

УДК 634.0.114:634.0.43

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА ЭКОСИСТЕМЫ ПОДТАЕЖНЫХ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ ВОСТОЧНОГО ХЭНТЭЯ В МОНГОЛИИ

© 2014 г. Ю. Н. Краснощеков¹, М. Д. Евдокименко¹, Ч. Доржсурэн²

¹ Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН

660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

² Институт ботаники Академии наук Монголии

Монголия, 210351, Улан-Батор, просп. Жукова, 77

E-mail: kyn47@mail.ru, institute_forest@ksc.krasn.ru, chdorj_07@yahoo.com

Поступила в редакцию 10.06.2014 г.

Проанализированы данные экспериментальных исследований послепожарной динамики подтаежных лиственничных лесов в Восточном Хэнтэе (Монголия). Установлено, что низовые подстилочно-гумусовые пожары являются основным деструктивным фактором в динамике лесов. Воздействие интенсивного низового огня на корневую систему сопровождается усыханием деревьев, а жизнеспособность выживших после пожара деревьев зависит от характера и тяжести огневых повреждений. В экстремальных ситуациях смена погибших лиственничников происходит производными березняками. Приводятся характеристика нижних ярусов растительности и ее динамика под влиянием пожаров разной интенсивности и давности. Показано негативное воздействие пожаров на свойства почв.

Ключевые слова: *низовые подстилочно-гумусовые пожары, радиальный прирост деревьев, продукционный процесс, сукцессии живого напочвенного покрова, морфология почв, водно-физические и физико-химические свойства почв, противоэрозионная устойчивость почв, Восточный Хэнтэй, Монголия.*

ВВЕДЕНИЕ

Лиственничные леса Монголии формируются под регулярным воздействием пирогенного фактора. По мере усиления антропогенной нагрузки на осваиваемые лесные массивы деструктивная роль пожаров среди прочих неблагоприятных воздействий оказалась преобладающей. В настоящее время нарушенными лесными экосистемами в Монголии занято около половины лесной площади, из них 90 % пирогенные (Доржсурэн, 2009). Только за период с 2000 по 2010 г. зарегистрировано 1762 лесных пожара на площади 3.67 млн га, что составляет около 20 % от общей площади лесов страны. Однако если пожары в лесах Монголии возникают ежегодно, то экстремальные пожароопасные сезоны, сопровождаемые массовыми и крупными лесными пожарами, бывают значительно реже. Такие пожары являются разрушительным фактором для лесных экосистем, оказывающим негативное воздействие на

окружающую среду, часто с непредсказуемыми последствиями.

Для Монголии характерен прерывистый пожароопасный сезон, который определяется длительным засушливым весенним периодом (с марта по первую половину июля), когда возникает до 80 % пожаров, и коротким осенним (сентябрь–октябрь), на который приходится 5–8 % пожаров. Летом из-за обильных осадков пожары возникают очень редко и составляют 2–5 % от их общего числа (Чулуунбаатар, 1998; Валендик и др., 1999).

В условиях экстенсивного ведения лесного хозяйства со слабо организованной охраной лесов пожары обычно распространяются на значительной площади, вызывая при этом сложные изменения в строении и продуктивности древостоев. Независимо от вида и интенсивности пожара в сферу горения всегда попадают напочвенный покров и верхний органогенный горизонт почв. При полном сгорании поверхностного органогенного горизонта происходит и трансформация верхних

гумусово-аккумулятивных и минеральных горизонтов почв.

Изучение постпирогенных изменений строения и продуктивности древостоев, живого напочвенного и почвенного покровов в настоящее время рассматривается как важная составляющая в решении генетических и эволюционных задач, имеющая особое значение в лесной зоне на южной границе ее распространения (Матвеев, Савин, 1977; Евдокименко, 2009). Кардинальная смена типа растительности не только нарушает профиль почвы, но и влияет на направление и интенсивность почвообразовательного процесса. Необходимо совместное изучение природных факторов, определяющих сукцессионную направленность послепожарного развития растительности и почв. В Монголии подобные комплексные исследования, за редким исключением (Краснощеков, Сорокин, 1988; Доржсурэн, 2009), ранее не проводились.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследовали подтаежные разнотравные (мезофитные) лиственничные леса в Восточном Хэнтэе, трансформированные низовыми подстилочно-гумусовыми пожарами разной интенсивности и давности. Фитоценологическую структуру и другие особенности основных типов лиственничников и их динамику при воздействии пожара изучали на постоянных пробных площадях (ПП), включающих естественные, не тронутые пожаром насаждения, а также пожарища и гари разного возраста и интенсивности.

Стационарные многолетние исследования послепожарных процессов были организованы в лиственничных лесах в районе сомона Мунгэн-Морьт Центрального аймака.

Первая серия ПП (ПП 1–4) заложена в 20 км на северо-запад от сомона в приводораздельной части склона северо-западной экспозиции крутизной 3–7° на высоте 1600 м над ур. м. Основные данные о насаждениях на ПП, а также о пожарном воздействии на них приведены в табл. 1. Давность пожара 5 лет.

Вторая серия ПП (ПП 5–8) заложена в 12 км на северо-запад от сомона на склонах 12–15° северных румбов в интервале высот 1500–1550 м над ур. м.

