

УДК 630\*43(571.621)

**Р. М. Коган, О. Ю. Панина**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЖАРОВ  
НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ  
(НА ПРИМЕРЕ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ  
ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ)**

*Исследовано влияние лесных пожаров на фитотоксичность почвенных образцов широколиственных лесов Еврейской автономной области.*

**Ключевые слова:** пожары растительности, почвы, фитотоксический эффект, органическое вещество, тяжелые металлы.

**Rita M. Kogan, Olga Y. Panina. INVESTIGATION OF INFLUENCE OF FIRES PHYTO-TOXICITY ON SOIL (ON EXAMPLE BROAD LEAF-BEARING FOREST JEWISH AUTONOMOUS REGION) (Far Eastern State Academy for Social and Humanity Studies)**

*Investigation of influence of forest fires causing phyto-toxicity on samples soil deciduous forests of the Jewish Autonomous Region.*

**Keywords:** vegetation fires, soil, phyto-toxicity effect, organic matter, heavy metals.

Роли лесных пожаров в естественной динамике лесного покрова посвящено значительное количество публикаций, поскольку они являются самым мощным экологическим фактором (среди других причин), определяющим структуру и динамику первобытных лесов и, соответственно, экологическое состояние территории.

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

Воздействие пожаров на почву идет несколькими путями. Это — непосредственное воздействие высоких температур на твердую фазу почв, единовременное поступление на поверхность значительного количества золы, образовавшейся при минерализации подстилки и других горючих материалов, изменение структуры и качества органического вещества и смена одних растительных сообществ другими, что неизбежно сопровождается упроще-

нием флористического состава и унификацией растительного покрова, снижением экологической емкости ландшафтов, уменьшением количества биотопов и растительной биомассы [14]. Поэтому в результате пожаров существенно изменяются физико-химические свойства, механический состав, эдафические условия, водно-воздушный и гидротермический режим почв, что оказывает непосредственное влияние на микробиологические, биохимические и биологические свойства почв [10; 15].

Например, повторное горение на одних и тех же участках ежегодно или через 2—3 года, уничтожают весь растительный покров и сжигают полностью или частично гумусовый горизонт почв, что снижает почвенное плодородие и способность почвы удовлетворять потребностям растений в минеральных и органических веществах, в воздухе, биотической и физико-химической среде, включая тепловой и гидротермический режим, и на этой основе обеспечивать биологическую продуктивность растительности.

Изменение кислотности почв после пожаров может быть связано с разложением органического вещества, потерей питательных элементов, развитием оглеения, влиянием золы.

Также при пожарах теряются азотные соединения (основная часть запасенного в растительности связанного азота высвобождается в атмосферу, становясь для подавляющего большинства растений недоступной), и мертвое органическое вещество почвы (образующееся из отмирающих частей растений, в том числе собственно 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 — 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 измене-

ния основных параметров подстилки вызывают увеличение ее теплопроводности, а темный цвет поверхности выжженных участков обуславливает существенное (с 18—20 до 10—13 %) снижение альбедо.

Хоть почвенный покров и является возобновимым ресурсом, однако для его восстановления после ежегодных лесных пожаров требуются десятки и сотни лет [11; 17].

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, где нарушенность лесного покрова затрагивает большие территории. В среднем она составляет 30 %, изменяясь в следующих пределах: Еврейская автономная область — 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].

Последствия лесных пожаров на почвенный слой и рост растительности хорошо наглядно наблюдать с помощью фитотоксичности. Фитотоксичность почвы — это способность почв оказывать угнетающее действие на растения, приводящее к нарушению физиологических процессов, ухудшению качества растительной продукции и снижению её выхода. Оценка свойств почв по фитотоксическому действию продуктов, образовавшихся при пожарах растительности, проводится экспресс-методом по проращиванию семян. В качестве индикаторов токсичности используются семена сельскохозяйственных растений. Фитотоксическое действие считается доказанным, если фитоэффект (ФЭ) составляет 20 % и более.

