

Пирогенное изменение содержания микроэлементов в почвах и растениях сосновых лесов Западного Забайкалья

С. Б. СОСОРОВА, М. Г. МЕРКУШЕВА, Л. Л. УБУГУНОВ

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
E-mail: soelma_sosorova@mail.ru*

АННОТАЦИЯ

Изучено пирогенное изменение содержания микроэлементов в почвах и растениях сосновых лесов Западного Забайкалья (Республика Бурятия). Установлено, что низовые лесные пожары в исследуемых условиях приводят к изменению свойств почв, незначительному повышению концентрации Mn, Zn, Cu, Pb в верхних слоях почвы (0–40 см) и Mn, Zn, Pb в растениях. Выявлено сужение соотношения Fe : Mn в почве. Проведенные исследования показывают, что пирогенное изменение растительности и свойств почв, в частности элементного состава, прослеживается в течение нескольких лет после пожара.

Ключевые слова: микроэлементы, низовые пожары, растения, почва.

Лесные пожары вносят коренные изменения в лесные экосистемы, а также являются источниками загрязнения окружающей среды. Они наносят не только экологический, но и серьезный экономический ущерб [1].

В течение последнего десятилетия катастрофические пожары в Сибири значительно участились, от них ежегодно страдают тысячи гектаров леса. Наибольшему ущербу от пожаров в Сибирском федеральном округе подвергаются Красноярский и Забайкальский края, Иркутская область, Республики Тыва и Бурятия [2]. Так, по данным Росстата в Сибирском Федеральном округе в 2008 г. лесными пожарами пройдено 466,3 тыс. га леса, в 2009 г. – 432, в 2010 г. – 172,6, в 2011 г. – 572,4 тыс. га. На территории Республики Бурятия в 2008 г. зафиксировано 1265 лесных пожаров на площади 98,8 тыс. га, в 2009 г. – 1331 на 197 тыс. га, в 2010 г. – 686 на 30,4 тыс. га, в 2011 г. – 1334 на 79,3 тыс. га [3, 4]. Одной

из причин участвовавших лесных пожаров являются погодные изменения: потепление климата ведет к повышению вероятности лесных пожаров [1].

Влияние лесных пожаров на природные объекты является многоплановым и сложным. Под воздействием пожаров нарушается естественное равновесие между отдельными компонентами лесных экосистем. Почва как неотъемлемая часть лесного сообщества также испытывает на себе разностороннее влияние пожаров. Любое воздействие огня отражается на химических и биологических свойствах почв. Степень воздействия пирогенного фактора, а также последующее восстановление почвенной системы зависят от типа пожара, его интенсивности и экологической устойчивости лесного сообщества и его отдельных компонентов [5, 6].

Воздействие пожаров на растительность заключается в формировании мозаичной и

разновозрастной структуры, временном уменьшении экологического разнообразия [5], что не может не повлиять на микроэлементный состав растений, так как растения в целом отражают элементный состав среды, в котором происходят их рост и развитие.

В бассейне оз. Байкал, куда относится и наш район исследований, наиболее полно изучены вопросы о влиянии пожаров на формирование древостоев [7–12] и почв [13–17]. Имеются фрагментарные работы по изучению влияния пожаров на особенности структуры и продуктивность лугово-степных сообществ Юго-Западного Забайкалья [18].

В этой связи изучение влияния лесных пожаров на экосистемы приобретает особую актуальность.

Цель работы – изучить влияние низовых пожаров на содержание микроэлементов (МЭ) в лесных почвах и растениях, произрастающих на них.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами нашего исследования являлись дерново-подбуры северо-западного склона хребта Цаган-Дабан (Тарбагатайский район Республики Бурятия) под участками гарей разной давности, а также растительность, произрастающая на них. На исследуемой территории практически невозможно найти места, не затронутые пожаром, поэтому в качестве контроля был принят участок, расположенный в 65–67 км от пробных площадок.

Пробные площадки заложены в делювиальной части склонов с отметками 637–761 м:

Р. 1-08 – в мертвопокровном сосняке, пройденном низовым пожаром средней интенсивности в 2008 г., проективное покрытие травянистого яруса – 10 %, h – 761 м, координаты: 51°37'510" N, 107°51'183" E.

Р. 2-08 – в сосняке рододендрово-разнотравном, пройденном низовым пожаром средней интенсивности в 1998 г., проективное покрытие травянистого яруса – 7–10 %, h – 671 м, координаты: 50°40'753" N, 107°48'072" E.

Р. 3-08 – в сосняке злаково-разнотравном, пройденном низовым пожаром средней интенсивности в 2005 г., проективное покрытие

травянистого яруса – 15 %, h – 637 м, координаты: 51°44'070" N, 107°47'863" E.

Р. 1-09 – на свежей гари в сосняке мертвопокровном после низового пожара средней интенсивности в 2009 г., травяной покров полностью выгоревший, h – 655 м, координаты: 51°43'980" N, 107°49'168" E.

Р. 2-09 – в сосняке рододендрово-редкотравном, пройденном низовым пожаром в 2000 г., проективное покрытие травянистого яруса – 10–12 %, h – 653 м, выровненный участок нижней части шлейфа, координаты: 51°44'310" N, 107°49'372" E.

Р. 6-07 – в сосняке мертвопокровном, проективное покрытие – 10 %, в 700–800 м от р. Хилок (правобережье) на юго-восток; делювиальный шлейф юго-западного склона хр. Станичный; пожар низовой, средней интенсивности, 2000 г.

Р. 7-07 (контроль) – в 50 м на север от р. 6-07 под сосняком мертвопокровным (злаково-астроголовым); проективное покрытие – 15–20 %.

По районированию [11] исследуемая территория относится к Селенгинскому округу Забайкальской пирологической области. Основным видом лесных пожаров исследуемого района являются низовые пожары различной степени интенсивности горения.

Давность и интенсивность пожара устанавливались по высоте нагара на стволах деревьев, степени повреждения кроны и полноте сгорания горючих материалов [19], по данным лесопожарных карт и лесничеств.

Физические и физико-химические свойства почв исследовали по общепринятым в почвоведении методикам [20]. Определение валового содержания МЭ и железа производилось атомно-абсорбционным методом на приборе AAnalyst 400 фирмы PerkinElmer после предварительного разложения смесью кислот, подвижных форм – после экстракции ацетатно-аммонийным буфером с рН 4,8, в растениях – после сухого озоления и перевода золы в раствор.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемые почвы характеризуются слабокислой или нейтральной реакцией среды, невысоким содержанием гумуса, легким гра-

нулометрическим составом [21]. Основные черты постпирогенных изменений морфологических, физико-химических и химических свойств исследуемых почв рассмотрены в работах [17, 22, 23].

