

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ПОЧВЫ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ (НА ПРИМЕРЕ ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ)

Р.М. Коган, О.Ю. Панина

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан

*Исследовано влияние лесных пожаров на физические свойства, химический состав и фитотоксичность почвенных образцов дубово-широколиственных лесов Еврейской автономной области.*

Леса постоянно находятся в состоянии изменений – сукцессий, вызванных, наряду с динамикой климата, воздействием природных (ветровалы, вспышки численности вредителей), природно-антропогенных (пожары) и антропогенных (лесозаготовки) явлений. Роли лесных пожаров в естественной динамике лесного покрова посвящено значительное количество публикаций, поскольку они являются самым мощным экологическим фактором среди других причин, определяющих структуру и динамику первобытных лесов и, соответственно, экологическое состояние территории [6].

Лесные пожары оказывают как прямое (пиролиз), так и огромное косвенное влияние на лесные биогеоценозы, поскольку они приводят к значительному обеднению природных экосистем, потере биологического разнообразия [15]. Происходящая при этом смена коренных сообществ производными неизбежно сопровождается упрощением флористического состава и унификацией растительного покрова, снижением экологической емкости ландшафтов, уменьшением количества биотопов и растительной биомассы. Повторное горение на одних и тех же участках ежегодно или через 2–3 года уничтожает весь растительный покров и сжигает полностью или частично гумусовый горизонт почв, что отодвигает возобновление леса на 20–40 и более лет. Снижается способность почвы удовлетворять потребности растений в минеральных и органических веществах, воздухе, биотической и физико-химической среде, включая тепловую и гидротермический режим, и на этой основе обеспечивать биологическую продуктивность растительности. Также может развиваться плоскостная, иногда линейная эрозия, а экосистемы практически полностью перестают выполнять ландшафтно-стабилизирующие и другие экологические функции и восстанавливаются медленно. Хотя почвенный покров и является возобновимым ресурсом, однако для его восстановления после ежегодных лесных пожаров требуются десятки и сотни лет [10, 17].

Пирогенный фактор играет важную роль в почвообразовании в лесных областях, и почва, как главный компонент биогеоценоза, является наиболее чувствительной к воздействию пожаров.

Влияние пожаров на почву может осуществляться несколькими способами: непосредственное воздействие высоких температур на твердую фазу почв; одновременное поступление на поверхность значительного количества золы, образовавшейся при минерализации подстилки и других горючих материалов; изменение струк-

туры и качества органического вещества; смена одних растительных сообществ другими [13]. Поэтому в результате пожаров существенно изменяются физико-химические свойства, механический состав, эдафические условия, водно-воздушный и гидротермический режим, а также микробиологические, биохимические и биологические свойства почв [9, 15]. Например, изменение кислотности почв после пожаров может быть связано с разложением органического вещества, потерей питательных элементов, развитием оглеения, влиянием золы. За счет выгорания снижается почвенное плодородие верхнего гумусового слоя и лесной подстилки, на восстановление которых требуется длительное время. Также при пожарах теряются азотные соединения – основная часть запасенного в растительности связанного азота высвобождается в атмосферу, становясь для подавляющего большинства растений недоступной, а также мертвое органическое вещество почвы, образующееся из отмирающих частей растений, в том числе сухой травы. Сокращение количества мертвого органического вещества в почве – это главный фактор снижения почвенного плодородия. Органическое вещество в лесной подстилке обеспечивает аэрированность, пористость и рыхлость почвы, ее влагоемкость, температурный режим, способность удерживать элементы минерального питания растений в тех формах, из которых они могут быстро высвободиться в почвенный раствор, что особенно важно в период активного роста растительности. Кроме того, оно во многом определяет способность почвы противостоять водной и ветровой эрозии, поскольку скрепленные мертвой органикой частицы песка и глины труднее смываются водой или сдуваются ветром, а значит, плодородный слой почвы лучше сохраняется с течением времени. Наконец, мертвое органическое вещество высвобождает имеющиеся в нем элементы минерального питания постепенно, по мере разложения, в то время как при сгорании этого вещества минеральные элементы переходят в растворимую форму быстро и в последствии легко вымываются первым же сильным дождем [4, 19].

