

3. Комплексы напочвенных горючих материалов и возможность их регулирования в профилактике лесных пожаров / В.В. Фуряев [и др.] // Лесн. хоз-во. – 2007. – № 1. – С.69–75.
4. Сапожников, А.П. Некоторые проблемы лесного почвоведения / А.П. Сапожников // Почвоведение. – 1996. – № 4. – С.512–516.
5. Завалишин, С.И. Изучение влияния лесных пожаров на свойства почв / С.И. Завалишин, Е.Г. Воронина // Мат-лы 1-й междунар. науч. конф. – Ставрополь: ГСХА, 2001. – 356 с.
6. Богатырев, Л.Г. Образование подстилок – один из важнейших процессов в лесных экосистемах / Л.Г. Богатырев // Почвоведение. – 1996. – № 4. – С. 501–511.
7. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
8. Орлов, Д.С. Практикум по химии гумуса / Д.С. Орлов, Л.А. Гришина. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 272 с.
9. Аринушкина, Е.В. Практикум по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 489 с.
10. Александрова, Л.Н. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. – Изд. 3-е, перераб. и доп. / Л.Н. Александрова, О.А. Найденова. – Л.: Колос, 1976. – 280 с.



УДК 634.0 114:634.0.43

Ю.Н. Краснощеков

ПОСТПИРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ В ЮГО-ЗАПАДНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ*

Анализируются данные экспериментальных исследований по постпирогенной динамике почв сосновых лесов Юго-Западного Прибайкалья. Низовые пожары подстилично-гумусового вида трансформируют типодиагностические поверхностные органогенные горизонты почв, приводят к формированию новых органогенных пирогенных горизонтов (O_{pir}). Показано негативное воздействие низовых пожаров разной интенсивности на изменение запаса, качественного фракционного состава органогенных горизонтов почв и их химического состава.

Ключевые слова: юго-западное Прибайкалье, подтаежные и таежные сосновые леса, низовые пожары, морфология почв, запас и фракционный состав подстилки, органогенные пирогенные горизонты почв, зольные элементы, физико-химические свойства почв.

Yu. N. Krasnoschyokov

POST-PYROGENIC SOIL TRANSFORMATION OF THE PINE FORESTS IN THE SOUTH-WESTERN PRIBAIKALIE

Data of the experimental research about the post-pyrogenic dynamics of the pine forest soils in the south-western Pribaikalie are analyzed. Ground fires of the litter- humus type transform the type- diagnostic surface organogenic soil horizons and result in formation of the new organogenic pyrogenic horizons (O_{pir}). The negative influence of the ground forest fires of different intensity on litter stock change, qualitative fraction structure of the organogenic soil horizons and their chemical composition is shown.

Key words: south-western Pribaikalie, subtaiga and taiga pine forests, ground forest fires, soil morphology, stock and fraction structure of litter, organogenic pyrogenic soil horizons, ash elements, physical and chemical soil characteristics.

Лесные почвы Юго-Западного Прибайкалья формируются под регулярным воздействием пирогенного фактора. По тяжести и масштабности воздействия на почвы из всех антропогенных факторов лесные пожары резко выделяются. По данным Агентства лесного хозяйства Иркутской области (на 1 января 2004 г.), наиболее тяжкие последствия пожаров, произошедших в 2003 году в Юго-Западном Прибайкалье, зарегистрированы в буферной зоне Прибайкальского национального парка, в Ольхонском и Голоустненском лесхозах. Последний потерял около 20% лесов.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 08-04-00027а.

В литературе неоднократно отмечается, что пожары и вообще огонь следует включить в число важных факторов, влияющих на развитие и функционирование лесных экосистем [6,9,11 и др.]. В бассейне озера Байкал, куда относится и наш район исследований, наиболее полно изучены вопросы о влиянии пожаров на формирование древостоев [1,2 и др.]. Слабо изученным остается вопрос о влиянии огня на почву [4, 10].

Для объективной экологической оценки современного состояния лесных экосистем представляют интерес данные исследования послепожарного функционирования лесных почв 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. Объекты для изучения последствий воздействия низовых пожаров подстильно-гумусового вида на почвы подобраны в сосновых насаждениях Кочергатской дачи Голоустненского лесничества Иркутской области (восточный макросклон Приморского хребта). Выбранные лесные участки репрезентативны в отношении основного деструктивного фактора (пожаров) антропогенной дигрессии, поскольку данные лесные массивы наиболее пострадали от лесопирогенной аномалии 2003 года.

