

**ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМА  
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ  
ПИРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**Ю. С. Горбунова, Т. А. Девятова**

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию: 23.10.2012 г.

**Аннотация.** Основным последствием воздействия лесных пожаров на почвы является потеря органического вещества, снижение содержания соединений щелочногидролизуемого азота и увеличение содержания зольных элементов ( $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ). В черноземе выщелоченном после пирогенного воздействия наблюдается увеличение содержания подвижных соединений Cu и Zn в верхнем горизонте, что возможно связано с поступлением золы на поверхность почвы, которая обогащена микроэлементами.

**Ключевые слова:** чернозем выщелоченный, тяжелые металлы (ТМ), подвижные соединения ТМ, лесной пожар, бор, березняк.

**Abstract.** The basic consequence of influences of forest fires on a soils it is losses of organic substance, decrease in the maintenance connections of nitrogen and increase in the maintenance of cindery elements ( $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ). In chernozem leaching of pyrogenic influence the increase in the content of mobile connections Cu and Zn in the top horizon that is connected with intake of ashes on a surface of the soil which is enriched with microcells is observed.

**Keywords:** chernozem leaching, heavy metals (HM), mobile connections HM, forest fire, a pine forest, a birch forest.

### ВВЕДЕНИЕ

Послепожарная трансформация почв изучалась многими авторами [1-4]. При этом отмечалось, что в результате пожаров существенно изменяются физико-химические свойства, гранулометрический состав, водно-воздушный и гидротермический режимы почв, а также происходит изменение количества и стабильности органического вещества, что оказывает непосредственное влияние на биологические свойства почв. Данных по изменению содержания соединений ТМ крайне мало. Следовательно, выяснение закономерностей миграции ТМ в пирогенных черноземах выщелоченных представляет одну из наиболее актуальных проблем современного состояния биогеоценоза.

Целью работы является установление качественных и количественных изменений хи-

мического состава чернозема выщелоченного после воздействия лесного пожара.

В задачи исследований входило: заложение почвенных разрезов и их морфологическое описание; определение основных химических показателей изучаемых почв [5]; определение содержания соединений ТМ [6], вариационно-статистическая обработка полученных результатов с использованием программ Stadia и Microsoft Excel, и их сравнительный анализ.

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Объектом исследования является чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный суглинистый на покровном карбонатном суглинке, расположенный на территории Задонского района Липецкой области вблизи населенного пункта Кашары. В качестве фонового участка изучались идентичные черноземы выщелоченные под бором и лиственным

лесом, расположенные на удалении 1.5 км от сгоревшего участка. Под фоновыми почвами мы подразумеваем почвы идентичные по строению и свойствам исследуемым, но не подвергавшиеся влиянию лесного пожара.

Отбор почвенных образцов проводился послойно, каждые 10 см до глубины 50 см. В почвенных образцах определялись основные химические показатели по общепринятым методикам [5]. Определение ТМ проводилось на атомно-абсорбционном спектрометре «МГА-915» в аккредитованной лаборатории, соответствующей всем требованиям ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2006 г. ПНД Ф16.1:2.2.63-09 «Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (цинка, меди, никеля, марганца, свинца, кадмия, хрома, железа, алюминия, титана, кобальта, мышьяка, ванадия) в почвах, отходах, компостах, осадках сточных вод атомно-эмиссионным методом с атомизацией в индуктивно-связанной аргоновой плазме [6]. Вариационно-статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программ Stadia и Microsoft Excel.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Важнейший экологический эффект от пожаров – потери органического вещества экосистемой, в том числе потери органического вещества почвы. В исследованных пирогенных почвах выявлена тенденция к снижению содержания гумуса в слое 0-10 см. Максимальные потери установлены в черноземе выщелоченном, расположенном в бору на 27.1 % (на фоновом участке содержание гумуса составляет 6.08 %, на территории, подвергшейся воздействию огня – 4.43 %). В черноземе выщелоченном, расположенном в лиственном лесу содержание гумуса в пирогенных почвах снизилось на 23.1 % (исходное содержание гумуса составляло 6.40 %, после воздействия огня – 4.92 %) (табл. 1, 2). Нами установлено, что особенно активны процессы потери гумуса при выгорании подстилки и верхнего гумусового горизонта.

После пирогенного воздействия содержание  $K_2O$  в черноземе выщелоченном под бо-

ром увеличилось на 3.78 % по сравнению с фоновыми почвами (от 18.5 мг/100 г почвы до 19.2 мг/100 г почвы), а под лиственным лесом произошло увеличение в содержании  $K_2O$  на 4.28 % (от 18.7 мг/100 г почвы до 19.5 мг/100 г почвы) (табл. 1, 2). Наблюдаемое увеличение в концентрации  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в пирогенных почвах произошло из-за большего их содержания в образовавшейся после лесного пожара золе.

