

На правах рукописи



**Сосорова Соелма Батожаргаловна**

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ  
ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕЛЕНГИ**

03.00.27 - почвоведение

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени кандидата  
биологических наук**

**Улан-Удэ – 2006**

Работа выполнена в Институте общей и экспериментальной  
биологии Сибирского отделения РАН

Научный руководитель: доктор биологических наук  
Кашин Владимир Капсимович

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор Чимитдоржиева Галина Доржиевна  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Пьянкова Надежда Анатольевна

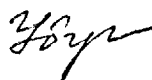
Ведущая организация: ФГОУ ВПО Бурятский государственный  
университет

Защита диссертации состоится «28» июня 2006 в 16 час. на  
заседании диссертационного совета Д.003.028.01 в Институте общей и  
экспериментальной биологии СО РАН по адресу: 670047, г. Улан-Удэ,  
ул. Сахьяновой, 6; тел: (3012) 434211, факс (3012) 433034, E- mail: ioeb@  
bsc. buryatia.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Бурятского  
научного центра СО РАН

Автореферат разослан «24» мая 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор биологических наук

 В.И. Убугунова

## Введение

**Актуальность темы.** Река Селенга – основной приток оз. Байкал. В месте впадения в озеро река образует дельту ( $S=1120 \text{ км}^2$ ), которая представляет весьма важный участок территории для всей экосистемы оз. Байкал, и в то же время служит индикатором экологического состояния бассейна р. Селенги в целом. Это определяется тем, что: 1) через нее проходит около 50 % среднего годового стока речных вод и 60 % стока терригенных наносов в оз. Байкал; 2) экосистемы дельты являются своеобразным “биологическим фильтром”, способствующим очистке воды от различных примесей (Экология растительности..., 1981). Важное место в процессах фильтрации и седиментации отводится почвенному покрову, поскольку именно здесь протекают различные процессы разрушения органо-минеральных комплексов до простых соединений, их осаждение и аккумуляция.

Экосистемы дельты интенсивно используются в сельскохозяйственном производстве, а также подвергаются воздействию, как атмосферных выбросов, так и водных стоков промышленных предприятий Республики Бурятия. Среди этих выбросов и стоков – различные токсические вещества, в том числе и тяжелые металлы (ТМ).

Наряду с довольно хорошей изученностью содержания ТМ в почвах буферной экологической зоны Байкальской природной территории (Сеничкина, Абашеева, 1986; Кашин, Иванов, 1995- 2002) исследований особенностей их накопления и распределения в почвах центральной экологической зоны практически не проводилось. Вследствие этого, изучение содержания ТМ в почвах дельты р. Селенги представляет актуальную научную задачу, отвечающую практическим запросам природопользования и охраны окружающей среды.

**Цель исследований** – изучение особенностей пространственного и внутрипрофильного распределения тяжелых металлов в почвах дельты реки Селенги и оценка уровня их содержания с санитарно-гигиенических позиций.

Для достижения цели были определены следующие задачи:

1. Изучить основные свойства почв дельты р. Селенги.
2. Определить уровни валового содержания и подвижных форм тяжелых металлов в почвах.
3. Выявить внутрипрофильную специфику аккумуляции тяжелых металлов в различных типах почв.

4. Изучить пространственную дифференциацию тяжелых металлов в почвенном покрове дельты р. Селенги.
5. Оценить уровень концентрации тяжелых металлов в почвах с санитарно-гигиенических позиций.

**Научная новизна.** Изучены разнообразие почвенного покрова дельты р. Селенги, физико-химические свойства и плодородие почв, проведена оценка их устойчивости к загрязнению ТМ. Впервые определены уровни валового содержания ТМ (Mn, Cu, Co, Zn, Ni, Pb, Cr) и их подвижных форм (водорастворимая, обменная и кислоторастворимая) в почвах дельты р. Селенги. Выявлены особенности пространственного и внутрипрофильного распределения валового содержания и подвижных форм ТМ в почвах.

**Защищаемые положения:** 1. В дельте р. Селенги формируются почвы как гидроморфного, так и автоморфного ряда почвообразования, обладающие различной буферной способностью по отношению к тяжелым металлам: от низкой (серые лесные, боровые пески) до очень высокой (аллювиальная торфяно-глеевая).

2. Пространственное распределение валового содержания тяжелых металлов в почвах зависит от литолого-морфологических и ландшафтно-геохимических особенностей почвообразования, физико-химических свойств почв и почвообразующих пород.

3. Профильное распределение валового содержания и подвижных форм ТМ в почвах зависит от генезиса и физико-химических свойств почв, геохимических особенностей почвообразующих пород.

**Практическая значимость работы.** Проведенные исследования позволили дать агроэкологическую оценку почвенного покрова дельты р. Селенги. Сведения о валовом содержании и концентрации подвижных форм ТМ и их распределении по почвенному профилю имеют значимость в связи с сельскохозяйственным использованием почв дельты р. Селенги: для прогноза качества растительной продукции, получаемой на этих почвах и оценки степени экологического риска, размера и скорости увеличения количества поллютанта в почве. Полученные данные могут использоваться в дальнейшем природоохранными и санитарно-гигиеническими службами для почвенно-геохимического мониторинга состояния дельты р. Селенги.