ПП 5 (контроль): состав (возраст) древостоя – 9Л(300)1Л(130); средняя высота – 24.0 м; диаметр – 50.0 см. Полнота – 0.80. Проективное покрытие травяного покрова – 60–85 %.

ПП 6 – участок свежей гари в лиственничнике, горевший огнем высокой интенсивности. Пожар возник при заготовке леса.

ПП 7 – участок лиственничного леса, также пройденный огнем высокой интенсивности 10 лет назад. Исходный древостой до пожара: состав (возраст) – 10Л(180)+Б; средняя высота – 20.0 м; диаметр – 18 см. Полнота – 0.70. Во время пожара погибло 90 % деревьев. Проективное покрытие травяного покрова – 60–80 %.

ПП 8 – участок лиственничного леса, нарушенный огнем средней и высокой интенсивности 12 лет назад. Возобновление березой удовлетворительное, лиственницей – неудовлетворительное. Проективное покрытие травяного покрова – 50–75 %.

При маршрутных исследованиях закладывали временные ПП (около 20 шт.). Их закладка, а также лесоводственно-геоботаническая характеристика выполнены согласно методическим указаниям (Сукачев, Зонн, 1961; Программа..., 1974; Анучин, 1982). На ПП по высоте нагара (обугливания) на стволах де-

Таблица 1. Лесоводственно-пирологическая характеристика объектов исследования

Лесоводственно-таксационные показатели	Номер ПП			
	1	2	3	4
Интенсивность пожара	Без пожара (контроль)	Слабая	Средняя	Высокая
Средняя высота нагара на стволах, м	Нет	0.8	1.8	4.0
Состав древостоя	10Л	10Л+Б	10Л	10Л
Возраст древостоя, лет	45	45	45	45
Полнота древостоя, ед.	0.67	0.57	0.40	0.25
Средняя высота древостоя, м	13.4	10.6	11.2	10.4
Средний диаметр древостоя, см	12.8	13.4	14.5	12.9

ревьев, степени повреждения крон, полноте сгорания горючих материалов и др. устанавливали давность и интенсивность пожара (Курбатский, 1962). Радиальный прирост деревьев измеряли 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. Прирост определяли только на живых деревьях, возраст которых ко времени наблюдений достиг 45 лет. Величину прироста определяли за трехлетний период как до, так и после пожара в сравнении с таковым на контрольных участках. Учет мощности, запаса, фракционного состава подстилки, определение ее зольного химического состава сделаны по Л. Е. Родину с соавт. (1968). Гранулометрический состав, водно-физические, физико-химические и химические свойства почв выполнены общепринятыми методами (Аринушкина, 1970; Вадюнина, Корчагина, 1973). Определение водно-физических констант почв проводили в конце вегетационного периода, когда почвы оттаивали на максимальную глубину. При изучении противозерозионной устойчивости почв принята методика Г. И. Швевса (1974). Эрозионные коэффициенты рассчитаны по А. В. Лебедеву (1968). Название почв и индексация почвенных горизонтов даны по «Классификации и диагностике почв России» (2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выбранные участки пожара (см. табл. 1) по местоположению и таксационной характеристике древостоя до пожара близки к контролю. Пирогенная история насаждений сложная. В них отмечены фрагментарные следы низового пожара 19-летней давности, имевшего слабую интенсивность, поэтому не причинившего древостоям заметных нарушений. Повторный пожар (4-летней давности) оказал существенное и разнообразное влияние на древостой, за исключением ПП 2. Об интенсивности огневого воздействия на древостой можно судить по средней высоте нагара на деревьях, а также по изменению полноты.

Помимо приведенных данных относительно общего характера огневого воздействия на фитоценозы следует подробнее охарактеризовать пирогенные нарушения жизнеспособности насаждений, дифференцируя их по степени огневого воздействия.

На ПП 2 с низовым пожаром слабой интенсивности отпад деревьев мало отличался от контроля. Максимальный диаметр усохших деревьев существенно меньше среднего, т. е. отпавшие особи полностью относятся к нижнему положу, представляют собой угнетенную отмирающую часть древостоя. Отпад по числу деревьев составил здесь за 3 года 16 % против 4 % на контроле. Следовательно, слабый низовой пожар ускорил на 5–10 лет отмирание отпавших в росте деревьев, которые должны были отпасть из насаждения в процессе естественного изреживания по мере роста и развития древостоя.

Последствия низового пожара средней интенсивности отражает ПП 3. Здесь отпад составил 29 %. Причем так же, как и в предыдущем примере, в основном отмирали угнетенные деревья, но в более широком диапазоне по толщине. Поэтому изменения строения древостоя по диаметру, как и изреживание, внешне заметны, хотя габитус сохранившихся особей обычный. Признаки пирогенной дефолиации крон встречаются только у тонкомерной части древостоя и слабо выражены. Диаметр крон и охвоение ветвей у деревьев толще 10 см не отличаются от контроля.