Полученные нами результаты показывают, что наибольшие изменения под влиянием низовых пожаров происходят в верхних горизонтах почв: формируется новый мало-мощный органо-пирогенный горизонт ($A_{Y_{pir}}$), который по химическим и физико-химическим свойствам отличается от природных аналогов. В зависимости от интенсивности пожара уничтожается вся подстилка, а иногда и часть подстильно-гумусово-аккумулятивного горизонта O_{AY} , что согласуется с литературными данными [6, 24, 25]. При сгорании подстилки и живого напочвенного покрова происходит высвобождение большого количества зольных элементов [26]. Кроме того, при пожарах сгорают не только растительный покров и отмершие части растений, но и подвергается воздействию высоких температур органо-пирогенный горизонт почв, что приводит к изменению физических и химических свойств почв. Согласно проведенным исследованиям [22], наблюдается уменьшение влажности и увеличение объемной массы в исследуемых почвах после пожара. Это же было установлено для пирогенных буроземов долины р. Амур [27]. В. Г. Тарабукина, Д. Д. Савинов (1990), С. Г. Прокушкин (2000) [28] отмечают, что после пирогенного воздействия в верхних горизонтах почв происходит снижение кислотности, увеличивается содержание кальция и подвижных форм элементов минерального питания растений, повышается удельной и объемной масс, что согласуется с нашими данными [21] и данными Е. Ю. Шахматовой [17, 22, 23]. Вышеуказанные изменения не могут не повлиять на содержание микроэлементов в почвах и растениях, произрастающих на этих почвах.

В зависимости от интенсивности пожара и экологических условий происходит изменение химического состава почв, в том числе и микроэлементного. Так, Ю. Н. Краснощеков [14] отмечает, что пожары средней и сильной интенсивности приводят к заметно-му возрастанию концентрации химических элементов в горизонте O_{pir} серогумусовых

почв, что способствует обогащению горизонта Zn, Co, Cd, Pb. В то же время количество Cu и Ni уменьшается. Для почв ленточных боров зон сухой и умеренно-засушливой колючей степи Алтайского края отмечается незначительное увеличение содержания Pb и Cd в золе подстилки [29].

В условиях бореальных лесов Западной Сибири, по данным К. П. Куценого и др. [7], влияние лесного пожара сказывается в основном на глубине до 10 см.

Согласно полученным нами данным (табл. 1), в исследуемых условиях лесной пожар приводит к увеличению содержания МЭ в верхнем слое почв глубиной 0–40 см. В первый год после пожара отмечается увеличение в 1,2–2 раза валового содержания Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb и Cd в верхнем слое почвы глубиной 0–50 см (в подстилке и частично в гумусовом горизонте) по сравнению с нижележащими горизонтами и контролем. Содержание МЭ в нижележащих горизонтах достаточно близко между собой. Следует отметить, что для марганца характерно значительное увеличение его содержания в пирогенных горизонтах. В последующие годы происходит перераспределение МЭ по профилю почв, связанное с процессами почвообразования и выносом элементов в результате как химического, так и физического выветривания. Так, через год после пожара отмечалось увеличение валового содержания Mn, Zn, Cu, Ni, Pb и уменьшение Cr, Cd в верхнем слое почвы глубиной 0–50 см. Выявлено, что в первый год после пожара отмечается сужение соотношения Fe:Mn (см. табл. 1) за счет увеличения валового содержания Mn. Через пять лет после пожара (р. 3-08) содержание Mn, Zn, Cu в слое почвы глубиной 0–1 см остается довольно высоким по сравнению с почвообразующей породой и другими горизонтами. По истечении 8–10 лет (р. 2-08 и р. 2-09) содержание МЭ и их профильное распределение приближается к исходному состоянию. Валовое содержание МЭ в исследуемых почвах не превышает предельно-допустимой концентрации (ПДК) [30].

В микроэлементном составе исследуемых почв не выявлено значительных изменений, связанных с воздействием пожара. Это, видимо, связано с тем, что основные особен-

Валовое содержание микроэлементов в почвах, мг/кг на воздушно-сухое вещество

Горизонт, глубина, см	Fe, %	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Cr	Pb	Cd	$\frac{Fe}{Mn}$
Р. 1-08. Дерново-подбур под разнотравным сосняком. Пожар низовой 2008 г.										
О 0-1	1,40	785	66,7	10,4	17,3	23,0	90,7	32,1	1,7	17,8
АУ _{pir} 1-5	1,17	684	37,8	6,0	16,8	20,8	85,9	29,2	1,7	17,1
ВФ1 5-27	1,74	262	31,0	8,5	19,6	24,4	100,7	28,3	1,6	66,4
ВФ2 27-38	1,56	252	24,8	7,6	19,0	19,6	92,0	20,6	1,6	61,9
ВС 38-112	1,01	292	17,8	5,3	18,0	13,0	84,3	24,9	1,5	34,6
С 112-120	0,98	216	19,3	4,3	14,2	8,9	74,8	21,0	1,4	45,4
Р.1-08 0-20	—	496	34,1	3,4	15,7	22,3	100,9	37,1	1,8	—
Р. 1-08. Дерново-подбур под разнотравным сосняком (30.06.09, повтор)										
ВФ1 5-27	2,53	344	34,4	7,9	18,7	24,0	75,6	32,9	1,1	73,5
ВФ2 27-38	2,55	267	29,4	10,6	21,2	23,3	86,2	36,5	1,3	95,5
ВС 38-112	1,68	239	25,8	7,1	15,2	17,9	58,5	33,5	1,8	70,3
Р. 3-08. Дерново-подбур под злаково-разнотравным сосняком. Пожар низовой 2003 г.										
О 0-1	1,64	684	111,4	12,3	18,8	16,7	115,8	29,7	1,2	24,0
АУВФ 1-8	1,62	660	51,9	7,7	20,2	15,4	118,0	29,0	1,4	24,5
ВФ 8-40	1,67	258	38,9	7,5	19,6	14,1	115,0	27,0	1,3	64,7
ВС 40-55	1,29	235	21,8	5,4	19,6	11,3	92,4	33,7	1,2	54,9
С 55-98	0,87	179	21,1	4,5	15,8	10,5	72,1	29,8	1,0	48,6
Р. 2-08. Дерново-подбур под рододендрово-разнотравным сосняком. Пожар низовой 1998 г.										
О 0-1	1,29	442	44,9	7,9	17,1	19,9	86,5	27,2	1,4	29,2
АУ _{pir} 1-4	1,30	454	52,9	7,6	17,9	21,0	98,7	28,8	1,6	28,6
ВФ1 4-24	1,28	302	34,2	7,1	21,2	20,5	110,8	24,5	1,5	42,4
	1,91	295	41,2	9,0	20,9	21,2	116,4	31,8	1,5	64,7
С1 35-50	0,97	222	17,4	5,7	16,5	11,6	90,0	25,8	1,3	43,7
С2 50-63	0,93	203	15,6	5,2	17,0	10,7	82,0	23,2	1,3	45,8
С3 63-97	0,92	191	13,3	5,4	16,0	5,8	79,8	20,3	1,1	48,2

Р. 1-09. Дерново-подбур под мертвопокровным сосняком. Пожар низовой 2008 г.

