ISSN 2073-8129 (Print) ISSN 2587-8786 (Online) http://no.ysn.ru

УДК 552.42

Содержание свинца в высокомолекулярных органических соединениях черноземов Забайкалья

Ю.Б. Цыбенов[*], Г.Д. Чимитдоржиева[*], А.З. Нимбуева[**]

[*]*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г.Улан-Удэ, Россия*
[**]*Бурятский республиканский педагогический колледж, г. Улан-Удэ, Россия*
e-mail: gal-dorj@gmail.com

Аннотация. *Представлен анализ результатов исследования особенностей связывания свинца гумусовыми веществами черноземов Селенгинского среднегорья Забайкалья (верховья р. Уды) и мерзлотных лугово-черноземных почв (чернозем квазиглеевый) юга Витимского плоскогорья. В изучаемых почвах накопление свинца не зависит от количества в почвообразующей породе. Так, в органогенном горизонте черноземов его содержание в 1,5 раза меньше, чем в горизонте С. В лугово-черноземных почвах, напротив, в верхнем горизонте содержание свинца значительно выше, чем в подстилающей породе. Значительная часть от общего содержания свинца в верхнем органогенном горизонте почв фиксируется гумусовыми веществами. Поскольку свинец сорбируется фульвокислотами, можно ожидать их миграцию вниз по почвенному профилю, вследствие высокой подвижности этих кислот, что нужно брать во внимание в будущем при наличии очевидного загрязнения. Содержание Pb в исследуемых почвах и травянистой растительности не превышает его кларковых значений и имеющихся ПДК, т.е. это может послужить фоновым отсчетом для мониторинговых мероприятий.*

Ключевые слова: тяжелые металлы, почвообразующая порода, чернозем, гумусовые кислоты, надземная и подземная масса растительности, барьер.

The Content of Lead in High-Molecular Organic Compounds of the Chernozems of Transbaikalia

Yu.B. Tcybenov[*], G.D. Chimitdorzhieva[*], A.Z. Nimbuyeva[**]

[*] *Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia*
[**] *Buryat Republican Pedagogical College, Ulan-Ude, Russia*
e-mail: gal-dorj@gmail.com

Abstract. *This article presents an analysis of the results of a study of the characteristics of lead binding by humic substances in the chernozems of the Selenga middle mountains of Transbaikalia (the headwaters of the Uda river) and of permafrost meadow chernozem soils (quasi-gley chernozems) in the south of the Vitim plateau. In the soils studied, the accumulation of lead does not depend on the amount in the soil-forming rock. Thus, in the organogenic horizon of chernozems, its content is 1.5 times lower than in the horizon C. In meadow chernozem soils, on the other hand, in the upper horizon the content of lead is much higher than in the underlying rock. A considerable part of the total lead content in the upper organogenic soil horizon is fixed by humic substances. Since lead is sorbed by fulvic acids, one can expect their migration down the soil profile, due to the high mobility of these acids, which should be taken into account in the future in the pres-*

ЦЫБЕНОВ Юрий Бадмажапович – к.б.н., зав. лаб.; ЧИМИТДОРЖИЕВА Галина Доржиевна – д.с.-х.н., проф., в.н.с.; НИМБУЕВА Аюна Зориктоевна – к.б.н., преподаватель.

ence of obvious contamination. The content of Pb in the investigated soils and herbaceous vegetation does not exceed its clark values and available MPCs, i.e. this can serve as a reference for monitoring activities.

Key words: heavy metals, soil-forming rock, chernozem, humic acids, above-ground and underground mass of vegetation, barrier.

Введение

В составе почвенного гумуса центральное место занимают специфические высокомолекулярные соединения: гуминовые кислоты и фульвокислоты. Особая геохимическая роль этих соединений связана с их огромной поглотительной способностью, оказывающей воздействие на миграцию и аккумуляцию химических элементов, в том числе и тяжелых металлов [1]. Взаимодействие между гумусовыми веществами и металлами осуществляется путем ионного обмена, сорбции на поверхности, хелатообразования, коагуляции и пептизации. Однако гумусовые вещества различаются по интенсивности связывания элементов [2]. Известно, что в минеральных почвах более 50 % общего содержания элементов может удерживаться органическим веществом, связываясь преимущественно фульвокислотами [3], тогда как гуминовыми кислотами этот механизм обеспечивается лишь на 20 % от уровня их общей биопротекторной активности [4]. В результате этих процессов нормализуется экологическая обстановка в системе почва–растение. Изученность интенсивности связывания гумусовыми веществами элементов для почвенно-экологических условий Забайкалья крайне мала [5, 6].

Изучение содержания тяжелых металлов, особенно свинца, в почвах Бурятии в связи с разработкой Озерного свинцово-цинкового месторождения на юге Витимского плоскогорья представляет актуальную научную задачу, отвечающую практическим запросам охраны окружающей среды. Цель работы – оценка аккумуляции свинца гумусовыми веществами черноземов Забайкалья.