Участок леса с высокой интенсивностью пожара выделяется среди рассмотренных выше большим нагаром на стволах, поэтому действие огня на древостой оказалось губительным. Усохло 45 % деревьев. Кроме того, надо принять во внимание отличительную допожарную особенность данного участка. Она заключается в том, что перед пожаром древостой был прорежен рубкой ухода. Наиболее угнетенные деревья (диаметром до 4 см) были полностью вырублены, а в ступенях толщины 6–8 см оставлены самые жизнеспособные. Общая тенденция преимущественного отпада тонких деревьев здесь прослеживается так же, как и на других участках. Однако зона усыхания охватывает всю левую половину ряда распределения деревьев по диаметру, включая

средние и часть крупных. В результате этого полнота снизилась до критического предела (0.25), т. е. фактически образовалась редина. В биогруппах уцелели от огня наиболее крупные деревья. Отдельные средние и тонкие деревья выжили в результате неравномерности горения и особенностей их расположения в насаждении. К ним относятся обособленные деревья с относительно толстой коркой и хорошо развитыми кронами. Под ними меньше накапливается горючего материала, чем в биогруппах, поэтому, вероятно, имело место локальное ослабление огня.

Строение и морфология древостоя на участке с высокой интенсивностью пожара изменились по целому ряду признаков. Пирогенная дефолиация крон и изменения их структуры заметны на всех деревьях. Кроны высоко подняты. Их протяженность по стволу составляет 35–40 % против 65 % на контроле. Охвоение крон плотное.

Таким образом, установлена однозначная зависимость количественной и качественной сторон процесса отпада в лиственных молодняках от интенсивности низового пожара: при сильном огневом воздействии неизбежно аномальное изреживание древостоев с потерей их стабильности.

Для полноты характеристики послепожарных изменений продукционного процесса в древостоях необходимо кроме отпада проанализировать и положительную составляющую – прирост. Прирост до пожара вычислен как среднепериодический за 5-летний период, а после пожара данные приведены за каждый год в отдельности и в среднем за 3-летний период (табл. 2).

Допожарный уровень прироста сохранившихся деревьев на поврежденных огнем участках существенно выше контрольного. Причем особенно большие различия наблюдаются

среди тонких деревьев, данные по которым не вошли в табл. 2. Причина столь резких различий в приросте заключается в том, что на контроле в расчет включены все живые деревья, включая самые тонкие и угнетенные, прирост которых близок к нулю, и это отрицательно отразилось на средней величине прироста в контрольном древостое. На горевших же участках учтены деревья только исходно жизнеспособные и с хорошим приростом, так как все угнетенные особи погибли от пожара.

Известно, что текущий прирост деревьев колеблется из года в год адекватно изменениям климатических факторов: количества осадков, чередования засушливых периодов и др. Исследования такого рода связей годичных колец деревьев с колебаниями климатических условий проведены в различных регионах. Их результаты свидетельствуют, что фоновые изменения прироста в нормальных насаждениях непременно должны учитываться при оценке любых неблагоприятных внешних воздействий на лес, включая лесные пожары.

Фоновые изменения радиального прироста на контроле характеризуются положительной и статистически достоверной величиной.

В древостоях с низовым пожаром слабой и средней интенсивности (ПП 2 и 3) также отмечена положительная тенденция динамики прироста по отношению к допожарному уровню, но она менее выражена, чем на контроле. Можно утверждать, что на этих участках пожар не повлиял существенно на динамику прироста сохранившихся к моменту наблюдения деревьев. Однако общий уровень прироста за 3 года после пожара на 42 % выше контрольного.

Сложная картина изменения годичных колец наблюдалась на участке леса с высокой интенсивностью пожара (ПП 4). В первый год после огневого воздействия ширина годично-

Таблица 2. Изменение радиального прироста деревьев лиственницы после низового пожара, мм

Период	Номер ПП			
	1	2	3	4
До пожара (в среднем за 5 лет)	0.68±0.04	1.21±0.07	1.18±0.07	1.03±0.04
После пожара:				
первый год	1.78±0.06	1.25±0.08	1.21±0.10	0.87±0.04
второй год	0.90±0.06	1.26±0.09	1.33±0.10	1.19±0.09
третий год	1.00±0.08	1.31±0.10	1.46±0.10	1.61±0.11
В среднем за 3 года	0.89±0.07	1.27±0.09	1.33±0.09	1.21±0.07

го кольца у большинства деревьев заметно сократилась: в среднем по древостоям на 16 %, а по отдельным деревьям – на 30 % и более. В последующие годы прирост повысился. Максимальное превышение его над допожарным уровнем достигло 56 %, в то время как на контроле – 47 %. Понижение прироста непосредственно после пожара можно объяснить временной полной или частичной дефолиацией крон в результате термических воздействий. Соответственно после регенерации хвои в кронах на приросте положительно отразилась резко увеличенная площадь питания, приходящаяся на отдельно взятое дерево в сильно изреженном огнем древостое.

Многолетние наблюдения за пирогенной сукцессией живого напочвенного покрова показали, что в первый год после пожара (ПП 6) на стадии «черной гари» начинается интенсивное зарастание кипреем (*Chamerion angustifolium*), а также пятнами разрастаются злаки, осоки, полыни и разнотравье. Минерализация поверхности почвы к концу сезона составляет 50 %. Буйное разрастание кипрея со средним проективным покрытием 33–36 % наблюдается до 7 лет после пожара. Проективное покрытие травяного покрова составляет 51–65 %. В этот период кипрей играет ведущую роль в ценозе (ценотическая значимость 54–64 %), образуя кипрейное сообщество. Начинают разрастаться злаки – *Poa sibirica*, *Trisetum sibiricum*, *Bromus pumpehiana*, *Calamagrostis obtusata*, разнотравье – *Vicia cracca*, *Viola uniflora*, *Vicia baicalensis*, *Lathyrus humilis*, *Moenringia lateriflora*, овсяница – *Festuca ovina*, осоки – *Carex amgunensis*, *C. lanceolata* и др.