О 0-1,5	1,23	876	113,9	12,9	18,1	21,8	85,0	42,0	1,1	14,0
AY _{пр} 1,5-4/5	1,55	914	261,4	6,9	18,2	23,0	87,7	49,6	1,2	17,0
ABF1 4/5-20	1,30	219	28,4	4,9	17,1	15,8	84,0	25,0	0,8	59,4
BF1 20-40	1,25	201	27,6	5,8	16,5	17,4	84,2	28,3	0,9	62,2
С1 40-59	1,04	175	29,8	5,0	15,7	11,1	71,1	34,1	0,6	59,4
С2 59-100	1,24	234	16,3	5,5	16,6	12,9	81,0	35,9	0,8	53,0

Р. 2-09. Дерново-подбур под рододедреново-разнотравным сосняком. Пожар 2001 г.

О 0-1,5	1,17	385	54,5	10,3	16,2	10,8	76,8	36,8	1,5	30,4
AY 1,5-4	1,28	326	37,9	7,4	14,8	16,1	89,6	33,1	1,6	39,3
BC 4-7/9	1,40	259	32,2	7,4	15,3	16,7	86,1	32,3	1,3	54,1
AY1 погреб. 7/9-14	2,09	472	10,6	10,6	17,4	23,4	100,8	33,5	1,5	44,3
BF1 14-24	1,35	265	37,4	7,2	16,8	24,4	99,5	32,7	1,4	51,0
BF2 24-42	1,22	296	39,4	8,0	14,7	24,7	107,2	31,4	1,4	41,2
BF3 42-56	1,50	266	30,3	7,5	19,4	23,4	90,0	41,2	1,4	56,4
AY2 _{пр} погреб. 56-68	2,13	270	33,1	7,9	19,8	22,0	79,9	36,3	1,4	78,9
BC 68-93	1,50	238	28,0	7,0	17,6	18,9	69,6	36,8	1,2	53,2
С 93-102	2,08	282	30,2	7,3	17,7	17,4	75,0	36,8	1,3	73,8

Р. 6-07. Дерново-подбур под мертвопокровным сосняком. Пожар низовой 2000 г.

О 0-2	2,77	945	29,9	13,3	20,8	15,3	66,8	26,0	1,0	29,3
AY _{пр} 2-10	2,85	779	39,3	9,8	18,9	12,2	60,7	23,7	0,8	36,6
В 10-38	2,72	497	34,5	11,2	18,4	12,2	61,2	23,8	1,3	54,7
BC 38-80	2,74	667	36,2	9,7	16,9	12,9	58,1	24,2	1,3	41,1

Р. 7-07. Дерново-подбур под мертвопокровным сосняком (контроль)

О 0-2	2,13	498	34,0	7,3	13,4	8,1	52,6	22,9	1,3	42,8
AY 2-3/19	2,48	742	37,4	9,5	16,1	9,9	55,8	25,0	1,4	33,4
В 13/19-36	2,75	561	35,5	9,6	15,3	12,6	59,8	24,8	1,8	49,0
BC 36-70	3,34	618	37,4	10,2	13,3	13,9	62,5	27,9	1,3	54,0
ПДК, ОДК [30]	-	1500	110	23	50	35	-	32	5,0	-

П р и м е ч а н и е. Прочерк - нет данных.

ности содержания и профильного распределения химических элементов почвы наследуют от почвообразующих пород, а почвообразование накладывает на них свой отпечаток в виде специфических проявлений биогенной аккумуляции, физико-химической и механической миграции элементов, соответствующих природно-климатическим, геоморфологическим, ландшафтно-геохимическим и другим особенностям территорий [31]. На микроэлементный состав пирогенных почв в определенной мере оказывают влияние время и интенсивность воздействия пожара на почвенный и растительный покров.

По мнению Б. Л. Щербова и др. [15], однозначно определить характер поведения МЭ и тяжелых металлов (ТМ) при пожарах нельзя, поскольку различные группы элементов ведут себя по-разному. Так, по их данным, наиболее активно из почвенно-растительного покрова мигрируют кадмий, свинец и ртуть.

Подвижные формы ТМ представляют наибольшую опасность, так как характеризуются высокой биохимической активностью и интенсивным накоплением в органическом веществе [32].

Результаты анализа почв на содержание подвижных форм микроэлементов приведены в табл. 2. Максимальное содержание подвижных форм МЭ отмечается в слое почв глубиной 0–40 см, что согласуется с их валовым содержанием. Подвижность Mn, Co, Cr, Pb, Cd уменьшается с глубиной. В целом обеспеченность исследуемых почв подвижными формами Zn, Cu, Co оценивается, согласно шкале [33], как низкая, обеспеченность Mn – высокая.

Содержания подвижных форм элементов в исследуемых почвах значительно ниже ПДК по [33, 34] и по шкале группировки почв для эколого-токсикологической оценки [35] относятся к I группе (незагрязненной). С одной стороны, это свидетельствует о благополучной экологической обстановке почв. С другой стороны, является подтверждением их слабой обеспеченности подвижными формами микроэлементов для растений и, соответственно, повышенной уязвимостью почв при изъятии химических элементов из системы почвы – растения при сельскохозяйственной деятельности, вырубке лесов, пожарах и т.п.

В первый же год после пожара увеличивается подвижность Mn, Zn, Ni, Co, Cr и Cd. Данные табл. 2 показывают, что доля подвижных форм МЭ в исследуемых почвах колеблется от следов до 10 %, за исключением марганца, у которого доля подвижных форм выше (до 33 %), что может свидетельствовать об отсутствии значительных техногенных воздействий на исследуемую территорию. По мнению Ю. Н. Водяницкого и В. А. Большакова [36], в незагрязненных почвах доля подвижных форм МЭ в среднем составляет 5–20 % от их валового количества.