Содержание щелочногидролизуемого азота в пирогенных почвах под бором в слое 0-10 см уменьшилось на 24.5 % по сравнению с фоновыми почвами (от 24.1 мг/100 г до 18.2 мг/100 г), под лиственным лесом на 26.8 % (от 25.4 мг/100 г до 18.6 мг/100 г), это связано с тем, что при температурах около 500 °С большая часть органических соединений азота сгорает (табл. 1, 2).

После пожара содержание  $P_2O_5$  в черноземе выщелоченном под бором увеличилось на 12.1 % по сравнению с фоновыми почвами (от 7.78 мг/100 г почвы до 8.72 мг/100 г почвы). В черноземе выщелоченном расположенном под лиственным лесом произошло увеличение в содержании  $P_2O_5$  на 11.4 % (от 8.56 мг/100 г почвы до 9.54 мг/100 г почвы) (табл. 1, 2).

Содержание обменных соединений Zn в верхнем горизонте чернозема выщелоченного и в бору, и в березняке значительно изменяется и колеблется в пределах от 0.25-0.28 мг/кг для фоновых почв до 0.37-0.39 мг/кг для пирогенных почв. Та же тенденция сохраняется для кислоторастворимых соединений Zn – пределы колебания для фоновых почв бора и березняка – 0.58-0.61 мг/кг, для пирогенных почв 0.69-0.73 мг/кг соответственно (табл. 3, 4). Вниз по профилю черноземов выщелоченных происходит постепенное уменьшение количества обменного и кислоторастворимого Zn. Полученные данные о содержании подвижных соединений Zn в выщелоченных черноземах свидетельствуют об отсутствии загрязнения почв, поскольку количество элемента не превышает значения ПДК = 23 мг/кг.

Содержание обменных соединений Cu изменяется в фоновых черноземах выщелочен-

Таблица 1

*Химические показатели чернозема выщелоченного (фоновая почва)*

Глубина, см	Бор				Березняк			
	Гумус, %	N <sub>щел.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Гумус, %	N <sub>щел.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		мг/100 г почвы				мг/100 г почвы		
0-10	6.08	24.1	7.78	18.5	6.40	25.4	8.56	18.7
10-20	5.24	21.5	7.23	18.2	5.54	22.7	7.83	18.3
20-30	3.97	17.2	6.69	17.5	4.13	17.4	7.19	17.5
30-40	3.37	11.4	5.85	16.9	3.46	11.5	6.48	16.8
50-60	2.89	8.48	5.53	15.7	2.91	8.49	5.92	15.7
70-80	1.62	1.60	5.31	14.0	1.63	1.63	5.30	14.1
90-100	0.54	-	5.29	13.4	0.52	-	5.29	13.5
110-120	0.49	-	5.23	12.7	0.48	-	5.24	12.7
140-150	0.26	-	5.22	10.8	0.25	-	5.22	10.8

Таблица 2

*Статистические показатели химических свойств пирогенных почв*

Глубина, см	n	Гумус, %	N <sub>щел.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			мг/100 г почвы		
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$			
чернозем выщелоченный среднегумусный среднемошный суглинистый (бор)					
0-10	9	4.43±0.56	18.2±0.89	8.72±0.58	19.2±1.41
10-20	9	4.98±0.49	20.8±0.71	6.94±0.57	18.8±1.29
20-30	9	3.82±0.44	16.6±0.64	6.74±0.49	18.0±1.08
30-40	9	3.34±0.39	11.3±0.55	5.89±0.51	17.1±0.91
40-50	9	2.93±0.28	9.35±0.68	5.71±0.46	16.6±0.96
чернозем выщелоченный среднегумусный среднемошный суглинистый (березняк)					
0-10	9	4.92±0.49	18.6±0.82	9.54±0.57	19.5±1.67
10-20	9	5.40±0.51	19.9±0.75	8.17±0.49	18.5±1.51
20-30	9	4.09±0.37	16.5±0.58	7.30±0.45	17.4±0.98
30-40	9	3.42±0.42	10.5±0.79	6.48±0.48	16.6±0.93
40-50	9	3.07±0.25	10.1±0.54	6.40±0.46	15.7±1.12

ных различных биотопов незначительно от 1.96 мг/кг в бору до 1.98 мг/кг в березняке, а в пирогенных почвах – от 2.37 мг/кг в бору до 2.41 мг/кг в березняке (табл. 3, 4). После пирогенного воздействия происходит изменение и в содержании кислоторастворимых соединений в сторону их увеличения до 3.67 мг/кг в бору и 3.74 мг/кг в березняке по сравнению с фоновыми значениями для бора – 3.04 мг/кг, для березняка – 3.08 мг/кг (табл. 3, 4). С глубиной содержание обменных и кислоторастворимых соединений Си уменьшается вследствие подщелачивания почвенного раствора (табл. 3, 4). Содержание подвижных соединений Си не превышает ПДК = 30-40 мг/кг.