Целью работы является исследование влияния пожаров на фитотоксичность почв горельников в Еврейской автономной области (ЕАО), поскольку здесь каждый год, с началом пожароопасного периода (период с момента схода снегового покрова до выпадения снега), начинаются лесные пожары, основными причинами которых являются антропогенные, трудно управляемые факторы (табл. 1).

Из таблицы 1 видно, что площадь горельников ЕАО в 2008—2009 гг. начинает увеличиваться и на территории городского участкового лесничества ЕАО приобретает значительные масштабы (рис. 1).

Район исследований: дубово-широколиственные леса, почвы — подзолисто-буроземные, глинистые и суглинистые [7; 9].

## Динамика лесных пожаров на территории ЕАО 2005—2008 г.

Год	Количество лесных пожаров, источники возгорания	Площадь горельников, га
2005	95, из них Население – 39 Сельскохозяйственные палы – 12 ЛЭП – 3 Железнодорожный транспорт – 1 Невыясненные – 40	24053,5
2006	89, из них Население – 25 Сельскохозяйственные палы – 15 Автотранспорт – 1 Военная часть – 1 Грозы – 3 Невыясненные – 55	5185,5
2007	84, из них Население – 11 Сельскохозяйственные палы – 11 Железнодорожный транспорт – 1 Невыясненные – 77	13463
2008	81, из них Население – 47 Сельскохозяйственные палы – 20 Железнодорожный транспорт – 1 Невыясненные – 32	39874,3
2009	180, из них Население – 171 Сельскохозяйственные палы – 5 Железнодорожный транспорт – 4	51038,4

Расположение пробных площадок: территория городского участкового лесничества Филиала Биробиджанского ОГБУ «Лестничество ЕАО». Площадка № 1 — 183 квартал, площадка № 2 — 191 квартал городского лесничества Биробиджанского лесхоза, площадка №3 — район Государственного земельного запаса между 8 и 9 км шоссе г. Биробиджан — с. Ленинское.

Характеристика пробных площадок:

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

Площадка № 2. Однократно нарушенный образец (горельник 2007 г.), состав древостоя 9Д1Б; подрост из леспедецы двуцветной, дуба монгольского, поверхностный слой почвы задернован, опад, в основном, дубовые листья, трава.

Площадка № 3. Многократно нарушенный образец (многократно подвергался пожарам). Состав древостоя 9Д1Б (90 % деревьев — дуб монгольский, 10 % — береза плосколистная), деревья тонкие и разреженные, ство-

лы обгоревшие; подрост практически нет, единично встречается леспедеца двуцветная. Поверхностный слой почвы черный, глубже наблюдается слой глины; опад отсутствует.



**Рис. 1. Расположение горельников городского участкового лесничества Филиала Биробиджанского ОГБУ «Лестничество ЕАО» в 2008—2009 гг.**

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].

*Методика определения фитотоксичности методом проростков*

Метод основан на реакции тест-культур при внесении в почву удобрений, мелиорантов, загрязняющих веществ и т. п. По сути дела, этот метод позволяет выявлять токсичное (ингибирующее) действие тех или иных веществ, и стимулирующее влияние, активизирующее развитие тест-культур. Семена тест-культур высеваются в вегетационные сосуды или лабораторные стаканы, заполненные загрязненной и незагрязненной почвой. В ходе опыта фиксируют всхожесть, энергию прорастания, длину надземной и корневой систем, массу сухого вещества надземной и подземной части.

Выбор тест-культур. Желательно иметь быстро прорастающие культуры, которые обычно выращиваются в хозяйствах изучаемого региона. Так,

для изучения фитотоксического эффекта почв горельников подходят семена кресс-салата.

