

УДК 631.4:631.459

ВЛИЯНИЕ НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ НА СВОЙСТВА И ЭРОЗИЮ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЮЖНОГО УРАЛА (БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ЗАПОВЕДНИК)

© 2019 г. И. М. Габбасова^{1, *}, Т. Т. Гарипов¹, Р. Р. Сулейманов¹, М. А. Комиссаров¹,
И. К. Хабиров², Л. В. Сидорова¹, Ф. И. Назырова¹, З. Г. Простякова¹, Э. Ю. Котлугалямова³

¹Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Россия, 450054, Уфа, пр. Октября, 69

²Башкирский государственный аграрный университет, Россия, 450001, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34

³Национальный парк “Башкирия”,

Россия, 453870, Республика Башкортостан, Мелеузовский район, с. Нугуш, ул. Худайбердина, 15

*e-mail: gimib@mail.ru

Поступила в редакцию 07.05.2018 г.

После доработки 19.07.2018 г.

Принята к публикации 24.10.2018 г.

Исследовано влияние разновозрастных низовых пожаров на морфологические, водно-физические, физико-химические свойства и гумусное состояние темно-серых (Luvic Retic Greyzemc Someric Phaeozems (Loamic)), серых почв (Eutric Reisols (Loamic, Cutanic, Humic)) и литоземов серогумусовых (Eutric Leptosols), сформированных в горах Южного Урала на территории Башкирского государственного природного заповедника. Показано уменьшение плотности сложения, увеличение наименьшей, капиллярной и полной влагоемкости, подщелачивание почвенного раствора, увеличение содержания органического углерода, азота и зольных элементов в верхних горизонтах почв. Изменилось гумусное состояние почвы: тип гумуса стал более гуматным, снизилась доля “свободных” гуминовых кислот, возросло содержание связанных с кальцием гуминовых кислот, негидролиземого остатка и обогащенность гумуса азотом. Развитие постпирогенной эрозии на крутых (13°–15°) склонах привело к существенным различиям свойств почв в зависимости от микро- и мезорельефа. В первый год после пожара было смыто 7.1 ± 2.3 см, в следующие 3 года в среднем по 4.6 ± 1.3 см почвы в год, что в пересчете с учетом ее плотности составило соответственно 150–400 и 360–540 т/га в год. Выгорание травянистой растительности и подстилки, а также смыв и переотложение эрозионного материала являются важным фактором современного почвообразовательного процесса пирогенных почв.

Ключевые слова: пирогенные почвы, гумусное состояние, постпирогенная эрозия

DOI: 10.1134/S0032180X19040075

ВВЕДЕНИЕ

Природные пожары являются одним из важнейших экологических факторов, определяющих состояние почвы и процессы возобновления растительности. В Республике Башкортостан пирогенные изменения свойств почв изучены единично и фрагментарно [3, 8, 13, 16]. Вместе с тем лесные пожары, в том числе на заповедных территориях – явление очень распространенное. В работе [11] показано, что на хребтах массива Южный Крака, где расположен Башкирский государственный природный заповедник (БГПЗ), не было встречено ни одного лесного участка, не затронутого пожарами, за исключением березняков по поймам ручьев и рек. Об этом свидетельствует и дендрологические наблюдения в лесах этого региона [9]. БГПЗ был образован в 1929 г. и является вторым из старейших на Южном Урале

[14]. В нем накоплен огромный бесценный материал о развитии природы региона, анализ которого дает возможность перейти к наиболее рациональному экологически безопасному природопользованию на сопредельных территориях и сохранить богатейшую природу Южного Урала. Локальные низовые пожары на территории заповедника случаются практически ежегодно, а последний сильный низовой пожар прошел в заповеднике в 1975 г., охватив около 10 тыс. га покрытых лесом площадей.

Влияние пожаров на комплекс морфологических, физических, химических и биологических свойств почв изучено в мировой практике достаточно широко, но гораздо меньше работ, посвященных проблеме постпирогенной эрозии. В разных природно-климатических условиях лесные пожары приводят к усилению водно-эрозионных

процессов на склонах. Так, в Испании смыв почвы с горелых мест в 8.5 [28] и 10 раз [26] больше, чем с аналогичных участков, не подвергшихся пожару. Похожие результаты получены и на территории Большого Бассейна (США) в полузасушливых условиях через 5 лет после пожара [30]. Исследования при моделировании дождевой эрозии в гористой местности штата Колорадо показали, что после сильного пожара смылось в 10–26 раз больше почвы, чем со слабо- и негорелых склонов [21]. В средиземноморской лесной экосистеме с преобладанием сосны (Израиль, гора Кармель) вынос почвенных частиц с горелых участков был в 5 раз выше по сравнению с контролем [31]. В провинции Самсун (Турция), средние потери почвы вследствие послепожарной эрозии составили 15 против 6 кг/га на фоновом склоне [29].

Растительность является одним из факторов противоэрозионной устойчивости почв. На незащищенную растениями почву оказывают непосредственное воздействие капли дождя, которые разбивают почвенные агрегаты, закупоривая поры и приводя к уменьшению объема макропор и скорости инфильтрации воды [6, 25]. Кроме того, водопроницаемость снижается за счет теплового разрушения агрегатов и осаждения слоя золы на поверхности почвы, что, в свою очередь, усиливает ее водоотталкивающие свойства [27]. После пожара изменяется соотношение физического песка и глины в гранулометрическом составе почв [10, 22]. Уменьшение содержания органического вещества и физической глины после пожара приводит к повышению плотности почвы [24]. В результате этих изменений физических свойств почвы неизбежно увеличение поверхностного стока в склоновых ландшафтах.

Таким образом, деградация почв на склонах происходит как непосредственно после лесных пожаров, так и вследствие последующей эрозии.

