

Свинец в системе: порода → почва → гумусовые вещества → растения на примере степных и лесостепных почв Западного Забайкалья

Г. Д. ЧИМИТДОРЖИЕВА¹, Е. А. БОДЕЕВА², О. З. НИМБУЕВА³

¹ *Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
E-mail: gal-dorj@gmail.com*

² *Бурятская сельскохозяйственная академия
670024, Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8
E-mail: elena-bodeeva@rambler.ru*

³ *Бурятский государственный педагогический колледж
670034, Улан-Удэ, ул. Намсараева, 5
E-mail: ayunapimbueva@mail.ru*

Статья поступила 25.12.2012

АННОТАЦИЯ

Количество свинца в органогенном слое черноземов и каштановых почв высокое (выше ПДК) вследствие его значительного содержания в подстилающей породе, а в мерзлотных лугово-черноземных и серых лесных почвах и их породах – низкое. Однако, несмотря на такое различие, свинец в травянистой растительности со всех четырех типов почв находится в одинаково низких количествах вследствие его связывания гумусовыми веществами до 40 % от общего количества в почвах. Из гумусовых веществ фульвокислоты более активно связывают свинец.

Ключевые слова: свинец, почвообразующая порода (ПП), почвы, надземная и подземная масса растительности, гуминовые и фульвокислоты.

Важную роль во взаимосвязи живого и неживого играет круговорот энергии, веществ и химических элементов в конкретной экологической обстановке. Известно, что трансформация металлов из горных пород в почвы происходит с дальнейшим их поступлением в растительный организм, где остат-

ки последнего служат источником гумуса, т. е. их распределение рассматриваем в рамках малого биологического круговорота. Поэтому одна из задач состоит в выявлении роли почвы и ее гумуса в поведении химических элементов. Знание последнего особенно необходимо в определении его барьер-

ных свойств в общем трансформационном потоке элементов, в частности, относящихся к токсичным для биоты. Изученность степени связывания гумусовыми веществами тяжелых металлов для почвенно-экологических условий Западного Забайкалья крайне мала [Нимбуева, 2007; Бодеева, 2012; Чимитдоржиева и др., 2012].

В программе глобального мониторинга, принятой в ООН в 1973 г. значились всего три тяжелых металла: Pb, Cd, Hg [Программа..., 1980]. Позже к наиболее опасным были отнесены еще семь: Cu, Sn, V, Cr, Mo, Co, Ni [Добровольский, 1985]. Согласно ГОСТу 17.4.102-83, к высоко опасным относятся As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, к умеренно опасным – Ni, Mo, Cu, Sb (ГОСТ 17.4.102-83). Позднее особое внимание было уделено шести тяжелым элементам, для которых разработаны критерии ОДК: Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, As [Безносиков, 2004]. Из литературы известно, что список элементов, который принадлежит контролю в почвах, расширяется по результатам экспериментальных данных по регионам. Помимо этих металлов Ю.Н. Водяницкий [2012] предлагает отнести еще Se, Ti, Sb, Ba, ссылаясь на то, что опасность их недооценена. В почвенно-геохимических исследованиях основная доля информации получается в основном за счет валовых содержаний ТМ в почвообразующих породах. Это связано с тем, что в большинстве своем современные оценки биогеохимических и эколого-геохимических ситуаций опираются на этот показатель, как на широко апробированный на практике.

Исходя из перечня элементов, подлежащих экологическому контролю, цель наших исследований – выявить природное количество свинца в породах, подстилающих интенсивно используемые в сельскохозяйственном производстве почвы (мерзлотные лугово-черноземные, серые лесные, черноземы и каштановые), а также оценить его содержание в верхних органогенных горизонтах, в пастбищном травостое и определить связывание его гумусовыми веществами. Свинец в почве по многим данным литературы является токсичным для биоты, однако Ю. Н. Водяницкий [2012] счита-

