

## Послепожарное функционирование лесных экосистем в Восточном Прибайкалье

Ю. Н. КРАСНОЩЕКОВ, М. Д. ЕВДОКИМЕНКО, Ю. С. ЧЕРЕДНИКОВА, М. В. БОЛОНЕВА\*

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН  
660036, Красноярск, Академгородок  
E-mail: kyp47@mail.ru*

*\* Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН  
670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6*

### АННОТАЦИЯ

Дан анализ результатов экспериментальных исследований послепожарной динамики лесных экосистем в Восточном Прибайкалье. Показано негативное воздействие низовых пожаров подстильно-гумусового вида на рост и производительность древостоев. Приведены характеристика нижних ярусов растительности и изменения почвенных параметров под влиянием пожаров разной интенсивности и давности.

**Ключевые слова:** Восточное Прибайкалье, низовые пожары подстильно-гумусового вида, пирогенные сукцессии растительности, морфология почв, запас и фракционный состав подстилки, органические пирогенные горизонты почв, зольные элементы, физико-химические свойства почв.

Лесные экосистемы Восточного Прибайкалья формируются при регулярном воздействии пирогенного фактора. По тяжести и масштабности воздействия антропогенных факторов на лесные экосистемы первенство принадлежит пожарам. Ландшафтные пожары, охватывающие в Восточном Прибайкалье экосистемы разного ранга, вызывают сложные изменения в составе, структуре и производительности лесов, формируют сукцессионные стадии их восстановления, влияют на послепожарное формирование насаждений и динамику прироста древостоев. При любом пожаре в сферу горения попадают напочвенный покров и органические горизонты почв. При сильном огневом воздействии

на почву и малой мощности органического горизонта происходит прокаливание верхнего органоминерального либо минерального горизонтов. Изменение свойств почв после пожаров обусловлено действием высоких температур и одновременным поступлением на поверхность почвы золы от сгорания подстилки и других горючих материалов. Пиролиз подстилок сопровождается уменьшением их мощности, запасов, существенно изменяется фракционный состав, что в дальнейшем влияет на свойства почв, особенно их верхних горизонтов. В результате изменяется характер типодиагностических поверхностных горизонтов почв. Формируется новый маломощный (не более 1 см) органический пирогенный горизонт ( $O_{\text{pir}}$ ), который по химическим, физико-химическим свойствам и биологическому круговороту элементов очень сильно отличается от природных неизмененных аналогов.

Краснощеков Юрий Николаевич  
Евдокименко Михаил Данилович  
Чередникова Юлия Сергеевна  
Болонева Мария Владимировна

В литературе неоднократно отмечалось, что пожары следует включить в число важных факторов, влияющих на развитие и функционирование лесных экосистем [1–4 и др.]. В бассейне оз. Байкал, куда относится район исследований, наиболее полно изучено влияние пожаров на формирование древостоев и сукцессионные стадии формирования живого напочвенного покрова [5–7 и др.]. Слабоизученным остается вопрос о влиянии огня на почву [8, 9]. Для объективной экологической оценки современного состояния лесных экосистем представляют интерес сопряженные данные исследования послепожарного функционирования лесных экосистем – постпирогенной трансформации свойств лесных почв, а также сукцессионных изменений в растительном покрове в относительно однородных климатических и геолого-геоморфологических условиях, что имеет большое значение для понимания путей восстановительной динамики компонентов лесных экосистем и прогноза их состояния при разном воздействии пирогенного фактора.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на северо-западном макросклоне хр. Улан-Бургасы в пределах Кикинского лесхоза Республики Бурятия, наиболее репрезентативного по современному уровню горимости лесов в Восточном Прибайкалье. Около 25 % лесной площади занято послепожарными мелколиственными насаждениями разного возраста. Опытные участки заложены на крупном пожарище 2003 г., где в течение трех дней огонь уничтожил и повредил 26 тыс. га насаждений, что составило около 8 % от общей площади лесхоза.

Первая серия пробных площадей (ПП) заложена в высотном поясе горно-таежных светлохвойных лесов, в сосняках рододендрово-бруснично-разнотравных, в интервале высот 800–850 м над ур. м. ПП1 – (контроль) заложена в нижней части склона второстепенного хребта северо-восточной экспозиции крутизной 8–10°. Состав древостоя – 9С1Л, полнота – 0,6, возраст 80 лет. ПП2 – на участке сосняка, пройден-

ного пожаром высокой интенсивности в 2003 г. Пробная площадь расположена в средней части склона северо-восточной экспозиции крутизной 10–12°. Погибло 25 % деревьев. ПП3 – свежая гарь 2007 г., участок соснового рододендрово-бруснично-ксерофитно-разнотравного типа леса (состав 10С+Л,Б), пройденного пожаром высокой интенсивности. Погибло около 70 % деревьев. Пробная площадь заложена в нижней части склона второстепенного хребта юго-восточной экспозиции крутизной 25–30°. В почвенном покрове распространены серогумусовые типичные хрящевато-легкосуглинистые почвы.