Через 3–4 года проективное покрытие кипрея резко уменьшается и начинают доминировать злаки – овсяница, *Trisetum sibiricum*, лесное разнотравье и формируется разнотравно-злаковое сообщество. В этот период постепенно основную позицию занимают *Trisetum sibiricum* и *Calamagrostis obtusata*, увеличивается проективное покрытие *Festuca ovina*.

Сравнительный анализ растительного покрова леса и на старых гарях (старше 12 лет) показал, что видовой состав напочвенного покрова существенно не изменяется после пожаров, но происходит резкое изменение ценотической роли видов в сложении фитоценоза. В

течение 22 лет после пожара коэффициент сходства видового состава фитоценозов гари и леса составляет 68–77 %. Коэффициент сходства ценотической значимости фитоценозов снижается после пожара до 20–21 %, что указывает на сильное изменение растительных сообществ на гари. По мере формирования молодняка увеличивается коэффициент сходства ценотической значимости фитоценозов гари и леса: уже через 22 года после пожара он составляет 44 %. Таким образом, на гари формируется лиственничный молодняк с небольшой примесью березы, что характерно для Восточного Хэнтэя (Доржсурэн, 2009).

В подтаежном поясе после высокоинтенсивных пожаров погибшие лиственничники часто целиком сменяются производными березняками. При повторных пожарах позиции березы усиливаются благодаря порослевому возобновлению. Лишь спустя 60–70 лет после отмирания березы восстанавливается коренной облик лесных массивов.

В Восточном Хэнтэе в почвенном покрове подтаежных лиственничных лесов широко распространены серогумусовые типичные глубокомерзлотные почвы. Формируются они в спорадическом и редкоостровном высотных геокриологических поясах, а глубина промерзания или оттаивания почвогрунтов для этих районов составляет 2.5–4.5 м (Заболотник, 1974).

Профиль рассматриваемых почв состоит из органогенного (3–5 см) и гумусово-аккумулятивного горизонта (АУ) мощностью 7–25 см, часто сменяющегося ниже переходным серовато- или буровато-коричневым горизонтом АУС. Горизонт имеет криогенную текстуру, выражающуюся в том, что слоисто-комковатые структурные отдельности распадаются на мелкие пористые зерна. Глубина оттаивания почв к концу лета составляет обычно 150–200 см (Краснощеков, Гомбосурэн, 1988).

По гранулометрическому составу изученные почвы хрящевато-супесчаные и легкосуглинистые (табл. 3). По профилю почв количество хряща и щебня возрастает от верхних почвенных горизонтов к нижним от 2–3 до 70–85 %. На старых гарях, на склонах, подверженных эрозии, количество щебня на поверхности почв нередко достигает 30–45 %. Во фракционном составе мелкозема почв под

Таблица 3. Некоторые физико-химические и химические свойства серогумусовых глубокомерзлотных почв

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций, мм; %		Кс	Ка	рН		Обменные катионы		Валовые, %	
								Ca ²⁺	Mg ²⁺		
		<0.001	<0.01			водный	солевой	мг-экв. на 100 г почвы		гумус	азот
ПП 1 (контроль)											
О	0–2	–	–	–	–	5.5	4.9	18.8	10.9	–	–
АУ	2–10	6	15	95	68	5.8	5.1	14.9	3.3	10.9	0.55
АУС	15–25	6	17	90	49	5.7	4.2	6.8	1.3	2.4	0.16
С	30–40	8	17	–	–	5.8	4.1	4.5	1.0	2.0	0.13
ПП 2 (слабая интенсивность пожара)											
O _{pir}	0–1	–	–	–	–	5.5	4.8	25.9	17.6	–	–
АУ	1–6	8	19	90	60	6.1	5.0	13.1	2.8	10.1	0.43
АУС	10–20	9	24	88	44	6.1	4.8	8.7	1.6	2.1	0.09
С	30–40	12	20	–	–	5.7	4.1	6.2	1.4	1.1	0.05
ПП 3 (средняя интенсивность пожара)											
O _{pir}	0–1	–	–	–	–	5.7	5.2	24.8	15.4	–	–
АУ	1–7	6	12	88	30	6.2	5.3	18.2	3.5	10.8	0.54
АУС	10–20	10	23	94	29	6.2	5.0	6.7	2.1	2.7	0.13
С	30–40	8	18	–	–	6.1	4.6	4.1	1.5	0.7	0.08
ПП 4 (высокая интенсивность пожара)											
O _{pir}	<1	–	–	–	–	6.0	5.5	14.4	26.3	–	–
АУ	1–4	12	20	90	26	6.3	5.5	18.0	3.6	10.8	0.84
АУС	10–20	10	19	89	10	5.8	4.2	5.2	1.4	2.2	0.08
С	30–40	12	19	–	–	5.6	4.2	2.0	1.0	0.9	0.09
ПП 5 (контроль)											
О	0–2	–	–	–	–	5.8	5.2	49.4	14.7	–	–
АУ	2–12	12	26	92	49	5.6	4.7	35.4	6.4	16.1	0.61
АУС	20–30	18	48	88	73	5.7	4.5	21.0	3.7	4.5	0.20
С	34–44	22	46	91	72	5.9	4.6	20.5	2.9	3.3	–
ПП 6 (свежая гарь)											
O _{pir}	0–2	–	–	–	–	7.2	5.9	105.2	44.3	–	1.55
АУ	2–10	8	25	75	26	4.9	3.8	13.2	3.5	11.2	0.45
С	20–30	12	38	–	–	5.2	3.8	5.8	2.1	2.7	–
ПП 7 (гарь 10-летней давности)											
OL _{pir}	0–1	–	–	–	–	5.8	5.0	28.0	12.5	–	–
АУ	1–6	8	19	79	32	5.5	4.6	19.5	4.0	11.0	0.58
С1	10–20	12	28	–	–	5.6	4.2	11.0	2.0	3.9	0.13
С2	35–45	11	22	–	–	5.8	4.4	10.0	1.5	1.7	0.08
ПП 8 (гарь 12-летней давности)											
OL _{pir}	0–1	–	–	–	–	5.6	–	21.6	2.9	–	–
АУ	1–7	10	21	92	47	5.9	–	12.1	3.2	9.8	0.41
АУС	10–20	18	37	88	35	5.9	–	4.5	1.6	1.2	0.12
С	30–40	12	17	–	–	5.9	–	2.4	0.4	0.4	–