Подвижность микроэлементов в почве в 2009 г. была выше, чем в 2008 г., в связи с относительно повышенной влажностью почв в период отбора проб.

Таким образом, исследуемые почвы имеют невысокое валовое содержание МЭ и слабо обеспечены их подвижными формами, что обусловлено элементным составом кислых пород, на которых они образованы, специфическим генезисом почвообразования, природно-климатическими условиями региона и физико-химическими свойствами почв.

Согласно современному ботанико-географическому районированию, растительность исследуемой территории относится к Селенгинской провинции Даурской подобласти Восточноазиатской области [37]. Успешность естественного возобновления древостоя и динамика растительного покрова на горячих в значительной мере зависят от интенсивности пожара, длительности послепожарного периода и степени пирогенной нарушенности и происходит медленно [38].

При верховых пожарах высокой интенсивности может наблюдаться разрушение всего растительного покрова и прокаливание почвы. При низовом беглом пожаре может происходить лишь небольшое изменение структуры подстилки [5]. Ч. Доржсурэн, Ю. Н. Краснощеков [9], Е. А. Тихменёв и др. [39] отмечают, что на участках, пройденных пожаром низкой интенсивности, не происходит существенного изменения в видовом составе растительности и остаются мало затронутые огнем площади различных размеров и конфигурации. При средней интенсивности низового пожара полностью минерализуется подстилка, а напочвенный покров вокруг ком-

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в дерново-лесных почвах, мг/кг

Горизонт, глубина, см	Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Cr		Pb		Cd	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Р. 1-08. Дерново-подбур под разноотравным сосняком. Пожар низовой 2008 г.																
О 0-1	153,3	19,5	3,25	4,9	0,23	2,2	0,66	3,8	0,16	0,7	1,70	1,9	1,29	4,0	0,06	3,5
AY _{pir} 1-5	187,7	27,4	3,22	8,5	0,11	1,8	0,47	2,8	0,17	0,8	1,51	1,8	1,15	3,9	0,05	2,9
BF1 5-27	20,3	8,0	0,43	1,4	0,15	1,8	0,57	2,9	0,10	0,4	1,49	1,6	1,39	4,9	-	-
BF2 27-38	13,9	5,5	1,39	5,6	0,24	3,1	0,48	2,7	0,04	0,2	0,63	0,7	1,20	5,8	-	-
BC 38-112	6,0	2,0	0,88	4,9	0,26	4,9	0,10	0,5	0,06	0,5	0,46	0,6	0,69	2,8	-	-
C 112-120	1,8	0,8	1,47	7,6	0,25	5,8	0,17	1,2	-	-	-	-	0,68	2,5	0,01	0,7
Р. 2-08. Дерново-подбур под рододендрово-разнотравным сосняком. Пожар низовой 1998 г.																
BF1 4-24	34,2	11,3	0,58	1,3	0,41	5,8	0,12	0,6	0,18	0,9	1,30	1,2	1,08	4,4	0,01	0,7
BF2 24-35	15,8	5,4	0,43	0,8	0,52	5,8	0,29	1,4	0,17	0,8	0,62	0,5	1,15	3,6	0,03	2,0
C1 35-50	4,9	2,2	0,35	1,0	0,27	4,7	0,14	0,8	0,05	0,4	0,61	0,7	0,84	3,3	0,03	2,3
C2 50-63	2,8	1,4	0,39	1,0	0,23	4,4	0,07	0,4	0,05	0,5	0,77	0,9	0,77	3,3	0,04	3,0
C3 63-97	1,7	0,9	0,59	4,4	0,22	4,1	0,08	0,5	0,05	0,9	1,10	1,4	0,74	3,6	-	-
Р. 3-08. Дерново-подбур под злаково-разнотравным сосняком. Пожар низовой 2003 г.																
BF1 4-24	227,2	33,2	11,43	10,3	0,29	2,4	0,75	4,0	0,28	1,7	1,91	1,6	3,12	10,5	0,12	8,6
BF2 24-35	177,4	26,8	1,24	2,4	0,16	2,1	0,38	1,9	0,10	0,6	0,67	0,6	1,50	5,2	0,04	2,0
C1 35-50	17,5	6,8	2,13	5,5	0,40	5,3	0,47	2,4	0,10	0,7	0,96	0,8	1,50	5,5	0,03	1,8
C2 50-63	6,4	2,7	1,05	4,8	0,23	4,3	0,13	0,7	0,08	0,7	0,20	0,2	1,15	3,4	-	-
C3 63-97	4,2	2,3	0,50	2,4	0,25	5,6	0,11	0,7	0,07	0,7	-	-	0,87	2,9	-	-
Р. 1-09. Дерново-подбур под мертвопокровным сосняком. Пожар низовой 2008 г.																
AY _{pir} 1,5-4/5	223,4	24,4	4,81	1,8	0,21	3,0	0,67	3,7	0,30	1,3	1,50	1,7	1,85	3,7	0,10	8,3
ABF1 4/5-20	22,2	10,1	0,56	2,0	0,24	4,9	0,48	2,8	0,09	0,6	0,92	1,1	1,31	5,2	0,02	2,5
BF1 20-40	9,7	4,8	0,32	1,1	0,38	6,6	0,46	2,8	0,06	0,3	0,96	1,1	1,46	5,2	0,01	1,1
C1 40-59	2,1	1,2	0,30	1,0	0,21	4,2	0,11	0,7	0,10	0,9	0,81	1,1	1,02	3,0	0,01	1,7
C2 59-100	1,6	0,7	0,31	1,9	0,15	2,7	0,15	0,9	0,17	1,3	0,50	0,6	0,99	2,8	-	-
Р. 2-09. Дерново-подбур под рододендрово-разнотравным сосняком. Пожар 2001 г.																
AY 1,5-4	100,0	30,6	2,97	7,8	0,20	2,7	0,34	2,3	0,20	1,9	0,85	0,9	1,97	5,4	0,06	3,7
BC 4-7/9	43,5	16,7	0,51	1,6	0,24	3,2	0,27	1,8	0,05	0,3	0,88	1,0	1,37	4,3	0,02	1,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
АУ1 погреб. 7/9-14	135,5	28,6	7,95	6,0	0,17	1,6	0,43	2,5	0,20	0,9	1,08	1,1	1,36	4,0	0,05	3,3
ВФ1 14-24	79,3	29,8	4,94	13,2	0,25	3,5	0,44	2,6	0,13	0,5	0,53	0,5	1,40	4,3	0,02	1,4
ВФ2 24-42	44,2	15,0	1,18	3,0	0,34	4,3	0,32	2,2	0,10	0,4	0,66	0,6	1,47	4,7	0,02	1,4
ВФ3 42-56	18,0	6,7	3,86	12,7	0,41	5,5	0,21	1,1	0,14	0,6	0,15	0,2	1,27	3,1	0,02	1,4
АУ1 _{пир} погреб. 56-68	19,2	7,1	0,43	1,3	0,37	4,7	0,26	1,3	0,13	0,6	0,33	0,4	1,32	3,6	0,03	2,1
ВС 68-93	4,6	1,9	1,21	4,3	0,28	4,0	0,15	0,9	0,08	0,4	-	-	1,06	2,9	0,02	1,7
С 93-102	12,5	4,4	0,45	1,5	0,35	4,8	0,26	1,5	0,06	0,3	-	-	1,13	3,1	0,02	1,5
Р. 1-08. Дерново-подбур под разногравным сосняком. Пожар низовой 2008 г., повтор																
ВФ1 5-27	69,5	20,2	0,75	2,2	0,63	8,0	0,37	2,0	0,07	0,3	2,40	3,2	1,35	4,1	0,01	0,9
ВФ2 27-38	25,8	9,7	5,01	17,1	1,18	11,1	0,63	3,0	0,15	0,6	1,31	1,5	1,54	4,2	0,02	1,5
ВС 38-112	9,6	4,0	0,69	2,7	0,90	12,7	0,17	1,1	0,04	0,2	0,70	1,2	1,05	3,1	0,01	0,5
ПДК [33, 34]	140		23,0		3,0		5,0		4,0		6,0		6,0		0,2	