Первая серия пробных площадей (ПП 1,2) заложена в высотно-поясном комплексе подтаежно-лесостепных сосновых лесов, в сосняке осочково-остепенно-разнотравном. Таксационная характеристика древостоев приведена в таблице 1. Пробные площади расположены на шлейфе в нижней части юго-западного склона, крутизной не более 5°, абс. отм. 555 м над ур. моря, где в июле 2003 года возник крупный пожар, от которого было повреждено около 800 га лесных насаждений.

Вторая серия пробных площадей (ПП 3,4,5) заложена в высотно-поясном комплексе таежных сосновых лесов, в сосняке рододендрово-бруснично-разнотравном (см. табл. 1). Пробные площади расположены в средней части В-СВ склона, крутизной 15°, абс. отм. 730 м над ур. моря. Пробные площади отличаются по степени интенсивности пожара, произошедшего в 2003 году. Общая площадь пожара 20 га. Наличие минерализованной полосы отделяет горевший древостой от не затронутого пожаром.

Таблица 1

**Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев
на пробных площадях***

№ ПП	Интенсивность пожара	Состав насаждения	Возраст, лет	Класс бонитета	Средняя		Полнота	Запас древесины, м³/га
					высота, м	диаметр, см		
Опытный участок №1								
1	Контроль	4С6ЛедБ	65	II	20,1	22,4	0,70	289
2	Средняя	5С5Л	65	II	20,5	23,3	0,68	277
Опытный участок №2								
3	Контроль	8С2Л+Б	95	III	23,1	25,4	0,88	345
4	Средняя	8С2ЛедБ	95	III	22,2	24,7	0,82	323
5	Высокая	9С1Л	95	III	21,6	23,8	0,73	284

* по данным М.Д. Евдокименко.

При постановке исследований использовали следующие методики: закладка пробных площадей, а также лесоводственно-геоботаническая их характеристика – согласно методическим указаниям [7]. На пробных площадях устанавливались давность и интенсивность пожара, определяемая по высоте нагара (обугливания) на стволах деревьев, степень повреждения крон, полнота сгорания горючих материалов и др. [2,6]. Учет мощности, запаса, фракционного состава подстилки, определение ее зольного химического состава проводился по Л.Е. Родину с соавторами [8].

Названия почв и индексация почвенных горизонтов даны по «Классификации и диагностике почв России» [3].

Результаты и их обсуждение. В Юго-Западном Прибайкалье в почвенном покрове подтаежно-лесостепных сосновых лесов широко распространены серогумусовые типичные темнопрофильные почвы. В пределах региона эти почвы формируются на элювиальных, элювиально-делювиальных и делювиальных продуктах выветривания углистых или филлитовидных сланцев суглинистого и глинистого гранулометриче-

ского состава. Занимают они дренированные местообитания, для которых характерно достаточное количество тепла.

Морфологический профиль почв состоит из лесной подстилки (1–2 см), гумусово-аккумулятивного гор. АУ – темно-бурого, темно-серого цвета, мощность до 20 см. Он имеет хорошо выраженную мелкокомковатую либо ореховато-комковатую структуру. В нижней части профиля почв очень много включений щебня и обломков сланцев. Профиль почв типа **O-AY-AYCu-Cu**.

Послепожарное формирование почв непосредственно связано с пирогенной трансформацией органо-генных горизонтов, их изменчивость служит индикатором воздействия пожара на почву. В результате изменяется характер типодиагностических поверхностных горизонтов почв. Формируется новый маломощный (не более 1 см) органогенный пирогенный горизонт (O_{pir}), который по химическим, физико-химическим свойствам и биологическому круговороту элементов очень сильно отличается от природных неизменных аналогов.

Пожар средней интенсивности не повлиял в значительной мере на морфологическое строение почвы (ПП2). Через 5 лет следы воздействия пожара отмечены лишь в поверхностном смешанном органогенном горизонте (OL/O_{pir}), где наряду со свежим опадом хвои, мелких сучьев и травы, присутствуют и древесные угли. Морфологический профиль почвы на лесном участке, подвергшемся влиянию пожара средней интенсивности, имеет вид **OL/O_{pir} -AY-AYCu-Cu**.

Изменение в морфологическом облике почв под воздействием огня очень сильно выражено в почвах таежных сосновых лесов опытного участка 2, где в почвенном покрове развиты серогумусовые глинисто-иллювирированные хрящевато-глинистые почвы.