Цель работы – изучение гумусного состояния, морфологических, водно-физических, физико-химических свойств почв и развития эрозионных процессов после прохождения разновозрастных низовых пожаров.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на территории БГПЗ площадью 49.6 тыс. га, на хребте Южный Крака, который отличается от других крупных хребтов Южного Урала широтным направлением и представляет собой массив ультраосновных пород. Склоны хребта сильно и сложно изрезаны, верхняя часть хребта представлена узкими каменистыми гребнями высотой до 930 м. Центральная ось массива разделяет бассейны рек Каги и Южного Узяна и делится на ряд крутых отрогов уще-

льями и глубокими долинами. Климат заповедника в разных участках неодинаковый, но в целом суровый: морозы доходят до -45°C . В горах заморозки бывают и в летние месяцы. Снеготаяние начинается в первой половине апреля, а к концу месяца снег сходит, сохраняясь лишь на северных склонах гор. Осадков выпадает более 500 мм, максимум их приходится на летне-осенний период.

Материнские породы, на которых развивались почвы, представлены в основном элювием дунита и перидотита. По данным [12], дунит, частично серпентинизованный, сложен оливином (70%), серпентинитовыми минералами (29%), магнетитом и хромитом (7%). Перидотит состоит из серпентинита (40%), оливина (40%), приоксена (10%), талька, магнетита и хромита (до 1%). В валовом составе почвообразующих пород высокую долю занимают оксиды кремния (40–42%), магния (37–40%), железа (7–9%), алюминия (1–2%) и кальция (1–2%). Следовательно, почвообразовательный процесс протекает на обогащенных магнием и кремнием породах.

Почвенный покров зависит от рельефа и расположения в ландшафте и представлен на склонах в основном серыми (Eutric Retisols (Loamic, Cutanic, Humic) и темно-серыми (Luvic Retic Greyzemic Someric Phaeozems (Loamic)) неполно развитыми почвами, а также литоземами серогумусовыми (Eutric Leptosols (Loamic, Humic)). В низкогорье Южного Крака преобладают широколиственно-злаковые сосняки или вторичные березовые леса [14].

Почвенные разрезы закладывали в 2013 и 2016 гг. на участках леса, подвергавшихся в разные годы низовым пожарам, в ходе которых выгорала подстилка и нижний ярус растительности, а древесной повреждался лишь незначительно. Для оценки состояния серой неполноразвитой почвы, сформированной на крутом (13° – 15°) склоне горы Алакбар, в 2016 г. проведено повторное обследование. Разр. 5 и 6-2016 были заложены на тех же местах, что и разр. 5, 6-2013. Схема расположения разрезов представлена на рис. 1, а географическая и морфологическая характеристика почв – в табл. 1.

Образцы отбирали в трех повторностях из основных генетических горизонтов почв, останцов и намывных образований; для определения мощности гумусово-аккумулятивных горизонтов дополнительно заложили по 5–8 прикопок. При подготовке почв к анализу выбирали растительные остатки и угольки. Лабораторно-аналитические исследования проводили общепринятыми методами: водно-физические свойства почвы определяли по [2]; содержание углерода – по Тюрину с окончанием по Орлову и Гриндель; общего азота – по Кьельдалю, щелочногидролизуемого азота – по Корнфилду; валового фосфора – по Гинзбургу; подвижного фосфора и калия – по

Таблица 1. Географическая и морфологическая характеристика почв

Участок, № разреза	Координаты и высота над уровнем моря, м	Ландшафт, растительность	Время после пожара	Строение профиля почвы, мощность горизонта, см
Группа I. Верхняя часть крутого южного склона горы Алакбар. Темно-серая неполноразвитая почва (Luvic Retic Greyzemic Someric Phaeozem (Loamic))				
Фон, 2-2013	53°20.561" N 57°43.861" E H = 722	Березово-сосновый лес с преобладанием сосны возрастом 70–80 лет. Условный фон к разрезам 1, 3, 4-2013		АО, 0–4 AU, 4–23 BEL, 23–40 BT, 40–45 C, 45–60
Пирогенная почва, 1-2013	53°20.543" N 57°43.942" E H = 711	Центральная часть горелого участка в 20 м восточнее разр. 2-2013. Стволы деревьев обгорели	2 месяца	AUpir, 0–4 AU, 4–25 BEL, 25–45
Пирогенная почва, 3-2013		Край горелого участка в 50 м от разр. 1-2013	2 месяца	AUpir, 0–4 AUpir, 4–23 BEL, 23–40 BT, 40–45 C, 45–60
Пирогенная почва, 4-2013	53°20.520" N 57°44.711" E H = 651	Средняя часть пологого склона. Сосновый лес, единично береза, лиственница, в подлеске можжевельник. Встречаются обгорелые пни	40 лет	АО, 0–5 AU, 5–10 AEL, 10–20 BEL, 20–36
Группа II. Верхняя часть крутого склона северной экспозиции горы Алакбар. Серая неполноразвитая почва (Eutric Retisol (Loamic, Cutanic, Humic))				
Фон, 6-2013	53°20.227" N 57°45.493" E H = 607	Сосновый лес, единично лиственница. Условный фон к разр. 5-2013. На поверхности мох мощностью до 12 см		AY, 0–12 AEL, 12–20 BEL, 20–32 BT, 32–54 C, 54–70
Пирогенная почва, 5-2013	53°20.237" N 57°45.479" E H = 603	20 м западнее разр. 6-2013. Кора деревьев в нижней части стволов обгоревшая. Проективное покрытие кипреем 95%. Площадь 0.7 га	1 год	AUpir, 0–6 AY, 6–10 AEL, 10–16 BELpir, 16–40 BTgpir, 40–56 C, 56–70
Группа III. Повторное обследование участка группы II через 3 года. Серая неполноразвитая почва (Eutric Retisol (Loamic, Cutanic, Humic))				
Фон, 6-2016	53°20.227" N 57°45.493" E H = 607	Сосновый лес. На поверхности мох мощностью до 12 см. Условный фон к разр. 5, 5/1, 5/2, 5/3, 5/4-2016		AY, 0–12 AEL, 12–24 BEL, 24–30 BT, 30–50 C, 50–70
Пирогенная почва, 5-2016	53°20.237" N 57°45.479" E H = 603	Все сосны живые. Кипрей, местами мох, злаки, задернованность слабая	4 года	AELpir, 0–6 BELpir, 6–15 BTgpir, 15–30 C, 30–...
Пирогенная почва, 5/1-2016		Микропонижение перед неэродированным останцом около сосны. Намытый (эрозионно-накопленный) материал	4 года	RYpir, 0–15
Пирогенная почва, 5/2-2016		Останец перед сосной. На поверхности мха нет, задернованность слабая. Продуктов пирогенеза на поверхности мало	4 года	AUpir, 0–13 BELpir, 13–24 BTgpir, 24–62 C, 62–...