П р и м е ч а н и е. 1 - подвижная форма, 2 - % от валового содержания, прочерк - не обнаружено

левой части стволов прогорает до минерального слоя. При низовых пожарах высокой интенсивности огня подчиненный ярус и подстилка почти полностью прогорают, и древостой сильно повреждается из-за термического воздействия огня на ствол, поверхностные корни и корневые лапы деревьев. При низовых пожарах сильной интенсивности огня происходит почти полная минерализация поверхности почвы, что создает благоприятные условия для всходов.

После низового пожара наблюдается снижение численности естественного возобновления древесных и кустарниковых видов, усыхание части древостоя и подроста сосны, изменяется состав травянистой растительности.

Анализ данных табл. 3 свидетельствует о различии в содержании МЭ в растениях в зависимости от видовой принадлежности и условий произрастания. Сравнение со средним содержанием в растительности континентов [40] показало, что концентрация Co, Ni, Cr, Cd выше, а Fe, Mn, Zn, Cu ниже этих значений. Наиболее обогащенными Mn, Cu, Zn, Cd является полынь пижмолистная, Mn, Co, Ni, Cr, Pb - чина низкая, Fe - лишайники.

Высокие показатели накопления МЭ характерны для кустарников (рододендрон даурский, брусника), а низкие - для лишайников. Следует отметить, что у кустарников накопление МЭ в ветках выше, чем в листьях. Представляется наиболее вероятным, что различные условия произрастания в одном и том же месте в разные годы, обусловленные в первую очередь погодными факторами, влияют на элементный состав растения и приводят к вариации содержания биогенных элементов.

Из данных табл. 3 видно, что в первый год после пожара в растениях увеличивается содержание Mn, Zn, Pb.

В целом содержание МЭ в изученных растениях находится в пределах нормальных концентраций [41] и не превышает имеющиеся максимально-допустимые уровни (МДУ) [42], за исключением содержания Co, Ni и Cr. Однако, несмотря на повышенное содержание Co, Ni и Cr, растения не испытывают угнетения и нормально функционируют,

Содержание микроэлементов в растениях, мг/кг воздушно-сухой массы / коэффициент биологического поглощения