**Апробация работы.** Основные положения работы докладывались на Международной конференции «Экологические проблемы бассейнов крупных рек-3» (Тольятти, 2003); III Международной научно-

практической конференции «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы- биофилы в окружающей среде» (Семипалатинск, 2004); VI съезде Докучаевского общества почвоведов «Почвы: национальное достояние России» (Новосибирск, 2004); Международной конференции «Научные основы сохранения водосборных бассейнов: междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами» (Улан-Удэ, 2004); XI Международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-2004» (Москва, 2004); II Международной научной конференции молодых ученых и специалистов «Стратегия природопользования и сохранения биоразнообразия в XXI веке» (Оренбург, 2004).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 8 работ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 191 странице машинописного текста и состоит из введения, 5 глав, выводов, содержит 35 таблиц, 24 рисунка и 3 приложения. Список использованной литературы включает 197 наименований.

**Личный вклад.** Маршрутно-полевые исследования почвенного покрова дельты р. Селенги проведены автором в составе почвенно-географического отряда Института общей и экспериментальной биологии СО РАН в рамках проекта РФФИ 2001-2003 гг. № 01-04-97207 и интеграционного проекта СО РАН № 99. Автором выполнены химико-аналитические работы в лаборатории экологии и географии почв ИОЭБ СО РАН, систематизация, интерпретация и обобщение экспериментальных материалов.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д.б.н. В.К. Кашину за организацию научно-практических и полевых исследований, постоянное содействие в работе, консультации и критические замечания при подготовке диссертации и чл.-кор. РАН В.М. Корсунову за постоянное содействие и поддержку в работе. РАН Автор также благодарен сотрудникам аналитической группы ИОЭБ СО за помощь и практические советы в проведении анализов почв.

## **Глава 1. Биологическая роль и основные закономерности аккумуляции тяжелых металлов в почвах (обзор литературы)**

В данной главе на основе литературных данных рассмотрены биологическая роль и фитотоксичность ТМ и основные закономерности их аккумуляции в почвах.

## Глава 2. Эколого-географические условия почвообразования в дельте р. Селенги, объекты и методы исследований

В главе дана характеристика ландшафтно-географического положения и основных факторов почвообразования дельты р. Селенги. Приведены имеющиеся сведения по содержанию ТМ в природных средах оз. Байкал: в воде, донных отложениях, рыбах и ондатре.

В качестве объекта исследований послужили аллювиальные (болотные, лугово-болотные, луговые, дерновые) и серые лесные почвы, боровой песок дельты р. Селенги. Маршрутно-полевые исследования проводились на территории Кабанского района Республики Бурятия в 2001-2003 гг.

Отбор проб по генетическим горизонтам и аналитические определения почвенных образцов на основные физико-химические показатели выполнены общепринятыми в почвенно-агрохимической практике методами (Агрохимические методы..., 1975).

Валовое содержание ТМ (Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cr) после разложения почвы HF в присутствии  $H_2SO_4$  (уд.вес.1,84) и перевода осадка в солянокислый раствор, а также подвижные формы ТМ – экстракцией дистиллированной водой (водорастворимая), ацетатно-аммонийным буферным раствором с  $pH=4,8$  (обменная), раствором 1н. HCl (кислоторастворимая) в соотношении почва–экстрагент 1:10 определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборе AAS «SOLAAR M». Всего было проанализировано на содержание ТМ 83 образца почвы из 15 разрезов.

При составлении картосхем распределения ТМ в 0-20 см слое почв руководствовались принципами, изложенными в работе А.В. Гедымина (1969).

Классификация почв произведена в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв СССР» (1977).

На основе данных о концентрации ТМ в почвах дельты р. Селенги рассчитаны коэффициенты их дифференциации ( $K_d$ ), концентрации ( $K_f$ ), элювиально-аккумулятивные ( $K_{эа}$ ), кларк концентрации ( $K_k$ ).

Группировка почв по валовому содержанию Mn, Co, Zn, Cu произведена согласно рекомендациям О.В. Макеева (1973) для почв районов Сибири и Дальнего Востока, обменной формы ТМ по Методическим рекомендациям... (1989) для групп растений повышенного выноса (корнеплоды, овощи, травы, лен, плодовые и ягодные).

Статистическая обработка данных выполнена по Б.А. Доспехову (1979) с использованием программы Microsoft Excel.

### Глава 3. Почвы дельты р. Селемги и их основные свойства

Почвенный покров исследуемого района характеризуется широким разнообразием: аллювиальные (болотные, лугово-болотные, луговые, дерновые), серые лесные почвы и боровые пески. Наибольшее распространение имеют аллювиальные луговые и аллювиальные дерновые почвы.

Большинство проанализированных аллювиальных болотных почв имеют супесчаный или легкосуглинистый состав и только почвы островов северо-западного сектора дельты характеризуются более тяжелым гранулометрическим составом. Содержание углерода органического вещества и N в органогенных горизонтах высокое – до 12,7% и 0,4-0,85% и низкое в иллювиальных – 0,4-1,3% и 0,06-0,2% соответственно. Обогащенность органического вещества азотом средняя. В составе обменных катионов преобладает  $\text{Ca}^{2+}$  (до 57,1 мг-экв./100 г.). Емкость катионного обмена составляет в торфяных горизонтах 76 мг-экв./100 г. Подвижных форм железа сравнительно немного. Наибольшее его количество зафиксировано в органогенных горизонтах – 1,40-3,07 %. Реакция почвенной среды нейтральная или слабощелочная.