Таблица 1. Окончание

Участок, № разреза	Координаты и высота над уровнем моря, м	Ландшафт, растительность	Время после пожара	Строение профиля почвы, мощность горизонта, см
Пирогенная почва, 5/3-2016		Нижняя часть горелого участка перед защитной бороздой	4 года	R \bar{Y} pir, 0–10 R \bar{Y} pir, 10–20 AELpir, 20–27 BEL, 27–35 BT, 35–54
Пирогенная почва, 5/4-2016		Микропонижение глубиной до 10 см. Эрозионно-накопленный материал	4 года	R \bar{Y} pir, 0–10
Группа III. Нижняя часть пологого западного склона горы Алакбар. Литозем серогумусовый (Eutric Leptosol (Loamic, Humic))				
Фон, 8-2013	53°20.734" N 57°45.819" E H = 557	Сосняк, в подлеске береза. Условный фон к разр. 7-2013. Моховая подушка 13 см		A \bar{Y} , 0–6 A \bar{Y} , 6–19
Пирогенная почва, 7-2013		15 м от разр. 8-2013. Кипрей, мох. Кора деревьев обгорела в нижней части ствола	3 года	A \bar{Y} pir, 0–6 A \bar{Y} , 6–12 C, 12–...

Чирикову; кальция и магния – трилометрическим методом; реакцию среды – потенциметрически; фракционно-групповой состав гумуса – по Пономаревой и Плотниковой [1]. Темпы эрозии определяли почвенно-морфологическим методом. Результаты обрабатывали статистически в программе Microsoft Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ морфологических свойств почв показывает, что через 2 месяца после низового пожара на крутом склоне и выгорания лесной подстилки гумусово-аккумулятивный горизонт темно-серой неполноразвитой почвы (разр. 1, 2-2013) остается пересыпанным светло-серой золой, по сравнению с фоновой почвой он более рыхлый, пористый. Мощность этого горизонта не изменилась. В нижней части пологого (4°–6°) склона через 3 года следы пожара сохранились (разр. 7-2013), и мощность гумусово-аккумулятивных горизонтов литозема серогумусового уменьшилась на 5–8 см или 2.2 ± 0.4 см в среднем за год. На крутом склоне через год после пожара верхние горизонты серой неполноразвитой почвы (разр. 5-2013) отличались более темной, почти черной окраской, появлением ореховатой структуры с зольной присыпкой, и уменьшились в среднем на 7.1 ± 2.3 см. Смыв почвы за первый год после пожара в пересчете на 1 га можно оценить в 50–90 т на пологом склоне и 150–400 т – на крутом. Повторное обследование показало, что еще через 3 года на крутом склоне срединные текстурные горизонты оказались на 18–24 см ближе к поверхности, а местами выклинивались. Таким образом, за 2, 3 и 4 года после пожара интенсивность

смыва соответствовала 360–540 т/га в год, но при этом необходимо учесть, что большая масса смытой почвы обусловлена ее более высокой плотностью по сравнению с верхними горизонтами. Уменьшение мощности почвенного профиля составило в среднем 4.6 ± 1.3 см/год, что свидетельствует об ослаблении постпирогенной эрозии почвы со временем. На наш взгляд, это обусловлено, прежде всего, восстановлением травянистой растительности, мха и появлением опада, так как деревья после пожара остались живыми. Микропонижения наполнились зольным материалом, а перед соснами, особенно крупными, в нижней части склона, окантованного защитным валом и бороздой, скопилась смытая почва, перемешанная с золой и обугленными остатками растений. Следует отметить, что на этом склоне были выявлены следы старого пожара на глубине 32–60 см. На условно фоновых участках, с ненарушенным растительным и моховым (мощностью 8–12 см) покровом через 3 года признаков эрозионных процессов не наблюдалось. Очевидно, именно пожары и последующая эрозия на горных склонах привели к большой изменчивости мощности и морфологических свойств генетических горизонтов почв.

Наиболее заметные изменения водно-физических свойств почв через 2 месяца после прохождения низового пожара (разр. 1-2013) наблюдались в слое 0–5 см: в 1.5 раза снизилась плотность, увеличилась влагоемкость, причем все изученные показатели наименьшей, капиллярной и полной влагоемкости выросли в 1.7 раза (табл. 2). Очевидно, это обусловлено тем, что сохранившийся нижний подгоризонт подстилки (слой гумификации) оказался пересыпанным зо-