Методы исследований

Изучалось содержание свинца в черноземах Селенгинского среднегорья (верховья р. Уды на границе перехода к Витимскому плоскогорью) и в мерзлотных лугово-черноземных почвах (чернозем квазиглеевый) юга Витимского плоскогорья. Объектами исследования были почвообразующая порода, генетические горизонты почв, гумусовые вещества почвы, надземная масса и корни травянистой растительности. Определение физико-химических свойств почв проводилось общепринятыми методами [7]. Валовое содержание свинца определено методом атомно-абсорбционной спектроскопии: в почвах после разложения прокаленного образца HF в присутствии H_2SO_4 и перевода в соляно-кислый раствор [7]; 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 [3]; в растительных образцах после их сухого озоления и последующего перевода осадка в соляно-кислый раствор [7]. Органическое вещество кислого фильтрата, оставшееся после осаждения ГК, принимали за ФК согласно методу Гримме [8]. Содержание свинца определяли в вытяжке смеси NaOH и ЭДТА и в смешанных почвенных образцах. Содержание гумуса и его фракционный состав исследовали методом Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой [7].

На пробных площадках производился укос надземной травянистой массы с площади 1 $м^2$ и отбор корней из монолитов размером 25x25x20 $см^3$. Анализируемые растения не подразделялись на семейства и виды, поскольку целью работы было определить уровень накопления свинца в укосах надземной фитомассы, идущей на корм скоту. Содержание элемента рассчитано в миллиграммах на 1 килограмм породы, почвы и растений.

Результаты и обсуждение

В почвенно-геохимических исследованиях основная доля информации получена в основном за счет валовых содержаний ТМ в почвообразующих породах и почвах. Это связано с тем, что в большинстве своем современные оценки биогеохимических и эколого-геохимических ситуаций опираются на этот показатель как широко апробированный на практике. Различия в содержании ТМ в верхнем горизонте почв связаны с минералогическим, так и гранулометрическим составами почв, так и с разнообразием условий почвообразования.

Изучаемые почвы характеризуются легко- и среднесуглинистым гранулометрическим составом. Содержание гумуса в верхних горизонтах высокое, характерно резкое его убывание вниз по профилю (табл. 1). Почвы насыщены основаниями по всему профилю. Реакция почвенной среды нейтральная; с глубиной, в карбонатном горизонте становится слабощелочной.

В составе гумусовых кислот почв значительную долю составляют гуминовые кислоты, тип гумуса фульватно-гуматный, однако эта величина в европейских черноземах составляет 2,3–3,0 [9]. Гумус в верхних горизонтах почв

Таблица 1

Физико-химическая характеристика почв

Горизонт	Глубина, см	$pH_{водный}$	Сумма частиц <0,01 мм, %	Поглощенные основания, смоль (экв.)/кг	Гумус, %
Чернозем					
А1	5–10	7,9	33,8	34,0	9,0
АВ	30–50	8,0	31,9	34,0	8,5
Вк1	50–90	8,2	29,0	28,0	0,7
Вк2	90–130	8,4	47,8	27,0	1,5
Ск	130–150	8,3	37,5	28,0	1,6
Лугово-черноземная мерзлотная почва					
А	5–20	6,80	22,8	28	9,7
АВ	25–35	7,50	35,7	22	3,0
B_1	35–70	8,20	38,0	20	1,6
Вк	70–90	8,45	44,6	14	–
ВС	110–140	8,45	21,2	–	–

* Прочерк – значение показателя не определено.

Таблица 2

Фракционный состав гумуса почв (% от $C_{общ}$ почвы, при n=3)

Глубина, см	$C_{общ}$, %	Сгк				Сфк					НО*	$\frac{Сгк}{Сфк}$
		1	2	3	∑	1а	1	2	3	∑		
Чернозем												
0–30	5,2	4,5	27,0	7,6	39,1	5,2	4,9	10,4	10,2	30,7	42,0	1,3
Лугово-черноземная мерзлотная почва												
5–15	5,6	8,5	9,6	8,1	26,2	2,3	5,4	5,2	3,2	16,1	57,3	1,6

*НО – негидролизуемый остаток.

фульватно-гуматный, вниз по профилю содержание фульвокислот возрастает, в результате чего он приобретает гуматно-фульватный характер. Особенностью состава гумуса этих почв является высокая доля углерода негидролизуемого остатка (табл. 2).

Источником поступления свинца в изучаемые почвы в основном являются почвообразующие породы. При этом содержание его в породах зависит от гранулометрического состава последних. Делювиальные суглинки тяжелого состава, на которых формируются черноземы, характеризуются повышенным содержанием свинца (рисунок). А в аллювиальных, аллювиально-делювиальных отложениях Еравнинской котловины (лугово-черноземная почва) содержание свинца намного ниже и близко к кларку литосферы.