ет его менее опасным металлом. Кларк его в литосфере равен 12 мг/кг [Виноградов, 1962].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись четыре типа почв (по три ключевых разреза в каждом): мерзлотные лугово-черноземные, расположенные на юге Витимского плоскогорья (с. Сосново-Озерск, 52°30'898" с. ш., 111°32'738" в. д., $h = 962,7$ м) и формирующиеся на пролювиально-делювиальных щебнистых и суглинистых отложениях; серые лесные, распространенные в Тунгинской (с. Галбай, 51°47'31,36" с. ш., 102°31'54,66" в. д.), Прибайкальской (с. Дулан, 52°23'16,12" с. ш., 106°53'15,65" в. д.), Бичурской (с. Малый Куналей 50°35'1" с. ш., 107°53'22" в. д.) лесостепях, на рыхлых супесчаных и пролювиально-делювиальных, элювиально-делювиальных образованиях; черноземы, расположенные в Селенгинском среднегорье (с. Арбузово, 51°19'5" с. ш., 106°36'1" в. д.) в Тугнуйской (с. Хонхолой, 51°08'60" с. ш., 108°05'391" в. д., $h = 817,3$ м) и Удинской (с. Булум, 52°17'1" с. ш., 110°6'44" в. д.) долинах на пролювиально-делювиальных, элювиально-делювиальных образованиях, делювиальных суглинках; каштановые, распространенные в Тугнуйской (с. Тугнуй, 51°10'89" с. ш., 08°02'210" в. д., $h = 758,3$ м), Иволгинской (с. Иволга, 51°44'2" с. ш., 107°15'33" в. д.) и Удинской (с. Булум, 52°17'1" с. ш., 110°6'44" в. д.) долинах на элювиальных супесях, пролювиальных песчаных отложениях. Содержание свинца определялось в почвообразующих породах, почвах; в гумусовых веществах (в гуминовых (ГК) и фульвокислотах (ФК), выделенных из почвы по Гримме [1967]; в надземной и корневой массах травянистой растительности, отобранных на изучаемых почвах. Одновременно на пробных площадках производился укос надземной травянистой массы с площади 1 м², смешанные образцы составлялись из 3–5 точек, и отбор корней из монолитов размером 25 × 25 × 20 см³ в трехкратной повторности. Анализируемые растения не подразделялись на семейства и виды, поскольку целью работы явилось определение уров-

на накопления свинца в укусах надземной фитомассы, идущей на корм скоту. Содержание элемента рассчитано в мг/кг породы, почвы, растений.

Определение физико-химических свойств почв проводилось общепринятыми методами [Агрохимические методы..., 1975]. Валовое содержание свинца получено методом атомно-абсорбционной спектроскопии: в почвах после разложения прокаленного образца HF в присутствии H₂SO₄ и перевода в солянокислый раствор; в органической части почвы, полученной после многократной обработки почвы, и в гуминовых препаратах, выделенных из этого же фильтрата смесью 0,5 н NaOH с 0,01 М ЭДТА [Grimme, 1967]; в растительных образцах после их сухого озоления и последующего перевода осадка в солянокислый раствор [Агрохимические методы..., 1975].

Органическое вещество кислого фильтрата, оставшееся после осаждения ГК, принимали за ФК согласно методу Гримме [1967].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Природно-климатические условия Забайкалья обусловили формирование своеобразных самобытных почв. Изучаемые мерзлотные лугово-черноземные, серые лесные, черноземы и каштановые почвы различаются между собой по генезису, плодородию, характеру использования в сельскохозяйственном производстве (см. таблицу).

Мерзлотные лугово-черноземные почвы Еравнинской котловины занимают хорошо дренированные увалистые равнины межгорных котловин, слабопологие склоны шлейфов, днища падей. Они формируются в ле-