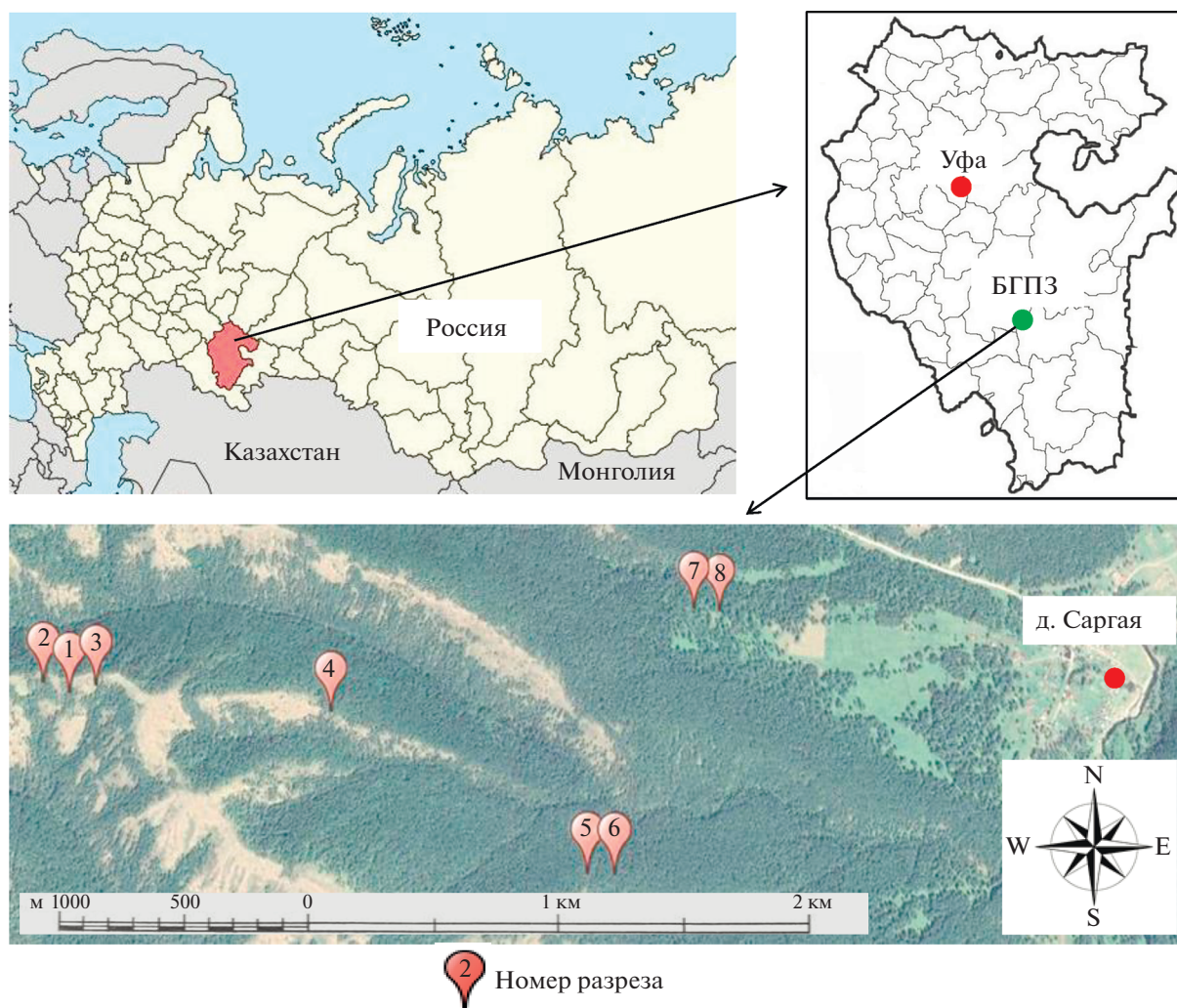


Рис. 1. Схема расположения почвенных разрезов.

лой сгоревшего опада и детрита. При этом величины наименьшей, капиллярной влагоемкости здесь практически не различаются как в пирогенной, так и фоновой почвах. Относительно высокие значения влагоемкости в последней связаны с наличием большого количества листьев и хвои разной степени перепрелости, перегноя и органического вещества. В минеральных горизонтах 10–20 см различия несколько сглаживаются, и ниже 30 см водно-физические свойства пирогенной и фоновой почвы совпадают.

Через 1 год после пожара эта закономерность сохраняется, но в меньшей степени (разр. 5 и 6–2013), а на старом горельнике (около 40 лет) почва существенно не отличается от фоновой.

Изменения физико-химических свойств наблюдались в основном в гумусово-аккумулятивных горизонтах почв и зависели от времени, прошедшего после пожара. Через два месяца после пожара в поверхностных горизонтах наблюда-

лось увеличение значений рН на 1–2 единицы (табл. 3), изменяясь от среднекислой до щелочной в центральной части горельника и до нейтральной – в краевой. Через год после пожара (разр. 5–2013) в слое 0–6 см сохранилась нейтральная реакция среды, но еще через 3 года значение рН и водной, и солевой вытяжек приблизилось к условно фоновым. В срединных горизонтах этой почвы с явными признаками старого пожара значения рН несколько выше (на 0.1–0.6 ед.). Во всех морфологически выраженных осветленных элювиальных горизонтах почв выявлена нехарактерная для них слабокислая реакция среды. По всей видимости, это обусловлено не только известным явлением передвижения зольных водорастворимых соединений вниз по профилю и насыщением почвенного поглощающего комплекса щелочноземельными элементами [10, 15, 17, 20], но и составом коренных пород, обогащенных магниезиальными минералами. В пользу этого

Таблица 2. Водно-физические свойства почв (2013 г.)

Разрез	Горизонт, глубина, см	Плотность, г/см ³	Полевая влажность, мас. %	Влагоемкость, мас. %		
				НВ	КВ	ПВ
Группа I. Верхняя часть крутого южного склона горы Алакбар. Темно-серая неполноразвитая почва						
Фон, 2	АО, 0–5	0.49	30.3	126.4	127.0	148.7
	AU, 10–20	1.07	24.9	43.5	45.7	51.0
	BEL, 30–40	1.20	26.7	40.3	44.8	50.1
1	AU _{pir} , 0–5	0.30	28.7	220.2	221.3	249.8
	AU, 10–20	0.62	26.9	112.2	120.3	129.9
	BEL, 30–40	1.19	21.2	39.6	45.3	49.5
4	АО, 0–5	0.87	8.8	70.9	76.1	79.4
	AU, 5–10	0.96	8.2	56.4	59.9	62.8
	AEL, 10–20	1.06	11.1	49.3	55.1	57.0
Группа II. Верхняя часть крутого склона северной экспозиции горы Алакбар. Серая неполноразвитая почва						
Фон, 6	AУ, 0–5	0.71	14.9	78.0	81.3	94.5
	AEL, 10–20	1.11	13.8	44.2	50.1	52.8
	BEL, 25–35	1.23	21.3	33.2	40.4	44.5
	BT, 40–50	1.31	20.0	35.6	41.7	43.9
	C, 50–60	1.43	20.1	30.0	34.6	36.0
5	AУ _{pir} , 0–5	0.58	37.2	99.5	102.0	129.2
	AУ, 5–10	1.14	22.9	39.7	43.8	50.2
	AEL, 10–20	1.28	18.3	33.7	36.9	41.6
	BEL _{pir} , 25–35	1.30	25.7	32.4	33.3	42.0
	BT _{pir} (C), 50–60	1.39	27.0	29.7	30.9	38.1

Примечание. Влагоемкость: НВ – наименьшая, КВ – капиллярная, ПВ – полная.