При беглых пожарах в основном сгорают верхние наиболее рыхлые слои подстилки, и в нее поступают такие более плотные компоненты, как частицы угля и золы, увеличивается её зольность [2, 3]. Указанные изменения основных параметров подстилки вызывают увеличение ее теплопроводности, а темный цвет поверхности выжженных участков обуславливает существенное (с 18–20 до 10–13 %) снижение альбедо.

Такое многообразие пирогенных изменений в почвах предложено объединить в две группы: трансформация отдельных свойств (поверхностные изменения) и трансформация процессов почвообразования (органодеструктивные изменения) [15].

Количество исследований влияния пожаров на экологические свойства почв ограничено, но, вместе с тем, отмечено, что происходящие в них процессы изменяются в зависимости от региональных особенностей: интенсивности горения, механического состава почв, мощности лесной подстилки и других параметров [16]. Актуальность этой проблемы особенно проявляется в районах со значительной лесистостью и плотностью пожаров. Например, на Дальнем Востоке России нарушенность лесного покрова затрагивает большие территории. В среднем она составляет 30 %, изменяясь в следующих пределах: Еврейская автономная область (ЕАО) – 57 %; Амурская область – 42,2 %; Сахалинская область – 38,6 %; Хабаровский край – 36 %; Приморский край – 30,9 %; Чукотский автономный округ – 29,6 %; Республика Саха – 26,8 %; Камчатская область – 9 %; Магаданская область – 24,6 % [17, 18]. В ЕАО каждый год началом пожароопасного периода, с момента схода снегового покрова до выпадения снега, начинаются лесные пожары, основными причинами которых являются антропогенные, трудно управляемые факторы (табл. 1). Поэтому целью работы является исследование влияния пожаров на физические свойства (гигроскопичность), химический состав и фитотоксичность почв горельников на примере широколиственных ЕАО.

#### Район исследований

Широколиственные леса на территории городского участкового лесничества Биробиджанского лесхоза фи-

лиала Биробиджанского ОГБУ «Лесничество ЕАО» и Государственного земельного запаса. Почвы – подзолисто-буроземные, глинистые и суглинистые [7, 14].

Расположение пробных площадок: № 1 – 183 квартал и № 2 – 191 квартал лесничества, № 3 – район Государственного земельного запаса между 8 и 9 км шоссе г. Биробиджан – с. Ленинское.

Характеристика пробных площадок:

№ 1. Ненарушенный фоновый образец, не подвергался горению, состав древостоя 7Д2Б1Б (70 % – дуб монгольский, 20 % – бархат амурский, 10 % – береза плосколистная). Поверхностный слой почвы задернован, опад в основном дубовые листья, травы.

№ 2. Однократно нарушенный образец, горельник 2007 г., состав древостоя 9Д1Б (90 % дуб монгольский, 10 % – береза плосколистная), подрост из леспедецы двуцветной, дуба монгольского, поверхностный слой почвы задернован, опад в основном дубовые листья, трава.

№ 3. Многократно нарушенный образец, многократно подвергался пожарам. Состав древостоя 9Д1Б (90 % дуб монгольский, 10 % – береза плосколистная), деревья тонкие и разреженные, стволы обгоревшие; подрост практически нет, единично встречается леспедеца двуцветная. Поверхностный слой почвы черный, глубже наблюдается слой глины; опад отсутствует.

Для анализа методом конверта отбирались по 5 образцов верхнего слоя почв массой по 200–300 г каждый, перемешивались, высушивались до воздушно-сухого состояния, измельчались и просеивались через сито с диаметром пор 1 мм [5]. Номера проб почв совпадают с нумерацией площадок.

#### Методы исследования

Гигроскопическая влажность, содержание хлоридов, нитратов, сульфатов, гумуса, зольной части, обменная кислотность определялись по стандартным методикам [5, 12, 14].

Концентрации железа общего, меди, никеля, марганца измерялись методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре Solaar 6М. Для извлечения подвижных форм тяжелых металлов применялась водная и кислотная вытяжки.

Водная вытяжка из почв растворяет все легкорастворимые соли, часть труднорастворимых солей и часть солей, образовавшихся в результате обмена катионов солей с натрием и магнием поглощающего почвенного комплекса. Ее состав характеризует суммарное и компонентное содержание легкорастворимых солей почвы, воднорастворимых органических веществ, легкодоступных растениям питательных элементов.