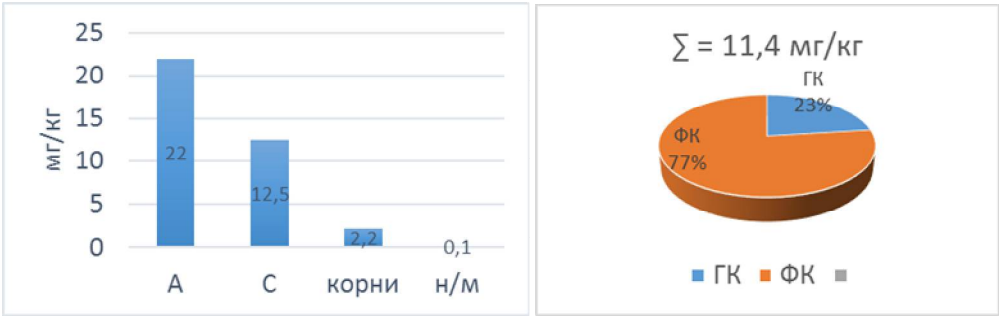
Как известно, унаследованный почвами от материнских пород количественный и качественный состав элементов претерпевает значительные изменения под воздействием всех факторов почвообразования [10, 11]. В изучаемых почвах накопление свинца не зависит от их количества в почвообразующей породе. Так, в органогенном горизонте чернозема его содержание в 1,5 раза меньше, чем в горизонте С. В лугово-черноземной почве, напротив, в верхнем горизонте содержание свинца значительно выше, чем в подстилающей породе.

Закрепление свинца органическим веществом препятствует его поступлению в растения и в корневой массе трав он найден в небольшом количестве. В корнях растений существует так называемый физиологический барьер, препятствующий их поступлению в надземную часть, поэтому надземная фитомасса содержит также мало свинца.

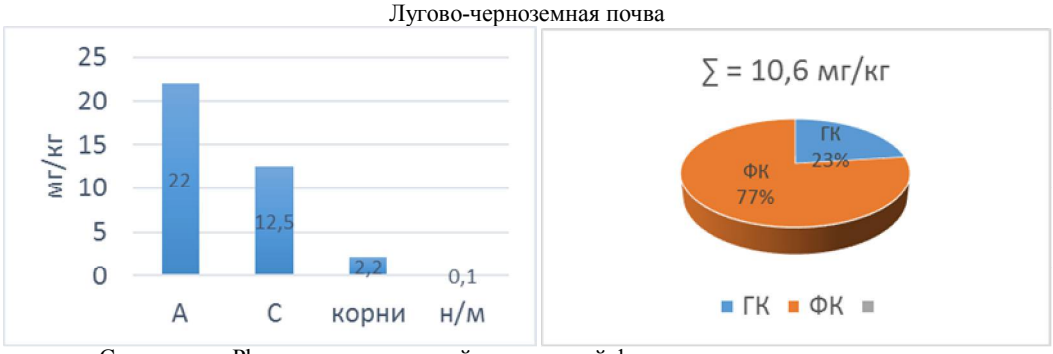
Наши исследования показали, что 30–40 % от общего содержания свинца в верхнем органогенном горизонте почв фиксируется гумусовыми веществами. Поэтому органическое вещество должно, вероятно, рассматриваться как важный аккумулятор свинца в загрязненных почвах [2]. Поскольку свинец сорбируется фульвокислотами, можно ожидать их миграцию вниз по почвенному профилю, вследствие высокой подвижности этих кислот, что нужно брать во внимание в будущем при наличии очевидного загрязнения.

СОДЕРЖАНИЕ СВИНЦА В ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

Чернозем



Лугово-черноземная почва



Содержание Pb в почвах, надземной и подземной фитомассе и гумусовых кислотах

Выводы

1. Содержание Pb в исследуемых почвах и травянистой растительности не превышает его кларковых значений и имеющихся ПДК, т.е. это может послужить фоновым отсчетом для мониторинговых мероприятий.

2. Гумусовые вещества служат барьером для Pb, в результате чего данный элемент в растительности обнаруживается в незначительных количествах.

3. Pb связан большей частью с фульвокислотами, чем с гуминовыми кислотами, вследствие особенностей химических свойств данного микроэлемента.

Литература

1. *Башкин В.Н., Касимов Н.С.* Биогеохимия. М., 2004. 647 с.

2. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 212 с.

3. *Степанова М.Д.* Микроэлементы в органическом веществе почв (черноземов и дерново-подзолистых). Новосибирск: Наука, 1976. 104 с.

4. *Чуков С.Н.* Структурно-функциональные параметры органического вещества почв в условиях антропогенного воздействия. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001. 217 с.

5. *Нимбуева А.З.* Тяжелые металлы в органическом веществе лугово-черноземных мерзлотных и серых лесных почв Забайкалья: Автореф. дис….к.б.н. Улан-Удэ, 2007. 18 с.

6. *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. 166–172.

7. *Агрохимические* методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.

8. *Grimme H.* Die fraktionierte Extraxtion von Kupfer aus Boden // Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. V. 116, Issue 3, P. 177–252.

9. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И.* Органическое вещество Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.

10. *Виноградов А.П.* Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 55.

11. *Мотузова Г.В.* Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. М.: УРСС, 2009. 168 с.

Поступила в редакцию 30.05.2017