Условия опыта. Опыт проводится на световых стеллажах или в вегетационных домиках при поддержании постоянной влажности почвы. Принята влажность, равная 70 % от полной влагоемкости (ПВ). С этой целью для изучаемых почв или смесей предварительно определяют полную влагоемкость стандартным методом, используя одинаковую подготовку проб (измельчение, растирание, перемешивание и пр.). В начале опыта почву увлажняют расчетным объемом воды, чтобы влажность была 70 % ПВ. В ходе опыта влажность поддерживают постоянной, для чего сосуды взвешивают после первого увлажнения немедленно, а затем периодически повторяют взвешивание и потерю массы за счет эвапотранспирации компенсируют добавлением в сосуды недостающей воды.

Ход анализа. В стеклянные стаканы помещают по 100 г субстрата (смеси или почвы), увлажняют его до 70 % от ПВ (и такую влажность поддерживают в течение всего опыта) и в каждый сосуд высевают по 13 семян тест-культуры. На четвертые сутки стаканы помещают на световой стеллаж с освещением в течение 14 ч в сутки (с 6 до 20 ч). В этих условиях тест-культуры выращивают в течение двух недель. В процессе опыта ведут наблюдения по следующим показателям: 1. Записывают время появления всходов и их число на каждые сутки; 2. Оценивают общую всхожесть (к концу опыта); измеряют регулярно длину надземной массы (высоту растений). По окончании опыта растения осторожно отделяют от земли, просушивают, стряхивают остатки почвы и измеряют окончательную длину надземной части растений, длину корней. Затем высушивают растения на воздухе и отдельно взвешивают биомассу надземных частей и корней. Сопоставление этих данных позволяет выявить факт фитотоксичности или стимулирующего действия. Следует также обратить внимание на окраску растений (раннее пожелтение), характер корней, например, более короткие, но густые.

Фитотоксический эффект может быть рассчитан по разным показателям. Если, например, опираться на массу растений, то фитотоксический эффект ФЭ (%) рассчитывают по формуле:

$$\Phi \text{Э} = \frac{M_k - M_x}{M_k} \cdot 100$$

где  $M_k$  — масса контрольного растения (или всех растений на сосуд);  $M_x$  — масса растения (растений), выращенного на предположительно фитотоксичной среде.

Исследование биотестирования почвенных проб по проросткам кресс-салата проводилось в трехкратной повторяемости и показало, что сумма длин и средняя длина ростков в образце, не подвергавшемся лесным пожа-

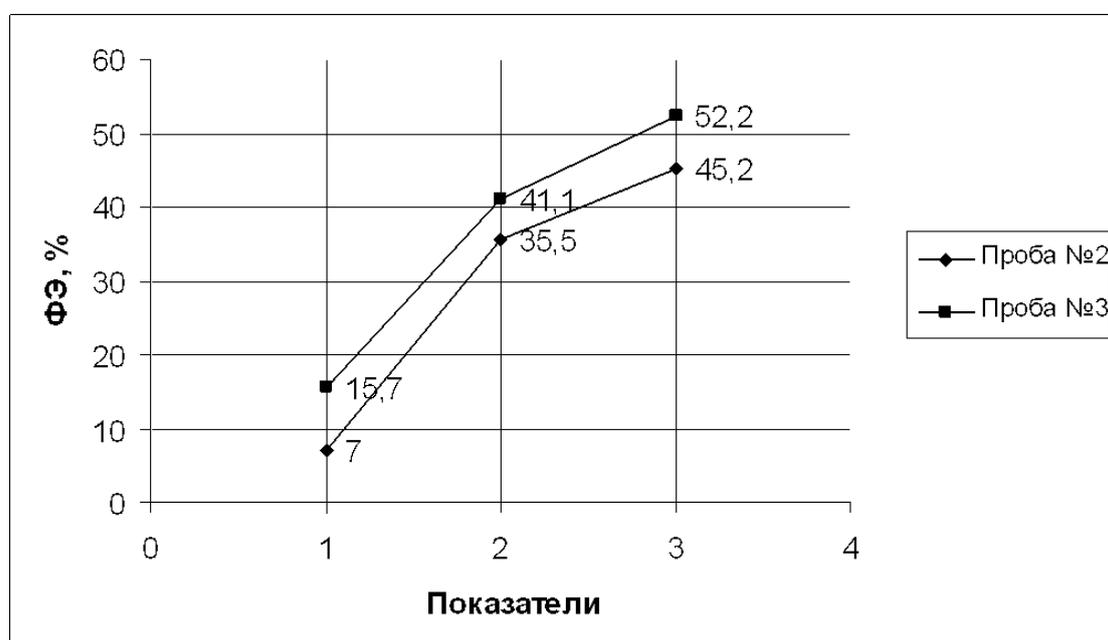
рам, намного больше, чем в двух горевших образцах. Кроме того, масса ростков и средняя масса одного ростка в образце, не подвергавшемся лесным пожарам больше, чем в двух других образцах, подвергавшимся горению (табл. 2).