Кислотная вытяжка используется для определения содержания в почве нерастворимых в воде и солевом растворе компонентов – главным образом тяжелых металлов, которые могут находиться в почве в разных формах и переходят в растворимые формы только в сильно-кислой среде [1, 5, 9, 12]. Например, железо, медь и многие микроэлементы: никель, алюминий, ванадий, хром и другие – в почвенных растворах содержатся главным образом в виде комплексных органоминеральных соединений, где органическая часть комплексов представлена

Таблица 1

Динамика лесных пожаров на территории Еврейской автономной области, 2005–2008 гг.

Год	Количество лесных пожаров, источники возгорания	Площадь горельников, га
2005	95, из них: население – 37 сельскохозяйственные палы – 11 ЛЭП – 3 железнодорожный транспорт – 1 невьясненные – 43	24053,5
2006	89, из них: население – 22 сельскохозяйственные палы – 13 автотранспорт – 1 военная часть – 1 грозы – 3 невьясненные – 49	5185,5
2007	84, из них: население – 9 сельскохозяйственные палы – 9 железнодорожный транспорт – 1 невьясненные – 65	13463,0
2008	81, из них: население – 38 сельскохозяйственные палы – 16 железнодорожный транспорт – 1 невьясненные – 26	39874,3

Таблица 2

Содержание органических и неорганических веществ и кислотность почвенных образцов

№ пробной площадки	Содержание органических веществ, %	Содержание неорганических веществ, %	pH
1	35,26	64,74	6,32
2	24,4	70,6	5,01
3	31,78	68,22	5,06

гумусовыми и низкомолекулярными органическими кислотами, полифенолами и другими органическими веществами.

Для приготовления водной вытяжки использовалась дистиллированная вода в соотношении почвы к воде 1:5, а для кислотной – 0,1 н. раствор  $H_2SO_4$  в соотношении почвы к кислоте 1:10 [5, 8, 11].

Фитотоксический эффект (ФЭ) определялся биотестированием почвенных проб по измерениям длин надземных и подземных частей и массы проросткам кресс-салата. Расчет ФЭ (%) производился по отношению к образцу № 1 по формуле:

$$\text{ФЭ} = \frac{\dot{I}_{\text{е}} - \dot{I}_{\text{д}}}{\dot{I}_{\text{е}}} 100,$$

где  $M_k$  – показатель (масса, длина) контрольного растения или всех контрольных растений в фоновом образце почвы (№ 1);  $M_x$  – показатель (масса, длина) растения или растений, выращенных в предположительно фитотоксичной среде (образцы почв № 2, 3) [11].

Условия проращивания кресс-салата: масса почвы – 100 г, степень увлажнения – около 70 %, количество семян – 13. На четвертые сутки образцы помещены на световой стеллаж с освещением в течение 14 ч в сутки (с 6 до 20 ч), где выращивались на протяжении двух недель. По окончании опыта растения отделены от земли, просушены и измерены длины надземной и подземной частей, взвешена их биомасса [11].

Все опыты проводились в трехкратной повторяемости.

### Основные результаты

Во всех исследованных образцах не обнаружены хлорид и сульфат ионов, которые попадают в почвы преимущественно с атмосферными осадками и являются показателями антропогенного загрязнения. Следовательно,

но, почвы и растительность находятся здесь в естественных условиях, и изменения в них могут быть вызваны в основном лесными пожарами. Так, в почвах, испытывавших влияние лесных пожаров, уменьшается гигроскопическая влажность (на 2–3 % по сравнению с ненарушенным образцом), т.е. увеличивается плотность и уменьшается пористость.

В почвах, подвергающихся влиянию лесных пожаров, происходит уменьшение количества органических и увеличение содержания неорганических веществ, а также изменяется кислотность (табл. 2).

Как видно из данных, приведенных в табл. 3, по содержанию в пробах почв металлы располагаются в следующем порядке убывания: марганец, железо, никель, медь.