Основные физико-химические показатели почв

Почва	Генетический горизонт	Глубина, см	Гумус, %	N _{общ} , %	pH _{водн}	Поглощенные основания			Частицы <0,01 мм, %
						Ca	Mg	сумма	
						мг-экв/100 г почвы			
Мерзлотная лугово-черноземная	A	5-20	9,7	-	6,8	-	22,8	28,0	
	AB ₁	25-35	3,0	-	7,5	-	22,0	35,7	
	AB ₂	35-70	1,6	-	8,2	-	20,0	38,0	
	B _к	70-90	-	-	8,4	-	14,0	-	
	BC	110-140	-	-	8,4	-	-	21,2	
Серая лесная	A ₁	2-13	3,5	0,14	6,3	-	19,5	35,0	
	A ₁ B	13-17	1,2	0,09	6,6	-	14,4	33,0	
	B	17-27	0,6	0,05	7,0	-	27,3	47,0	
	BC	32-42	-	-	7,2	-	25,2	40,0	
	C	48-58	-	-	7,1	-	-	19,0	
Чернозем	A1	0-33	5,3	0,3	6,7	24,9	4,8	29,7	29,8
	AB	33-50	1,4	0,1	7,0	20,6	4,2	24,8	21,4
	B _{к1}	50-75	0,4	-	7,9	20,0*	-	-	17,5
	B _{к2}	75-137	0,2	-	8,3	22,0*	-	-	17,8
	C _к	137-170	0,1	-	8,3	-	-	-	17,9
Каштановая	A	0-26	2,2	0,17	6,7	14,6	3,9	18,5	27,5
	AM	26-34	1,3	0,09	6,9	13,9	3,3	17,3	21,7
	B	34-70	0,7	-	7,2	10,8	3,1	13,9	19,3
	B _{CA}	70-88	0,1	-	8,0	16*	-	16,0	15,5
	C _{ca}	88-150	-	-	8,4	14*	-	14,0	15,3

Примечание. Прочерк - не определялось.

состепненных ландшафтах под лугово-степной растительностью при наличии многолетней мерзлоты в подпочве, верховодки, что обуславливает развитие глеевого процесса в материнской породе и в нижней части почвенного профиля. Почвы суглинистые, со значительным содержанием физической глины, нейтральной реакции, с глубиной слабощелочной (см. таблицу). Тяжелый гранулометрический состав этих почв обуславливает достаточно высокую емкость поглощения и значительное содержание гумуса.

Образование серых лесных почв в системе вертикальной поясности горных систем Забайкалья обусловлено высотным уровнем и характером южных границ распространения лесной растительности и степных участков среди тайги, где сочетание леса и степи может встречаться как на окраине, так и во внутренних частях горных систем. Наиболее крупные площади серых лесных почв находятся на южных предгорьях и северных склонах отрогов горных систем. Естественная растительность представлена редколесьем березняков с плотным разнотравьем, иногда с примесью сосны и лиственницы. Формируются они на высотах 500–900 м над ур. м., на склонах и шлейфах внутригорных и межгорных котловин, на водоразделах плоских хребтов и на террасах высокого уровня. Крупные массивы серых лесных почв расположены в Тункинской, Прибайкальской и Бичурской лесостепях, дельте реки Селенги. Это почвы легкого гранулометрического состава, слабкокислой среды, с невысоким содержанием гумуса (см. таблицу).

Черноземы в Забайкалье не образуют сплошной зоны, а встречаются фрагментарно. По высотному уровню черноземы развиты в широких пределах – от 800 до 1000 м абсолютной высоты. Они занимают преимущественно северные склоны отрогов горных хребтов Заганского, Бичурского, Цаган-Дабан, Тугнуйского, Боргойского, имеют ограниченную площадь. Для черноземов свойственен легко- и среднесуглинистый гранулометрический состав, содержание гумуса варьирует от 3,5 до 7,0 %, характерно резкое его убывание вниз по профилю. Мощность гумусово-аккумулятивного горизонта не превышает 30 см.

Каштановые почвы формируются в сухостепных ландшафтах с редким травостоем, большая часть которых легкого гранулометрического состава с незначительной суммой поглощенных оснований и низким содержанием гумуса (см. таблицу). Они в Забайкалье охватывают обширные сухостепные ландшафты в междуречьях Селенга-Чикой, Чикой-Хилок, на террасах долин рек Селенга, Уда, Худан, Брянка, Баргузин. Каштановые почвы приурочены к высоким древним террасам, предгорьям мелкосопочников, крутым южным склонам хребтов, обращенным к степным депрессиям с высотами 600–1300 м над ур. м.