Среднее количество кислоторастворимого и обменного Ni (мг/кг) возрастает в ряду: чернозем выщелоченный под березняком после пирогенного воздействия составляет 1.89/1.00; под березняком – 1.91/1.02 и под бором – 1.92/1.06 фонового участка; под бором пирогенных черноземов выщелоченных – 1.94/1.08 соответственно (табл. 3, 4). Таким образом, воздействие лесного пожара не оказало существенного влияния на содержание как кислоторастворимого, так и обменного Ni в исследуемой почве. В верхних слоях черноземов выщелоченных наблюдается небольшая биогенная аккумуляция соединений кислоторастворимого Ni. Вниз по про-

Содержание подвижных форм соединений ТМ (мг/кг) в фоновой почве  
чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный суглинистый (бор)

Глубина, см	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd
	Кислоторастворимые					Обменные				
0-10	3.04	0.58	1.92	1.69	0.09	1.96	0.25	1.06	1.54	0.06
10-20	2.92	0.54	1.90	1.65	0.08	1.84	0.23	0.99	1.46	0.06
20-30	2.78	0.51	1.84	1.52	0.08	1.79	0.21	0.87	1.30	0.05
30-40	2.73	0.44	1.76	1.43	0.07	1.68	0.20	0.86	1.27	0.04
50-60	2.54	0.37	1.62	1.24	0.06	1.52	0.14	0.67	1.13	0.03

  

Глубина, см	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd
	Кислоторастворимые					Обменные				
0-10	3.08	0.61	1.91	1.82	0.09	1.98	0.28	1.02	1.56	0.07
10-20	2.93	0.54	1.89	1.70	0.09	1.87	0.24	0.96	1.47	0.06
20-30	2.76	0.50	1.84	1.58	0.08	1.81	0.21	0.88	1.32	0.06
30-40	2.72	0.43	1.75	1.46	0.07	1.70	0.19	0.85	1.28	0.05
50-60	2.51	0.35	1.64	1.26	0.05	1.57	0.13	0.65	1.11	0.04

филю происходит постепенное уменьшение его содержания аналогично распределению гумуса (табл. 1, 3). Во всех исследованных почвах содержание подвижных соединений Ni не превышает ПДК Ni = 4 мг/кг. Это свидетельствует об отсутствии загрязнения подвижными соединениями Ni.

Уровень содержания кислоторастворимого и обменного Pb (мг/кг) возрастает в ряду: черноземы выщелоченные расположенные под пирогенными почвами бора – 1.62/1.49, под фоновыми почвами бора – 1.69/1.54, под пирогенными почвами березняка – 1.80/1.55 и под фоновыми почвами березняка – 1.82/1.56 (табл. 3, 4). Следовательно, пирогенный фактор не оказал существенного влияния на содержание соединений Pb в черноземе выщелоченном. Вниз по почвенному профилю содержание кислоторастворимых и обменных соединений Pb уменьшается. Количество подвижных соединений Pb не превышает ПДК = 6 мг/кг, установленного для черноземных почв.

Содержание подвижных соединений Cd мало изменяется в верхнем горизонте различных биотопов чернозема выщелоченного. Полученные данные колеблются в пределах от 0.06 до 0.09 мг/кг. Пирогенный фактор также не оказал влияния на содержание кислоторастворимых и обменных соединений Cd. Содержание подвижного кадмия в исследован-

ных почвах не превышает ПДК = 0.1-0.5 мг/кг, установленного для черноземных почв.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В почвах лесов, подвергшихся пожару, происходят потери органических веществ в верхних горизонтах почвы до глубины 20-30 см, что связано с непосредственным разрушением органических веществ под действием высоких температур (сгорание гумуса). После пирогенного воздействия происходит увеличение содержания зольных элементов P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O.

Можно предположить, что подвижные соединения Cu и Zn, поступившие на поверхность чернозема выщелоченного вместе с золой после пирогенного воздействия связываются с органическим веществом почвы. Таким образом, происходит увеличение в содержании кислоторастворимых и обменных соединений Cu и Zn в почвах после пирогенного воздействия.