Вид растения	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Cr	Pb	Cd
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1									
Р. 1-08. Дерново-подбур под разногравным сосняком. Пожар низовой 2008 г. (отбор 04.08.08)									
Рододендрон даурский (ветки) (<i>Rhododendron dauricum</i> L.)	47,9	561,5	22,9	4,5	4,1	5,0	4,0	3,3	0,15
	0,04	10,8	5,6	6,0	2,5	2,4	0,5	1,2	1,0
Рододендрон даурский (листья)	128,5	303,9	22,2	5,4	3,9	5,3	5,5	3,0	0,10
	0,9	5,3	5,0	6,5	2,2	2,3	0,6	1,0	0,6
Астра альпийская (<i>Aster alpinus</i> L.)	42,1	185,9	31,0	3,5	4,3	5,7	3,0	0,8	0,20
	0,02	1,8	3,8	2,3	1,3	1,4	0,2	1,4	0,6
Кострец безостый (<i>Bromopsis inermis</i> (Leysser) Holub)	57,7	63,8	30,6	4,6	4,2	2,9	6,7	2,2	0,35
	0,02	0,6	3,8	3,1	1,3	0,7	0,4	0,4	1,1
Польнь пижмолистная (<i>Artemisia tanacetifolia</i> L.)	65,8	117,9	26,3	10,7	1,7	1,6	5,7	1,9	0,35
Р. 1-08 (30.06.09, повтор)									
Чина низкая (<i>Lathyrus humilis</i> (Ser.))	51,5	90,0	11,5	4,1	4,2	4,2	11,2	3,9	0,40
	0,02	1,1	1,8	3,4	1,6	1,3	0,8	0,9	1,6
Рододендрон даурский (ветки)	33,8	245,9	16,6	4,5	3,6	2,4	3,9	0,4	0,20
	0,01	7,1	4,8	5,7	1,9	1,0	0,5	0,1	1,8
Рододендрон даурский (листья)	66,6	113,1	19,0	5,2	3,1	2,9	1,1	0,8	0,15
	0,03	3,6	6,1	7,3	1,8	1,3	0,2	0,3	1,5
Прострел раскрытый (<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.)	36,7	38,1	25,0	3,3	3,5	4,0	8,2	2,6	0,30
	0,01	0,7	4,3	2,4	1,1	1,0	0,6	0,5	1,6
Вика однопарная (<i>Vicia unijuga</i> A. Br.)	73,4	95,2	19,4	4,8	3,0	3,1	8,4	0,2	0,15
	0,03	2,5	5,1	5,5	1,5	1,2	1,0	0,05	1,3
Кошачья лапка двудомная (<i>Antennaria dioica</i> L.)	69,7	90,8	21,3	3,2	3,4	3,7	1,4	0,6	0,30
	0,02	1,5	3,5	2,3	1,0	0,9	0,1	0,1	1,5
Польнь пижмолистная (<i>Artemisia tanacetifolia</i> L.)	83,6	68,4	14,9	8,9	3,1	4,0	4,8	1,1	0,35
	0,02	1,2	2,6	6,7	1,0	1,0	0,4	0,2	1,9
Астра альпийская (<i>Aster alpinus</i> L.)	44,0	37,7	24,4	4,7	3,1	5,3	6,4	0,2	0,20
	0,02	1,2	7,9	6,6	1,8	2,4	0,9	0,07	2,0
Р. 2-08. Дерново-подбур под рододендрово-разногравным сосняком. Пожар 1998 г. (отбор 30.06.08)									
Чина низкая (<i>Lathyrus humilis</i> (Ser.))	49,4	105,3	19,6	5,6	3,8	6,1	2,0	2,3	0,25
	0,06	4,4	7,4	12,4	3,4	5,0	0,3	1,4	2,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кладония вильчатая (<i>Cladonia furcata</i> (Huds.) Schrad.)	223,8	24,7	15,7	1,0	2,7	1,0	Следы	Следы	0,10
	0,07	2,2	22,4	5,3	5,8	1,9			2,7
Кладония звездчатая (<i>Cladonia stellaris</i> L.)	398,9	24,1	13,4	0,7	2,0	0,9	7,5	0,05	0,10
	0,12	2,4	12,2	3,7	4,3	1,7	3,0	0,07	2,7
Кладония оленья (<i>Cladonia rangiferina</i> L.)	366,5	38,6	13,7	1,1	1,9	1,7	0,7	0,9	0,15
	0,71	2,4	7,8	3,7	2,5	2,1	0,2	0,8	2,5
Рододендрон даурский (ветки)	160,1	761,8	25,9	4,6	5,0	7,6	3,8	1,2	0,15
	0,4	22,2	19,6	20,4	8,9	12,4	1,3	1,5	3,3
Рододендрон даурский (листья)	99,6	248,9	17,8	4,5	3,2	4,4	4,8	1,6	0,15
	0,3	24,9	16,2	24,0	6,8	8,6	1,9	2,4	4,0
Польнь пижмолистная (<i>Artemisia tanacetifolia</i> L.)	105,7	95,2	19,5	8,4	3,6	4,9	9,5	Следы	0,30
	0,07	1,7	4,0	10,2	1,7	2,2	0,9		1,8
Брусника обыкновенная (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.)	65,7	561,5	14,5	1,5	2,5	1,1	4,9	Следы	0,05
	0,34	93,6	22,0	13,3	8,9	3,6	3,3		2,2
Р. 3-08. Дерново-подбур под злаково-разнотравным сосняком. Пожар низовой 2003 г. (отбор 05.08.08)									
Прострел желтоватый (<i>Pulsatilla flavescens</i> (Zuccar.) Juz.)	48,6	54,5	13,9	2,4	3,4	5,8	10,8	3,8	0,40
	0,02	0,6	1,6	1,6	0,9	1,9	0,5	0,7	1,5
Осока верещагниковая (<i>Carex ericetorum</i> Pollich)	118,7	210,9	20,8	2,7	2,0	5,6	4,2	0,7	0,15
	0,04	2,4	1,6	1,6	0,9	1,9	0,5	0,7	1,5
Сосна обыкновенная (подрост) (<i>Pinus sylvestris</i>)	133,8	378,1	39,5	1,2	1,9	5,7	3,0	Следы	0,05
	0,16	16,4	17,4	3,1	1,9	7,4	0,5		0,8
Рододендрон даурский (листья)	75,0	121,9	11,5	3,9	2,3	7,4	6,2	1,1	0,10
	0,08	4,4	4,3	8,6	1,9	8,0	0,9	0,6	1,3
Рододендрон даурский (ветки)	96,0	313,6	22,9	6,1	2,9	6,9	7,5	2,3	0,15
	0,11	13,6	10,1	16,0	2,9	9,0	0,4	1,6	2,3
Польнь метельчатая (<i>Artemisia scoraria</i> Waldst. et Kit)	40,0	104,8	14,1	6,5	2,0	6,9	10,0	1,1	0,35
	0,03	3,0	4,1	11,4	1,4	6,0	1,1	0,5	3,6
Дендрантема Завадского (<i>Dendranthema zawadskii</i> (Herbich) Tzvel s. str.)	83,1	69,6	16,4	3,8	1,8	6,2	6,7	2,3	0,20
	0,05	1,4	3,3	4,5	0,8	3,7	0,5	0,7	1,4
Кострец безостый (<i>Bromopsis inermis</i> (Leysser) Holub)	27,0	99,6	6,0	1,4	1,6	6,3	3,0	0,5	0,05
	0,02	2,1	1,3	1,8	0,8	3,9	0,2	3,7	0,4

Брусника (ветки+листья)	56,5	599,5	13,5	2,3	1,3	5,3	2,7	1,0	0,05
	0,11	43,4	9,9	10,0	2,2	11,5	0,8	1,2	1,3
Вероника седая (<i>Veronica incana</i> L.)	348,3	81,4	17,0	4,3	1,9	7,3	5,6	1,1	0,15
	0,42	3,5	7,5	11,3	1,9	9,5	1,0	0,8	2,3
Чина низкая (<i>Lathyrus humilis</i> (Serg.))	32,5	135,5	11,1	6,0	2,7	3,9	9,1	3,4	0,20
	0,02	2,9	2,4	7,9	1,4	2,5	0,8	1,2	1,5
Клевер луговой (<i>Trifolium lupinaster</i> L.)	55,2	64,9	13,4	4,2	2,2	5,8	6,5	2,2	0,10
	0,03	1,4	2,9	5,5	1,1	3,7	0,6	0,8	0,8
Р. 7-07. Дерново-подбур под мертвопокровным сосняком (контроль). Отбор									
Лапчатка рябинолистная (<i>Potentilla tanacetifolia</i> Willd. ex Schlecht.)	404,0	47,6	30,9	4,4	5,0	6,4	15,	4,2	0,40
	0,23	1,0	11,9	7,7	4,8	9,4	3,7	2,9	5,8
Волдушка козелецелистная (<i>Viburnum scorzoniferolium</i> Willd.)	22,7	19,8	21,4	3,8	0,5	3,9	6,7	1,7	0,10
	0,01	0,4	8,4	6,7	3,6	5,8	1,6	1,6	2,6
Козелец лучистый (<i>Scorzonera radiata</i> Fisch.)	78,8	38,3	31,2	6,4	4,4	6,4	15,2	5,1	0,50
	0,02	0,4	5,5	4,9	1,9	4,3	1,7	1,6	3,1
Вика мышиная (<i>Vicia cracca</i> L.)	112,0	35,2	18,0	3,1	4,8	5,2	9,0	5,2	0,35
	0,03	0,3	3,1	2,5	2,0	3,4	1,0	1,6	2,3
Прострел Турчанинова (<i>Pulsatilla turczaninovi</i> Krylov et Serg.)	63,3	33,9	27,9	2,7	4,9	3,5	8,9	4,8	0,35
	0,02	0,5	7,4	3,4	3,2	3,5	1,5	2,2	3,6
Тимофеевка луговая (<i>Phleum Pratense</i> L.)	32,7	41,7	32,2	2,5	3,2	5,7	3,1	1,5	0,15
	0,01	0,5	7,1	2,7	1,8	4,8	0,4	0,9	1,8
Среднее содержание в растительности континентов [40]	200	205	30,0	8,0	0,5	2,0	1,8	1,25	0,035
Пределы нормальных концентраций [41]	-	-	15-150	2,0-12	0,3-0,5	0,4-3,0	0,2-1,0	0,1-5,0	-
МДУ в грубых и сочных кормах [42]	100	-	50	30	1,0	3,0	0,5	5,0	0,3