На контрольном участке (ПП3) почва характеризуется наличием маломощной лесной подстилки (2 см), состоящей из растительного опада; серогумусового горизонта АУ темно-бурого цвета, зернисто-комковатой структуры, мощностью 12–15 см; далее следует маломощный (2–4 см) элювирированный горизонт АУel серовато-бурого, с седоватостью цвета, при подсыхании он становится более светлых тонов. Глинисто-иллювирированный горизонт Сt буро-коричневого цвета, обычно уплотнен, постепенно переходит в материнскую породу. Морфологический профиль почвы имеет следующий вид: **O-AY-AYel-Ct-CtC-C**.

Морфологический профиль почвы на лесном участке, подвергшемся влиянию пожара средней интенсивности, имеет следы нарушения только в органогенном горизонте, в гумусово-аккумулятивном – остатки древесных углей: **OL/O_{pir} -AY-AYel-Ct-CtC-C**.

Пожар высокой интенсивности привел к полному уничтожению живого напочвенного покрова, а также полному выгоранию поверхностных органогенных типодиагностических горизонтов почв.

Нарушение почвозащитного растительного и органогенного слоя почв на горных крутых склонах способствует интенсивному развитию плоскостного смыва мелкозема и формированию здесь маломощных, сильнощебнистых, элювиально-делювиальных и делювиальных остаточных кор выветривания коренных пород. Это приводит к изменению направления и темпов почвообразования в иных условиях развития геохимических и биогеохимических процессов, приводящих к формированию литоземов.

Часть смытого почвенного мелкозема с поверхности водоразделов и верхних частей склонов образует новый чехол делювиальных наносов на средних и нижних выложенных участках склонов. В результате этих процессов часто наблюдается погребение органогенных пирогенных и поверхностных гумусовых горизонтов, образование почв со сложным полициклическим профилем.

После пожара 2003 года на поверхности сформировалась подстилка (OL), состоящая из свежего опада хвои, мелких сучьев, листьев и сухой травы, мощностью 1 см. За ней следует органогенный пирогенный горизонт (O_{pir}), основная масса которого состоит из древесных углей, фрагментов обугленной хвои и мелких сучьев. Далее следует маломощный горизонт АУ (5–7 см) темно-бурого цвета, непрочно комковатой структуры, густо пронизанный корнями. Пирогенно-измененный профиль почвы на участке леса, подвергшемся высокой интенсивности пожара, имеет вид **$OL-O_{pir}$ -AY-C-[O_{pir}]-C**. В данном почвенном профиле основная масса горизонта (O_{pir}) мощностью 2 см состоит из древесных углей, перемешанных с мелкоземом. Этот горизонт является следствием пожара высокой интенсивности, произошедшего в 1989 году, и сохранился в результате погребения его под наносом мелкозема, смытого с верхней части склона.

Под влиянием лесных пожаров, особенно низовых, происходит частичное или полное сгорание подстилки и напочвенного покрова. Пиролиз подстилок сопровождается уменьшением их мощности, запасов, существенно изменяется фракционный состав. Различия в условиях формирования подстилок в пирогенно-преобразованных лесных экосистемах значительно отражается на их зольности, содержании химических элементов и физико-химических свойствах.

Как показали исследования, под пологом осочково-остепненно-разнотравного сосняка (ПП1) средняя мощность подстилки равна 1 см, ее запас – 11,5 т/га (абс. сух. вес). Определение фракционного состава по-

казало, что более половины веса подстилки приходится на разложившиеся растительные остатки – 69%. Фракция хвои, листьев и травы соответственно составляет 5,4, 0,3 и 3,6%. На грубые фракции (сучья, ветки, кора, шишки) приходится 20,5%.

На гари (ПП2) мощность подстилки не более 1 см, запас равен 10,4 т/га. По сравнению с контролем подстилки на гаревом участке имеют иное соотношение фракций: абсолютное господство принадлежит фракции хвои – 20% и грубой фракции – 40%. Фракция листьев и травы составляет соответственно 0,4 и 2,5%. На долю фракции древесных углей приходится 4,5%, трухи – 32,6%.

В сосняке рододендрово-бруснично-разнотравном (ПП3) мощность подстилки составляет 2 см, запас – 20,4 т/га. На гари средней интенсивности мощность поверхностного органогенного пирогенного горизонта (OL/O_{pir}) также составляет 2 см, а его запас 15,6 т/га. По сравнению с лесом на гари во фракционном составе наблюдается относительное уменьшение фракции хвои (4,5% – в лесу, 3,7% – на гари), травы (2,2% в лесу, 1,2% – на гари) и трухи (74,3% – в лесу, 54,8% – на гари), но в то же время увеличение грубой фракции (19% – в лесу, 33% – на гари). Фракция древесных углей составляет 7,3%.