Содержание свинца в почвообразующих породах Забайкалья колеблется от 2,5 до 44,9 мг/кг, и варьирует в зависимости от гранулометрического состава. Свинца много в пролювиально-делювиальных наносах – 44,9, в пролювиальных песчаных – 30,3, в элювиально-делювиальных образованиях – 28,1 мг/кг, мало – в пролювиально-делювиальных щебнистых – 2,5 мг/кг, рыхлых песчаных – 5,8, аллювиальных песчаниково-галечниковых отложениях – 7,8 мг/кг [Нимбуева, 2007; Сосорова, 2006]. В последних трех породах содержание свинца ниже Кларка литосферы (12 мг/кг) и средних региональных данных (33,7 мг/кг) [Гуляева, 2002].

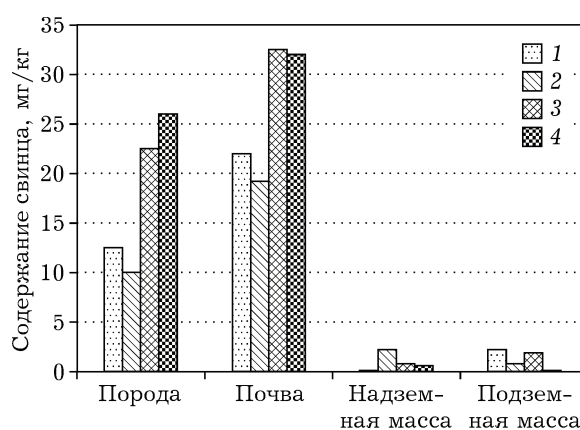


Рис. 1. Содержание свинца в почвообразующей породе, в органогенном слое, надземной и подземной частях травянистой растительности.

Почвы: 1 – лугово-черноземные мерзлотные, 2 – серые лесные, 3 – черноземы, 4 – каштановые почвы при $n = 3$, мг/кг

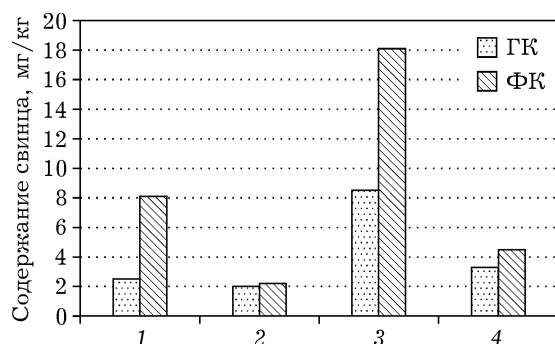


Рис. 2. Содержание свинца в гумусовых веществах (ГК и ФК) почв: 1 – лугово-черноземных мерзлотных; 2 – серых лесных; 3 – черноземов; 4 – каштановых при $n = 3$, мг/кг

По данным Г. М. Иванова [2007] валовое содержание свинца в мерзлотных лугово-черноземных почвах при $n = 3$ составляет 22 мг/кг; в серых лесных – $32 \pm 6,7$ при $n = 8$; в черноземах – $31,6 \pm 4,9$ при $n = 5$; в каштановых почвах – $34,4 \pm 5,0$.

В почвообразующей породе мерзлотных лугово-черноземных почв свинец составляет в среднем (при $n = 3$) 12,5 мг/кг, что равно Кларку литосферы, возрастая в верхнем горизонте почв до 22,0 мг/кг (рис. 1). Эти данные свидетельствуют о том, что содержание Pb в органогенном горизонте изучаемых почв выше, чем в подстилающих породах и выше значений ПДК.

Вследствие связывания свинца гумусовыми кислотами и низкого его поглощения растениями, в корневой и в надземной массах трав он найден в небольших количествах, соответственно 2,2 и 0,1 мг/кг.

По нашим данным, свинец обнаружен в гумусе в количестве 10,6 мг/кг, в основном в составе ФК – 8,1 мг/кг (рис. 2). Гумусовые вещества и их производные, обладая огромной поглотительной способностью, оказывают воздействие на миграцию и аккумуляцию элементов. Известно, что взаимодействие между гумусовыми веществами и металлами осуществляется путем ионного обмена, сорбции на поверхности, хелатообразования, коагуляции и пептизации. Однако гумусовые вещества различаются по интенсивности связывания микроэлементов [Кабата-Пендиас, 1989]. По данным М. Д. Степановой [1976] удерживается органическим веществом минеральных почв Западной Сибири более 50 %

общего содержания микроэлементов, связываясь преимущественно ФК, а по С. Н. Чукову [2001] гуминовыми кислотами этот механизм обеспечивается лишь около 20 % от уровня их общей биопротекторной активности. Естественно, в результате этих процессов нормализуется экологическая обстановка в системе почва – растение.

