УДК 631.4:630.43

ПИРОГЕННОСТЬ – ОТВЕТНАЯ РЕАКЦИЯ ПОЧВ СУХИХ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЖАРОВ

Шахматова Е.Ю.

ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН», Улан-Удэ, e-mail: ekashakhmat@mail.ru

Исследовались почвы сосновых лесов Селенгинского среднегорья (Западное Забайкалье), которые в данном регионе, в связи с сухостью климата, подвергались воздействию низовых пожаров. Выявленные последствия пожаров на почвы, прежде всего, отражаются на морфологии почв – нарушении горизонтов профилей, появлении углистых частиц, составе и свойствах лесной подстилки, физических и водных свойствах почв – изменениях объемной и удельной массы, порозности, гигровлаги и водопроницаемости почв, химических свойствах – изменениях кислотности, содержания гумуса, обменных катионах и других показателях. Предлагается при исследовании почв лесных экосистем использовать термин «пирогенность почв» для обозначения ответной реакции, выраженной трансформацией комплекса свойств почв. Рассматриваются особенности пирогенности (степень и длительность ее проявления) в почвах в зависимости от давности пожаров, интенсивности и периодичности их воздействия.

Ключевые слова: почвы сосновых лесов, пирогенный фактор, трансформация свойств почв, пирогенность почв

PYROGENICITY – RESPONSE OF PINE FORESTS SOILS ON PYROGENIC FACTOR IMPACT

Shakhmatova E.Y.

Institute General & Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, e-mail: ekashakhmat@mail.ru

We investigated soils of pine forests in the Selenga middle mountains (Western Transbaikalia) which are exposed surface fires due to dry climate. Primarily identified fire consequences on soil affect soil morphology – disturbance of horizons of profile, appearance of coal particles, litter composition and litter properties, soil physical and water properties – density, volume weight, volume pore, air-dry moisture and water permeability changes, soil chemical properties – acidity, humus content, exchangeable cations changes and other parameters. It is proposed to use term «pyrogenicity of soil» in the study of soils of forest ecosystems to describe the response which is expressed by complex transformation of soil properties. The pyrogenicity features (degree and duration of its expression) in the soils depending on after fire time, intensity and frequency of their exposure are considered.

Keywords: soil pine forests, pyrogenic factor, transformation properties of soils, soil pyrogenicity

Воздействие пожаров на почвы не всегда учитывается при исследовании их генезиса, и пожары не относятся к числу основных факторов почвообразования. Несмотря на это, в литературе имеются доказательства как прямых, так и косвенных влияний пожаров на почвы, отмечается важность пирогенных процессов в почвах, а также подтверждается роль пирогенного фактора как важного агента, влияющего на функционирование и развитие почв лесных экосистем [1,5-7]. Растущий интерес к всестороннему изучению влияния пожаров на свойства почв часто упоминается и в зарубежных исследованиях [9,10].

В Западном Забайкалье, в связи с резкой континентальностью климата, пожары ежегодно и на длительное время выводят из равновесия тысячи гектаров леса. Карта-схема фактической горимости байкальских лесов, составленная М.Д. Евдокименко [3], подтверждает, что самой проблемной территорией в Западном Забайкалье является Селенгинское среднегорье. Высокую горимость сосновых лесов автор связывает с населенностью территории и организацией здесь промышленных рубок.

Ранее в регионе выявлена большая пирогенная уязвимость почв под сосновыми типами леса, в отличие почв под березовыми и березово-сосновыми типами леса. На гарях под мертвопокровными сосняками отмечена трансформация морфологических и химических свойств почв [8].

Цель данных исследований – проследить послепожарные изменения свойств почв в сухих сосновых лесах Селенгинского среднегорья, обосновать применимость термина “пирогенность почв” для обозначения ответной реакции почв на влияние пожаров и оценить особенности пирогенности (степень и длительность ее проявления) в почвах.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на северо-западном макросклоне хребта Цаган-Дабан Селенгинского среднегорья, в бассейне р. Воровка – левого притока р. Уды. Исследуемая территория приурочена к сосновым массивам IV-V классов бонитета и расположена на территориях Заводского и Талецкого лесничеств республики Бурятия. Наблюдения, проведенные с 2008 по 2013 годы в нижней части лесного пояса хребта Цаган-Дабан, не обнаружили лесные территории, растительность и почвенный покров которых ранее

не испытали на себе влияние пирогенного фактора. Объектом исследований явились почвы на разновозрастных гарях: дерново-подбуры иллювиально-железистые и полициклические почвы с погребенными профилями дерново-подбуров, которые ранее подвергаются интенсивному пирогенному воздействию и приурочены к делювиальным шлейфам склонов.

