

SUPPLEMENTARY MATERIALS – ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Influence of Spring Burns on the Properties of the Humus Horizon of the
Chernozem (SE Western Siberia)**

**Влияние весенних палов на свойства гумусового горизонта чернозема
(юго-восток Западной Сибири)**

И. Н. Семенов, С. А. Леднев, Г. В. Клинк, Д. П. Касымов, М. В. Агафонцев, С. Н. Кострова, Т. В.
Королева

I. N. Semenov, S. A. Lednev, G. V. Klink, D.P. Kasymov, M. V. Agafontsev, S. N. Kostrova, and T. V.
Koroleva

Eurasian Soil Science.

Почвоведение.

Таблица S 1. Показатели, рассматриваемые в работах по постпирогенным почвам России, опубликованных в 2018 – 2023 гг.

Table S1. Properties considered in works on Russian post-pyrogenic soils published in 2018 – 2023.

Регион / Region	Почвы / Soils	Показатели / Properties													Источник / Source	
		pH	OK	ГК	ΣC	SOC	ΣN	OO	K ₂ O	P ₂ O ₅	PAH	ВЭС	ГС	Fe _o		Иные / Others
Зауралье / Trans-Urals	Черноземы / Chernozems	+				+	*	+	+	+					ВВ, сухой остаток (nonvolatile content)	[1,2]
Оренбургский заповедник / Orenburg Nature Reserve	Черноземы / Chernozems	+					+		+				+		CEC, CO ₂ карбонатов (CO ₂ of carbonates)	[32]
	Буроземы, темно-серые леопарда» / National park Land of the Leopard	+				+					+			+	MB	s)
Липецкая и Воронежская области / Lipetsk and Voronezh regions	Дерново-лесная глеево-элювиальная / Stagnosols	+		+				+							—	f)
Заповедник «Утриш» / Utrish Reserve	Буроземы / Luvisols	+				+									EC, CO ₂ карбонатов (CO ₂ of carbonates)	y)
Центральная и Южная Якутия / Central and South Yakutia	Мерзлотные дерново-карбонатные, палевые		+		+		+	+					+		фракционный состав гумуса / fractional composition of humus	v)
	Буроземы / Luvisols, Leptosols	+			+		+	+					+	+	CEC	z)
Забайкалье и Прибайкалье / Transbaikalia and Baikal region	Буроземы, литоземы / Luvisols, Leptosols					+		+		+	+				MB; Лабильные C, N, NH ₄ ⁺ в вытяжке K ₂ SO ₄ / Labile C, N, NH ₄ ⁺ in K ₂ SO ₄ extract	j)
	Песчаные / Sandy soils	+	+	+		+		+				+	+	+, Fe _d	CEC, групповой состав гумуса (group composition of humus)	c)
	Подбуры, подзолы, серогумусовые, слаборазвитые / Podzols, Greyzems, Leptosols	+				+		+					+		—	k)
	Нет данных / no data	+										+	+		—	l)
	Серогумусовые / Greyzems	+				+		+	+	+			+		CO ₂ карбонатов / CO ₂ of carbonates	w)
	Arenosols	+				+		+	+	+			+	+	—	x)
Средняя Сибирь / Central Siberia	Подзолы / Podzols	+	+	+	+	+	+	+	+	+					—	u)

Юг средней тайги республики Коми / Southern part of the middle taiga of the Komi Republic	Подзолы, подзолистые, торфяные олиготрофные / Podzols, Luvisols, Histosols	+	+		+	**	+	+			+						SIC	d), e)
Печоро-Илычский заповедник / Pechora-Ilychsky Reserve	Подзолы и подзолистые / Podzols, Luvisols	+				+						+					—	t)
Кузнецкий Алатау / Kuznetsky Alatau	Торфяные и торфянистые / Histosols	+				+											—	g), h)
Центр ЯНАО / Center of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug	Нет данных / no data											+					—	r)
Хибины / Khibiny	Подбуры / Podzols					+	OCw	+									—	n)
Ленинградская область, республики Коми и Якутия / Leningrad region, Komi and Yakutia republics	Подзолы / Podzols	+	+	+	+			+	+	+		+		+			—	p)
Новосибирская область / Novosibirsk region	Песчаные / Sandy soils	+					+					+					—	i)
Водосбор Таза / the Taz River catchment	суглинистые криоземы / Cryosols											+					—	o)
Северная и средняя тайга ЕТР и ЗС / Northern and middle taiga of the East-European Russia and Western Siberia	Нет данных / no data	+	+													+	—	q)
Побережье Байкала / Coast of Baikal	Нет данных/ no data						+		+		+	+					—	b)
Верхнее Приамурье / Upper Amur region	Нет данных / no data	+				PyC	+	+									—	a)

