

ХИМИЯ ПОЧВ

УДК 631.41

ФОРМЫ СОЕДИНЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВАХ СРЕДНЕЙ ОБИ

© 2000 г. Л. А. Изерская, Т. Е. Воробьева

Научно-исследовательский институт биологии и биофизики при Томском государственном университете

Поступила в редакцию 28.09.98 г.

Изучены формы и закономерности распределения соединений тяжелых металлов (Zn, Cu, Mn, Co, Pb, Cd, Sr) в аллювиальных почвах Средней Оби. Представлены результаты анализов в вытяжках Тамма, Гримма, соляной кислоты (1 н), ацетатно-аммонийного буфера (рН 4.8). Выявлено, что основное количество соединений тяжелых металлов содержится в вытяжке Тамма.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в биосферу поступает большое количество тяжелых металлов техногенного происхождения, значительная часть которых аккумулируется в почве [2, 4, 7, 11, 12, 13]. Для прогноза экологической опасности загрязнения почв тяжелыми металлами необходимо знать не только масштабы их поступления, но и закономерности их поведения в различных почвенно-геохимических условиях.

Большую актуальность такие исследования приобретают для почвенного покрова пойменных ландшафтов средней Оби Западной Сибири, занимающего особое место в производстве сельскохозяйственной продукции. Пойменные почвы обладают благоприятными свойствами для выращивания овощных культур и составляют основу лучших природных кормовых угодий для животноводства на данной территории. Вместе с тем, аллювиальные почвы требуют к себе особо бережного отношения и квалифицированного использования.

Несмотря на большое количество проведенных почвенно-географических, почвенно-геоботанических, почвенно-агрохимических исследований [3, 8, 18, 23], вопросы состояния тяжелых металлов пойменных почв средней Оби изучены слабо. В литературе имеются лишь сведения, освещающие некоторые агрохимические аспекты микроэлементного состава почв Обской поймы [9, 10, 16, 20]. О формах нахождения тяжелых металлов в аллювиальных почвах р. Оби сведений очень мало.

Цель данной работы - изучить формы и закономерности распределения физиологически важных для живых организмов элементов: цинка (Zn), меди (Cu), марганца (Mn), кобальта (Co) и элементов, относящихся к особо опасным загрязнителям: свинца (Pb), кадмия (Cd), стронция (Sr) в аллювиальных почвах Средней Оби.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования являются почвы поймы р. Оби Кожевниковского р-на Томской обл. В качестве основы для выбора ключевых разрезов использованы данные обработки комплексного почвенно-геоморфологического профиля, заложенного в окрестностях пос. Кожевникове сотрудниками НИИ биологии и биофизики, кафедры географии Томского государственного университета, Института экологии природных комплексов СО РАН. Для анализа были отобраны образцы из следующих почв: аллювиальная дерновая карбонатная на русловом аллювии (разр. 16, прирусловая часть), аллювиальная дерновая карбонатная мощная на погребенной почве (разр. 18) и аллювиальная дерново-глееватая карбонатная (разр. 19), переходная часть поймы от прирусловой к центральной, аллювиальная дерновая мощная (разр. 20), центральная пойма, аллювиальная дерновая глееватая мощная (разр. 21, межгрядное понижение переходной от центральной к притеррасной пойме).

Почвы прирусловой и переходной от прирусловой к центральной части поймы по гранулометрическому составу относятся к пескам и супесям. В центральной части поймы - к легким крупнопылевато-песчаным, средним песчано-крупнопылеватым суглинкам и иловато-крупнопылеватым глинам.

Исследование физико-химических свойств почв проводилось по общепринятым методикам [1], гранулометрический состав определяли по методу Качинского.

Определение содержания Zn, Cu, Mn, Co, Pb, Cd, Sr в почве и илистой фракции, а также различных форм элементов (ацетатно-аммонийный буфер (А.А.) с рН 4.8, 1 н HCl, вытяжка Тамма, вытяжка Гримма) проводилось атомно-абсорбционным методом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование профиля аллювиальных почв протекает в сложной биогеохимической обстановке. Неодинаковая длительность поемного процесса, особенности видового состава растительного покрова, разнокачественность гранулометрического и минералогического состава, физико-химических свойств аллювиальных наносов в различных частях поймы обуславливают специфику распределения тяжелых металлов в почвенном профиле.

Исследованные почвы типичны для поймы Оби юга Томской обл. и характеризуются близкой к нейтральной и нейтральной реакцией (рН водный 6.5-7.8). Содержание гумуса колеблется от 2.3 до 8.6%. Сумма обменных оснований изменяется в пределах от 28.5 до 33.9 мг-экв/100 г почвы, с преобладанием в их составе Са (до 90%).

В табл. 1 представлены данные о содержании тяжелых металлов в изученных почвах.