Фульвокислоты, являясь полидисперсными с множеством функциональных групп и реакционно активными, больше связывают свинец. Вследствие того, что гуминовые кислоты в этих почвах в большей мере связаны с активными металлами щелочной и щелочноземельных групп, а также с полуторными оксидами [Чимитдоржиева и др., 2007], возможно, поэтому ГК меньше связаны со свинцом.

Содержание свинца в почвообразующей породе серых лесных почв составило 10,0 мг/кг, что ниже Кларка, а в верхнем гумусовом горизонте больше, чем в породе, но ниже ПДК – 19,2 мг/кг. Вследствие низкого содержания свинца в почве, мало его в лесном разнотравье: 2,2 мг/кг – в подземной и 0,8 мг/кг в надземной массе (см. рис. 2). Незначительное его количество – 4,2 мг/кг – связано с гумусом, где свинец примерно в одинаковых количествах связан гумусовыми веществами: в ФК – на 52 %, в ГК – на 48 % (см. рис. 2).

Четырехвалентный свинец является очень сильным окислителем в кислой среде, в щелочной такого не наблюдается. Поскольку почвенная среда серых лесных почв, формирующихся под березово-осиновым лесом с богатым травянистым покровом, является слабокислой, близкой к нейтральной (рН 6,8), свинец находится в равномерной связи с гумусовыми кислотами. Расчетным методом установлено, что свинец большей частью связан в почвах с минеральной частью, это объясняется, вероятно, тем, что изучаемый металл входит во многие минералы, слагающие породы этих почв.

Содержание свинца в породе черноземов – 22,5 мг/кг, его много и в органогенном слое почвы – 30,0 – 35,0 мг/кг (см. рис. 1), превышает величину ПДК (30 мг/кг). Выявлено, что большая доля свинца (61–65 % при $n = 3$) аккумулируется в минеральной части

черноземов. Последнее объясняется, вероятно, тем, что свинец является металлом с переменной валентностью (+2, +3 и +4), что позволяет ему более активно вести себя в минеральной среде. Установлено, что уровень концентрации Pb в минеральной части черноземов находится в прямой связи с его количеством в почве.

Свинец содержится в любом растительном организме, но его роль для растений не совсем выяснена и зависит от множества факторов. Среднее содержание свинца в общих укосах трав Забайкалья, по данным В. К. Кашина [1998], различается незначительно: степные фитоценозы – 1,09 мг/кг, луговые – 0,85, агрономические – 0,76 мг/кг. А количество Pb в надземной массе трав с изучаемых черноземов составило 0,7–0,8 мг/кг, что ниже средней концентрации в растительности континентов – 1,25 мг/кг [Добровольский, 2003] находится в пределах нормальных концентраций – 0,1–5,0 мг/кг [Минеев, 1988]. Отметим, что Pb, несмотря на его значительное содержание в органогенном слое почв, вследствие низкого его поглощения, барьерных действий гумусовых веществ мало накапливается в растениях. Поступление ограниченного количества свинца в надземную массу при большем содержании его в корнях свидетельствует о наличии избирательных механизмов в растении. Корреляция между содержанием свинца в корневой массе и валовым количеством элемента в почве отсутствует, $r = 0,09$.

Известно, что важной частью механизма регулирования поступления свинца в растения являются гумусовые вещества почвы. Последние образуют комплексы с его ионами. При этом поглощение Pb полностью или частично происходит за счет вытеснения других ионов. В свою очередь, связанный с гумусовыми веществами металл может быть вытеснен по механизму ионного обмена. Наши экспериментальные данные показали, что гумус черноземов аккумулирует 36–39 % Pb от его валового количества, что составило 8,5–18,1 мг/кг его в ГК и ФК (см. рис. 2). Свинец обнаружен в гумусе в основном в связи с фульвокислотами (ФК) – 18,1 мг/кг, что составляет 63 %, в негидролизуемом остатке гумуса (НО) – 26–27 %, и на гуминовые

кислоты (ГК) приходится всего около 10 % от его общего количества в гумусе (см. рис. 2). Поскольку в черноземах макромолекулы ГК более конденсированны и трудно гидролизуются, а ФК представлены преимущественно простыми веществами, то свинец больше связывается последней группой гумусовых веществ.