Примечание. Кс – фактор структурности по Фагелеру; Ка – степень агрегатности по Бейверу-Роадесу. Прочерк – не определялось.

пологом леса преобладающей фракцией является крупная пыль – 30–42 %. Содержание частиц меньше 0.01 мм составляет 15–26 %. Следует отметить, что для изученных почв характерно как облегчение гранулометрического состава вниз по профилю, так и резкое утяжеление его, что связано с характером почвообразующих пород.

Под влиянием высоких температур ухудшается микроагрегированность почв. Так, если под пологом леса показатель степени агрегатности верхних гумусовых горизонтов составляет 49–68 %, то на свежих гарях, на участках, подверженных высокой силе огня, этот показатель уменьшается до 26–31 % за счет прокаливания и выгорания органического материала

в поверхностном слое (Краснощеков, Гомбосурэн, 1988). На пятилетней гари наиболее низкими показателями степени агрегатности характеризуются почвы, подвергшиеся пожару средней и высокой интенсивности. Плохая водопрочность микроагрегатов наблюдается также и в гумусово-аккумулятивных горизонтах более старых гарей. Плохая микроагрегированность здесь связана, по-видимому, со слабой коагуляцией органических веществ, способных образовывать микроагрегаты.

Под воздействием лесных пожаров заметно возрастает плотность сложения и уменьшается общая пористость верхних горизонтов почв. Значительное изменение плотности сложения и общей пористости почв отмечено на свежей гари. По сравнению с лесом, где плотность сложения слоя почвы 0–5 см равна 0.42 г/см³, на гари она увеличилась до 0.85 г/см³, а общая пористость снизилась с 80 до 60 %. На пятилетней гари наблюдается связь изменения этих параметров с интенсивностью воздействия огня на почву. Так, на участках гари со слабой и средней интенсивностью плотность

сложения и общая пористость 0–5-сантиметрового слоя почв равна 0.46 г/см³ и 78 %; 0.64 г/см³ и 71 % соответственно.

На участке гари с сильным воздействием огня на почву эти показатели составляют 0.93 г/см³ и 59 %. Плохими физическими свойствами характеризуются почвы и на старых гарях (10–12-летнего возраста). Плотность сложения 0–5-сантиметрового слоя почв здесь составляет 0.65–0.71 г/см³, а общая пористость 67–70 %.

В зависимости от гранулометрического состава и основных физических параметров изменяются и почвенно-гидрологические константы. По определению А. А. Роде (1952), они представляют интервал почвенной влаги, при выходе из которого изменяется ее подвижность и доступность для растений. Характеристика некоторых водно-физических показателей почв в лесу и на 12-летней гари представлена в табл. 4.

Наименьшая влагоемкость (НВ) имеет большое значение для характеристики влагообеспеченности насаждений и является важ-

Таблица 4. Водно-физические свойства серогумусовых глубокомерзлотных почв в лесу и на гари