Аллювиальные луговые почвы по гранулометрическому составу являются супесчаными или легкосуглинистыми. Аллювиальные луговые карбонатные почвы характеризуются содержанием гумуса в верхних горизонтах в пределах 2,1–8,3 % и его бимодальным распределением. В аллювиальных луговых слоистых почвах содержание гумуса низкое: в гор. А оно изменяется от 0,57 до 1,1%. Тип гумуса изменяется от фульватно-гуматного до гуматно-фульватного или фульватного (Сгк:Сфк – 0,6-1,5). Содержание N высокое. Обогащенность гумуса луговых карбонатных почв азотом средняя, а луговых слоистых ближе к высокой. Реакция почвенной среды нейтральная или слабощелочная ( $\text{pH}_{\text{водн}}$  6,9-8,1). Сумма  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  по профилю почв варьирует от 3,5 до 64,0 мг-экв./100 г. Содержание карбонатов изменяется от 0,4 до 2,1 %.

Гранулометрический состав аллювиальных дерновых почв супесчаный или суглинистый. Содержание гумуса в верхних горизонтах аллювиальных дерновых почв варьирует от 1,7 до 6%, с глубиной оно резко снижается, достигая 0,2-0,4 %. Состав гумуса гуматный (Сгк : Сфк – 1,7-3,3). Степень гумификации органического вещества довольно высока (15-27%). Обогащенность гумуса азотом средняя. Реакция почв -

нейтральная и слабощелочная ( $pH_{\text{вод}}=7,0-8,1$ ). Сумма  $Ca^{2+}+Mg^{2+}$  в гумусовом горизонте колеблется от 17 до 42, снижаясь вниз по профилю до 5,8 – 9,6 мг-экв./100 г.

**Серые лесные почвы** по гранулометрическому составу песчаные или супесчаные, **боровые пески** – песчаные. Данные почвы характеризуются низким содержанием гумуса-0,2-1,5% и N - 0,04-0,11%. Реакция почвенного раствора - слабокислая и нейтральная ( $pH_{\text{вод}}=6,2-7,3$ ), невысокие показатели обменных катионов (5,0-12,5 мг-экв/ 100 г).

В целом почвы дельты среднеобеспечены подвижным фосфором и низкообеспечены обменным калием (грация по А.С. Радову и др., 1985).

Для определения буферной способности почв дельты р. Селенги по отношению к ТМ использованы рекомендации, разработанные В.Б. Ильиным (1995). Согласно проведенным расчетам, буферность основных типов почв дельты р.Селенги значительно различается (табл.1). Ведущими факторами в инактивации ТМ в гидроморфных почвах выступают тонкодисперсные частицы, карбонаты и реакция среды, в автоморфных – тонкодисперсные частицы, реакция среды и гумус.

Таблица 1

Буферность почв дельты р. Селенги по отношению к ТМ в слое 0-20 см

Почва	Количество баллов, полученных за счет					Сумма баллов	Грация буферности
	гуму- са	физ. глины	$R_2O_3$	карбо- натов	pH		
Аллювиальная торфяно-глеевая	9,0	10	4,0	15,5	15	53,5	очень высокая
Аллювиальная торфянисто-глеевая	5,9	2,5	1,5	5,0	14	28,9	Средняя
Аллювиальная лугово-болотная	5,8	12,5	2,5	1,8	13,8	36,4	Повышенная
Аллювиальная луговая карбонатная	6,0	7,5	1,8	6,5	15,0	36,8	Повышенная
Аллювиальная луговая слоистая	5,0	6,3	2,5	1,5	12,5	27,8	Средняя
Аллювиальная дерновая остепняющаяся	6,5	10	1,0	3,5	13,8	34,8	Повышенная
Серая лесная	2,8	2,5	1,0	1,5	10	17,8	Низкая
Боровой песок	1,0	2,5	1,0	2,5	10	17,0	Низкая



## Глава 4. Валовое содержание тяжелых металлов в почвах дельты р. Селенги

### 4.1. Тяжелые металлы в почвообразующих породах

Валовое содержание ТМ в почвообразующих породах дельты р. Селенги колеблется в широких пределах (табл.2) и зависит главным образом от минералогического и гранулометрического состава породы.

Таблица 2

Содержание ТМ в почвообразующих породах дельты р. Селенги, мг/кг

Почвообразующая порода	Mn	Cu	Zn	Co	Ni	Pb	Cr
Аллюв. суглин. отложения (болотные почвы)	433	9,3	53	6,6	9,2	4,7	39
Аллюв. суглин. отложения (луговые почвы)	281	7,7	49	9,0	15,8	4,8	60
Рыхлые супес. отложения (дерновые почвы)	409	7,1	41	6,5	10,9	10,9	47
Рыхлые песч. отложения (серые лесные почвы)	136	5,5	31	10,7	5,8	5,8	65
Боровой песок	213	3,2	25	2,0	3,8	6,6	26
Среднее (n = 8)	313±	7,2±	43±	8,3±	10,7±	6,0±	48 ±
M ± m	44	1,6	6,7	1,4	2,5	0,7	7,9
Среднее региональное (Убугунов, Кашин, 2004)	640	21,1	71,2	-	25,7	33,7	50,2
Кларк литосферы (Требования..., 2002)	900	53	68	23	56	12	93

Примечание: n- количество образцов, M- среднее арифметическое, m - ошибка среднего арифметического

Среднее количество ТМ в почвообразующих породах дельты ниже, чем в почвообразующих породах региона (юго-западное Забайкалье) и кларка литосферы, что связано с минералогическим составом коренных пород-гранитоидов: преобладанием полевого шпата и кварца, обедненных ТМ.