Пятилетний период, прошедший после пожара высокой интенсивности, значительно изменил состав и структуру поверхностных органогенных и органогенных пирогенных горизонтов. За этот период на поверхности сформировался горизонт OL мощностью 1 см, запасом 3,3 т/га. Во фракционном составе абсолютное господство принадлежит грубой фракции (сучья, ветки, кора, шишки) – 69,6%. На долю хвои и травы приходится соответственно 28,6 и 1,8%.

Органогенный пирогенный горизонт O_{pir} имеет мощность 2 см, запас 11,2 т/га. Во фракционном составе этого горизонта на долю древесного угля приходится 38,8%. Остальная часть (61,2%) принадлежит фракции трухи, представляющей собой смесь тонкодисперсных древесных углей, перемешанных с мелкоземом.

Как показали исследования, на контрольных участках подстилки в подтаежно-лесостепном сосновом лесу характеризуются более высокой зольностью – 13,64%, чем подстилки, формирующиеся в таежном сосновом – 9,34%. На гарях средней интенсивности зольность подстилок составляет соответственно 24,86 и 27,18%. На участке леса, пройденного высокой интенсивностью пожара, в рододендрово-бруснично-разнотравном сосняке зольность вновь сформированного горизонта OL равна 9,52%, а сохранившегося поверхностного органогенного пирогенного горизонта O_{pir} – 34,38%.

В целом подстилки в исследуемых сосновых 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 средней интенсивности в подтаежно-лесостепном сосняке привел к заметному возрастанию концентрации химических элементов в горизонте O/O_{pir} . По сравнению с контролем концентрация Si – в 1,1; Fe – в 1,3; Al – в 1,5; Ca – в 1,4; Mg – в 1,2 и Mn – в 1,2 раза увеличилась. В то же время концентрация K, P и N снизилась (рис.1).

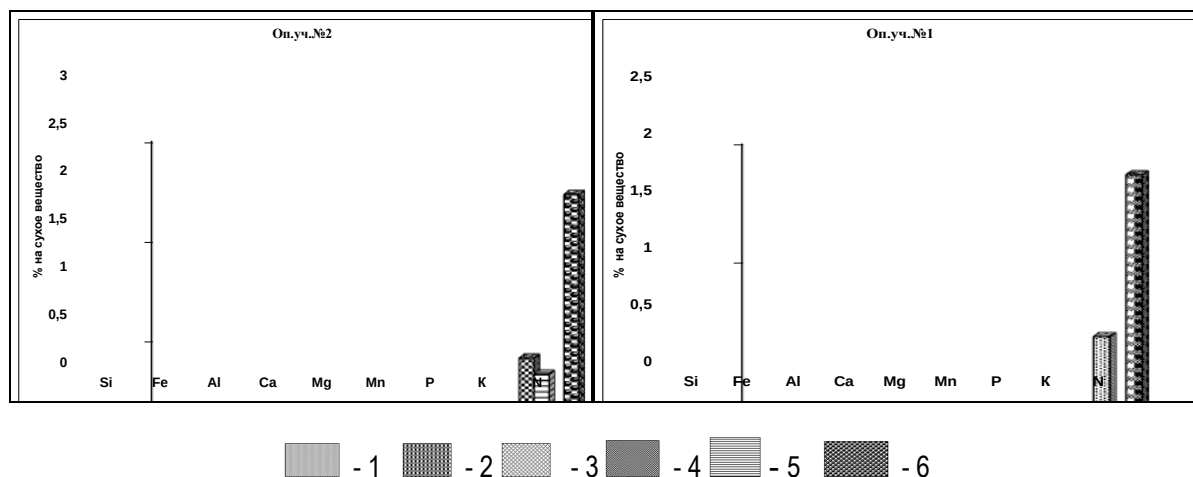


Рис. 1. Содержание зольных элементов в органогенных и органогенных пирогенных горизонтах почв: 1 – ПП1; 2 – ПП2; 3 – ПП3; 4 – ПП4; 5 – ПП5, гор. OL; 6 – ПП5, гор. O_{pir}

Несколько другая закономерность в аккумуляции химических элементов отмечена в органогенном пирогенном горизонте (O/O_{pir}) таежного соснового леса, прошедшего пожаром средней интенсивности. По

сравнению с контролем здесь происходит накопление Fe, Al и Ca, а концентрация Si, Mg, K и P заметно понизилась.

