизонты (O_{pir} , OL/O_{pir} , AO_{pir}), которые по химическим, физико-химическим свойствам и биологическому круговороту зольных элементов значительно отличаются от естественных аналогов.

При низовых пожарах слабой и средней интенсивности в кустарничково-зеленомошных кедровниках потеря углерода из лесной подстилки в атмосферу составляет 26–34 %, азота — 24–27 %, при пожарах высокой интенсивности — 80 и 63 % соответственно. Большое содержание золы приводит к снижению актуальной кислотности и увеличению концентрации в поверхностных горизонтах O_{pir} , OL/O_{pir} , AO_{pir} зольных элементов. Эти изменения в постпирогенных почвах сохраняются достаточно длительное время.

Восстановление в регионе кедровников на гарях идет через смену лиственными насаждениями. На образование второго яруса или самостоятельных насаждений из кедра обычно уходит время, сопоставимое с полным жизненным циклом одного поколения лиственных пород. Хозяйственное регулирование данного процесса, а тем более внедрение инноваций, лимитируется в настоящее время весьма слабой экономикой и низкой интенсивностью лесного хозяйства.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (08-04-00027).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев А. В., Горбатенко В. М., Краснощёков Ю. Н. и др. Средообразующая роль лесов бассейна озера Байкал. — Новосибирск: Наука, 1979. — 255 с.
2. Евдокименко М. Д. Потенциальная пожароопасность лесов в бассейне оз. Байкал // Лесоведение. — 1991. — № 5. — С. 14–25.
3. Евдокименко М. Д. Природа пожаров в байкальских лесах и совершенствование их противопожарной охраны // Леса бассейна Байкала. — Красноярск: Изд-во Ин-та леса СО РАН, 2008. — С. 159–227.
4. Сукачёв В. Н., Зонн С. В. Методические указания по изучению типов леса. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — 144 с.
5. Дылис Н. В. Программа и методика биогеоэкологических исследований. — М.: Наука, 1974. — 404 с.
6. Родин Л. Е., Ремезов Н. П., Базилевич Н. И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. — Л.: Наука, 1968. — 143 с.
7. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. — 486 с.
8. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследований физических свойств почв и грунтов. — М.: Высш. шк., 1973. — 399 с.
9. Классификация и диагностика почв России / Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И.. — Смоленск: Ойкумена, 2004. — 342 с.
10. Горбачёв В. Н., Дмитриенко В. К., Попова Э. П., Сорокин Н. Д. Почвенно-экологические исследования в лесных биогеоценозах. — Новосибирск: Наука, 1982. — 185 с.
11. Уткин А. И. Влияние огня на природу и формирование лиственничников Центральной Якутии // Лесн. хозяйство. — 1965. — № 1. — С. 46–50.
12. Тарабукина В. Г., Саввинов Д. Д. Влияние пожаров на мерзлотные почвы. — Новосибирск: Наука, 1990. — 120 с.

Поступила в редакцию 10 января 2012 г.