### 4.2. Содержание тяжелых металлов в почвах

Обедненность почвообразующих пород ТМ определяет и низкие содержания их в почвах. При этом валовое содержание и количество подвижных форм ТМ в почвах дельты р.Селенги существенно изменяется в зависимости от рельефа, гидрологических условий, химического состава аллювиальных отложений, физико-химических свойств почвообразующих пород и почв, направленности почвообразовательных процессов.

Колебания валового содержания ТМ в изученных почвах в среднем составляет для Zn - 27-129; Cu - 3,2-22,4; Mn - 164-892; Co - 2,5-17,3; Ni - 2,4-24; Pb - 5,5-12,9; Cr-23,5-160 мг/кг. Вариабельность их содержания различна (табл.3).

В **аллювиальных болотных и лугово-болотных** почвах среднее валовое содержание ТМ колеблется в пределах 725-892; Cu -10,0-21,1; Zn - 48-96; Co - 6,1-17,3; Ni - 7,7-18,3; Pb - 8,4-12,6; Cr - 36,5-159 мг/кг.

Среднее содержание ТМ в **аллювиальных луговых** почвах изменяется в следующем диапазоне: Mn - 164-798; Cu - 9,2-22,4; Zn - 27-91; Co - 6,6-13,9; Ni - 7,2-23,9; Pb - 5,5-10,6; Cr-47-75 мг/кг. Среди изученных аллювиальных луговых почв относительно высоким содержанием ТМ характеризуются аллювиальные луговые карбонатные, меньшим - аллювиальные луговые насыщенные.

Аллювиальные **дерновые** почвы характеризуются довольно высоким содержанием Cu, Zn, Pb и Ni по сравнению с другими типами почв исследуемого района. Среднее содержание ТМ в этих почвах изменяется в диапазоне: Mn - 690-732; Cu - 20,0-21,7; Zn - 102-129; Co - 8,6-10,2; Ni - 23,0-24,0; Pb - 9,7-12,9; Cr - 60- 73 мг/кг

В **серых лесных** почвах валовое содержание ТМ низкое по сравнению с аллювиальными почвами, за исключением Cr и Co. Среднее содержание ТМ колеблется в следующих пределах: Mn -189-500; Cu -3,9- 8,6; Zn - 28,7 -48,9; Co- 4,0 - 14,0; Ni- 2,4 - 10,7; Pb- 8,3- 9,3; Cr-23,5 - 160 мг/кг.

Самое низкое содержание ТМ выявлено в **боровых песках**.

Из данных таблицы 3 следует, что в генетическом ряду почв: аллювиальная болотная - аллювиальная луговая - аллювиальная дерновая отмечается снижение концентрации Mn, увеличение - Cu, Zn, Ni и практически не изменяется - Co, Cr, Pb.

Почвы дельты р. Селенги можно расположить в следующий ряд по убыванию валового количества ТМ: аллювиальные болотные > аллювиальные дерновые > аллювиальные луговые > серые лесные > боровой песок.

По валовому содержанию в почвах дельты р. Селенги ТМ образуют следующий ряд: Mn > Zn > Cr > Ni > Cu > Co > Pb, что соответствует их кларковому распределению.

Отмечается довольно равномерное пространственное распределение Pb и Co в почвах исследуемого района, обусловленное свойствами элементов и содержанием в почвообразующих породах. Поведение же

Таблица 3

Среднее валовое содержание тяжелых металлов в почвах дельты р. Селенги, мг/кг

Почва	Mn		Cu		Zn		Co		Ni		Pb		Cr	
	M± m	V, %	M± m	V, %	M± m	V, %	M± m	V, %	M± m	V, %	M± m	V, %	M± m	V, %
Аллюв. болотная (n=21)	754 ± 91	55	13,5± 1,1	37	66,3± 5,2	36	9,8± 1,3	61	14,1± 1,1	35	10,6± 0,6	29	69,0± 10,0	68
Аллюв. луговая (n=26)	608 ± 52	39	16,6± 1,5	40	71,9± 5,1	34	8,7± 0,5	30	18,9± 7,3	39	7,6± 0,6	40	61,5± 3,1	24
Аллюв. Дерновая (n=8)	710 ± 40	15	20,9± 2,6	33	115,2± 19,9	46	9,4± 0,9	26	23,5± 2,4	26	11,3± 0,7	17	68,3± 5,3	21
Серая лесная (n=13)	250 ± 39	54	6,3± 0,7	41	39,8± 5,6	51	9,7± 1,7	65	6,5± 1,2	69	8,6± 0,3	13	81,2± 16,7	74
Боровой песок (n=4)	245 ± 40	16	3,2± 0,1	6	29,1± 3,6	23	2,2± 0,4	15	4,1± 0,9	32	7,3± 1,3	27	27,7± 1,5	12
Среднее по дельте (n=68)	581 ± 55		14,2± 1,5		73,2± 8,9		9,4± 1,1		15,7± 1,4		9,5± 0,6		70,0± 8,8	
Юго-запад. Забайкалье	684*		23,3		75,6		5,5*		26,8		33,9		54,3	
ПДК (Иванов, 1996)	1500		55		100		50		85		32		100	

Примечание : \* - по данным М.Г. Сеничкиной, Н.Е. Абашеевой (1986), М- среднее арифметическое , т- ошибка среднего арифметического, n- количество образцов, V-коэффициент вариации, %; данные по юго-западному Забайкалью приведены по: Убугунов, Кашин (2004).