С целью изучения ответной реакции почв на воздействие пирогенного фактора на исследуемой территории были заложены пробные площади (ПП) размером 20х25 м на разновозрастных гарях, находящихся на различных стадиях сукцессионного развития растительности. ПП заложены в сосняках, которые пройдены низовыми пожарами средней интенсивности: ПП1-2008 – в сосняке мертвопокровном (пожар 2008 г. – свежая гарь), ПП2-2008 – в сосняке рододендроново-разнотравно-лишайниковом (пожар 1998 г.), ПП3-2008 – в сосняке злаково-разнотравном пожар (2005 г.), ПП2-2009 – в средней части делювиального шлейфа склона крутизной 2-3° в сосняке рододендроново-редкотравном (пожар 2000 г.). На ПП определялись интенсивность и давность пожаров, измерялись мощность и запасы подстилки, определялась водопроницаемость почв, закладывались почвенные разрезы, изучалась морфология почв, отбирались образцы почв на физико-химические исследования. Определения основных физических и химических свойств почв выполнялись общепринятыми методами [2, 4].

Результаты исследований и их обсуждение

В исследуемых сосняках, где влияние пожаров на почвенный покров отсутствовало 10 и более лет, мощность горизонта подстилки (О) достигает почти 2,5 см (табл. 1), что связано с бурным развитием кустистых лишайников рода *Cladonia* и зеленых мхов.

В дерново-подбурах на гарях наблюдаются изменения в строении верхней части профилей и проявляются первые признаки влияния пожаров на почвы. Подстилка неоднородна по степени трансформации составляющего ее материала и содержит многочисленные угольки. Ее мощность сильно варьирует и зависит от давности гари и возраста древостоя. Мощность и запасы подстилок на свежей гари меньше чем на 10-летней, соответственно в 2 и 4 раза. Гумусо-аккумулятивный горизонт отличается меньшей мощностью, более темной окраской в результате прокрашивания его за счет затеков пирогенного органического вещества, наличием многочисленных включений в виде черных пятен и углей разных размеров и ярко выраженной волнистой или кармановидной границей перехода в иллювиальный горизонт. Горизонт BF более уплотнен в верхней его части, имеет меньшую мощность и буровато-охристую окраску с пятнами и вкраплениями, потеками темно-серого и бурого цвета по ходам мелких корней, количество которых увеличивается в нижней части горизонта. Визуально не выявлено воздействие пожаров на нижнюю часть иллювиального горизонта и почвообразующую породу. Обобщенная формула организации почвенного профиля дерново-подбуров на гарях имеет следующий вид: Opir-AYpir-BF-C.

Высокоинтенсивные и часто повторяющиеся пожары на крутых склонах приводят к выгоранию подстилки и верхних органогенных горизонтов почв, способствуют активизации процессов плоскостной эрозии, смыву мелкозема и его отложению в средней и нижней частях делювиальных шлейфов склонов. Формируются своеобразные по морфологическому строению профили полициклических почв. Изученная слаборазвитая полициклическая почва с погребенными профилями дерново-подбура иллювиально-железистого, формирующаяся на ПП5 проявляет устойчивые пирогенные черты. Профиль почвы омолаживается вследствие частых пожаров и процессов плоскостной эрозии почв. В верхней части

Таблица 1

Мощность и запасы подстилок в дерново-подбурах на разновозрастных гарях (n=10)

№ ПП, год пожара	Мощность, см			Запас, т/га		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010
1-08, 2008	0,91±0,05	0,97±0,02	0,95±0,04	2,27±0,13	2,18±0,17	2,20±0,14
2-08, 1998	1,90±0,31	2,10±0,30	2,20±0,28	10,38±0,11	10,45±0,09	10,52±0,06
3-08, 2005	1,60±0,40	1,50±0,41	1,40±0,45	8,55±0,15	8,66±0,16	8,70±0,14
2-09, 2000	не опр.	1,34±0,38	1,50±0,42	не опр.	8,35±0,11	8,27±0,13

Запасы органического вещества превышают 10 т/га. Подстилка вниз по профилю почвы сменяется темно-серым гумусо-аккумулятивным горизонтом AY, мощность которого составляет не более 10 см. Далее располагается переходный горизонт, вмещающий в себя часть горизонта AY и иллювиальный горизонт BF, имеющий буроватые или буровато-охристые тона окраски. Ниже горизонт BF переходит в почвообразующую породу. Для минеральной части профиля характерно наличие Fe-Mn примазок. Формула организации профиля имеет вид: O-AY-AYBF-C.