Примечание. Приведены результаты по запросу «почвы» + «пожар» от 01.08.2023 для материалов, имеющихся в полнотекстовом варианте на ресурсе elibrary.ru. Из 304 работ отобраны только те, в которых рассмотрены химические и физико-химические свойства почв, в т.ч.: ВВ – водная вытяжка, ГС – гранулометрический состав, СЕС – cation exchange capacity, Fe_o – железо по Тамму, Fe_d – железо по Мера-Джексону, pH – актуальная кислотность, ОК – обменная кислотность, ГК – гидролитическая кислотность, ΣC – общий углерод, SOC – органический углерод, OCw – водорастворимое органическое вещество, ΣN – общий азот, ОО – обменные основания, K₂O – подвижный калий, P₂O₅ – подвижный фосфор, РАН – полициклические ароматические углеводороды, ВЭС – валовой элементный состав, МВ – магнитная восприимчивость. * щелочногидролизуемый. ** Бензолполикарбоновые кислоты и/или состав лабильного Сорг. SIC – неорганический углерод. ВВ – макрокомпонентный состав водной вытяжки.

Note. The results are presented for the query “soil” + “fire” dated 08/01/2023 for materials available in the full text on the elibrary.ru resource. Out of 304 works, only those were selected that considered the chemical and physicochemical properties of soils, including: BB – aqueous extract, GS – texture, CEC – cation exchange capacity, Fe_o – iron compounds extracted by an acid ammonium oxalate solution, Fe_d – iron compounds in the soil extracted by a dithionite-citrate-bicarbonate solution, pH – actual acidity, OK – exchange acidity, GK – extractable acidity, ΣC – total carbon, SOC – soil organic carbon, OCw – water-soluble organic carbon, ΣN – total nitrogen, OO – exchangeable bases, K₂O – mobile potassium,

P₂O₅ – mobile phosphorus, ПАН – polycyclic aromatic hydrocarbons, ВЭС – total content of macro elements, МВ – magnetic susceptibility. * alkali hydrolyzable. ** Benzenepolycarboxylic acids and/or composition of labile SOC. SIC – inorganic soil carbon. EC – macrocomponent composition of aqueous extract.

Источники / Source:

- а) Брянин С.В., Данилов А.В., Суслопарова Е.С., Иванов А.В. Пулы пирогенного углерода лесных почв Верхнего Приамурья // Лесоведение. 2022. №3. С. 285-296. <https://doi.org/10.31857/S0024114822030044>
- б) Вашукевич Н.В., Тимошкин О.А., Самсонов Д.П., Куликова Н.Н., Куклина С.Л. Постпирогенная трансформация почв острова большой ушканий и проблема эвтрофикации прибрежной зоны озера Байкал // International agricultural journal. 2020. №6. С. 102 – 119. <https://doi.org/10.24411/2588-0209-2020-10236>
- с) Гынинова А.Б., Дыржинов Ж.Д., Куликов А.И., Гынинова Б.Д., Гончиков Б.Н. Послепожарная эволюция песчаных почв под сосновыми лесами в Прибайкалье // Почвоведение. 2019. № 4. С. 451–463. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19040087>
- д) Дымов А.А., Старцев В.В., Горбач Н.М., Паюсова И.В., Габов Д.Н., Доннерхак О. Сравнение методов определения соединений углерода пирогенно измененных органических соединений // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1332–1345. <https://doi.org/10.31857/S0032180X2111006X>
- е) Дымов А.А., Старцев В.В., Зуева О.М. Углерод водорастворимых соединений в лесных почвах и его постпирогенная динамика (на примере республики Коми) // Лесоведение. 2018. № 5. С. 359–371. <https://doi.org/10.1134/S0024114818040058>
- ф) Евдина Т.В., Горбунова Ю.С., Григорьевская А.Я., Горбунова Н.С., Девятова Т.А. Влияние изменения физико-химических свойств почв на флористический состав пирогенных территорий лесостепи Среднерусской равнины // АгроЭкоИнфо. – 2022. – №1. [Электрон. ресурс]. <https://doi.org/10.51419/202121117>.
- г) Ефремова Т. Т., Пименова А. В., Ефремова С. П., Аврова А. Ф. Лесные пирогенные торфяные почвы и глееземы заболоченных горных долин юга Енисейской Сибири // Почвоведение. 2021. № 7. С. 771–782. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21070030>
- х) Ефремова Т. Т., Пименова А. В., Ефремова С. П., Аврова А. Ф. Постпирогенная мозаичность физико-химических свойств и потерь углерода в лесных почвах заболоченной долины Кузнецкого Алатау // Сибирский лесной журнал. 2021. № 6. С. 18–29. <https://doi.org/10.15372/SJFS20210602>
- и) Журкова И.С., Щербов Б.Л., Будашкина В.В. Постпирогенный элементный состав почвенно-растительного покрова в сосновом бору (Новосибирская область) // Вестник ВГУ, серия: география. Геоэкология. 2018. № 3. С. 44 – 49. <https://doi.org/10.17308/geo.2018.3/2250>
- й) Кошовский Т.С., Геннадиев А.Н., Гамова Н.С., Фаронова Е.А., Язрикова Т.Е. Послепожарное состояние таежных почв хребта Хамар-Дабан (Прибайкалье) // Почвоведение. 2022. № 9. С. 1098-1111. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22090118>
- к) Краснощекоев Ю.Н. Почвы горных лесов Прибайкалья и их трансформация под влиянием пожаров // Почвоведение. 2018. № 4. С. 387–401. <https://doi.org/10.7868/S0032180X18040019>
- л) Лопатина Д. Н., Белозерцева И. А. Естественные и пирогенные почвы Приморского хребта // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2020. Т. 33. С. 73–87. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.33.73>
- м) Лопатина Д.Н., Белозерцева И.А. Естественные и пирогенные почвы Приморского хребта // Известия Иркутского государственного университета. 2020. Серия «Науки о Земле». 2020. Т. 33. С. 73–87. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.33.73>
- н) Маслов М.Н., Маслова О.А., Копеина Е.И. Биохимическая устойчивость водорастворимого органического вещества почв горной тундры Хибин при постпирогенной сукцессии // Почвоведение. 2021. № 2. С. 261–270. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21020106>
- о) Московченко Д. В., Юртаев А. А. Особенности элементного состава пирогенных тундровых почв Пур-Тазовского междуречья // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2018. Том 4. № 4. С. 22-32. <https://doi.org/10.21684/2411-7927-2018-4-4-22-32>
- р) Надпорожская М.А., Павлов Б.А., Мирин Д.М., Якконен К.Л., Седова А.М. Влияние лесных пожаров на формирование профиля подзолов // Биосфера. 2020 Т. 12 № 1-2. С. 32 – 44. <https://doi.org/10.24855/BIOSFERA.V12I1.525>
- қ) Петров Д.Г., Гольева А.А. Пирогенно-экстремальные почвы северной и средней тайги России // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2023. № 1. С. 16 – 24. <https://doi.org/10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-1-16-24>
- г) Печкин А.С., Шинкарук Е.В., Печкина Ю.А., Красненко А.С., Колесников Р.А. Содержание тяжелых металлов и металлоидов в пирогенных северотаежных почвах Надым-Пур-Тазовского междуречья // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2021. Т. 111. № 2. С. 112-123. <https://doi.org/10.26110/ARCTIC.2021.111.2.008>