свидетельствует кислотность гор. AEL и BEL на участках, не затронутых пожаром, а также соотношение поглощенных катионов (кальция и магния) в ППК. В отличие от аналогичных почв, сформированных в горных условиях Южного Урала, но на других коренных породах, в изученных почвах содержание поглощенного магния до 5–7 раз выше, чем кальция. Содержание поглощенного кальция относительно невелико, но после пожара оно возросло в 2–3 раза. Повышенная концентрация кальция сохраняется в течение нескольких лет, за исключением участков с выраженной послепожарной эрозией. Содержание поглощенного магния в пирогенных горизонтах возрастает в меньшей степени.

Для фоновых почв в соответствии с системой показателей гумусного состояния почв [4] характерно среднее и низкое содержание гумуса в верхних горизонтах и его резкое убывание вниз по профилю. Степень гумификации и обогащенность гумуса азотом (C : N) очень высокая, тип гумуса – гуматный в темно-серых, и фульватно-гуматный в серых и литоземах серогумусовых (табл. 4). В составе гумуса преобладают гуминовые кислоты (ГК), содержание свободных ГК – в основном среднее; ГК, связанных с кальцием, – среднее или высокое; прочно связанных ГК – очень низкое. После лесного пожара в почве происходят изменения, как в содержании, так и в со-

ставе органического вещества. Через 2 месяца (разр. 1-2013 и 3-2013) содержание углерода в пирогенном горизонте оказалось в 1.5–2 раза больше, чем в верхнем слое фоновой почвы. Основная роль в повышении содержания углерода на горелых участках принадлежит углеподобным включениям: пирогенному или черному углероду [7, 19, 23, 32]. В горизонтах, следующих сразу под пирогенными, также наблюдалось некоторое увеличение валового содержания углерода. Аналогичное явление в почвах постпирогенных сосняков авторы связывали с миграцией по профилю в водных растворах мелкоразмерных частиц угля [5]. В нижележащих гор. BEL существенных различий не наблюдалось.

В серых неполноразвитых пирогенных почвах (разр. 5-2013), сформированных на крутом склоне, содержание углерода в значительной степени зависело от развития послепожарной эрозии. Через год после пожара обогащенность верхних горизонтов углеродом была незначительно выше условно фоновой, а еще через 3 года (табл. 5) смыв и переотложение эрозионного материала привели к значительным различиям в зависимости от микро- и мезорельефа (разр. 5, 5/1, 5/2, 5/3-2016).

Воздействие лесных пожаров проявилось в увеличении гуматности гумуса почв, даже в серой неполноразвитой почве и литоземе серогумусовом тип гумуса перешел в категорию гуматного. При

Таблица 3. Химические свойства почв (2013 г.)

Разрез	Горизонт, глубина, см	C _{орг} , %	рН		Ca ²⁺	Mg ²⁺	N _{общ}	N _{шел}	P ₂ O ₅ вал	P ₂ O ₅ подв	K ₂ O _{обм}	C : N
			H ₂ O	KCl	смоль(экв)/кг		мг/кг					
Группа I. Верхняя часть крутого южного склона горы Алакбар.												
Темно-серая неполноразвитая почва												
Фон, 2	АО, 0–4	4.02	5.6	5.0	10	44	8160	406	1250	10	135	5.7
	AU, 4–23	3.35	6.4	5.8	8	30	5802	280	811	9	88	6.8
1	BEL, 23–40	1.28	6.6	5.9	6	23	1972	86	417	8	67	7.6
	AU _{pir} , 0–4	6.16	8.4	8.1	24	48	12960	574	5188	115	1400	5.6
	AU, 4–25	3.47	6.7	6.0	14	49	8580	280	1209	13	90	4.7
3	BEL, 25–45	1.28	6.8	6.1	7	49	He опр.	133	553	7	85	He опр.
	AU _{pir} , 0–4	7.63	7.4	7.1	28	30	16128	868	5230	118	650	5.5
	AU _{pir} , 4–23	3.58	6.9	6.3	15	36	9776	320	2561	15	88	4.3
4	BEL, 23–40	1.32	6.8	6.1	18	37	2056	154	582	9	85	7.5
	АО, 0–5	5.11	5.6	5.0	16	42	7560	546	799	26	250	7.7
	AU, 5–10	3.24	6.0	5.3	11	34	5304	280	594	11	175	7.1
	AEL, 10–20	1.52	6.2	5.5	8	37	2844	154	409	7	55	6.2
Группа II. Верхняя часть крутого склона северной экспозиции горы Алакбар.												
Серая неполноразвитая почва												
Фон, 6	AY, 0–6	3.18	5.6	4.6	14	17	6336	412	389	9	65	5.9
	AY, 6–12	2.86	5.6	4.6	12	16	3532	135	375	8	65	9.5
5	AEL, 12–20	2.26	5.6	4.6	10	22	2088	84	410	6	50	12.6
	BEL, 20–32	1.66	6.2	5.1	10	38	1956	84	389	5	90	9.9
	BT, 32–54	1.21	6.4	5.1	11	37	1782	77	307	6	100	8.0
7	C, 54–70	0.63	6.7	5.4	8	39	He опр.	56	287	6	105	He опр.
	AY _{pir} , 0–6	3.30	7.2	6.8	19	26	8304	266	2152	123	440	4.7
	AY, 6–10	2.41	6.5	4.7	11	15	1176	70	246	8	35	24.0
	AEL, 10–16	1.65	6.5	5.4	12	33	1308	98	307	6	80	14.7
	BEL _{pir} , 16–32	1.38	6.5	5.7	17	60	4764	210	635	9	85	3.4
	BT _{pir} , 32–40	0.87	6.6	5.3	11	45	1458	56	266	5	100	7.0
	BT _{pir} , 40–56	0.40	6.9	5.7	11	46	1434	63	246	5	115	3.3
Группа III. Нижняя часть пологого западного склона горы Алакбар. Литозем серогумусовый												
Фон, 8	AY, 0–6	3.29	5.1	4.2	11	33	6840	308	963	18	125	5.6
	AY, 6–12	3.06	5.2	4.3	9	25	4920	240	781	10	80	7.3
7	AY _{pir} , 0–6	6.42	5.1	4.2	22	25	25608	504	1393	132	370	2.9
	AY, 6–12	3.52	5.4	4.5	8	35	5316	252	840	12	85	7.7

этом относительное содержание свободных ГК уменьшилось, а связанных с кальцием – возросло, что в большей степени выражено в первое время после пожара. По всему профилю в составе гумуса существенно увеличилась доля негидролизуемого остатка. Эта тенденция проявлялась независимо от времени, прошедшего после пожара. Интересно отметить, что в погребенных пирогенных горизонтах эта закономерность сохранилась на фоне фульватно-гуматного типа гумуса, что хорошо согласуется с результатами других исследований [17, 18].