Вторая серия пробных площадей заложена в высотном поясе горно-таежных темнохвойных лесов, в кедровниках чернично-зеленомошных. Пробные площади расположены в средней части склона северо-западной экспозиции крутизной 10–12° в интервале высот 1450–1480 м над ур. м. ПП4 – (контроль) заложена под пологом кедровника, состав 8К2С+Б,Е,П, полнота древостоя 0,6, возраст 120 лет. ПП5 – на участке кедровника, пройденного пожаром высокой интенсивности в 2003 г. Погибло 85 % деревьев. В почвенном покрове представлены подбуры грубогумусированные хрящевато-среднесуглинистые.

При постановке исследований заложили пробные площади и дали их лесоводственно-геоботаническую характеристику согласно методическим указаниям [10, 11]. На пробных площадях определили давность и интенсивность пожара по высоте нагара (обугливания) на стволах деревьев, степени повреждения крон, полноте сгорания горючих материалов и др. Радиальный прирост деревьев измерили по цилиндрическим образцам древесины (кернам), высверливаемым из периферической зоны ствола (4–5 см) с помощью возрастного бура. Образцы взяли на стандартной высоте 1,3 м, принятой для измерения диаметра деревьев. Трансформацию прироста установили сравнением его величины за трехлетние до- и послепожарный периоды. Учет мощности, запаса, фракционного состава подстилки и определение ее зольного химического состава выполнены по Л. Е. Родину с соавт. [12], физико-химические

и химические свойства почв определены по Е. А. Аринушкиной [13].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Типологический фон исследованных сосняков составляют леса рододендрово-брусничного цикла типов леса с древостоями средней производительности. Для них характерна примесь лиственницы и березы, редко – темнохвойных пород. При длительном (20 лет и более) отсутствии пожаров образуется благонадежный подрост из куртин сосны, а также подрост березы и осины, что достаточно для успешного возобновления леса.

В видовом составе нижних ярусов преобладают *Rhododendron dahuricum*, *Duschekia fruticosa* и кустарничками в покрове. Большое участие принимают виды разнотравья – *Lathyrus humilis*, *Galium boreale*, *Iris ruthenica*, *Geranium pseudosibiricum*, *Trifolium lupinaster*, *Rubus saxatilis*, *Vicia venosa*, *Vicia baikalensis*, *Carex eriocetorum*, *Linnaea borealis*, *Trollius asiaticus* и др. Моховой покров отсутствует. Проективное покрытие живого напочвенного покрова 80 %. Данное сообщество занимает большие площади на относительно ровных участках в Кика-Зезивандинской и Котокельской впадинах.

Если судить по измеренным на пробных площадях огневым повреждениям деревьев (по высоте нагара на стволах), интенсивность пожара была преимущественно средней и высокой. Преобладающая высота пламени 1,5–2,0 м.

Известно, что интенсивность горения при лесных пожарах отличается импульсивностью в связи с порывами ветра, неравномерностью структуры и сомкнутости нижних ярусов насаждений, изменчивостью запаса и фракционного состава напочвенных горючих материалов. Интенсивность горения усиливается в биогруппах хвойных деревьев и в местах концентрации хвойного подроста и пожароопасных кустарников.

Наблюдения за состоянием насаждений на всех пробных площадях в сосновых насаждениях свидетельствуют о тяжелых нарушениях, вызываемых сильным низовым огнем. Подрост и подлесок уничтожены полностью. В основном ярусе также произошли деструктивные потери. Древостои сильно изрежены.

Полнота сосняков снизилась в среднем на 40–50 %, поскольку отпад – усыхание деревьев – протекает преимущественно за счет отставших в росте особей, хотя и господствующей части ценоза огонь причинил заметные повреждения. Отмечено повреждение 30 % и более от общего объема крон как у сосны, так и у кедра. Это означает существенное сокращение ассимиляционного аппарата, что функционально детерминирует понижение прироста деревьев.

Средняя высота кольцевого нагара на деревьях сосны соответствует указанной средней высоте огня, но предельный односторонний нагар, вызываемый завихрениями пламени, достигал 4–6 м, т. е. простирался выше уровня распространения корки на поверхности древесных стволов. В зависимости от длительности огневого и термического воздействия у некоторой части деревьев происходило омертвление луба с образованием односторонних подсушин. Глубокие огневые травмы в прикомлевой части стволов немногочисленны. Они приурочены обычно к каким-либо прежним поражениям стволов, включая и ранее полученные огневые травмы.