- s) Пискарева В.М., Кошовский Т.С., Бисикалова Е.А., Геннадиев А.Н., Белик А.Д. Влияние пожаров на свойства почв национального парка «Земля леопарда» (Приморский край) // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 5. География. 2019. №3. С. 11 – 24. <https://istina.msu.ru/publications/article/156071629/>
- t) Ставрова Н. И., Калимова И. Б., Горшков В. В., Дроздова И. В., Алексеева-Попова Н. В., Баккал И. Ю. Долговременные послепожарные изменения характеристик почв в темнохвойных лесах Европейского Севера // Почвоведение. 2019. № 2. С. 246–256. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19020138>
- u) Тарасов П. А., Иванов В. А., Иванова Г. А., Безкоровайная И. Н. Постпирогенная динамика агрохимических показателей песчаных подзолов в сосняках южной тайги // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. XLI. № 2. С. 162–175. <https://doi.org/10.53374/1993-0135-2023-2-162-175>
- v) Чевычелов А.П. Лесные пожары в Якутии и их влияние на почвенный покров в аспекте прогнозируемого изменения климата // Вестник СВФУ. Серия «Науки о земле». 2019. № 1 (13). С. 55 – 67. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2019.13.27557>
- w) Шахматова Е. Ю. Послепожарная изменчивость серогумусовых почв в редкотравных сосновых лесах Западного Забайкалья // Природа Внутренней Азии. Nature of Inner Asia. 2023. № 2(24). С. 73–82. <https://doi.org/10.18101/2542-0623-2023-2-73-82>
- x) Шахматова Е. Ю., Сымпилова Д. П. Постпирогенная дифференциация свойств Ареносолов в сосновых лесах Западного Забайкалья // Природа Внутренней Азии. Nature of Inner Asia. 2023. № 1(23). С. 112–120. <https://doi.org/10.18101/2542-0623-2023-1-112-120>
- y) Kazeev K.Sh., Poltoratskay T.A., Yakimova A.S., Odobashyan M.Yu., Shkhapatsev A.K., Kolesnikov S.I. Post-fire changes in the biological properties of the brown soils in the Utrish State Nature Reserve (Russia) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2019. V. 4(Suppl.1). P. 93–104. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2019.055>
- z) Sympilova D. P., Shakhmatova E. Yu., Gyninova A. B., Ubugunov L. L., Sychev R. S., Bazarov. A. V. Impacts of wildfire low-severity on soil properties in semiarid forest ecosystems of Western Transbaikalia // Природа Внутренней Азии. 2022. №4. С. 108 – 114. <https://doi.org/10.18101/2542-0623-2022-4-105-114>

Таблица S 2. Морфологическое описание фоновой почвы БЭК
Table S2. Morphological description of the unburned soil located at the BEC

	Горизонт, глубины, см / Horizon, depth, cm	Описание горизонта	Description of horizon
	АО 0–5	Слаборазложившаяся серо-бурая травяная подстилка. Сырой. Слабоуплотнённый. Обильно пронизан корнями травянистых растений. Переход резкий по количеству растительных остатков, граница ровная.	Slightly decomposed gray-brown grass litter. Damp. Weakly compacted. Abundantly penetrated by the roots of herbaceous plants. The transition is sharp in terms of the amount of plant residues. The border is smooth.
	AU 5–35	Тёмно-серый, равномерно окрашенный, сырой, уплотнённый, крупнокомковатый, супесчано-легкосуглинистый, копролиты дождевых червей, редкие ходы червей, сами черви, обильно пронизан корнями травянистых растений толщиной до 2 мм и редкими корнями до 5 мм, переход постепенный по окраске, гранулометрическому составу, структуре и сложению.	Dark gray, uniformly colored, damp, compacted, coarsely crumbly, sandy-loamic, coprolites of earthworms, rare burrows of worms, the worms themselves, abundantly penetrated by the roots of herbaceous plants up to 2 mm thick and rare roots up to 5 mm, gradual transition in color, texture, structure and composition.
	AU/BCAca 35–55	От серо-бурого к желто-палевому, сырой, супесчано-легкосуглинистый, уплотнённый, глыбисто-комковатый, редкие ходы и копролиты червей, редкие травянистые корни до 2 мм, переход постепенный по окраске, структуре, гранулометрическому составу и сложению.	From gray-brown to yellow-fawn, damp, sandy-loamic, compacted, blocky-crumbly, rare burrows and coprolites of worms, rare herbaceous roots up to 2 mm, gradual transition in color, structure, texture and composition.
	BCAmc 55–70	Желтовато-палевый, свежий, плотный, мелкоглыбистый, супесчаный, частые ходы червей с копролиты красновато-бурого цвета, зоотурбации, пронизан редкими толстыми корнями до 7 мм, повсеместно карбонатный псевдомицелий, переход ясный по исчезновению ходов червей и зоотурбаций, граница волнистая.	Yellowish-fawn, slightly damp, dense, finely blocky, sandy loam, frequent burrows of worms with coprolites of a reddish-brown color, zooturbation, penetrated by sparse thick roots up to 7 mm, carbonate pseudomycelium everywhere, the transition is clear by the disappearance of wormholes and zooturbations, the border is wavy.
	Cdc 70–83	Жёлто-палевый, сухой, плотный, мелкоглыбистый, супесчаный, карбонатная пыль, без корней.	Yellow-fawn, dry, dense, small blocky, sandy loam, carbonate dust, without roots.