Одним из важных показателей гумусного состояния и чувствительных к пирогенезу является обогащенность гумуса азотом. Независимо от типа почвы и времени, прошедшего после пожара, соотношение углерода к азоту снизилось. Разви-

тие послепожарной эрозии привело к изменению C : N в соответствии с уровнем потери или приноса этих элементов. Содержание общего и щелочногидролизуемого азота в верхних горизонтах почв, пройденных пожаром, оказалось выше, чем в условно фоновых, что обусловлено, по всей видимости, неполным сгоранием подстилки и опада при небольшой интенсивности низовых пожаров.

Среди зольных элементов наиболее важная роль в питании растений принадлежит фосфору и калию. Через 2 месяца после пожара содержание их подвижных форм в пирогенном горизонте (разр. 1, 3-2013) увеличилось в 10 раз, а валового фосфора – в 4 раза. Близким к такому соотношению было превышение по сравнению с условно фоновой почвой и на другом склоне (разр. 5-2013) через год после пожара. Еще через 3 года, из-за

Таблица 4. Фракционно-групповой состав гумуса почв (2013 г.)

Разрез	Горизонт, глубина, см	C _{орг} , %	ГК			ФК				C _{ГК} C _{ФК}	Н.О.*
			1	2	3	1a	1	2	3		
Группа I. Верхняя часть крутого южного склона горы Алакбар.											
Темно-серая неполноразвитая почва											
Фон, 2	АО, 0–4	4.02	21.4	21.6	2.8	3.7	8.7	6.9	1.7	2.18	33.2
1	AU _{pir} , 0–4	6.16	14.8	23.0	1.3	2.5	5.9	6.7	0.4	2.53	45.4
	AU, 4–25	3.47	16.5	20.9	2.9	1.5	10.2	7.6	0.1	2.08	40.2
3	AU _{pir} , 0–4	7.63	13.6	24.2	0.7	1.3	9.0	11.7	0.2	1.73	39.3
4	АО, 0–5	5.11	16.2	22.4	0.3	1.5	5.3	12.2	0.1	2.03	42.0
	AU, 5–10	3.24	16.9	24.1	0.4	1.6	8.4	10.4	1.3	1.91	36.9
Группа II. Верхняя часть крутого склона северной экспозиции горы Алакбар.											
Серая неполноразвитая почва											
Фон, 6	AУ, 0–6	3.18	17.2	23.6	4.3	2.3	8.8	11.9	3.1	1.73	28.8
	AEL, 12–20	2.26	19.8	18.0	2.9	3.1	9.1	11.5	2.6	1.55	33.0
	BT, 32–54	1.21	14.9	12.8	4.4	3.4	12.2	15.8	4.6	0.89	31.9
5	AУ _{pir} , 0–6	3.30	18.8	22.6	8.4	3.3	7.5	5.6	2.1	2.70	31.7
	AУ, 6–10	2.41	9.4	16.7	1.6	3.0	10.6	13.2	3.4	1.25	42.1
	AEL, 10–16	1.65	14.3	18.9	2.2	2.9	8.6	11.2	2.7	1.39	39.2
	BEL _{pir} , 16–32	1.38	13.5	22.6	0.3	3.8	11.0	14.3	0.2	1.24	34.3
	BT _{pir} , 32–40	0.87	18.2	13.1	3.6	3.6	9.3	13.5	2.9	1.19	35.8
Группа III. Нижняя часть пологого западного склона горы Алакбар. Литозем серогумусовый											
Фон, 8	AУ, 0–6	3.29	15.8	21.8	4.0	2.9	10.1	13.6	3.1	1.40	28.7
7	AУ _{pir} , 0–6	6.42	18.6	24.9	1.5	1.2	4.8	9.6	0.2	2.84	39.2
	AУ, 6–12	3.52	16.2	23.1	3.7	2.6	8.7	12.6	2.0	1.66	31.1

Примечание. Н.О. – негидролизуемый остаток.

Таблица 5. Химические свойства почв (2016 г.)

Разрез	Горизонт, глубина, см	C _{орг} , %	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	N _{общ}	N _{шел}	P ₂ O ₅ вал	P ₂ O ₅ подв	K ₂ O _{обм}	C : N
			H ₂ O	KCl	смоль(экв)/кг		мг/кг					
Группа IIa. Повторное обследование участка группы II через 3 года. Серая неполноразвитая почва												
Фон, 6	AУ, 0–6	3.09	5.6	4.7	14	20	6102	392	443	15	85	6.0
	AУ, 6–12	2.62	5.6	4.8	13	17	2940	182	325	10	70	10.5
	AEL, 12–24	2.18	6.4	5.5	9	19	1874	56	287	2	55	13.6
	BEL, 24–30	1.63	6.4	5.4	9	30	1886	56	246	2	100	10.1
5	AEL _{pir} , 0–6	1.91	5.4	4.6	24	27	9468	560	1291	5	450	2.3
	BEL _{pir} , 6–15	1.68	6.2	5.4	8	17	2178	112	471	2	85	9.8
5/1	RУ _{pir} , 0–15	3.24	6.1	5.3	16	20	5880	336	840	63	500	6.4
5/2	AУ _{pir} , 0–13	1.73	6.1	5.1	7	16	1422	56	430	2	85	14.3
	BEL _{pir} , 13–24	1.21	6.5	5.3	5	20	1104	28	328	1	90	12.9
	BT _{pir} , 24–62	0.85	6.3	5.2	5	18	918	28	287	2	70	10.9
5/3	RУ _{pir} , 0–10	2.74	6.0	5.2	16	26	4050	154	676	19	100	8.0
	RУ _{pir} , 10–20	1.70	6.1	5.3	8	37	1314	98	369	2	105	15.1
	AEL _{pir} , 20–27	0.93	6.2	5.2	10	34	1140	42	287	1	120	9.6
5/4	RУ _{pir} , 0–10	4.67	6.8	6.0	14	24	7764	336	1721	57	550	7.0