таких элементов, как Zn, Cu, Ni, Cr, Mn существенно отличается по пространственному распределению в зависимости от условий почвообразования, содержания в почвообразующих породах и свойств элементов. Почвы правобережной части дельты р. Селенги содержат больше Mn, Zn, Ni, Cu и меньше Pb и Co, чем почвы левобережной части. Низкое содержание Zn, Mn, Cu, Ni, связанное с составом почвообразующих пород, отмечено в почвах Истоко-Твороговского поднятия (серые лесные, боровой песок). Выявлена повышенная аккумуляция Zn, Mn в почвах северо-западного сектора дельты. Пространственное распределение Cr на правобережье дельты имеет довольно равномерный характер, в то время как контрастность в его распределении на левобережье значительна, что связано с различиями в свойствах почв.

По валовому содержанию ТМ почвы дельты относятся к следующим группам (табл.4).

Таблица 4

Группа почв дельты р. Селенги по валовому содержанию ТМ

Почва	Mn	Zn	Cu	Co
Аллювиальные болотные	Среднее	среднее	низкое	среднее
Аллювиальные луговые	Среднее	высокое	низкое	среднее
Аллювиальные дерновые	Среднее	высокое	среднее	среднее
Серые лесные	Низкое	среднее	низкое	среднее
Боровой песок	Низкое	низкое	низкое	низкое

$K_f$  ТМ, показывают, что в аллювиальных почвах дельты р. Селенги содержание Cu, Ni, Pb – ниже, а концентрации Mn, Zn находится на уровне или незначительно превышает региональный фон. Для Co и Cr отмечается превышение регионального фона. Серые лесные почвы и боровой песок характеризуются низким содержанием ТМ по сравнению с региональным фоном, за исключением Cr и Co в серых лесных почвах, где их концентрации превышают региональный фон.

В результате анализа  $K_f$  построены накопительные ряды ТМ в доминирующих типах почв дельты р. Селенги: аллювиальные болотные и лугово-болотные – Co  $_{1,78} \rightarrow$  Cr  $_{1,35} \rightarrow$  Mn  $_{1,21}$ ; аллювиальные луговые – Co  $_{1,38} \rightarrow$  Cr  $_{1,12}$ ; аллювиальные дерновые – Co  $_{1,71} \rightarrow$  Zn  $_{1,52} \rightarrow$  Cr  $_{1,22} \rightarrow$  Mn  $_{1,04}$ ; серые лесные – Co  $_{1,76} \rightarrow$  Cr  $_{1,60}$ .

Величины  $K_x$  элементов в почвах исследуемого района относительно их содержания в литосфере не превышают 1, за исключением кларка концентрации Zn в дерновых почвах и Cr в серых лесных почвах.

Из этого можно сделать вывод о том, что в дельте р. Селенги происходит рассеяние изученных элементов в почве по сравнению с их содержанием в земной коре.

#### 4.3. Внутрипрофильное распределение тяжелых металлов в почвах дельты р. Селенги

Профильное распределение валового содержания и подвижных форм ТМ в аллювиальных почвах характеризуется наличием биогенной и сорбционной аккумуляции: в органогенных и иллювиальных горизонтах на глеевых, карбонатных барьерах (рис.).

Каждый тип почв обладает своими закономерностями внутрипрофильного распределения ТМ. Так, в аллювиальных болотных почвах отмечается биогенная и сорбционная аккумуляция Cr, Zn, Mn и равномерное распределение по профилю Ni, Pb, Co, Cu. Для аллювиальных луговых почв характерно равномерное распределение Pb, Ni, Co, биогенная аккумуляция Zn, Cu, Mn в гумусовых и сорбционная аккумуляция Cr, Zn в иллювиальных карбонатных горизонтах. В аллювиальных дерновых почвах наблюдается интенсивная аккумуляция Zn, Ni, Cu в верхнем 0-50 см слое по сравнению с другими типами почв и равномерное распределение Pb, Co, Mn. В серых лесных почвах внутрипрофильное распределение Mn, Zn и Cr характеризуется их биогенной аккумуляцией в лесной подстилке и гумусовом горизонте, Cu и Ni - в иллювиальном и равномерное - Pb. Боровой песок характеризуется равномерным распределением Cr, Co, Cu и биогенной аккумуляцией Mn, Ni, Zn, Pb в погребенном гумусовом горизонте. Во всех этих почвах Cu, Pb, Ni, Co отличались наименьшей контрастностью внутрипрофильной дифференциации.