Продукционный процесс горевших деревьев существенно ослаблен по сравнению с допожарным периодом (табл. 1). Темп их прироста зависит от размеров и ценотического положения. Снижение полноты древостоев, вызванное пожаром, следует оценивать как дигрессивный процесс для сосновых насаждений.

Анализ совмещенного распределения деревьев по интервалам прироста и огневых повреждений свидетельствует об их закономерной связи. Наблюдается обратная зависимость, но строгой пропорциональности в ней не прослеживается. Наиболее высокие значения коэффициентов корреляции и корреляционных отношений установлены применительно к связи изменений прироста с высотой пожелтения кроны ( $r = -0,76$  и  $0,85$ ) и с предельным нагаром на стволе ( $r = -0,73$  и  $0,75$ ). Интервалы варьирования указанных признаков достаточны для выделения в древостое нескольких категорий по степени огневых повреждений, что важно для проведения ухода за насаждениями в

Изменение радиального прироста деревьев сосны и кедра после низового пожара

Диаметр деревьев, см	Радиальный прирост, мм					
	ПП1	ПП2	ПП3		ПП4	ПП5
			до пожара	после пожара		
8	–	–	1,0	0,5	–	–
12	1,3	0,9	2,4	1,6	–	–
16	2,2	1,4	4,6	2,9	4,2	1,4
20	3,2	1,8	5,9	3,4	2,8	1,1
24	4,3	2,0	6,8	3,9	2,2	1,0
28	5,2	2,4	–	–	2,3	1,1
32	5,8	2,6	–	–	2,7	1,2
36	6,1	2,8	–	–	3,2	1,4

плане их оздоровления. Высокая корреляционная зависимость между отмеченными показателями и изменениями прироста свидетельствует о возможности надежной диагностики общей жизнеспособности деревьев после низового пожара по легко определяемым внешним признакам.

Пожар любой интенсивности вследствие неизбежного отпада части деревьев снижает запас древесины. На его восполнение приростом требуется определенный период времени, длительность которого зависит как от потерь древесины, так и от величины текущего прироста в послепожарный период. Между тем суммарный прирост в исследуемых насаждениях снизился в связи с уменьшением численности деревьев (носителей прироста), а также худшим ростом ослабленных огнем деревьев. При тяжелых нарушениях древостоев восстановление их нормальной полноты и запаса пролонгируется, либо исключается вовсе повторными пожарами.

По данным А. В. Побединского [14], одни и те же сосновые насаждения Прибайкалья и Забайкалья подвергались воздействию огня от 11 до 17 раз в XIX в., а в последующие 60 лет пережили еще от 6 до 10 пожаров. Частая повторяемость пожаров в регионе – одна из причин низкой производительности древостоев из-за ухудшения лесорастительных свойств почв [15]. В подобной обстановке складываются предпосылки для перманентной дигрессии сосновых лесов.

Полученные общие зависимости периодов восстановления допожарной полноты в реальном диапазоне изреживания, наблюдаемом после низовых пожаров разной интенсивности в сосновых древостоях в бассейне оз. Байкал, показаны на рис. 1. Слабое (до 10 %) изреживание компенсируется древостоем в приемлемые по хозяйственным критериям сроки, близкие к повторяемости рубок ухода. Чем старше древостой, тем слабее потенциал восстановления исходной сомкнутости и полноты. Интенсивное изреживание (20–30 %) относительно благополучно переносится сосняками 80–100-летнего

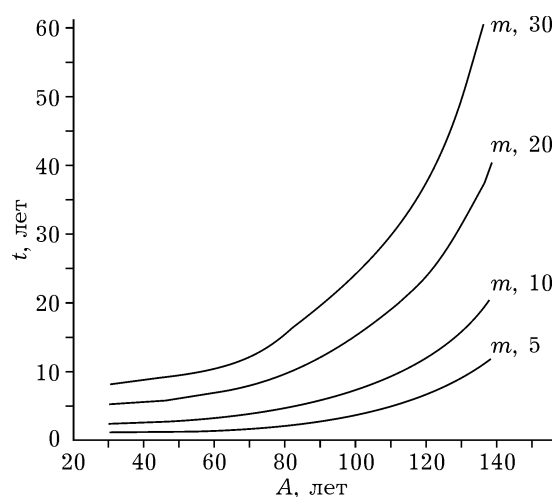


Рис. 1. Зависимость периодов восстановления допожарной полноты сосновых древостоев ( $t$ , лет) от их возраста ( $A$ , лет) и степени изреживания ( $m$ , %)

возраста, который можно считать критическим в отношении реакции насаждения на сильное повреждение огнем. Восстановление полноты старых древостоев, пострадавших от интенсивного пожара, растягивается на длительное время, в течение которого обычно возникают повторные сильные пожары. Для старых поколений данный процесс следует рассматривать лишь гипотетически. Более вероятным будет появление нового поколения (второго яруса или обособленных куртин сосновых молодняков) в тех местах, где почвенно-экологические условия благоприятствуют появлению самосева, а в иной обстановке – образование пустошей, либо смена пород.