Из изученных четырех типов почв самое высокое количество свинца обнаружено в породах, подстилаемых каштановыми почвами – 26 мг/кг, отсюда значительно его содержание (31,0–33,5 мг/кг) в органогенном слое каштановых почв, превышающее ПДК (30 мг/кг) (см. рис. 1). Преобладающая доля металла находится также в минеральной части почвы, подобно черноземам, т. е. поведение свинца в однотипных почвах аналогичное. Повышенное содержание его в каштановых почвах, так же как и в черноземах, вероятно, объясняется его высоким количеством в таких минералах, как полевой шпат (40,6 мг/кг) и кварц (7,4 мг/кг), которые составляют основу этих почв. В степных и сухостепных почвах, как отмечают А. И. Перельман [1979] и Ц. Х. Цыбжитов [1999], полевого шпата содержится до 61 %, кварца – до 71 % во фракции 1–0,01 мм.

В гумусовых веществах (ГВ) каштановой почвы количество свинца найдено в пределах 11–13 мг/кг, т. е. 36–39 % от валового количества. Он в гумусе преимущественно связан ФК (4,2–5,0 мг/кг), что составило 38–41 %, меньше – 28–33 % ГК, негидролизуемый остаток концентрирует 29–31 %, т. е. и в этом случае обнаружена аналогичная закономерность, как и у черноземов (см. рис. 2). В силу того что в почвах черноземного типа образование гумусовых веществ эволюционно происходит в относительно идентичных условиях, то характер трансформации и связи его с гумусовыми веществами черноземов и каштановых почв одинаковы (см. рис. 2). Так же близки значения свинца в надземной массе трав: если на черноземах обнаружено 0,7–0,8 мг/кг, то в каштановых – в таких же пределах – 0,5–0,7. Токсичными количествами свинца в растениях считают 3 или 5 мг/кг [Минеев, 1988], однако наши данные далеки от таких концентраций, несмотря на высокие количества его в верхних органоген-

ных горизонтах почв. Поступление ограниченного количества свинца в надземную массу свидетельствует о наличии защитных механизмов в растениях [Ковалевский, 1991; Ильин, 1991], а также связывает его гумусовые вещества почв.

Наши расчетные данные показали, что содержание свинца во всех четырех изученных типах почв находится в зависимости от его содержания в породах, где корреляционная связь при $n = 12$ оказалась очень тесной, $r = 0,99$. Менее тесно связано количество свинца в породе и в гумусе, $r = 0,66$, влияет такой мощный фактор, как биологическая аккумуляция. Тесная корреляция обнаружена между содержанием свинца в органогенном слое почвы и в ГК, $r = 0,98$, а в ФК она менее тесна, $r = 0,80$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В органогенных слоях черноземов и каштановых (степных) почв выявлено высокое содержание свинца (выше ПДК) в соответствии со значительным его количеством в породах; наоборот, в мерзлотных лугово-черноземных и серых лесных почвах найдено свинца меньше, аналогично его низкому содержанию в породах. Высока корреляция между количеством свинца в породе и в почве.

Не наблюдается связи между содержанием элемента в органогенном слое почв и в надземной массе травостоя, где, вероятно, велика барьерная роль гумусовых веществ. Свинец в целом в травянистой растительности со всех изученных почв находится в количествах, безопасных для животных.