Изменение кислотности и количества органических веществ (табл. 1) приводит к изменению концентрации свободных и связанных форм металлов (рис. 1). Так, в водной вытяжке количество марганца, никеля и меди уменьшается, железа при однократном горении увеличивается, при многократном уменьшается. В кислотной вытяжке содержание меди, железа и никеля в почвах после

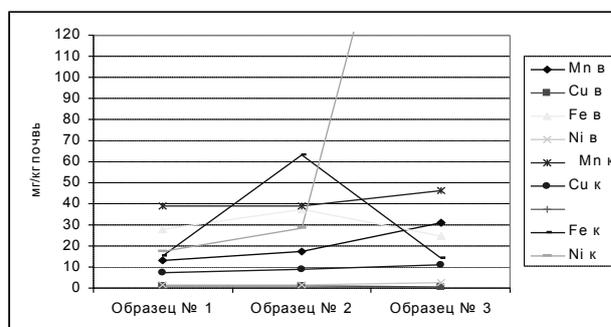


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в почвенных образцах. Примечание: концентрация железа (Fe к) равна  $C \cdot 10^{-1}$ , концентрация марганца (Mn к) –  $C \cdot 10^{-2}$ , в – водная вытяжка, к – кислотная вытяжка

пожаров увеличивается, марганца при однократном горении уменьшается, при многократном увеличивается.

Биотестирование почвенных проб по проросткам кресс-салата показало, что сумма длин и средняя длина ростков в образце, не подвергавшемся лесным пожарам, намного больше, чем в двух горевших образцах. Кроме того, масса ростков и средняя масса одного ростка в образце, не подвергавшемся лесным пожарам больше, чем

Таблица 3

Концентрация тяжелых металлов в пробах почвы

ТМ	ПДК, мг/кг	Вытяжка	Образец № 1		Образец № 2		Образец № 3	
			мг/дм <sup>3</sup> вытяжки	мг/кг почвы	мг/дм <sup>3</sup> вытяжки	мг/кг почвы	мг/дм <sup>3</sup> вытяжки	мг/кг почвы
Mn	1500,0	Водная	2,62	13,08	3,50	17,48	6,22	31,09
		Кислотная	389,24	3892,36	388,25	3882,45	464,05	4640,49
Cu	3,0	Водная	0,24	1,20	0,19	0,94	0,15	0,75
		Кислотная	0,73	7,30	0,88	8,82	1,10	11,01
Fe		Водная	5,60	28,01	7,52	37,61	4,99	24,99
		Кислотная	15,41	154,14	63,31	633,09	141,58	1415,79
Ni	4,0	Водная	0,39	1,43	0,31	1,54	0,56	2,80
		Кислотная	1,73	17,25	2,83	28,32	2,78	278,40

Примечание: содержание железа в почвах не нормируется

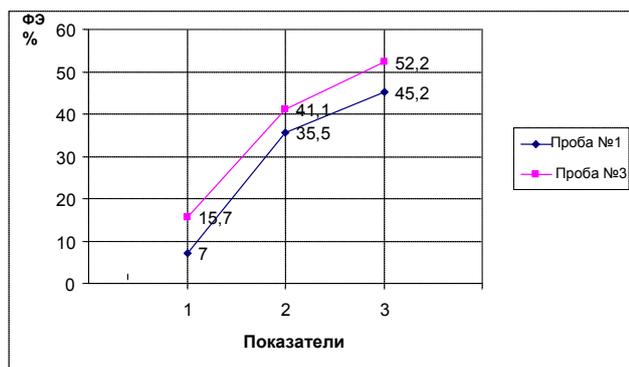
Т а б л и ц а 4  
Результаты определения средней  
длины и массы ростков кресс салата

Показатель	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Средняя сумма длин ростков, см	170,7	110,5	98
Средняя длина одного ростка, см	15,1	10,5	9,9
Средняя масса длин ростков, г	1,2	0,6	0,5
Средняя масса одного ростка, г	0,2	0,1	0,05

в двух других образцах, подвергавшимся горению (табл. 4).

Фитотоксический эффект (ФЭ) проб почв № 2 и 3, определенный по данным показателям, имеет разную величину, но он всегда больше в почвах, которые подвергались многократному горению (рис. 2).