Глубина, см	Плотность, г/см ³		Пористость, %		МГ	ВЗ	НВ	ДАВ
	твёрдой фазы	сложения сухой почвы	общая	аэрации при НВ				
ПП 5 (контроль)								
0–5	2.08	0.36	82.9	49.1	7.4	11.0	33.8	22.8
5–10	2.27	0.80	64.9	29.1	7.4	11.0	35.8	24.8
10–20	2.51	1.14	54.9	31.5	6.1	9.2	23.4	14.2
20–30	2.54	1.29	48.8	29.7	5.2	7.7	19.1	11.4
30–40	2.48	1.32	47.0	28.1	4.6	6.9	18.9	12.0
40–50	2.44	1.36	43.9	24.9	2.7	4.1	19.0	14.9
0–20	–	–	–	–	20.9	31.2	93.0	61.8
20–50	–	–	–	–	12.5	18.7	57.0	38.3
0–50	–	–	–	–	33.4	49.9	150.0	100.1
ПП 8 (гарь 12-летней давности)								
0–5	2.18	0.71	67.0	41.1	4.1	6.2	25.9	19.7
5–10	2.37	0.92	58.9	35.0	3.2	4.9	23.9	19.0
10–20	2.38	1.20	48.9	29.7	3.7	5.5	19.2	13.7
20–30	2.40	1.27	46.9	32.2	3.2	4.7	14.7	10.0
30–40	2.53	1.32	48.0	33.4	2.6	4.0	14.6	10.6
40–50	2.55	1.34	47.0	32.4	1.5	2.3	14.6	12.3
0–20	–	–	–	–	11.0	16.6	69.0	52.4
20–50	–	–	–	–	7.3	11.0	43.9	32.9
0–50	–	–	–	–	18.3	27.6	112.9	85.3

Примечание. МГ – максимальная гигроскопическая влажность; ВЗ – влажность завядания; НВ – наименьшая влагоемкость; ДАВ – диапазон активной влаги.

ной гидрологической константой почв. Исследованиями установлено, что под пологом леса водоудерживающая способность почвы при глубине оттаивания мерзлоты 130–160 см в слое 0–20 см составляет 93.0 мм; на гари 12-летнего возраста она ниже – 69.0 мм, а в слое 0–50 см – 150.0 и 112.9 мм соответственно. Что касается МГ и ВЗ, то их значения в профиле изученных почв изменяются в зависимости от содержания в гранулометрическом составе мелкозема илистых частиц, а также содержания гумуса.

Вычисление запасов влаги в почвах показало, что на гари по сравнению с лесом диапазон активной влаги (НВ–ВЗ) сужается. Запасы доступной влаги на гаревом участке в слое 0–20 см снижены на 15 %.

Изменение водно-физических свойств почв под влиянием пожаров приводит к ухудшению их водопроницаемости. Если на контроле серогумусовые почвы при глубине сезонного оттаивания 130–160 см обладают водопроницаемостью 28.5–32.4 мм/мин, то на свежих гарях на участках с высокой интенсивностью пожара этот показатель снизился до 1.3–6.5 мм/мин. На пятилетней гари на участке со слабой интенсивностью пожара коэффициент инфильтрации почвы равен 11.8, средней – 5.4 и высокой – 4.3 мм/мин. Низкая водопроницаемость почв характерна и для гарей 10–12-летнего возраста (3.8–4.2 мм/мин), на которых процессы лесовосстановления протекают неудовлетворительно (Краснощеков, 1994).

Ухудшение водно-физических свойств почв на гарях сопровождается резким развитием эрозионных процессов, в результате чего происходит разрушение наиболее устойчивых в

противоэрозионном отношении верхних горизонтов.

В наших исследованиях противоэрозионная устойчивость серогумусовых глубокомерзлотных почв под пологом леса и на гарях оценивалась методом искусственного дождевания в стандартных условиях опыта (интенсивность дождевания – 1–1.2 мм/мин, количество осадков – 50–70 мм, крутизна склона – 10–12°, повторность шестикратная). В качестве обобщенной характеристики устойчивости приняты расход склоновых наносов (R) в последние 10 мин. опыта в устойчивом режиме стока и показатель относительной смываемости ($JA_{\text{Эр}}$), представляющий отношение эрозионного коэффициента почвы гари к эрозионному коэффициенту почвы эталона (под пологом леса).

Исследованиями установлено, что между изученными почвами в лесу и на гарях наблюдаются большие различия в средней мутности потока и интенсивности смыва (табл. 5).

Серогумусовые почвы свежих гарей снижают свою устойчивость под влиянием огня высокой интенсивности в 50 раз. На поверхности образуется интенсивный сток. Мутность водного потока составляет 24.2 г/л.

На пятилетней гари значительно выделяются по противоэрозионной устойчивости участки со средним и высоким воздействием огня на почву. Противоэрозионная устойчивость почв здесь в 10–26 раз ниже, чем под пологом леса. Интенсивность стока составляет 1.07–1.30 мм/мин, а мутность потока – 5.8–9.7 г/л. Продолжительное время не восстанавливаются противоэрозионные свойства почв на старых гарях. Даже спустя 10–20 лет после воздействия огня устойчивость почв к эрозии

Таблица 5. Характеристика противоэрозионной устойчивости серогумусовых глубокомерзлотных почв в лесу и на гарях

Местоположение	Ср. J , мм/мин	Ср. ρ , г/л	R , г/(мин/м)	Аэр	$JA_{\text{Эр}}$
Под пологом леса	0.17	1.2	0.20	$50 \cdot 10^{-4}$	1.00
Свежие гари	1.31	24.2	31.70	$25 \cdot 10^{-2}$	50.00
Гарь 5 лет, интенсивность:					
слабая	0.22	1.9	0.42	$55 \cdot 10^{-4}$	1.10
средняя	1.07	5.8	6.21	$51 \cdot 10^{-3}$	10.20
высокая	1.30	9.7	12.62	$13 \cdot 10^{-2}$	26.50
Гари 10–12 лет	0.55	2.7	1.48	$9 \cdot 10^{-3}$	1.80
Гарь 21 год	0.26	1.9	0.49	$7 \cdot 10^{-3}$	1.40

Примечание. Ср. J – средняя интенсивность стока; Ср. ρ – средняя мутность; R – расход склоновых наносов; Аэр – эрозионный коэффициент; $JA_{\text{Эр}}$ – показатель снижения устойчивости почв.