Содержание ТМ и их внутрипрофильное распределение в почвах дельты р. Селенги имеет различную степень корреляции с уровнем органического вещества, илистой фракции, суммой  $Ca^{2+}+Mg^{2+}$  и pH почвы. Наиболее тесная корреляция профильного распределения ТМ с вышеперечисленными показателями отмечается в аллювиальных болотных и луговых почвах и слабая в боровых песках. Для аллювиальных дерновых и серых лесных почв корреляционная связь профильного распределения ТМ с содержанием гумуса, илистой

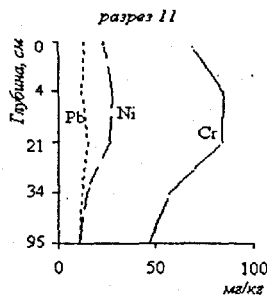
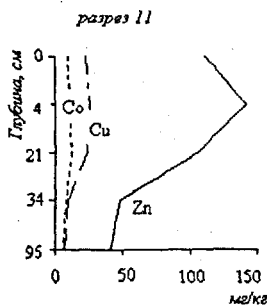
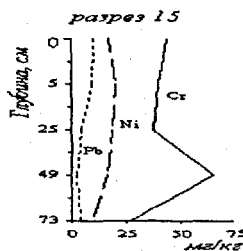
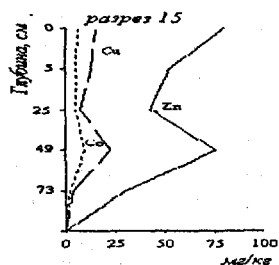
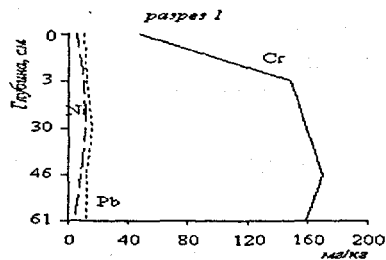
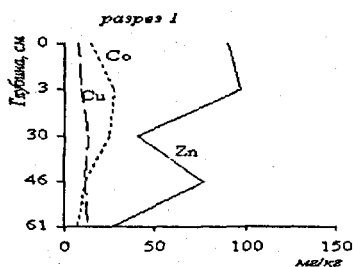


Рис. Распределение тяжелых металлов в профиле почв дельты р. Селенги: р.1- аллювиальная торфяно-глеевая, р.15- аллювиальная луговая карбонатная, р.11- аллювиальная дерновая остепняющаяся

фракции, рН в основном оценивается как средняя, за исключением с суммой  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  в аллювиальных дерновых почвах, в которых она сильная. Содержание ТМ в почвах дельты р. Селенги не превышает

имеющиеся ПДК по валовому содержанию ТМ. Это свидетельствует о нормальном эколого-биогеохимическом состоянии почвенного покрова в отношении изученных элементов в настоящее время.

## **Глава 5. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах дельты р. Селенги**

### **5.1. Подвижные формы тяжелых металлов**

Содержание подвижных форм и степень подвижности ТМ в почвах дельты р. Селенги отличается большой пестротой, что связано с их валовым содержанием, геохимическими особенностями элементов и условиями почвообразования.

Содержание водорастворимых Zn, Co, Cr в почвах низкое или очень низкое и не превышает 2 % от их валового количества.

Среднее содержание обменной формы ТМ в почвах имеет следующие значения: Mn – 1,9- 235; Zn – 0,7-6,2; Co – следы-1,2 мг/кг, что составляет 2,0-41; 1,1-9,0 и 1,8-5,4 % от валового количества соответственно.

Содержание обменного Zn и Co в исследуемых почвах не превышает имеющиеся ПДК (Методические..., 2004). По содержанию обменного Mn наблюдается превышение ПДК в аллювиальных луговых карбонатных почвах в 1,2-1,8 раза и в аллювиальных болотных в 1,2-6,2 раза, обусловленное его природным содержанием.

Исследуемые почвы имеют следующие степени обеспеченности обменной формой ТМ (табл.5), определенные по (Методические...,1989).

Таблица 5

Степень обеспеченности почв дельты р. Селенги обменной формой ТМ

Почва	Mn	Zn	Co
Аллювиальная болотная	высокая	низкая	Средняя
Аллювиальная луговая	высокая	низкая	Средняя
Аллювиальная дерновая	средняя	средняя	Низкая
Серая лесная	средняя	средняя	Низкая
Боровой песок	Низкая	низкая	Низкая

Содержание кислоторастворимой формы ТМ в среднем изменяется в следующих пределах: аллювиальные болотные и лугово - болотные

Таблица 6

Среднее содержание кислоторастворимой формы тяжелых металлов в почвах дельты р. Селенги, мг/кг