Таким образом, влияние пожаров растительности на почвы проявляется в уменьшении гигроскопической влажности и содержания органических веществ, увеличении зольной части, повышении кислотности и в изме-



**Рис. 2. Фитотоксический эффект проб почв горельников.** Показатели: 1 – количество ростков, 2 – сумма длин ростков, 3 – масса ростков

нении соотношения подвижных и связанных форм некоторых тяжелых металлов. Почвы, подвергавшиеся воздействию пожаров, оказывают значительный фитотоксический эффект на растения: уменьшается их длина, масса и количество, т.е. в результате лесных пожаров в почвах накапливаются токсичные вещества, отрицательно влияющие на рост и развитие растительности и, следовательно, они не могут быть использованы для возделывания сельскохозяйственных и лесных культур без предварительной рекультивации.

**Работа выполнена при финансовой поддержке проекта ДВО РАН 09-ИП-16-08.**

#### ЛИТЕРАТУРА:

- Антипов М.А., Голицын М.С. Подвижные формы тяжелых металлов в почвогрунтах зоны аэрации. М.: ООО Геоинформмарк, 2002. 64 с.

*The influence of forest fires on physical properties, chemistry and phyto-toxicity of soil samples from oak-deciduous forests in the Jewish autonomous region has been investigated.*

- Аткин А.С., Аткина Л.И. Запасы напочвенных горючих материалов в сосняках // Лесные пожары и их последствия: [сб. ст.] Красноярск: ИЛиД, 1985. С. 92–101.
- Безкорвайная И.Н. Пирогенная трансформация почв сосняков средней тайги // Сибирский экологический журнал. 2005. № 1. С. 143–152.
- Белобров В.П., Замотаев И.В., Овечкин С.В. География почв с основами почвоведения. учеб. пособие для студ. педвузов. М.: Академия, 2004. 352 с.
- Гречин И.П., Кауричев И.С., Никольский Н.Н., Панов Н.П., Поддубный Н.Н. Практикум по почвоведению. М.: Колос, 1964. 422 с.
- Громцев А.Н. Динамика коренных таежных лесов в Европейской части России при естественных нарушениях // III Всероссийская школа-конференция «Актуальные проблемы геоботаники» Петрозаводск, 24–29 сентября 2007 г. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2007. С. 14–45.
- Гуревич В.С., Рянский Ф.Н. Еврейская автономная область: энциклопедический словарь. Хабаровск: РИОТИП краевой типографии, 1999. 368 с.
- Кауричев И.С. Практикум по почвоведению. М.: Колос, 1973. 279 с.
- Краснощеков Ю.Н. Почвозащитная роль горных лесов бассейна озера Байкал. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 224 с.
- Лебедева М.И., Анкудинова И.А. Экология: учеб. пособие. Тамбов: Тамбовский гос. ин-т, 2002. 80 с.
- Методы контроля за состоянием почвы // [http://garbageinfo.ru/catalog/zagreznenie\\_okrug\\_sr/metod\\_kontrolya\\_pochva.html](http://garbageinfo.ru/catalog/zagreznenie_okrug_sr/metod_kontrolya_pochva.html)
- Никольский Н.Н. Практикум по почвоведению. М.: Просвещение, 1965. 200 с.
- Попова Э.П. Пирогенная трансформация свойств лесных почв Среднего Приангарья // Сибирский экологический журнал. 1997. № 4. С. 413–418.
- Природные ресурсы ЕАО / Журнист В.И., Коган Р.М., Кодякова Т.Е. и др. // Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2004. 112 с.
- Сапожников А.П. Роль огня в формировании лесных почв // Экология. 1976. № 1. С. 43–46.
- Трофимов И.Т., Бахарева И.Ю. Особенности послепирогенной трансформации дерново-подзолистых почв юго-западной части ленточных боров Алтайского края // Вестник Алтайского гос. аграр. ун-та. 2007. № 11 (37). С. 31–34.
- Христофорова Н.К. Экологические проблемы региона: Дальний Восток – Приморье: учеб. пособие. Владивосток; Хабаровск: Хабаровск. кн. изд-во, 2005. 304 с.
- Шейнгауз А.С. Природопользование российского Дальнего Востока и Северо-Восточная Азия. Хабаровск: Риотип, 1997. 224 с.
- Ярошенко А.Ю. Все о палах (когда горит трава) // <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/90170/90659/1902222>.