На свежей гари сосняка напочвенный покров имеет мозаичный характер. В первые два-три месяца после пожара на сильно прогоревших участках проективное покрытие травяного покрова не более 5 %. Наблюдается отрастание отдельных многолетних видов, сохранивших корневую систему после пожара, которые преобладали и до него (*Vicia unijuga*, *Trifolium lupinaster*, *Carex pediformis*, *Pulsatilla patens*, *Artemisia tanacetifolia*, *Peucedanum baikalense*, *Festuca ovina* и др). Из видов гаревого разнотравья имеются единичные экземпляры *Chamerion angustifolium*; отрастает брусника (*Vaccinium vitis-idaea*) – доминант покрова допожарного сообщества.

Обследованные участки гарей 2003 г. выявили гибель древостоя лишь с единично сохранившимися экземплярами сосны с обгоревшими стволами и кронами (последние отрастают лишь наверху). Имеет место поросль березы и осины высотой до 200 см. Подроста и самосева хвойных нет. Происходит отрастание рододендрона, единично встречаются *Rosa acicularis*, *Salix* sp., *Spiraea media*, *Lonicera altaica*, *Sorbus sibirica*, *Daphne mezereum*. Травяно-кустарничковый ярус густой, с проективным покрытием до 90–100 %, достаточно равномерного распределения с пестрым набором видов. Их количество приближается к 40. Доминирующие в тайге виды (брусника, а также голубика, багульник) сохранились в меньшем обилии, а преобладают злаки (*Calamagrostis pavlovii*, *Brachypodium pinnatum*), *Carex macroura*, лесолуговое и

лесное мезофитное разнотравье – *Geranium albiflorum*, *Trollius asiaticus*, *Rubus saxatilis*, *Vicia baikalensis*, *Lathyrus humilis*, *Pulmonaria mollis*, *Sanguisorba officinalis*, *Iris ruthenica*, *Galium boreale*, *Aquilegia sibirica*, *Vicia venosa*, *Trifolium lupinaster*, *Viola uniflora*, а также представители крупнотравья – *Aconitum septentrionale*, *Filipendula palmata*, *Lilium martagon*, *Pleurospermum uralense*, *Bupleurum aureum*, *Veratrum lobelianum*, *Thalictrum minus*. Отсутствие конкуренции со стороны погибшего древостоя способствует разрастанию, а главное – богатству видового состава травостоя. В дальнейшем возможно усиление поросли лиственных и формирование производного насаждения с длительным периодом восстановления сосны.

Кедровники чернично-зеленомошные являются преобладающим типом кедровых лесов в Восточном Прибайкалье. Особенностью темнохвойной тайги района исследований является смешанный характер древостоев. При доминировании кедра практически во всех насаждениях имеется примесь лиственницы и сосны, что отличает темнохвойную тайгу хр. Улан-Бургасы от тайги влажных провинций Западного и Восточного Саяна, где на больших площадях сосредоточены как смешанные леса из кедра и пихты, так и монодоминантные насаждения [16]. Подлесок представлен жимолостью, ивами, кедровым стлаником и можжевельником сибирским, а в травяно-кустарничковом ярусе велика доля голубики и водяники при явном доминировании черники и брусники с равномерным распределением по площади. В небольшом количестве отмечается осока Ильина (*Carex iljinii*), хвощ луговой (*Equisetum pratense*), грушанка (*Pyrola asarifolia*). Покрытие мхов достигает 80–90 %. В видовом составе в основном *Pleurozium Schreberi* с примесью *Hylocomium splendens* и лишайников – *Peltigera aptosa*, *Cladonia stellaris*.

Прошедший в 2003 г. пожар уничтожил древостой, сохранилось всего 15 % деревьев, большей частью сильно ослабленных огнем. Подрост представлен порослью осины высотой до 100 см, имеются также ее всходы и трехлетние экземпляры. Редко встречаются “гнезда” кедра двухлетнего возраста. В сущности, данный участок представ-

ляет собой настоящую гать, поскольку, согласно принятым в лесоустройстве нормативам (относительная полнота древостоя менее 0,2), площадь считается обезлесенной. Единичные деревья кедра, сохранившие жизнеспособность, свидетельствуют о полной деструкции ценоза, а их роль в последующем лесообразовании может рассматриваться лишь в качестве источника семян при отсутствии ветровала.

Травяно-кустарничковый ярус сохранился фрагментами. Между ними либо мертвопокровные участки, либо участки пироженных политриховых мхов с остатками *Pleurozium Schreberi* и черники.