Почва	Mn		Cu		Zn		Co		Ni		Pb		Cr	
	M± m	% от вал	M± m	% от вал	M± m	% от вал	M± m	% от вал	M± m	% от вал.	M± m	% от вал	M± m	% от вал
Аллювиальные болотные (n=21)	535± 93	61	9,3 ± 1,0	69,0	11,6 ± 1,3	17	2,7± 0,3	28	3,9 ± 0,4	33	4,1± 0,4	43	0,7 ± 0,1	0,8
Аллювиальные луговые (n=26)	278± 46	42	8,1 ± 0,8	53	11,4 ± 1,0	22	3,0 ± 0,6	30	4,0± 0,3	26	3,1± 0,2	49	1,7± 0,2	2,0
Аллювиальные дерновые (n=8)	241± 40	34	10,2 ± 2,1	53,0	16,5 ± 2,8	16	3,0 ± 0,4	32	4,4± 0,6	18	3,4± 0,2	31	1,3± 0,5	1,7
Серые лесные (n=12)	81± 33	28	1,3 ± 0,6	24	3,0 ± 0,4	8	0,9 ± 0,2	14	1,6± 0,2	42	1,8± 0,1	21	0,8± 0,3	0,8
Боровой песок (n=6)	67± 28	12	1,1 ± 0,2	37	1,6 ± 0,2	6	0,7 ± 0,1	31	следы		1,3± 0,1	15	0,2± 0,03	0,6
Среднее в аллювиальных почвах (n=55)	385± 63	48	9,3 ± 1,3	58	13,3 ± 1,4	18	2,9 ± 0,4	30	4,2± 0,4	26	3,5± 0,3	41	1,2± 0,3	1,5

Примечание : М- среднее арифметическое, m- ошибка среднего арифметического, n- количество образцов



почвы- Mn- 406 - 830; Cu -5,6 - 15,5; Zn - 7,0 - 17,9; Co - 1,8 - 3,7; Ni - 2,8 - 5,3; Pb - 2,9 - 5,4; Cr-0,2-1,4 мг/кг;

-аллювиальные луговые почвы- Mn - 181-493; Cu - 4,1-10,8; Zn - 9,0- 12,6; Co - 1,4-3,2; Ni - 2,2- 4,6; Pb - 2,1-3,5; Cr- 0,4-2,4 мг/кг;

- аллювиальные дерновые почвы- Mn - 165- 284; Cu- 9,4-10,2; Zn - 12,8 - 18,3; Co - 2,7-2,9; Ni - 3,7- 4,5; Pb - 2,8-3,8; Cr - 0,1- 2,2 мг/кг;

- серые лесные почвы: Mn - 65-118; Cu - 1,1 - 1,7; Zn - 2,8 - 3,1; Co - 0,8-1,03; Ni-1,2 - 2,0; Pb- 1,7-1,8; Cr - 0,2-1,9 мг/кг;

- боровой песок: Mn - 67; Cu - 1,1; Zn -1,6; Co - 0,7; Pb -1,3; Cr - 0,2; Ni- следы мг/кг.

Данные таблицы 6 указывают на относительно высокое содержание подвижных соединений элементов в профиле аллювиальных дерновых, болотных и лугово-болотных почв и низкое в боровых песках.

Максимальные количества ТМ, извлекаемых 1н. HCl, отмечаются для Mn, Pb в аллювиальных болотных и лугово-болотных почвах, Cu, Co, Ni, Zn - в аллювиальных дерновых, Cr - в аллювиальных луговых почвах.

В целом содержание кислоторастворимой формы ТМ в почвах дельты р. Селенги значительно ниже имеющих ПДК и ОДК.

Как показывают расчеты, подвижность ТМ в почвах дельты р. Селенги значительно различается (табл.6), что обусловлено различиями их валовых содержаний, свойств почв и элементов.

## 5.2. Профильное распределение подвижных форм тяжелых металлов в почвах дельты р. Селенги

Характер вертикального распределения кислоторастворимой формы ТМ в профиле почв исследуемого района аналогичен распределению их валовых содержаний, в то время как распределение обменной формы не всегда с ним совпадает.

Уровень концентрации кислоторастворимой формы ТМ в почвах определяется прежде всего их валовым содержанием, что подтверждается высокими коэффициентами корреляции ( $r = 0,57-1,0$ ).

Кислоторастворимая форма ТМ в различных типах изученных почв имеет корреляцию разной степени с органическим веществом почвы, илистой фракцией, реакцией почвенной среды, суммой  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ . Так, отмечается тесная корреляция ( $r=0,48-1,0$ ) внутривертикального

распределения кислоторастворимой формы ТМ в аллювиальных болотных и лугово-болотных почвах с их валовым количеством, содержанием органического вещества и илистой фракции. Корреляционная связь содержания кислоторастворимой формы ТМ с реакцией почвенной среды и суммой  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  несколько слабее ( $r = -0,31-0,98$ ).

В аллювиальных луговых и дерновых почвах отмечается некоторое ослабление корреляционной связи с вышеуказанными показателями. Содержание кислоторастворимой формы ТМ в аллювиальных луговых почвах имеет тесную корреляцию с их валовым содержанием, органическим веществом, суммой  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ . Илистая фракция оказывает меньшее влияние на содержание кислоторастворимой формы ТМ, чем органическое вещество и сумма  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ . Степень корреляции в данном случае изменяется от слабой до сильной для каждого из изученных элементов. Отмечается тесная корреляция для Pb. Следует отметить, что Cr имеет слабую корреляцию с суммой  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  и органическим веществом.

В аллювиальных дерновых почвах корреляция содержания кислоторастворимой формы ТМ с вышеперечисленными показателями различна.

В серых лесных почвах внутрипрофильное распределение кислоторастворимой формы ТМ имеет с их валовым содержанием тесную корреляцию для Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, среднюю – Co и обратную среднюю – Cr. Корреляция органического вещества, илистой фракции, суммы  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  с содержанием кислоторастворимой формы средняя. Реакция почвенной среды оказывает на содержание кислоторастворимой формы Mn, Pb сильное влияние, а на содержание остальных элементов – слабое.