Свинец в гумусе большей частью (до 60 %) связан фульвокислотами, как с более реакционно способными. Таким образом, можно ожидать их миграцию вниз по почвенному профилю в случае загрязнения почв этим металлом, что необходимо учитывать при мониторинговых исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

- Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
- Безносиков В. А., Лодыгин Е. Д. Оценка содержания тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий Республики Коми // Современные проблемы загрязнения почв: мат-лы Междунар. конф. М., 2004. С. 176–178.
- Бодеева Е. А. Микроэлементы (Cu, Zn, Ni, Pb) в гумусовых веществах черноземов и каштановых почв Западного Забайкалья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2012. 18 с.
- Виноградов А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 55.
- Водяницкий Ю. Н. Экотоксикологическая оценка опасности тяжелых металлов и металлоидов в почве // Агрохимия. 2012. № 2. С. 75–84.
- Гуляева Н. Г. Методические рекомендации по эколого-геохимической оценке территорий при проведении многоцелевого геохимического картирования масштаба 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000. М.: ИМГРЭ, 2002. 70 с.
- Добровольский В. В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983. 272 с.
- Добровольский В. В. Основы биогеохимии. М.: АСАСА, 2003. 396 с.
- Иванов Г.М. Микроэлементы-биофилы в ландшафтах Забайкалья. Улан-Удэ. Изд. БНЦ СО РАН, 2007. С. 237.
- Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 149 с.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. М. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 212 с.
- Кашин В.К., Иванов Г. М. Свинец в почвах Юго-Западного Забайкалья // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1502–1508.
- Ковалевский А. Л. Биогеохимия растений. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 294 с.
- Минеев В. Г. Экологические проблемы агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 1988. 285 с.
- Нимбуева О. З. Тяжелые металлы в органическом веществе лугово-черноземных мерзлотных и серых лесных почв Забайкалья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2007. 18 с.
- Перельман А. И. Геохимия. М.: Высш. шк., 1979. 423 с.
- Рэуце К., Кырстя С. М. Борьба с загрязнением почвы. М.: Агрпромиздат, 1986. 221 с.
- Сосорова С. Б. Тяжелые металлы в почвах и растениях дельты р. Селенги: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2006. 18 с.
- Состояние окружающей среды // Программа ООН по окружающей среде. М.: ВИНТИ. 1980. 62 с.
- Степанова М. Д. Микроэлементы в органическом веществе почв. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976. 106 с.
- Цыбжитов Ц. Х. Почвы бассейна озера Байкал: в 3-х т. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1999. 128 с.
- Чимитдоржиева Г. Д., Андреева Д. Б., Вишнякова О. В., Мильхеев Е. Ю. Гуминовые вещества в природных объектах. Улан-Удэ: Изд. БНЦ, 2007. 190 с.
- Чимитдоржиева Г. Д., Нимбуева А. З., Бодеева Е. А. Тяжелые металлы (медь, свинец, никель, кадмий) в органической части серых лесных почв Бурятии // Почвоведение. 2012. № 2. С. 1–6.

Чуков С. Н. Структурно-функциональные параметры органического вещества почв в условиях антропогенного воздействия. СПб: Изд-во СПб. ун-та, 2001. 216 с.

Grimme H. Die fraktionierte Extraction von Kupfer aus Boden // Z. Pflanzener har, Pung and Bodenkunde. 1967. Bd. 116, N 3.

Lead Content in the System: the Breed → Soil → Humus Substances → Plants, on the Example of Steppe and Forest-Steppe Soils of Western Transbaikalia

G. D. CHIMITDORZHIEVA¹, E. A. BODEEVA², A. Z. NIMBUEVA³

¹ *Institute of General and experimental biology SB RAS
670047, Ulan-Ude, Sakhyanovoy str., 6
E-mail: gal-dorj@gmail.com*

² *Buryat agricultural Academy
670024, Ulan-Ude, Pushkina str., 8
E-mail: elena-bodeeva@rambler.ru*

³ *Buryat Republican pedagogical College
670034, Ulan-Ude, Namsaraeva str., 5
E-mail: ayunanimbueva@mail.ru*

Lead content in the organogenic layer of black soils and chestnut soils is high (it exceeds maximum permissible concentration) due to its significant contents in soil-forming rocks, and it is low in frozen soils of meadow-chernozem and gray forests. However, despite this difference, lead content in grassland vegetation growing on all four types of soils is equally low, as humus substances bind up to 40 % of the total lead content in soils. Of all humic substances, fulvic acids bind lead most actively.

Key words: lead, soil-forming rock, soils, ground and underground mass of vegetation, humic and fulvic acids.