ниже в 1.4–1.8 раза, чем под пологом негоревшего леса.

В литературе имеется значительное количество данных, показывающих изменение физико-химических и химических свойств почв под влиянием лесных пожаров. По данным с Урала В. П. Фирсовой (1960), из Приангарья Э. П. Поповой (1975), из Якутии В. Г. Тарабукиной и Д. Д. Саввинова (1990), из Прибайкалья Ю. Н. Краснощекова и др. (2013), после пожаров наиболее контрастно меняются физико-химические свойства верхних горизонтов почв в первый год после прохождения огня. В зависимости от интенсивности пожаров актуальная кислотность этих горизонтов изменяется от кислой и слабокислой до нейтральной и щелочной. В первый год после пожара нередко наблюдается увеличение содержания валового азота и обменных катионов.

Как и следовало ожидать, на свежих гарях подтаежных лиственничников вследствие выгорания подстилки и живого напочвенного покрова и поступления на поверхность почвы большого количества золы наблюдается заметная нейтрализация почвенного раствора верхних слоев почвы, где рН водной вытяжки составляет 7.2, тогда как в лесу она равна 5.8 (см. табл. 3). Нижние горизонты почв свежих гарей имеют кислую и слабокислую реакцию среды и не отличаются от таковых под пологом леса.

На пятый год после пожара на участках средней и слабой интенсивности различия в актуальной кислотности верхних горизонтов почв становятся менее контрастными. Это связано как с выносом продуктов пиролиза жидким поверхностным стоком, так и с поступлением кислых продуктов с растительным опадом. Несколько выделяется слабокислой реакцией среды верхний горизонт почвы на участке, пройденном огнем сильной интенсивности. Здесь рН водной вытяжки равен 6.0. Верхние горизонты почв 10–12-летних гарей имеют кислотность, близкую к таковой под пологом нетронутого леса.

На свежих гарях заметно увеличение содержания азота в почве. На 5-летних и особенно на старых 10–12-летних гарях количество азота в почве примерно равно допозарному. Резкое возрастание общего азота в почве в

первый год после пожара общеизвестно. Причем количество его в почве зависит от интенсивности пожара и прогревания почвы. Чем сильнее термическое воздействие, тем больше может содержаться в почве азота (Арефьева, Колесников, 1963).

С поступлением золы на поверхность почвы резко увеличивается и содержание обменных катионов. На свежих гарях в верхнем слое почв количество обменного кальция в 2.1–2.5, а обменного магния – в 1.6–3.0 раза больше, чем под пологом леса. На старых гарях в результате выноса поверхностным стоком количество обменных катионов снижается и примерно равно содержанию их в почве под пологом леса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интегральная оценка пирогенных нарушений продукционного процесса в лиственничниках должна базироваться на сопоставлении отпада древесины с ее приростом. Она показывает, что слабые низовые пожары повреждают лишь молодняки. Жизнеспособные деревья взрослых насаждений от таких воздействий не страдают, а перераспределение ресурсов среды обитания в насаждении за счет активизации отпада угнетенных и отставших в росте особей и благоприятных изменений в почве вполне компенсирует потерю неэффективной части носителей прироста. Для восполнения послепожарного отпада древесины повышенным приростом достаточно 4–6 лет. Последствия пожара средней интенсивности компенсируются древостоем в течение 15–20 лет. Деструктивное воздействие пожара высокой интенсивности может быть восполнено только после появления нового поколения леса, т. е. путем формирования абсолютно разновозрастного древостоя, поскольку отпад древесины в данном случае на порядок и более превышает ее текущий прирост. Следует отметить, что лиственничные насаждения, формирующиеся после интенсивных пожаров, особенно вторичных, снижают производительность на 1–2 класса бонитета.

Восстановление лиственничников на гарях обычно растягивается на длительное время. В подтаежном поясе после губительных пожа-

ров образуются производные лиственнично-березовые насаждения, преимущественно короткопроизводные. Береза в условиях Восточного Хэнтэя достигает возраста 60–70 лет, а по мере ее отмирания восстанавливаются коренные лиственничные древостои. Но повторные пожары усиливают позиции березы за счет ее обильного порослевого возобновления. В таких ситуациях необходимо еще более длительное время на восстановление коренного облика сгоревших лиственничников.