современной почвы обращают на себя внимание маломощный горизонт подстилки, образованный в результате последнего пожара средней интенсивности уже на этой территории 8 лет назад, и отсутствие самостоятельного иллювиального горизонта ввиду незначительного промежутка времени, прошедшего после формирования современного наноса и недостаточного для формирования ее самостоятельного горизонта BF. В погребенном профиле встречаются два пирогенных горизонта с многочисленными включениями углистых частиц различных размеров. Первый горизонт [AYpir], мощность которого составляет 5-7 см, вскрыт на глубине 7-14 см и содержит многочисленные угли и среднеразложившееся органическое вещество, образованное при деградации подстилки и гумусо-аккумулятивного горизонта. Далее на глубине 56-66 см обнаружен еще один погребенный пирогенный слой [AYpir/BF], вмещающий в себя деградированные гумусо-аккумулятивный и иллювиальный горизонты. Ниже залегает слоистая песчаная почвообразующая порода.

Таким образом, пирогенное воздействие заметно отражается на строении почв, как с развитыми профилями, так и формирующихся полициклических почв и отвечает изменением морфологических свойств не только органических, но и минеральных горизонтов.

Следствием воздействия пожаров на почвы является значительная трансформация некоторых физических свойств верхних горизонтов профилей. В верхних пирогенных горизонтах почвы свежей гари заметный рост показателей объемной (ОМ) и удельной массы (УМ) связан с их уплотнением, а уменьшение значений общей порозности – с ухудшением в них аэрации в результате уменьшения объема влагопроводящих пор. В полициклической почве показатели ОМ и УМ высокие по всему профилю, что связано с периодическим послепожарным смывом и отложением песчаных наносов в средней и нижней частях склонов (табл. 2).

Таблица 2

Физические и водно-физические свойства почв на пробных площадях

Горизонт	Глубина, см	Объемная масса	Удельная масса	Общая порозность	Гигровлага	Коэффициент фильтрации K_{10} (мм/мин)	
		г/см³		%		2008	2013
Разр. 1-08 (ПП 1) (пожар 2008 г. средней интенсивности)							
AYpir	1-5	1,45	2,57	44	0,97	4,95	6,59
BF1	5-27	1,56	2,63	41	0,56	8,07	8,19
BF2	27-38	1,58	2,66	41	0,34	11,65	11,97
C1	38-112	1,74	2,65	34	0,32	19,23	19,25
Разр. 2-08 (ПП2) (пожар 1998 г. средней интенсивности)							
AY	1/1,5-4	1,24	2,55	51	1,45	7,27	7,43
AYBF1	4-24	1,55	2,63	41	0,88	11,05	11,31
BF2	24-35	1,61	2,67	40	0,52	12,38	12,36
C1	35-50	1,74	2,65	34	0,39	12,58	12,57
C2	50-63	1,83	2,64	31	0,30	15,06	15,09
Разр. 3-08 (ПП 3) (пожар 2005 г. средней интенсивности)							
AYpir BF1	1-8	1,38	2,58	47	0,76	5,27*	6,85
BF1	8-40	1,57	2,65	41	0,56	8,59*	8,84
BF2C	40-55	1,81	2,65	32	0,39	11,07*	11,17
C	55-98	1,85	2,68	31	0,15	19,35*	19,32
Разр. 2-09 (ПП 5) (пожар, 2000 г.)							
AYpir	1-4	1,66	2,61	36	0,50	6,17*	4,51**
BC	4-7/9	1,68	2,68	37	0,18	8,95*	5,0**
[AYpir]	7/9-14	1,62	2,65	39	0,50	8,07*	7,29**
BF1	14-24	1,78	2,68	34	0,40	-	-
BF2	24-42	1,80	2,68	33	0,25	-	-
BF3	42-56	1,98	2,69	26	0,42	-	-
[AYpir/BF]	56-68	1,93	2,66	27	0,36	-	-
C1	68-93	1,95	2,68	27	0,22	-	-

* Данные получены в 2009 году.** Данные после повторного пожара 2010 года.