Растительность в основном представлена кипрейной стадией восстановления. К доминирующему кипрею в незначительном числе примешиваются кустарнички (брусника, черника, голубика), пятна *Carex globularis* и *Linnæa borealis*.

Послепожарное формирование почв непосредственно связано с пирогенной трансформацией органогенных горизонтов, и их изменчивость служит индикатором воздействия пожара на почву. Если до воздействия пожара морфологический профиль серогумусовых типичных почв имел строение О-АУ-АУС-С, то после стал О<sub>pir</sub>-АУ-АУС-С. Изменение в морфологическом облике почв под воздействием огня очень сильно выражено в подбурах грубогумусированных, широко распространенных в почвенном покрове кедровников чернично-зеленомошных. Так, если до пожара морфологический профиль почвы имел вид О-О<sub>ao</sub>-ВНФ-ВФ-С, то после стал О<sub>pir</sub>-ВНФ-ВФ-С. В данном случае пожар высокой интенсивности уничтожил поверхностные горизонты О и О<sub>ao</sub>.

Полученные данные в Восточном Прибайкалье в сосняках рододендроново-бруснично-разнотравных и на гаях разного возраста свидетельствуют, что под пологом сосняков мощность подстилки изменяется незначительно и в среднем составляет 2 см, а ее запас – 10,5 т/га. На свежей гари соответственно 1 см и 8,1 т/га. На гари 2003 г. мощность подстилки возрастает до 2 см, а ее запас – до 8,9 т/га.

Определение фракционного состава показало, что под пологом сосняка 32 % под-

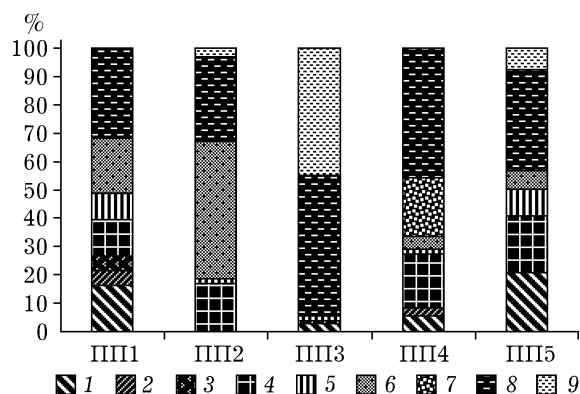


Рис. 2. Фракционный состав подстилок: 1 – хвоя; 2 – листья; 3 – шишки; 4 – сучья; 5 – кора; 6 – трава; 7 – мох, лишайник; 8 – труха; 9 – уголь

стилки приходится на разложившиеся растительные остатки, на грубые фракции (сучья, шишки, хвоя, кора) – 43,5 %. Фракция листьев и травы составляет около 20 % (рис. 2).

Как показали исследования, на свежей гари (стадия “черная гать”) абсолютное господство во фракционном составе вновь образованного поверхностного специфического органогенного пирогенного горизонта принадлежит фракции древесных углей. Для фракционного состава горизонта О<sub>pir</sub> характерна и большая доля (до 49 %) обугленной трухи, представляющей собой смесь тонкодисперсных древесных углей, перемешанных с мелкоземом и растительными остатками.

По сравнению со свежей на гари 2003 г. подстилки имеют иное соотношение фракций. Здесь абсолютное господство принадлежит фракции травы (49 %), а также грубой фракции (19 %). Наблюдается резкое сокращение фракции древесных углей – до 3 %.

В отличие от поверхностного органогенного горизонта сосновых лесов поверхностный подстильно-торфянистый горизонт в кедровниках чернично-зеленомошных имеет мощность 3 см и запас 7,5 т/га. Он состоит из смеси свежего или слабо разложившегося органического материала, в котором растительные остатки почти полностью сохранили свою исходную форму, и темного грубогумусового материала средней степени разложившимся с включением минеральных компонентов. Во фракционном составе подстилки около половины массы приходится на тру-

Содержание зольных элементов в лесных подстилках (над чертой – % на сухое вещество; под чертой – кг/га)

№ п/п	Зольность, %	Si	Fe	Al	Ca	Mg	Mn	P	K
1	13,71	0,97	0,36	0,27	1,29	0,30	0,06	0,07	0,07
		101,85	37,80	28,35	135,45	31,50	6,30	7,35	7,35
2	28,44	1,25	0,55	0,54	1,54	0,41	0,06	0,10	0,11
		111,25	48,95	48,06	137,06	36,49	5,34	8,90	9,79
3	55,00	1,83	0,98	0,95	3,22	0,64	0,07	0,15	0,26
		148,23	79,38	76,95	260,82	51,84	5,67	12,15	21,06
4	9,86	0,55	0,46	0,30	1,47	0,23	0,04	0,08	0,02
		41,25	34,50	22,50	110,25	17,25	3,00	6,00	1,50
5	33,31	0,90	0,74	0,60	2,39	0,38	0,06	0,14	0,10
		42,30	34,78	28,20	112,33	17,86	2,82	6,58	4,70

ху (46 %), на долю мхов и лишайников – 20, на грубые фракции – 12, фракция листьев и травы составляет 7,2 %.