Для борového песка выявлена корреляция средней степени между содержанием кислоторастворимых форм ТМ и органического вещества, суммы  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , pH и слабая - с илистой фракцией.

### Выводы

1. В дельте р. Селенги формируются разнообразные группы почв, обладающие различной буферной способностью по отношению к тяжелым металлам: от низкой - серые лесные, борové пески до очень высокой - аллювиальные торфяно-глеевые.

2. Концентрация ТМ в почвах исследуемого района зависит от химического и гранулометрического состава почвообразующих пород, местоположения почвы в рельефе, особенностей генезиса каждого конкретного почвенного типа и физико-химических свойств почв. Наиболее интенсивно аккумуляция ТМ происходит в аллювиальных дерновых, болотных и лугово-болотных почвах и наименее выражена в серых лесных почвах.

3. В пространственном распределении ТМ в почвах отмечаются довольно равномерное распределение Pb, Co и различия в концентрации Zn, Cu, Ni, Cr, Mn в зависимости от условий почвообразования и свойств элементов. Почвы правобережной части дельты р. Селенги содержат больше Mn, Zn, Ni и Cu, меньше Pb и Co, чем почвы левобережной части, что обусловлено их содержанием в почвообразующих породах.

4. Профильное распределение валового содержания и кислоторастворимой формы ТМ в аллювиальных почвах характеризуется наличием биогенной и сорбционной аккумуляции: в органогенных и иллювиальных горизонтах на глеевых и карбонатных барьерах. Во всех этих почвах Cu, Pb, Ni, Co отличались наименьшей контрастностью внутрипрофильной дифференциации, что связано с их химическими свойствами (меньшей биофильностью по сравнению с Mn, Zn).

5. Валовое содержание ТМ и концентрация их подвижных форм в почвах имеют различную степень корреляции с уровнем органического вещества, илистой фракции, суммой  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  и pH почвы. Наиболее тесная корреляция профильного распределения ТМ с вышеперечисленными показателями отмечается в аллювиальных болотных и луговых почвах и слабая в боровых песках.

6. В целом, содержание изученных ТМ ниже их кларка для почв, что обусловлено низким содержанием их в почвообразующих породах. В почвах дельты р. Селенги превышение имеющихся ПДК и ОДК по валовому содержанию и уровню концентрации подвижных форм ТМ не наблюдается, за исключением превышения обменного Mn в аллювиальных болотных и луговых почвах. Это свидетельствует о нормальном эколого-биогеохимическом состоянии почвенного покрова в отношении изученных элементов в настоящее время.

#### Список публикаций по теме диссертации:

1. Сосорова С.Б. Эколого-геохимическая оценка почвенного покрова дельты реки Селенги /Сосорова С.Б., Кашин В.К.

- //Мат. междунар. конф. «Экологические проблемы бассейнов крупных рек-3».- Тольятти.- 2003.-С.87-90.
2. Болотные и пойменные геосистемы дельты р. Селенги /Сымпилова Д.П., Гынинова А.Б., Сосорова С.Б., Шахматова Е.Ю., Фролова Т.В. // Мат. междунар. конф. «Структура и функционирование экосистем Байкальской Сибири». - Улан-Удэ: БГУ, 2003.- С.142-144.
  3. Сосорова С.Б. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в почвах дельты р. Селенги /Сосорова С.Б., Кашин В.К. //Докл. III междунар. научно-практ. конф.- «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы - биофилы в окружающей среде».- Семипалатинск, 2004.- Т.1.- С.478-483.
  4. Сосорова С.Б. Функционирование геосистем района дельты реки Селенги /Сымпилова Д.П., Сосорова С.Б., Фролова Т.В. // Тез. междунар. конф. «Научные основы сохранения водосборных бассейнов: междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами.- Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2004.- Т.2.- С.132-134.
  5. Сосорова С.Б. Тяжелые металлы в почвах дельты р. Селенги /Сосорова С.Б., Кашин В.К. // Тез. междунар. конф. «Научные основы сохранения водосборных бассейнов: междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами. - Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2004.- Т.2.- С.131-132.
  6. Сосорова С.Б. Особенности дифференциации микроэлементов в почвенном покрове дельты р. Селенги //Мат. II междунар. науч. конф. молодых ученых и специалистов «Стратегия природопользования и сохранения биоразнообразия в XXI веке».-Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2004.-С.126-127.
  7. Сосорова С.Б. Морфологическая характеристика и основные свойства почв дельты Селенги // Мат. IV съезда Докучаевского общества почвоведов «Почвы национальное достояние России» (9-13 август 2004).- Новосибирск: «Наука-Центр».-2004.-Кн.2.-С.218.
  8. Ландшафтная дифференциация района дельты р. Селенги /Сымпилова Д.П., Сосорова С.Б., Кожевникова Н.М., Фролова Т.В., Дугаров В.И. //Вестник КазНУ.- Сер. геогр.- 2004.- № 2.- С.210-214.

Подписано в печать 26.05.2006 г. Формат 60×84 1/16.  
Бумага офсетная. Объем 1,2 печ. л. Тираж 100. Заказ № 24.

Отпечатано в типографии Изд-ва БНЦ СО РАН  
670047 г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6.