Увеличение содержания подвижных соединений Zn и Cu в пирогенных почвах происходит в пределах ПДК, следовательно, лесной пожар не является причиной загрязнения почв ТМ. Низкая степень подвижности, характерная для соединений Zn, делает элемент очень трудно доступным для питания растений, поэтому на исследованных черноземах увеличение в содержании обменного

Таблица 4

Содержание подвижных форм соединений ТМ (мг/кг) в пирогенных почвах

чернозем выщелоченный среднегумусный среднемоощный суглинистый (бор)											
Глубина, см	n	Кислоторастворимые					Обменные				
		Cu	Zn	Ni	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$											
0-10	9	3.67±0.23	0.69±0.10	1.94±0.23	1.62±0.05	0.09±0.01	2.37±0.14	0.37±0.08	1.08±0.18	1.49±0.04	0.06±0.01
10-20	9	3.07±0.20	0.56±0.08	1.93±0.20	1.58±0.05	0.08±0.01	1.89±0.10	0.26±0.07	0.95±0.15	1.43±0.04	0.06±0.01
20-30	9	2.82±0.19	0.46±0.08	1.81±0.19	1.54±0.04	0.07±0.01	1.80±0.09	0.19±0.06	0.86±0.17	1.32±0.03	0.05±0.01
30-40	9	2.75±0.16	0.42±0.07	1.70±0.16	1.46±0.04	0.08±0.01	1.64±0.10	0.17±0.06	0.82±0.16	1.24±0.03	0.04±0.01
40-50	9	2.61±0.15	0.41±0.07	1.66±0.15	1.35±0.03	0.07±0.01	1.60±0.08	0.16±0.05	0.73±0.14	1.16±0.02	0.04±0.01
чернозем выщелоченный среднегумусный среднемоощный суглинистый (березняк)											
Глубина, см	n	Кислоторастворимые					Обменные				
		Cu	Zn	Ni	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$											
0-10	9	3.74±0.25	0.73±0.10	1.89±0.25	1.80±0.05	0.10±0.01	2.41±0.13	0.39±0.09	1.00±0.17	1.55±0.04	0.07±0.01
10-20	9	3.05±0.22	0.59±0.09	1.86±0.22	1.68±0.04	0.09±0.01	1.93±0.11	0.27±0.08	0.98±0.16	1.42±0.03	0.06±0.01
20-30	9	2.79±0.19	0.46±0.08	1.81±0.20	1.54±0.04	0.09±0.01	1.87±0.10	0.19±0.06	0.92±0.15	1.30±0.03	0.06±0.01
30-40	9	2.68±0.18	0.41±0.07	1.76±0.18	1.42±0.03	0.08±0.01	1.69±0.10	0.19±0.05	0.83±0.18	1.19±0.02	0.05±0.01
40-50	9	2.60±0.15	0.38±0.07	1.71±0.16	1.30±0.03	0.07±0.01	1.63±0.09	0.15±0.05	0.74±0.17	1.14±0.02	0.04±0.01

где n – количество образцов;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое, мг/кг;  $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$  – среднее арифметическое с ошибкой среднего арифметического

Zn положительно отразилось на питательном режиме растений. Таким образом, после лесного пожара увеличение в содержании обменных соединений Zn и Cu в черноземе выщелоченном можно рассматривать по отношению к растениям как внесение в почву микроудобрения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпачевский Л.О. Лес, почва и лесное почвоведение / Л.О. Карпачевский [и др.] // Почвоведение. — 1996. — № 5. — С. 587-598.
2. Краснощеков Ю.Н. Влияние пожаров на свойства горных дерново-таежных почв лиственничников Монголии / Ю.Н. Краснощеков // Почвоведение. — 1994. — № 9. — С. 102-109.
3. Тарасов П.А. Постпирогенные изменения гидротермических параметров почв среднетаежных сосняков / П.А. Тарасов

[и др.] // Почвоведение. — 2011. — № 7. — С. 795-803.

4. Шапченкова О.А. Использование методов термического анализа для оценки органического вещества почв, пройденных пожарами / О.А. Шапченкова, Ю.Н. Краснощеков, С.Р. Лоскутов // Почвоведение. — 2011. — № 6. — С. 738-747.

5. Воробьева Л.А. Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. — М.: МГУ, 1998. — 272 с.

6. ПНД Ф16.1:2:2.2.63-09 «Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (цинка, меди, никеля, марганца, свинца, кадмия, хрома, железа, алюминия, титана, кобальта, мышьяка, ванадия) в почвах, отходах, компостах, осадках сточных вод атомно-эмисионным методом с атомизацией в индуктивно-связанной аргонной плазме // [Электронный ресурс: <http://www.lumex.ru/metodics/09AR01.05.29-1.pdf>].

---

*Горбунова Юлия Сергеевна* — аспирантка кафедры экологии и земельных ресурсов Воронежского государственного университета; e-mail: ice-queen\_88@mail.ru

*Gorbunova Julia S.* — post-graduate student, the laboratorian of faculty of ecology and ground resources of the Voronezh state university; e-mail: ice-queen\_88@mail.ru

*Девятова Татьяна Анатольевна* — заведующая кафедрой экологии и земельных ресурсов Воронежского государственного университета; e-mail: devyatova@bio.vsu.ru

*Devjatova Tatyana A.* — managing chair of ecology and ground resources of the Voronezh state university; e-mail: devyatova@bio.vsu.ru