Пирогенное воздействие сказывается на ухудшении порозности как верхних горизонтов дерново-подбуров, так и всем профиле полициклических почв. Выявлено, что низкие показатели гигроскопической влаги (ГВ) в верхних горизонтах почв на свежей гари – признаки недавнего сгорания органического вещества, а низкие показатели ГВ погребенных гумусовых горизонтов полициклической почвы – результат частых пожаров, при которых отсутствуют условия, необходимые для формирования свежего органического вещества в почвах и накопления в них влаги. Следует отметить заметное ухудшение водопроницаемости почв, определяемой коэффициентом фильтрации воды, в первый послепожарный год и ее неудовлетворительные показатели спустя 4 года после пожара. Такую реакцию почв, связанную с уменьшением коэффициента фильтрации после пожара можно объяснить как образованием корки от спекания органики под влиянием высоких температур на поверхности почвы, так и обогащением почв значительным количеством тяжелых углистых частиц, проникающих в поровое пространство. В почвах, с увеличением давности пожарного влияния, показатели коэффициента фильтрации возрастают и улучшаются фильтрационные свойства почв.

Дерново-подбуры характеризуются супесчаным гранулометрическим составом с преобладанием фракций мелкого песка и крупной пыли и низкими значениями илистой (<0.001 мм) фракции. Выявлено незначительное увеличение илов в иллювиальных горизонтах почвы на свежей гари (табл. 3).

Таблица 3

Физико-химические показатели почв

Горизонт	Глубина, см	pH водн.	Обменные катионы, мг-экв./100 г почвы		Fe^{3+} по Тамму	Гумус	Азот	Фракция <0.001 мм
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	%			
Разр. 1-08 (ПП 1-08) свежая гарь (20 дней после пожара)								
Opir	0-1	6,1	19,1	1,1	Не опр.	5,7	1,18	Не опр.
AYpir	1-5	6,5	10,8	9,5	0,64	2,6	0,40	2,93
BF1	5-27	6,3	6,7	3,3	0,72	0,5	0,12	6,38
BF2	27-38	6,5	7,5	2,5	0,64	0,3	0,08	6,57
C	38-112	6,7	8,3	4,2	0,50	0,1	0,03	0,34
Разр. 2-08 (ПП 2-08) 10-летняя гарь								
O	0-1/1,5	5,3	13,5	5,8	Не опр.	2,9	0,56	Не опр.
AYBF1	1/1,5-4	6,1	14,3	3,6	0,48	2,3	0,48	5,43
BF1	4-24	6,3	10,0	3,9	0,56	0,4	0,18	6,24
BF2	24-35	6,4	8,0	6,0	0,44	0,2	0,07	2,83
C1	35-50	6,6	5,0	5,0	0,40	0,1	0,05	1,54
C2	50-63	6,9	4,6	2,3	0,40	0,1	0,04	0,06
Разр. 3-08 (ПП 3) 3-летняя гарь								
Opir	0-1	5,7	16,1	3,6	Не опр.	4,5	0,72	Не опр.
AYpir	1-8	6,3	8,3	6,7	0,60	1,6	0,38	2,42
BF1	8-40	6,3	4,4	10,3	0,64	0,3	0,08	6,83
BF1	40-55	6,6	4,2	4,2	0,52	0,2	0,06	2,79
BF1C	55-98	6,9	3,1	3,1	0,32	0,1	0,02	0,56
C								
Разр. 2-09 (ПП 5) 8-летняя гарь								
Opir	0-1	5,5	18,5	12,9	Не опр.	Не опр.	0,44	Не опр.
AYpir	1-4	6,3	13,3	11,1	0,50	1,3	0,13	2,16
BC	4-7/9	6,1	9,3	2,3	0,45	0,4	0,12	1,22
[AYpir]	7/9-14	6,1	12,7	3,5	0,48	1,5	0,16	4,28
BF1	14-24	6,2	15,6	4,6	0,57	0,6	0,05	5,14
BF2	24-42	6,4	11,6	4,6	0,47	0,5	0,12	5,96
BF3	42-56	6,5	9,5	4,3	0,45	0,3	0,05	5,16
[AYpir/	56-68	6,6	10,0	9,0	0,48	0,4	0,06	5,12
BF]	68-93	6,7	12,7	10,6	0,42	0,2	0,06	3,84
C1								

В почвах после пирогенного воздействия, в большей степени, изменяются их химические показатели. При сгорании органики в верхних горизонтах почв происходит высвобождение значительных концентраций зольных веществ, что и накладывает отпечаток на изменение таких показателей, как реакция среды, гумус, азот, обменные катионы.