что свидетельствует о природном характере содержания МЭ.

Поглощение химических элементов растительностью означает их вовлечение в особую форму движения – биологическую миграцию. Учитывая неодинаковое физиологическое значение разных элементов, можно предположить, что интенсивность вовлечения разных элементов в этот процесс неодинакова. Интенсивность биологического поглощения химического элемента характеризуется коэффициентом биологического поглощения (КБП), который является частным от деления его содержания в золе растений и почве [43].

Из данных табл. 3 видно, что высокие КБП характерны для кустарников (рододендрон даурский, брусника) и подроста сосны. Для большинства изученных видов растений Fe является элементом очень слабого захвата, Pb, Cr – среднего захвата, Cd, Co, Ni – среднего накопления, Mn, Zn, Cu – среднего и интенсивного накопления. КБП показывают, что в исследуемых условиях поглощение микроэлементов растениями происходит согласно их роли в физиологии растительного организма. Так, биогенные элементы, (Mn, Zn, Cu) характеризуются высокими значениями КБП по сравнению с элементами, преобладающими токсическими действиями (Cr, Ni) и токсикантами (Cd, Pb).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследуемые почвы имеют невысокое валовое содержание микроэлементов и слабо обеспечены их подвижными формами. Содержание микроэлементов в растениях зависит от видовых особенностей и условий произрастания.

Установлено, что низовые лесные пожары приводят к незначительному увеличению валового содержания и подвижных форм Mn, Zn, Cu, Pb в слое почвы глубиной 0–40 см и Mn, Zn, Pb в растениях. Выявлено снижение в почве соотношения Fe:Mn.

В исследуемых условиях поглощение микроэлементов растениями происходит согласно их роли в физиологии растительного организма: для большинства изученных видов растений Fe является элементом очень сла-

бого захвата, Pb, Cr – среднего захвата, Cd, Co, Ni – среднего накопления, Mn, Zn, Cu – среднего и интенсивного накопления.

Проведенные исследования показывают, что пирогенное изменение растительности и свойств почв, в частности элементного состава, прослеживается в течение нескольких лет после пожара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьев К. Я., Григорьев А. А. Лесные пожары как компонент природной экодинамики // Оптика атмосферы и океана. 2004. Т. 17, № 4. С. 279–292.
2. Брюханов А. В. Экологическая оценка состояния лесов в Сибири: тревожные итоги // Устойчивое лесопользование. 2009. № 2 (21). С. 21–31.
3. Охрана окружающей среды в России. Стат. сб. Федеральная служба гос. статистики. Офиц. изд. М.: [б.и.], 2010. 303 с.
4. Электронный ресурс URL// www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBnet.cgi
5. Максимова Е. Ю. Влияние пожаров на почвы Тольяттинского островного бора // XIV Докучаевские молодежные чтения рождения В. В. Докучаева “Почвы в условиях природных и антропогенных стрессов”: мат-лы Всерос. науч. конф. / под ред. Б. Ф. Апарина. СПб.: Изд. дом С.-Петерб. гос. ун-та, 2011. С. 150–152.
6. Бурлакова Л. М., Морковкин Г. Г., Ананьева Ю. С., Завалишин С. И., Каменский В. А. Влияние лесных пожаров на свойства подзолистых почв (на примере Ханты-Мансийского автономного округа) // Лесной вестник. 2002. № 2. С. 66–70.
7. Куценогий К. П., Чанкина О. В., Ковальская Г. А., Савченко Т. И., Иванова Г. А., Иванов А.В., Тарасов П.А. Постпирогенные изменения элементного состава лесных горючих материалов и почв в бореальных лесах Сибири // Сиб. экол. журн. 2003. № 6. С. 735–742.
8. Безкоровайная И. Н., Иванова Г. А., Тарасов П. А., Сорокин Н. Д., Богородская А. В., Иванов В. А., Коначард С. Г., Макрае Д. Дж. Пирогенная трансформация почв сосняков средней тайги Красноярского края // Там же. 2005. № 1. С. 143–152.
9. Доржсурэн Ч., Краснощекоев Ю. Н. Послепожарные сукцессии в псевдотаежных лиственничных лесах Центрального Хангая в Монголии // Хвойные бореальные зоны. 2007. Т. XXIV, № 4–5. С. 391–397.
10. Евдокименко М. Д. Реакция сосны на огневые воздействия в условиях Забайкалья // Лесоведение. 1986. № 6. С. 46–53.
11. Софронов М. А., Антропов В. Ф., Волокитина А. В. Пирологическая характеристика растительности бассейна озера Байкал // География и природ. ресурсы. 1999. № 2. С. 52–58.