В поверхностном органогенном пирогенном горизонте (O_{pir}), образовавшегося после воздействия огня высокой интенсивности (ПП5), наблюдается более высокая концентрация химических элементов по сравнению с контролем: Si – в 1,6; Fe – в 3,4; Al – в 4,4; Ca – в 1,7; Mg – в 1,1; Mn – в 1,6 раз (см. рис.1).

Вновь сформированный поверхностный органогенный горизонт OL по концентрации зольных химических элементов мало отличается от контрольного участка.

Содержание микроэлементов в подстилках изученных сосновых насаждениях и на пожарищах приведено на рисунке 2.

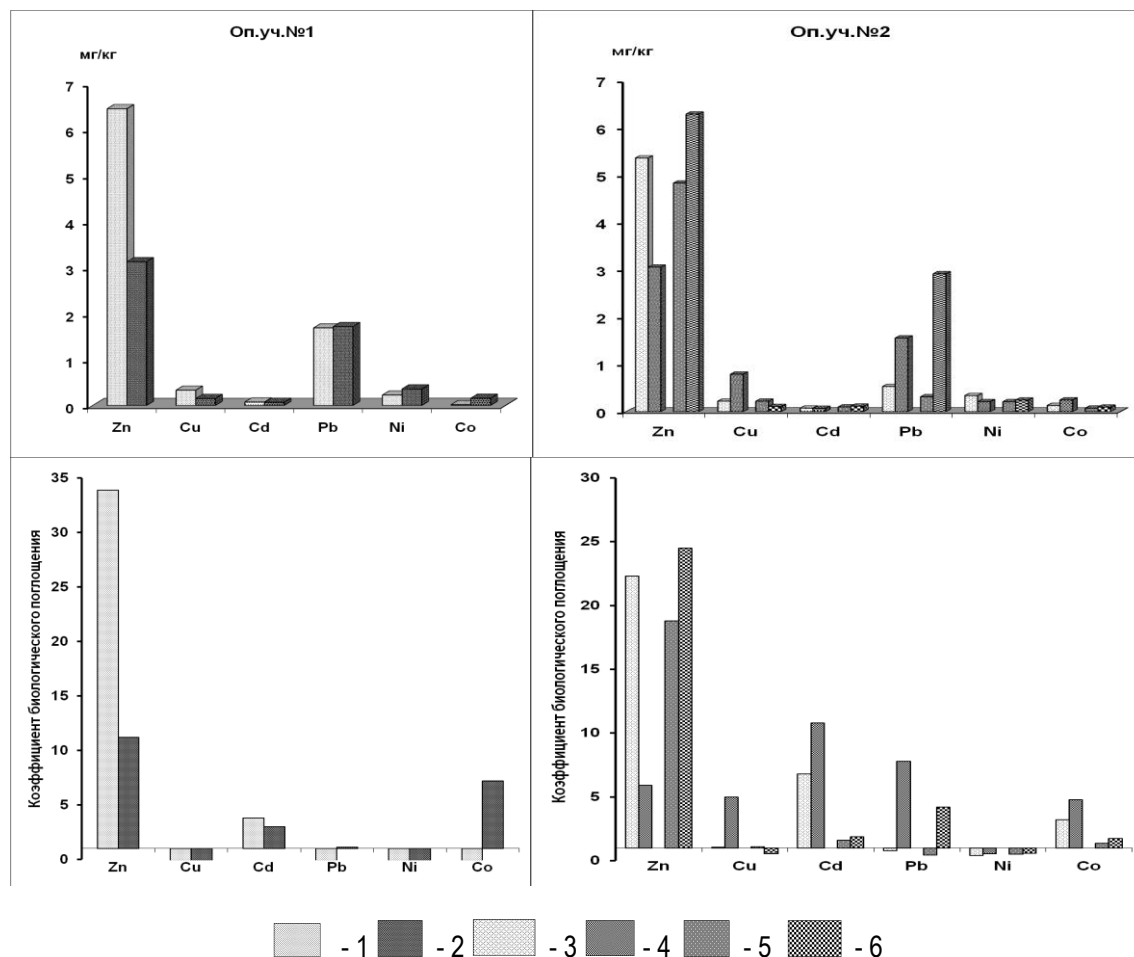


Рис. 2. Содержание микроэлементов в органогенных и органогенных пирогенных горизонтах почв (мг/кг) и коэффициенты биологического поглощения: 1 – ПП1; 2 – ПП2; 3 – ПП3; 4 – ПП4; 5 – ПП5, гор. OL; 6 – ПП5, гор. O_{pir}

Обогащение подстилок целым рядом элементов находится в соответствии с коэффициентами биологического поглощения, которые представляют собой отношение содержания элемента в подстилке к его содержанию в почвообразующей породе. Коэффициенты биологического поглощения свидетельствуют о первостепенной роли растительности в обогащении органогенного горизонта микроэлементами, участвующих в малом биологическом круговороте.