В подстилках на старой гари выявлены кислые значения pH, на свежей гари – ее величина приближается к нейтральной. В целом послепожарное изменение кислотности в щелочную сторону наблюдается в органогенных горизонтах. В почве на свежей гари происходит увеличение содержания катионов кальция в органогенных горизонтах и оксалаторастворимого железа, извлекаемого вытяжкой Тамма в иллювиальной части профиля.

Для почв характерно невысокое содержание гумуса в аккумулятивном горизонте AY и уменьшение его значений с глубиной. Почва молодой гари отличается увеличением гумуса в верхней части профиля. В почвах на 3-летней и 10-летней гарях значения гумуса снижаются. На влияние низового пожара гумусовые горизонты почв отвечают потерей азота в результате частичного сгорания его органических соединений. В полициклической почве наблюдается полимодальное распределение гумуса и азота по профилю.

С увеличением возраста гари значения pH, обменных катионов, аморфного железа и гумуса уменьшаются, а содержание азота возрастает. Это связано с тем, что реакция почв на пирогенное воздействие угасает или частично стирается. В полициклической почве проявляются пики, отражающие содержание этих веществ в профиле и связанные с лучшей сохранностью реакции почв на былые пожары.

Заключение

Исследуя возможные изменения основных свойств почв на разновозрастных гарях в сосняках Селенгинского среднегорья, предлагается использовать термин “пирогенность почв”, который подразумевает особое свойство, приобретаемое почвами под влиянием пожаров. Под этим понимается, прежде всего, понимается способность почв вызывать ответную реакцию в виде изменения (трансформации) комплекса свойств почв и оказывать значимое влияние на почву, как систему.

Выявленные послепожарные трансформации морфологических, физико-химических, водно-физических показателей в дерново-подбурах и полициклических почвах являются не просто их ответной реакцией на пирогенное воздействие, а четким сигналом, отражающим состояние почв как сразу после воздействия пожара, с учетом их силы и интенсивности, так и спустя определенный период времени. Таким, наблюдается определенная зависимость степени пирогенности от давности воздействия пожара на почву. Недавнее воздействие пожара средней интенсивности на почву отмечено четкой реакцией комплекса ее свойств. Для почвы на 3-летней гари характерна слабая реакция изучаемых показателей. При отсутствии пожара более 10 лет в исследуемых почвах пирогенность практически отсутствует. Длительное проявление пирогенности в полициклических почвах связано с частыми нарушениями их системных связей.

Список литературы

1. Александровский А.Л. Пирогенное карбонатообразование: результаты почвенно-археологических исследований // Почвоведение. – 2007. – № 5. – С. 517-524.

2. Воробьева Л.А.. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. – 400 с.

3. Евдокименко М.Д. Факторы горимости байкальских лесов // География и природные ресурсы. – 2011. – № 3. – С. 51-57.

4. Теории и методы физики почв: коллективная монография [Под ред. Е.В. Шеина и Л.О. Карпачевского]. М.: Гриф и К, 2007. – 616 с.

5. Цибарт А.С., Геннадиев А.Н. Влияние пожаров на свойства лесных почв Приамурья (Норский заповедник) // Почвоведение. – 2008. – № 7. – С. 783-792.

6. Чевычелов А.П. География, состав и свойства пирогенно-трансформированных мерзлотных почв Якутии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 8. – С. 193-196.

7. Чевычелов А.П. Пирогенез и постпирогенные трансформации свойств и состава мерзлотных почв // Сибирский экологический журнал. – 2002. №. 3. – С. 273-278.

8. Шахматова Е.Ю. Влияние лесных пожаров на трансформацию свойств и эволюцию лесных почв Западного Забайкалья // Пожары в лесных экосистемах Сибири: материалы Всерос. конф. с междунар. уч. (Красноярск, 17-19 сент. 2008 г.). – Красноярск, 2008. – С. 193-194.

9. Bento-Goncalves A. Fire and soil: key concepts and recent advances / A. Bento-Goncalves, A. Vieira, U. Xavier, D. Martin // Geoderma. – 2012. Vol. 191. – P. 3-13.

10. Doerr SH, Cerda A. Fire effects on soil system functioning: new insights and future challenges // International Journal of Wildland Fire. – 2005. Vol. 14, № 4. – P. 339–342.