На гари 2003 г. мощность подстилки не более 1 см, запас 4,7 т/га. Фракционный состав горизонта  $O_{pir}$  следующий, %: фракция трухи – 35, грубая фракция – 50, мхи и лишайники – около 0,5, древесные угли – 7,5.

В Восточном Прибайкалье подстилки чернично-зеленомошных кедровников характеризуются более низкой зольностью, чем формирующиеся в сосновых насаждениях (табл. 2). В целом, подстилки в исследуемом кедровнике отличаются низким содержанием зольных элементов. Ряд накопления зольных элементов в подстилке кедровника чернично-зеленомошного следующий:  $Ca > Si > Fe > Al > Mg > P > Mn > K$ . По сравнению с кедровником в сосняке химические элементы в рассматриваемом горизонте выстраиваются в следующий ряд:  $Ca > Si > Fe > Mg > Al > P = K > Mn$ .

При сгорании подстилки и живого напочвенного покрова происходит высвобождение большого количества зольных элементов. На свежей гари сосняка отмечено увеличение в горизонте  $O_{pir}$  Ca – в 2,5; Si – 1,9; Mg – 2,1; Fe – 2,7; Al – 3,5; K – 3,7; P – 2,1 и Mn – в 1,2 раза по сравнению с их концентрацией в подстилке сосняка до пожара. Хотя на гари 2003 г. концентрация зольных элементов в подстилке и выше, но по отдельным ингредиентам приближается к концентрации их в подстилках сосняка на контроле: Ca в 1,2; Si – 1,3; Mg – 1,4; Fe – 1,5; Al – 2,0; K – 1,6;

P – 1,4; Mn – в 1,0 раза. Такое резкое изменение в соотношении накопления зольных элементов в органогенном горизонте старой гари связано прежде всего с их выщелачиванием поверхностным жидким стоком, а также с хорошо развитым травяно-кустарничковым ярусом, влияющим на запас, фракционный и химический состав вновь образующейся подстилки.

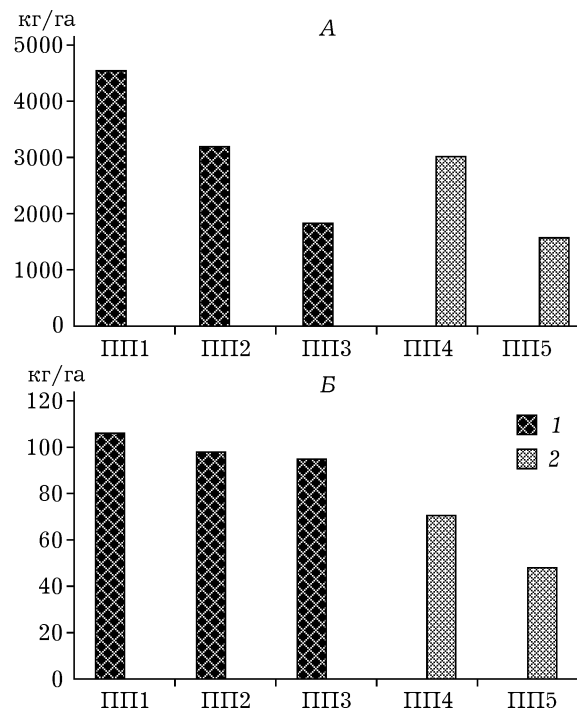


Рис. 3. Запасы углерода (А) и азота (Б) в лесных подстилках. Здесь и на рис. 4: 1 – сосняки; 2 – кедровники