Примечание. Разрез заложен на слабовыпуклой части пологого склона правого борта долины р. Ушайки, окружённой с востока и с запада оврагами. 1 км к северу от места впадения р. Малой Ушайки в р. Ушайку, 500 м к югу от городского кладбища и 250 м к ЮВ от контрольно-пропускного пункта БЭК. Микрорельеф: редкие микрозападины, кочки и муравейники.

Note. The section was laid on a slightly convex part of the gentle slope of the right side of the valley of the Ushayka River surrounded from the east and west by ravines. 1 km north of the mouth of the Malaya Ushayka River into the Ushayka River, 500 m south of the Tomsk city cemetery and 250 m southeast of the BEC. Microtopography: rare micro lows, hummocks and anthills.

Таблица S 3. Медианные значения для величины pH, состава водной вытяжки, содержания гранулометрических фракций, Собщ, Nобщ, и подвижных соединений металлов в верхней части гумусового горизонта черноземов на участках разновозрастных пожаров БЭК

Table S 3. Median values for pH, composition of water extract, content of grain size fractions, C_{tot}, N_{tot}, and mobile metal compounds in the uppermost part of the humus horizon of Chernozems in areas of BEC with fires of different ages

Лет после пожара / Years after fire	Гранулометрически е фракции, мкм / Grain size fractions in µm					pH	Водная вытяжка* / Water extract								Собщ, % / ΣC, %	Нобщ, % / ΣN, %	Подвижные соединения металлов, мкг/кг / Mobile metal compounds, µg/kg														n
	<1	1–5	5–10	10–50	50–250		CO ₃ ²⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺			ЕС, дС/м / dSm/m	Al	Ba	Ca	Fe	K	Li	Mg	Mn	Na	Ni	Sr	Zn		
0.17	3.5	20	13	53	10	6.2	425	0.89	24	274	39	51	58	4	0.60	4.4	0.37	0.8	43	3827	0.45	252	0.05	509	21	11	0.13	20	0.4	14	
1	3.2	18	13	55	12	6.3	550	2.58	21	262	82	51	47	42	0.70	4.5	0.34	0.6	41	3492	0.44	462	<0.02	490	17	10	<0.12	21	1.6	8	
2	2.6	16	12	56	13	6.1	550	0.81	17	238	40	51	42	59	0.68	4.4	0.36	0.7	44	3571	0.45	215	0.03	502	17	10	<0.12	22	<0.1	5	
3	3.7	22	15	53	7	6.2	350	0.97	33	293	47	54	58	2	0.75	4.5	0.37	0.8	50	3947	0.48	342	0.14	517	27	11	0.17	22	2.1	9	
11	2.8	15	12	52	16	5.8	250	0.69	38	212	65	41	66	2	0.66	3.9	0.30	2.4	40	2098	1.13	265	0.92	297	40	12	0.17	15	1.1	9	
фон / background	3.6	20	14	52	9	6.1	350	1.85	32	233	33	44	68	17	0.56	3.3	0.27	0.9	42	3257	0.64	220	0.01	439	27	14	0.17	19	0.8	11	

Примечание. * содержание катионов и анионов в смоль(экв)/кг. Содержание фракций с диаметром частиц 250 – 500 и 500 – 1000 мкм менее 0.1% в абсолютном большинстве проб. На 11-летнем пале медианное содержание NO_2^- составляет 1.7 смоль(экв)/кг ($\text{Cv}=55\%$) при содержании <0.8 смоль(экв)/кг в абсолютном большинстве проб, собранных на других участках. Содержание Co ниже предела обнаружения (0.2 мкг/кг) во всех пробах. Полужирным выделены максимальные значения.

Note. * content of cations and anions in cmol(equiv)/kg. The content of grain size fractions with particle diameters of 250 – 500 and 500 – 1000 μm is less than 0.1% in the vast majority of samples. In an 11-year-old fallow, the median NO_2^- content was 1.7 cmol(equiv)/kg ($\text{Cv}=55\%$) with a content of <0.8 cmol(equiv)/kg in the vast majority of samples collected at other sites. Co content is below the detection limit (0.2 $\mu\text{g/kg}$) in all samples. Maximum values are highlighted in bold.