Следует отметить, что подстилки, формирующиеся в сосновых лесах Юго-Западного Прибайкалья, в общем характеризуются повышенным содержанием микроэлементов и слабым их выносом [5].

На общем фоне наблюдается некоторое увеличение концентрации тех или иных элементов в подстилках в рассматриваемых типах леса. Ряд накопления элементов в подстилке подтаежно-лесостепного сосняка следующий: $Zn > Cd > Pb > Cu > Co > Ni$. Наиболее интенсивно в подстилке аккумулируются цинк и кадмий, а количество Pb, Cu, Co и Ni значительно ниже, чем в почвообразующей породе.

Наиболее интенсивно в подстилке таежного сосняка аккумулируются следующие микроэлементы: $Zn > Cd > Co > Cu$. Усиление аккумуляции некоторых элементов в таежном сосняке может быть связано с дополнительным их поступлением в подстилку за счет минеральных примесей, в результате деятельности почвенной фауны.

По сравнению с контролем, органогенные пирогенные горизонты почв сосновых насаждений, прошедшие огнем средней и особенно высокой интенсивности, значительно обогащены Zn, Co, Cd, Pb. В то же время количество меди и никеля уменьшается.

Заключение

Низовые пожары подстильно-гумусового вида в Юго-Западном Прибайкалье, в зависимости от интенсивности огня в разной степени, трансформируют почвенный покров. В горных условиях при пожарах высокой интенсивности наблюдаются процессы денудации на склонах (сноса и переотложения мелкозема), приводящие к формированию либо простых примитивных профилей с маломощными горизонтами (образование литоземов), либо к формированию сложных полициклических профилей, часто с погребенными (реликтовыми) горизонтами. Низовые пожары подстильно-гумусового вида трансформируют типодиагностические поверхностные органогенные горизонты почв, приводят к формированию новых органогенных пирогенных горизонтов, которые по составу, зольности и содержанию химических элементов значительно отличаются от природных аналогов. Установлено, что наибольшее накопление зольных элементов наблюдается в органогенных пирогенных горизонтах трансформированных пожарами высокой интенсивности. Поведение и содержание химических элементов в лесных подстилках, помимо воздействия пожара и послепожарных сукцессий растительности, обусловлено также геохимической обстановкой региона – скоростью водной миграции и биологического поглощения.

Литература

1. Доржсурэн, Ч. Послепожарные сукцессии в псевдотаежных лиственничных лесах Центрального Хангая в Монголии / Ч. Доржсурэн, Ю.Н. Краснощеков // Хвойные бореальной зоны. – Красноярск, 2007. – Т. XXIV. – №4–5. – С. 391–397.
2. Евдокименко, М.Д. Реакция сосны на огневые воздействия в условиях Забайкалья / М.Д. Евдокименко // Почвоведение. – 1986. – №6. – С. 46–53.
3. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
4. Краснощеков, Ю.Н. Влияние пожаров на свойства горных дерново-таежных почв лиственничников Монголии / Ю.Н. Краснощеков // Почвоведение. – 1994. – №9. – С. 102–109.
5. Кузьмин, В.А. Почвы центральной зоны Байкальской природной территории / В.А. Кузьмин. – Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2002. – 166 с.
6. Мелехов, И.С. Влияние пожаров на лес / И.С. Мелехов. – Л.: Наука, 1981. – 159 с.
7. Программа и методика биогеоценологических исследований – М.: Наука, 1974. – 403 с.
8. Родин, Л.Е. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Л.Е. Родин, Н.П. Ремезов, Н.И. Базилевич. – Л.: Наука, 1968. – 143 с.
9. Сапожников, А.П. Роль огня в формировании лесных почв / А.П. Сапожников // Экология. – 1976. – №1. – С. 43–46.
10. Стефин, В.В. Антропогенные воздействия на горно-лесные почвы / В.В. Стефин. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. – 169 с.
11. Фуряев, В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования / В.В. Фуряев. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1996. – 253 с.