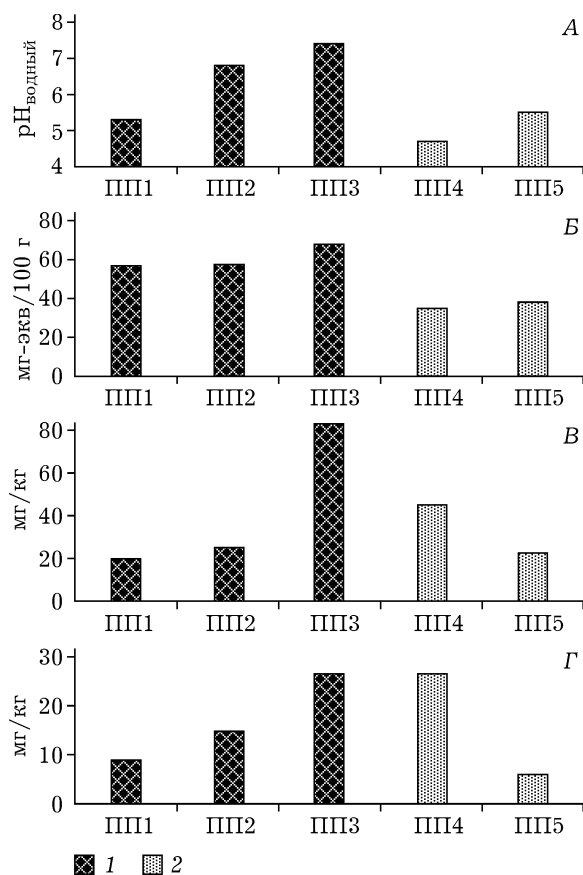


Рис. 4. Некоторые физико-химические и химические свойства подстилок: А – актуальная кислотность; Б – обменные катионы  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ; В – подвижный  $\text{N-NH}_4$  и Г – подвижный  $\text{N-NO}_3$

На гари 2003 г. в кедровнике чернично-зеленомошном концентрация зольных элементов в горизонте  $\text{O}_{\text{pir}}$  остается выше по сравнению с таковой в подстилке до пожара: Са в 1,6; Si – 1,6; Mg – 1,7; Fe – 1,6; Al – 2,0; К – 5,0; Р – 1,8; Mn – в 1,5 раза.

В процессе горения лесной подстилки часть углерода и азота улетучивается в атмосферу. Установлено, что на свежей гари сосняка потеря углерода из лесной подстилки составляет 2707,2 кг/га, или 59,8 %, а азота – 11,3 кг/га, или 10,6 % (рис. 3). На 5-й год после пожара при условии полного зарастания гари травяно-кустарничковым покровом потеря углерода по сравнению с контролем составляет 29,7, а азота 7,7 %.

На пятилетней гари кедровника чернично-зеленомошного потеря углерода из лесной подстилки составила 48, а азота – 32 %.

Изменение кислотности подстилки наиболее заметно в год пожара. Пиролиз органического вещества сопровождается сдвигом реакции среды в сторону нейтральной или подщелачивания растворов. Так, если под пологом сосняка в подстилке реакция среды кислая (рН 5,3), то после пожара в поверхностном горизонте  $\text{O}_{\text{pir}}$  она стала слабощелочной (рН 7,4). Большая разница в кислотности отмечается только в слое подстилки, нижние органоминеральные и минеральные горизонты имеют реакцию, близкую соответствующим горизонтам лесной почвы. На гари 2003 г. как в сосняке, так и в кедровнике подстилки имеют реакцию среды либо нейтральную, либо слабокислую (рис. 4).

В качестве положительного влияния пожара на почвы большинство исследователей отмечают увеличение в почвенном поглощающем комплексе кальция, а также подвижных минеральных соединений азота –  $\text{N-NH}_4$  и  $\text{N-NO}_3$  в поверхностных горизонтах.

Как и следовало ожидать, на пожарищах как в сосновых, так и в кедровых лесах Восточного Прибайкалья поверхностные органические пирогенные горизонты почв характеризуются повышенным содержанием обменных катионов ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ). Сопоставление подвижных минеральных форм азота –  $\text{N-NH}_4$  и  $\text{N-NO}_3$  показало, что на свежей гари сосняка в горизонте  $\text{O}_{\text{pir}}$  наблюдается максимальное их количество, однако на 5-й год – значительное снижение (см. рис. 4). Отмеченная тенденция к увеличению подвижных минеральных форм азота в органическом пирогенном горизонте на пожарищах, свойственная сосновым насаждениям, не выражена в кедровых лесах. Здесь после пожара высокой интенсивности почти полностью выгорают органические горизонты ( $\text{O} + \text{Oao}$ ), а вновь образованный маломощный горизонт  $\text{O}_{\text{pir}}$  относительно беден этими соединениями.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лесные пожары являются мощным внешним фактором, влияющим на развитие и функционирование лесных экосистем. Интенсивные низовые пожары в Восточном При-



байкалье оказывают негативное влияние на продукционный процесс насаждений и сопровождаются изреживанием древостоев, ослаблением их прироста, а в результате многократных повреждений огнем – снижением общей производительности. В типичных горных ландшафтах, характеризующихся доминированием светлохвойной тайги, интенсивные пожары на крутых инсолируемых склонах приводят к локальному обезлесению. Крупные ландшафтные пожары с присущей им неравномерностью пирогенных последствий оставляют за собой мозаику из участков погибших насаждений на фоне поврежденного, но жизнеспособного леса.