перераспределения эрозионного материала на этом склоне, наблюдалось значительное уменьшение содержания валового и особенно подвижного фосфора на участках смыва и увеличение – в осадочном микрорельефе. Аналогичные изменения количества обменного калия были выражены в меньшей степени. При этом на негорелом участке

существенных изменений содержания этих элементов не произошло.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Низовые лесные пожары в условиях расчлененного рельефа Южного Урала приводят к изме-

нению комплекса свойств почв и возникновению эрозии, наиболее негативному последствию пирогенеза.

Выявлено, что после воздействия огня в верхних горизонтах почв происходит уменьшение плотности сложения, увеличение величины наименьшей, капиллярной и полной влагоемкости, подщелачивание почвенного раствора, увеличение содержания углерода, азота и зольных элементов: калия, кальция, магния и фосфора. Наряду с этим заметно изменение гумусного состояния почвы: в его составе снижается относительное содержание свободных гуминовых кислот, повышается доля гуминовых кислот, связанных с кальцием, негидролизуемого остатка, тип гумуса становится более гуматным и возрастает обогащенность гумуса азотом.

Сгорание растительности нижнего яруса и лесной подстилки вызывает поверхностный смыв почвы на крутых склонах, причем в первый год после пожара было смыто 7.1 ± 2.3 см, а в последующие 3 года интенсивность смыва снизилась в среднем до 4.6 ± 1.3 в год, что в пересчете с учетом плотности почвы составило бы соответственно 150–400 и 360–540 т/га в год. Смыв и переотложение эрозионного материала приводят к существенным различиям свойств почв в зависимости от рельефа. На образовавшихся эродированных участках происходит некоторое подкисление почвенного раствора в пирогенных горизонтах, уменьшение содержания органического углерода, азота и обменного калия; а также значительное уменьшение содержания кальция в ППК и подвижного фосфора. В местах аккумуляции наносов во многих случаях даже через 4 года сохраняется высокое содержание этих элементов.

Низовые пожары, даже относительно небольшой интенсивности, являются важным фактором современного почвообразовательного процесса в лесах Южного Урала.

Благодарность. Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00477.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М., 1986. 416 с.
3. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Ситдииков Р.Н., Гарипов Т.Т. Пирогенная деградация торфяных почв // Почвоведение. 2005. № 6. С. 724–730.
4. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусного состояния почв // Проблемы почвоведения. М.: Наука. 1978. С. 42–47.
5. Дымов А.А., Габов Д.Н., Дубровский Ю.А. Пирогенные изменения подзолов иллювиально-железистых (средняя тайга, Республика Коми) // Почвоведение. 2014. № 2. С. 144–154. doi 10.7868/S0032180X14020051
6. Комиссаров М.А., Габбасова И.М. Эрозия агрочерноземов при орошении дождеванием и моделировании осадков в Южной лесостепи Башкирского Предуралья // Почвоведение. 2017. № 2. С. 264–272. doi 10.7868/S0032180X17020071
7. Красильников П.В. Устойчивые соединения углерода в почвах: происхождение и функции // Почвоведение. 2015. № 9. С. 1131–1144. doi 10.7868/S0032180X15090075
8. Кучеров Е.В., Мукутанов А.Х., Галеева А.Х. Влияние лесных пожаров на свойства почв и травяно-кустарничковый ярус в сосняках Южного Урала // Горение и пожары в лесу. Ч. 3. Красноярск, 1979. С. 104–110.
9. Кучеров С.Е. Послепожарный прирост сосны и лиственницы в Башкирском заповеднике // Леса Башкортостана: современное состояние и перспективы. Уфа, 1997. С. 219–221.
10. Максимова Е.Ю., Цибарт А.С., Абакумов Е.В. Свойства почв Тольяттинского соснового бора после катастрофических пожаров 2010 г. // Почвоведение. 2014. № 9. С. 1131–1144.
11. Мартыненко В.Б. Низовые пожары как фактор сохранения сосново-лиственничных лесов Южного Урала // Экология. 2002. № 3. С. 228–231.
12. Мукутанов А.Х. Лесные почвы Башкортостана. Уфа: Гилем, 2002. 264 с.
13. Мукутанов А.Х., Мулдашев А.А. О пирогенной и техногенной эволюции почв Южного Урала // Башкирский экологический вестник. 1998. № 2. С. 11–17.
14. Реестр особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан. Уфа, 2010. 414 с.
15. Старцев В.В., Дымов А.А., Прокушкин А.С. Почвы постпирогенных лиственничников средней Сибири: морфология, физико-химические свойства и особенности почвенного органического вещества // Почвоведение. 2017. № 8. С. 912–925. doi 10.7868/S0032180X17080111
16. Сулейманов Р.Р., Котлугалямова Э.Ю., Нигматуллин А.Ф., Хамидуллин Р.А. Пирогенная трансформация лесорастительных свойств почв (на примере национального парка “Башкирия”) // Известия Уфимского научного центра РАН. 2017. № 3(1). С. 122–125.
17. Цибарт А.С., Геннадиев А.Н. Влияние пожаров на свойства лесных почв Приамурья (Норский заповедник) // Почвоведение. 2008. № 7. С. 783–792.
18. Чевычелов А.П., Шахматова Е.Ю. Постпирогенные полициклические почвы в лесах Якутии и Забайкалья // Почвоведение. 2018. № 2. С. 243–252. doi 10.7868/S0032180X18020120
19. Abney R., Sanderman J., Johnson D., Fogel M., Berhe A. Post-wildfire erosion in mountainous terrain leads to rapid and major redistribution of soil organic carbon // Frontiers in Earth Science. 2017. V. 5(99). doi 10.3389/feart.2017.00099
20. Barreiro A., Martin A., Carballas T., Diaz-Ravina M. Long-term response of soil microbial communities to fire and fire-fighting chemicals // Biology Fertility of