Фитотоксический эффект (ФЭ) проб почв № 2 и № 3 по разным показателям превышает допустимую норму (20 %) (рис. 2).

Таблица 2

**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



**Рис. 2. Фитотоксический эффект проб почв горельников**

Показатели: 1 - количество ростков, 2 - сумма длин ростков, 3 – масса ростков.

Как видно из рисунка 2, загрязнение почв продуктами горения влияет на массу и размер проростков. Значение фитоэффекта, вычисленного по этим показателям, имеет разную величину, но всегда оно больше в почвах, которые подвергались многократному горению.

На массу и размер исследуемых проростков могли повлиять как физические свойства, так и механический и химический состав почв, поэтому по стандартным методикам в пробах почвы были определены гигроскопическая влажность, содержание хлоридов, нитратов, сульфатов, железа общего, меди, никеля, марганца, гумуса, зольной части, обменная кислотность [5; 8; 12; 13].

Концентрации железа общего, меди, никеля, марганца измерены методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре Solaar 6M.

Для извлечения наиболее подвижных форм тяжелых металлов, применяли водную и кислотную вытяжки (0,1 н. раствор H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Для приготовления водной вытяжки использовалась дистиллированная вода в соотношении почвы к воде 1:5, а для кислотной — 0,1 н. раствор H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в соотношении почвы к кислоте 1:10 [1; 5; 8; 13].

Во всех исследованных почвах не обнаружены хлорид и сульфат ионов, которые попадают в почвы, в основном, с атмосферными осадками и являются показателями антропогенного загрязнения. Следовательно, почвы и растительность находятся здесь в естественных условиях, и изменения в них могут быть вызваны, в основном, лесными пожарами. Так, в почвах, испытавших влияние лесных пожаров, уменьшается гигроскопическая влажность (на 2—3 % по сравнению с ненарушенным образцом), т. е. увеличивается плотность, уменьшается пористость.

Лесные пожары приводят к уменьшению количества органических и увеличению содержания неорганических веществ, а также изменяют кислотность почв (табл. 3).

Таблица 3

**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

Поскольку кислотность влияет на подвижность тяжелых металлов (ТМ), что оказывает влияние на легкость их вымывания из почв, особенно в период муссонных дождей, определено их содержание в водной и кислотной вытяжках (табл. 4).

Таблица 4

**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.

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 сильнокислой среде [1; 5; 8; 13]. 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 гумусовыми и низкомолекулярными органическими кислотами, полифенолами, и другими органическими веществами.

Как видно из данных, приведенных в табл.4, по содержанию в пробах почв металлы располагаются в следующем порядке убывания: марганец, железо, никель, медь. В водной вытяжке из почв горельников количество марганца и никеля, меди уменьшается, а железа при однократном горении увеличивается, при многократном уменьшается. Анализ кислотной вытяжки показал, что содержание меди, железа и никеля в почвах после пожаров увеличивается, а марганца при однократном горении уменьшается, при многократном увеличивается. Причем во всех пробах содержание тяжелых металлов в кислотной вытяжке намного выше, чем в водной, хотя водная вытяжка указывает непосредственное воздействие их на растения. Таким образом, воздействие пожаров проявляется не только в изменении общего содержания тяжелых металлов, но и на соотношение в виде растворимых соединений и связанных в почвенные комплексы.