В Восточном Прибайкалье в сосняках рододендрово-брусничного цикла типов леса в первый год после пожара на стадии “черной гари” начинается разрастание кипрея и травянистых многолетников с мощной корневой системой. Через 5 лет после пожара резко снижается ценотическая значимость кипрея, увеличивается значимость лесного разнотравья. На гарях в таежных кедровых лесах кипрейная стадия сукцессии растительности более выражена и растягивается на более длительный период, чем в сосняках.

Обследованные гари 2003 г. в древостоях, отличающихся по их высотно-поясному положению и, соответственно, по эдификаторным породам, имеют общую тенденцию восстановления через листовенную стадию с последующим усилением роли коренных пород. Богатство видового состава сосновой гари по сравнению с затянувшейся кипрейной стадией и не вполне возобновившимся после огня травяно-кустарничковым ярусом в кедровнике свидетельствует о различии лесорастительного потенциала двух подразделений горно-таежных лесов исследуемой территории.

Низовые пожары подстилочно-гумусового вида резко изменяют морфологический облик верхней части почвенного профиля. В результате изменяется характер типодиагностических поверхностных горизонтов почв. Формируется новый маломощный органогенный пирогенный горизонт ( $O_{pir}$ ), который по химическим, физико-химическим свойствам и биологическому круговороту зольных эле-

ментов отличается от природных аналогов. Под влиянием огня возникают изменения в пространственной организации их лабильных свойств (рН, содержание  $C_{org}$ , обменных катионов, валовых и подвижных форм азота и др.). В результате низового пожара высокой интенсивности в таежных сосновых и кедровых лесных экосистемах из лесной подстилки в атмосферу потеря углерода составляет 40–60, азота 10–30 %. При сгорании подстилки и живого напочвенного покрова происходит высвобождение большого количества зольных элементов. Количество зольных элементов в подстилках старых гарей зависит, главным образом, от направленности сукцессий живого напочвенного покрова, продукты разложения которых существенно изменяют химический состав подстилок.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 08–04–00027а и Интеграционного проекта СО РАН № 5.21.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1981. 159 с.
2. Поздняков Л. К. Мерзлотное лесоведение. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 192 с.
3. Фурьев В. В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1996. 253 с.
4. Евдокименко М. Д. Проблемы лесной пирологии. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1975. С. 207–220.
5. Евдокименко М. Д. Реакция сосны на огневые воздействия в условиях Забайкалья // Лесоведение. 1986. № 6. С. 46–53.
6. Евдокименко М. Д. Совершенствовать противопожарную охрану лесов в бассейне озера Байкал // Лесное хозяйство, 1991. № 1. С. 50–53.
7. Доржсурэн Ч., Краснощечков Ю. Н. Послепожарные сукцессии в псевдотаежных листовенничных лесах Центрального Хангая в Монголии // Хвойные бореальной зоны. Красноярск, 2007. Т. XXIV, № 4–5. С. 391–397.
8. Стефин В. В. Антропогенные воздействия на горнолесные почвы. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. 169 с.
9. Краснощечков Ю. Н. Почвозащитная роль горных лесов бассейна озера Байкал. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 224 с.
10. Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. 403 с.
11. Сукачев В. Н., Зонн С. В. Методические указания по изучению типов леса. М.: АН СССР, 1961. 144 с.
12. Родин Л. Е., Ремезов Н. П., Базилевич Н. И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1968. 143 с.

13. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 486 с.
14. Побединский А. В. Сосновые леса Средней Сибири и Забайкалья. М.: Наука, 1965. 268 с.
15. Правдин Л. Ф. // Труды Ин-та леса АН СССР. М.: АН СССР, 1962. Т. 54. С. 158–188.
16. Типы лесов гор Южной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. 336 с.

## Post-Fire Functioning of Forest Ecosystems in the Eastern Pribaikalia

Yu. N. KRASNOSHCHERKOV, M. D. EVDOKIMENKO,  
Yu. S. CHEREDNIKOVA, M. V. BOLONEVA \*

*V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS  
660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok  
E-mail: kyn47@mail.ru*

*\* Institute of General and Experimental Biology SB RAS  
670047, Ulan-Ude, Sakhyanova str., 6*

Data on the impact of ground fire events on forest ecosystems in the Eastern Pribaikalia are analyzed. The negative impact of ground fires on the growth and productivity of tree stands is demonstrated. The characteristics of lower vegetation layers are presented, variations of soil parameters under the impact of fire events of different intensity and remoteness are demonstrated.

**Key words:** Eastern Pribaikalia, ground fire of forest floor-humus type, pyrogenic succession of vegetation, soil morphology, resource and fraction composition of forest floor, organogenic pyrogenic horizons of soil, ash constituents, physicochemical properties of soil.