- Soils. 2016. V. 52. P. 963–975. doi 10.1007/s00374-016-1133-5
21. *Benavides-Solorio J., MacDonald L.H.* Post-fire runoff and erosion from simulated rainfall on small plots, Colorado Front Range // *Hydrological Processes*. 2001. V. 15. P. 2931–2952. doi 10.1002/hyp.383
 22. *Bogdanov S.* Forest fire influence on soil texture in burned forests in Bulgaria // *Forestry Ideas*. 2012. V. 18(2). P. 155–162.
 23. *Foreid B., Lehman J., Wuster C., Bird M.* Presence of black carbon in soil due to forest fire in the New Jersey pine barrens // *J. Earth Science and Engineering*. 2015. V. 5. P. 91–97. doi 10.17265/2159-581X/2015.02.001
 24. *Granged A.J.P., Zavala L.M., Jordan A., Barcenas-Moreno G.* Post-fire evolution of soil properties and vegetation cover in a Mediterranean heathland after experimental burning: A 3-year study // *Geoderma*. 2011. V. 164. P. 85–94. doi 10.1016/j.geoderma.2011.05.017
 25. *Neary D.G., Klopatek C.C., DeBano L.F., Ffolliott P.F.* Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis // *Forest Ecology and Management*. 1999. V. 122. P. 51–71. doi 10.1016/S0378-1127(99)00032-8
 26. *Perez-Cabello F., Cerda A., de la Riva J., Echeverria M.T., Garcia-Martin A., Ibarra P.* Micro-scale post-fire surface cover changes monitored using high spatial resolution photography in a semiarid environment: A useful tool in the study of post-fire soil erosion processes // *J. Arid Environ.* 2012. V. 76. P. 88–96. doi 10.1016/j.jaridenv.2011.08.007
 27. *Robichaud P.R.* Fire effects on infiltration rates after prescribed fire in northern Rocky Mountain forests, USA // *J. Hydrology*. 2000. V. 231/232. P. 220–229.
 28. *Soto B., Diaz-Fierros F.* Runoff and soil erosion from areas of burnt scrub: Comparison of experimental results with those predicted by the WEPP model // *Catena*. 1998. V. 31. P. 257–270. doi 10.1016/S0341-8162(97)00047-7
 29. *Tufekcioglu M., Saglam B., Tufekcioglu A.* Effects of fire intensity and slope on surface soil erosion following a prescribed fire in old *Pinus nigra* stands // *Fresenius Environmental Bulletin*. 2017. V. 26. № 12. P. 7227–7234.
 30. *Williams C.J., Pierson F.B., Kormos P.R., AlHamdan O.Z., Hardegree S.P., Clark P.E.* Ecohydrologic response and recovery of a semi-arid shrubland over a five-year period following burning // *Catena*. 2016. V. 144. P. 163–176. doi 10.1016/j.catena.2016.05.006
 31. *Wittenberg L., Inbar M.* The role of fire disturbance on runoff and erosion processes – a long-term approach, Mt. Carmel Case Study, Israel // *Geograph. Res.* 2009. V. 47. P. 46–56. doi 10.1111/j.1745-5871.2008.00554.x
 32. *Yao J., Hockaday W.C., Murray D.B., White J.D.* Changes in fire-derived soil black carbon storage in a sub-humid woodland // *J. Geophysical Res.: Biogeosciences*. 2014. V. 119. P. 1807–1819. doi 10.1002/2014JG002619

The Influence of Ground Fires on the Properties and Erosion of Forest Soils in the Southern Urals (Bashkir State Nature Reserve)

I. M. Gabbasova^{a,*}, T. T. Garipov^a, R. R. Suleimanov^a, M. A. Komissarov^a, I. K. Khabirov^b, L. V. Sidorova^a, F. I. Nazyrova^a, Z. G. Prostyakova^a, and E. Yu. Kotlugalyamova^c

^a*Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Prosp, Oktyabrya 69, Ufa, Bashkortostan, 450054 Russia*

^b*Bashkir State Agrarian University, ul. 50-letiya Oktyabrya 34, Ufa, Bashkortostan, 450001 Russia*

^c*Bashkiria National Park, ul. Hudaiberdina 15, Nugush, Meleuz district, Bashkortostan, 453870 Russia*

*e-mail: gimib@mail.ru

The influence of ground fires of different ages on the morphological, water-physical, and physicochemical properties and on the humus status of dark gray soils (Luvic Reti Greyzemic Someric Phaeozems (Loamic)), gray soils (Eutric Reisols (Loamic, Cutanic, Humic)), and gray-humus lithozems (Eutric Leptosols) has been studied in the Bashkir State Nature Reserve in the Southern Ural Mountains. A decrease in the bulk density and an increase in the field, capillary, and total water capacities of the soils; alkalization of the soil solution; and an increase in the contents of organic carbon, nitrogen, and ash elements take place in the upper horizons of the soils affected by fires. The humus state of these soils becomes more humate; the portion of free humic acids decreases, and the contents of calcium-bound humic acids and nonhydrolyzable residue increase; the enrichment of humus with nitrogen takes place. The development of post-pyrogenic erosion on steep (13°–15°) slopes leads to significant differentiation of the properties in dependence on the micro- and mesotopography. In the first year after the fire, the soil layer of 7.1 ± 2.3 cm was washed off; in the following three years, the average soil loss amounted to 4.6 ± 1.3 cm per year. Taking into account the soil bulk density, this is equivalent to the annual soil loss of 150–400 and 360–540 t/ha, respectively. The burning of herbaceous vegetation and litter, as well as the washout of the soils and redeposition of eroded material are important factors of modern pedogenesis in the pyrogenic soils.

Keywords: pyrogenic soils, soil humus state, post-fire erosion