12. Жила С. В., Иванова Г. А., Кукавская Е. А. Трансформация биомассы напочвенного покрова под воздействием пожаров в светлохвойных насаждениях Нижнего Приангарья // *Вестн. КрасГАУ*. 2011. № 3. С. 33–38.
13. Краснощекоев Ю. Н. Влияние пожаров на свойства горных дерново-таежных лиственничников Монголии // *Монголия*. 1994. № 9. С. 102–109.
14. Краснощекоев Ю. Н. Постпирогенная трансформация почв сосновых лесов в Юго-Западном Прибайкалье // *Вестн. КрасГАУ*. 2009. № 9. С. 60–65.
15. Щербов Б. Л., Страховенко В. Д., Сухоруков Ф. В. Экогеохимическая роль лесных пожаров в Байкальском регионе // *География и природ. ресурсы*. 2008. № 2. С. 60–66.
16. Гынинова А. Б., Сымпилова Д. П. Изменение свойств дерново-лесных почв под влиянием пожаров // *Почвы Сибири, их использование и охрана*. Новосибирск, 1999. С. 120–124.
17. Шахматова Е. Ю. Изменение свойств почв под влиянием пирогенного фактора в подтаежных сосновых лесах Западного Забайкалья // *Оптимизация агрохимических свойств почв и продукционных процессов в горно-степных экосистемах: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, приуроченной 80-летию Н. Е. Абашеевой*. Улан-Удэ, 16–17 ноября 2010 г. Улан-Удэ: Изд-во ФГОУ ВПО БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2010. С. 260–262.
18. Имескенова Э. Г., Молчанов В. И., Бутуханов А. Б. Влияние пирогенного фактора на особенности структуры и продуктивность лугово-степных сообществ Юго-Западного Забайкалья // *Вестн. БГСХА*. 2011. № 4 (25) С. 82–89.
19. Вакуров А. Д. Лесные пожары на Севере. М.: Наука, 1975. 100 с.
20. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
21. Сосорова С. Б., Сымпилова Д. П., Шахматова Е. Ю. Влияние пожаров на физико-химические свойства и элементный состав лесных почв (Республика Бурятия) // *Мат-лы науч.-практ. конф. “Проблемы изучения и сохранения культурного и природного наследия Евразии”*. Павлодар, 2010. С. 158–163.
22. Шахматова Е. Ю. Послепожарные изменения в дерново-подбурях в подтаежных ландшафтах Селенгинского среднегорья // *Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии: мат-лы II Междунар. науч. конф. Улан-Удэ (Россия)*. 20–25 июня 2011 г.: в 3 т. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2011а. Т. 1. С. 154–155.
23. Шахматова Е. Ю. Дифференциация свойств почв на разновозрастных гарях в сосновых лесах северо-западного макросклона хребта Цаган-Дабан // *Там же*. 2011б. С. 156–157.
24. Сапожников А. П., Карпачевский Л. О., Ильина Л. С. Послепожарное почвообразование в кедрово-широколиственных лесах // *Лесной вестн.* 2001. № 1. С. 132–164.
25. Краснощекоев Ю. Н., Евдокименко М. Д., Черединова Ю. С., Болонева М. В. Послепожарное функционирование лесных экосистем в Восточном Прибайкалье // *Сиб. экол. журн.* 2010. № 2. С. 221–230.
26. Краснощекоев Ю. Н., Кузьмиченко В. В. Изменение зольного состава лесной подстилки при выжигании шелкопрядников в южной тайге Средней Сибири. Электронный ресурс URL: www.library.krasu.ru/ft/ft/-articles/0112702.pdf.
27. Назаркина А. В. Изменение плотности сложения и влагозапасов лесных почв долины р. Амур в результате действия пожаров // *Вестн. КрасГАУ*. 2009. № 4. С. 37–41.
28. Цветков П. А. Исследование природы пожаров в северной тайге Средней Сибири // *Хвойные бореальные зоны*. 2006. № 2. С. 186–195.
29. Бахарева И. Ю. Изменение экологических условий на гарях в ленточных борах Алтайского края в зонах сухой и умеренно-засушливой колочной степи: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Барнаул, 2009. 17 с.
30. Соколов О. А., Черников В. А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие / *Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды*. Пушино: ОНТИ ПНД РАН, 1999. Кн. 1. 164 с.
31. Сысо А. И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 277 с.
32. Егوشина Т. Л., Шихова Л. Н. Свинец в почвах и растениях северо-востока европейской части России // *Вестн. ОГУ*. 2008. № 10. С. 135–141.
33. Александрова Э. А., Гайдукова Н. Г., Кошеленко Н. А., Ткаченко Э. Н. Тяжелые металлы в почвах и растениях и их аналитический контроль. Краснодар: КГАУ, 2001. С. 6–11.
34. Методические указания МУ 2.1.7.730-99 “Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест” (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 7 февраля 1999 г.).
35. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ “Росинформ-агротех”, 2003. 240 с.
36. Водяницкий Ю. Н., Большаков В. А. Выявление техногенности химических элементов в почвах // *Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения: тез. и докл. Всерос. конф.* М., 1998. Т. 2. С. 116–119.
37. Галанин А. В., Беликович А. В., Храпко О. В. Флора Даурии. Сосудистые споровые растения. Голосеменные. Однодольные: ситниковые – орхидные. Владивосток: Дальнаука, 2008. Т. 1. 183 с.
38. Жарикова Е. А., Оздобихин В. И. Нарушение лесорастительных свойств почвенного покрова Северного Сахалина пожарами // *Вестн. КрасГАУ*. 2008. № 5. С. 135–139.

39. Тихменев Е. А., Пугачев А. А., Тихменев П. Е. Роль пирогенного фактора в формировании лесного покрова побережья Тайской губы (Охотское море) // Вестн. Северо-Восточного гос. ун-та. 2009. Вып. 11. С. 85–91.
40. Добровольский В. В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение. 1997. № 4. С. 431–441.
41. Минеев В. Г. Экологические проблемы агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 1987. 285 с.
42. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.7.573.-96 “Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения” (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 № 46).
43. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высш. школа, 1975. 341 с.

Pyrogenic Change of the Microelement Content in Soil and Plants in the Pine Forests of Western Transbaikalia

S. B. SOSOROVA, M. G. MERKUSHEVA, L. L. UBUGUNOV

*Institute of General and Experimental Biology, SB RAS
670047, Ulan-Ude, Sakhyanova str., 6
E-mail: soelma_sosorova@mail.ru*

Pyrogenic changes of microelement content in soil and plants of the pine forests of West Transbaikalia (Republic of Buryatia) were studied. It was established that surface fires under the studied conditions cause changes of soil properties, insignificant increase in the concentrations of Mn, Zn, Cu, Pb in the upper layers of soil (0–40 cm) and Mn, Zn, Pb in plants. It was revealed that the ratio Fe : Mn in soil gets narrower. Investigations show that the pyrogenic change of vegetation and soil properties, in particular elemental composition, is observed during several years after the fire.

Key words: microelements, surface fire, plants, soil.