Пожары оказывают существенное влияние на изменение свойств почв. Степень трансформации почв может быть как положительной, так и отрицательной. Наиболее благоприятные изменения отмечены при слабой и средней интенсивности пожара. Увеличение содержания золы приводит к снижению кислотности и возрастанию содержания в почвенно-поглощающем комплексе обменных кальция и магния. В первый год после пожара увеличивается в почве и содержание азота. На пятый год эти изменения менее контрастны. Лесные пожары средней и высокой интенсивности резко ухудшают водно-физические свойства почв и их противозерозионную устойчивость. Это проявляется в увеличении плотности сложения, ухудшении общей пористости, сужении диапазона активной влаги и уменьшении водоудерживающей способности верхних почвенных горизонтов. На горях ослабляется водоудерживающая способность почвы, что ухудшает водоохранно-защитную роль лесных экосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анучин Н. П.* Лесная таксация. Учебник для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 552 с.
- Арефьева З. Н., Колесников Б. П.* Динамика аммиачного азота в лесных почвах Зауралья при высоких и низких температурах // Почвоведение. 1963. № 3. С. 30–45.
- Аринушкина Е. В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 486 с.
- Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А.* Методы исследований физических свойств почв и грунтов. М.: Высш. школа, 1973. 399 с.
- Валендик Э. Н., Иванова Г. А., Чулуунбаатар Ц.* Пожары в лесах Монголии // География и природ. ресурсы. 1999. № 2. С. 148–153.
- Доржсурэн Ч.* Антропогенные сукцессии в лиственничных лесах Монголии. М.: [б.и.], 2009. 260 с.: тр. совместной Российско-Монгольской комплексной биол. экспедиции. Т. 50.
- Евдокименко М. Д.* Пирогенная дигрессия лиственничников Забайкалья и Северной Монголии // Изв. вузов. Лесн. журн. 2009. № 4. С. 12–18.
- Заболотник С. И.* Сезонное промерзание и протаивание грунтов // Геокриологические условия МНР. М.: Наука, 1974. С. 49–73.
- Краснощеков Ю. Н.* Влияние пожаров на свойства горных дерново-таежных почв лиственничников Монголии // Почвоведение. 1994. № 9. С. 102–109.
- Краснощеков Ю. Н., Гомбосурэн Н.* Изменение лесорастительных условий под влиянием рубок главного пользования и лесных пожаров в подтаежных лиственничниках // Леса МНР. М.: Наука, 1988. С. 16–49.
- Краснощеков Ю. Н., Евдокименко М. Д., Черденникова Ю. С.* Влияние пожаров на экосистемы подтаежно-лесостепных сосновых лесов в Юго-Западном Прибайкалье // Сиб. экол. журн. 2013. № 5. С. 633–643.
- Краснощеков Ю. Н., Сорокин Н. Д.* Почвенно-экологические изменения на вырубках и горях Восточного Хэнтэя (МНР) // Почвоведение. 1988. № 1. С. 117–127.
- Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Курбатский Н. П.* Техника и тактика тушения лесных пожаров. М.: Гослесбумиздат, 1962. 155 с.
- Лебедев А. В.* Влияние лесистости и распаханности территории на водную эрозию почв в Сибири // Лес и почва. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1968. С. 325–331.
- Матвеев П. М., Савин Е. Н.* Некоторые особенности лесных пожаров в лиственничниках Центрального Хангая (МНР) // Лиственница. Межвуз. сб. науч. тр. Т. VIII. Красноярск: СТИ, 1977. С. 48–59.

- Попова Э. П. Влияние низовых пожаров на свойства лесных почв Приангарья // Охрана лесных ресурсов Сибири. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1975. С. 166–178.
- Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. 403 с.
- Роде А. А. Почвенная влага. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 452 с.
- 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.
- Сукачев В. Н., Зонн С. В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
- Тарабукина В. Г., Саввинов Д. Д. Влияние пожаров на мерзлотные почвы. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. 120 с.
- Фирсова В. П. Об изменении физико-химических свойств некоторых почв Урала под влиянием лесных пожаров // Изв. вузов. Лесн. журн. 1960. № 1. С. 13–20.
- Чулуунбаатар Ц. Пожарная опасность в лесах северной части Монголии (на примере Восточного Прихубсугуля и Восточного Хэнтэя): Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Улан-Батор, 1998. 25 с.
- Швебс Г. И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка. Л.: Гидрометеоздат, 1974. 182 с.

Fire Impact on Subtaiga Larch Forest Ecosystems of the Eastern Khentey Area in Mongolia

Yu. N. Krasnoshchekov¹, M. D. Evdokimenko¹, Ch. Dorjsuren²

¹ V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation

² Institute of Botany, Mongolian Academy of Sciences
Zhukov avenue, 77, Ulaanbaatar, 210351 Mongolia

E-mail: kyn47@mail.ru, institute_forest@ksc.krasn.ru, chdorj_07@yahoo.com

The data of experimental studies on post-fire dynamics in subtaiga larch forests in the Eastern Khentey area in Mongolia are analyzed in the paper. It has been revealed that ground litter-humus fires are the major destructive factor in forest dynamics. The impact of intense ground fire on root systems causes tree mortality, and the survival of the trees after a fire depends on character and severity of the fire damage. In extreme fire situations dead larch tree stands are replaced by secondary birch forests. The characteristics and dynamics of the lower forest vegetation layers under the influence of fires of varying intensity and duration are presented. The negative fire impact on soil properties is shown.

Keywords: *ground litter-humus fires, radial increment of trees, production process, living ground cover successions, soil morphology, water-physical and physicochemical properties of soils, erosion-preventive soil stability, the Eastern Khentey, Mongolia.*