Таким образом, влияние пожаров растительности на почвы проявляется в уменьшении гигроскопической влажности и содержания органических веществ, увеличении зольной части и повышении кислотности, последнее может быть связано с разложением органического вещества, потерей питательных элементов, развитием оглеения. Кроме того, пожары растительности изменяют содержание и форму нахождения в почвах тяжелых металлов: если почва горела каждый год, то происходит увеличение содержания марганца в водной вытяжке, никеля в водной и кислотной вытяжках и железа в кислотной вытяжке, что связано с переходом этих элементов из органических веществ в зольные. Почвы, подвергавшиеся воздействию пожаров, оказывают значительный фитотоксический эффект на растения (уменьшается их длина, масса и количество), т.е. в результате лесных пожаров в поч-

вах 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.

## Литература

1. Антипов М.А., Голицын М.С. Подвижные формы тяжелых металлов в почвогрунтах зоны аэрации. М.: ООО «Геоинформмарк», 2002. 64 с.
2. 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.
3. Безкоровайная И.Н. Пирогенная трансформация почв сосняков средней тайги // Сибирский экологический журнал. 2005, № 1. С. 143–152.
4. Белобров В. П., Замотаев И. В., Овечкин С. В. География почв с основами почвоведения. Учеб. пособие для студ. пед. вузов. М.: «Академия», 2004. 352 с.
5. Гречин И.П., Кауричев И.С., Никольский Н.Н., Панов Н.П., Поддубный Н.Н. Практикум по почвоведению. М.: «Колос», 1964. 422 с.
6. 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. С. 14–45
7. Гуревич В. С., Рянский Ф. Н. Еврейская автономная область: энциклопедический словарь. Хабаровск: «РИОТИП» краевой типографии, 1999. 368 с.
8. Кауричев И.С. Практикум по почвоведению. М.: «Колос», 1973. 279 с.
9. Комарова Т., М., Рубцова Т. А., Ахмадулин В. А. Природные ресурсы ЕАО. Хабаровск: Хабар. кн. изд-во, 2004. 112 с.
10. Краснощеков Ю.Н. Почвозащитная роль горных лесов бассейна озера Байкал. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 224 с.
11. Лебедева М.И., Анкудимова И.А. Экология: Учебное пособие. Тамбов: Тамбовский государственный технический институт, 2002. 80 с.
12. Методы контроля за состоянием почвы // [http://garbageinfo.ru/catalog/zagreznenie\\_okryg\\_sr/metod\\_kontrolya\\_pochva.html](http://garbageinfo.ru/catalog/zagreznenie_okryg_sr/metod_kontrolya_pochva.html)
13. Никольский Н.Н. Практикум по почвоведению. М.: «Просвещение», 1965. 200 с.
14. Попова Э.П. Пирогенная трансформация свойств лесных почв Среднего Приангарья // Сибирский экологический журнал, 1997, №4. С. 413–418.
15. Сапожников А.П. Роль огня в формировании лесных почв // Экология, 1976. № 1. С. 43–46.
16. Трофимов И.Т., Бахарева И. Ю. Особенности послепирогенной трансформации дерново-подзолистых почв юго-западной части ленточных боров алтайского края /Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 11 (37), 2007. С. 31–34
17. Христофорова Н.К. Экологические проблемы региона: Дальний Восток — Приморье: Учебное пособие. Владивосток; Хабаровск: Хабаровск. кн. изд-во, 2005. 304 с.
18. Шейнгауз А.С. Природопользование российского Дальнего Востока и Северо-Восточная Азия. Хабаровск: Риотип, 1997. 224 с.
19. Ярошенко А.Ю. Все о палах (когда горит трава) // <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/90170/90659/1902222>