Содержание исследуемых тяжелых металлов в изученных почвах не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК).

В ряду исследуемых аллювиальных почв повышенный фон тяжелых металлов свойственен тяжелым по гранулометрическому составу хорошо гумусированным почвам, пониженное - легким почвам, содержащим небольшое количество гумуса.

Наибольшее количество цинка и меди обнаружено в аллювиальной дерновой глеевой мощной почве (межгрядное понижение от центральной к притеррасной части поймы), а наименьшее - в аллювиальной дерновой карбонатной на русловом аллювии (прирусловая пойма).

Общий цинк и медь имеют, в основном, биогеохимико-аккумулятивный характер профильного распределения.

Как показали результаты исследований, перераспределение тяжелых металлов в профиле аллювиальных почв находится под влиянием дернового и поемного процессов. Так, для аллювиальной дерновой карбонатной на русловом аллювии, аллювиальной дерновой карбонатной мощной на погребенной почве, где дерновый процесс выражен слабо, а поемный процесс характеризуется отложением грубого аллювия, накопление цинка отмечается в погребенном гумусовом горизонте и гор. АВ. В этих почвах наблюдается резкое уменьшение содержания цинка в горизонтах нижней части профиля, имеющих песчаный и супесчаный гранулометрический состав.

Для аллювиальной дерновой мощной почвы, занимающей центральную часть поймы, характерна другая картина распределения цинка и меди по почвенному профилю. В гумусово-аккумулятивном горизонте данной почвы наблюдается наибольшее содержание валового цинка и меди, в нижних горизонтах отмечается незначительное уменьшение содержания общего цинка и меди. Для аллювиальной дерновой глеевой мощной

почвы характерно значительное содержание цинка и меди в почвообразующей породе.

Для практических целей сведений о валовом содержании исследуемых элементов в почве недостаточно. Чтобы выявить потребность в микроудобрениях и их эффективность, оценить процессы накопления и миграции тяжелых металлов, необходимо определение содержания их подвижных форм. Именно фоновое содержание подвижных форм служит точкой отсчета степени накопления в почве тяжелых металлов, представляющих опасность для живых существ [19, 22, 28].

Легкоподвижная форма тяжелых металлов (ацетатно-аммонийный буфер, рН 4.8) в гумусово-аккумулятивном горизонте почв составляет: Мп- 1.6-1.7; Zn- 1.0-2.7; Cu-1.3-3.8% от общего количества.

Содержание тяжелых металлов, извлекаемых 1 н НО, колеблется в довольно широких пределах (табл. 1).

Основное количество марганца, цинка и меди находится в соединениях, извлекаемых вытяжками Тамма и 1 н НСl (потенциально миграционная форма). Содержание тяжелых металлов, извлекаемых вытяжкой Тамма, в изученных почвах составляет для Cu от 54.8 до 68.7, Мп 32.0-51.9, Zn 5.8-20.3% от общего количества. Максимальное содержание меди, извлекаемой вытяжкой Тамма, наблюдается в аллювиальной дерновой глеевой мощной почве. Цинк распределяется монотонно во всех почвах геоморфологического профиля. В наибольшей мере профильная дифференциация характерна для меди и марганца, в меньшей степени - для цинка. Для марганца свойственно высокое содержание всех выделенных форм в гумусово-аккумулятивном горизонте.

В вытяжке Гримма находится 0.9-5.5% марганца, 1.29-7.17% цинка, 15.1-33.1% меди от валового количества. Наблюдается элювиально-иллювиальный тип распределения содержания этой формы меди. Особенно ярко это проявляется в аллювиальной дерновой карбонатной, аллювиальной дерновой глееватой карбонатной, аллювиальной дерновой глеевой мощной почвах. По процентному содержанию тяжелых металлов, извлекаемых вытяжкой Гримма, образуется убывающий ряд: Cu > Zn > Мп. По-видимому это обусловлено высокой комплексообразующей способностью меди, позволяющей элементу легко и прочно присоединяться к гуминовым кислотам и образовывать хелатные соединения [14, 21, 24]. Аналогичное положение элементов в ряду увеличения адсорбции Cu > Zn и связь адсорбции металлов с органическим веществом получена Эллиотом с соавт. [25] в модельном эксперименте.

Среди изученных элементов марганец обладает наибольшей вариабельностью. Особенно высокие значения коэффициента вариации характерны для соединений марганца, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером (287%) и 1 н НСl

Таблица 1. Формы тяжелых металлов в алювиальных почвах Коженковского профиля

Горизонт	Mn					Cu					Zn				
	общ, мг/кг	А.А., мг/кг	А.А., % от вал.	Ін НСІ, мг/кг	Ін НСІ, % от вал.	общ, мг/кг	А.А., мг/кг	А.А., % от вал.	Ін НСІ, мг/кг	Ін НСІ, % от вал.	общ, мг/кг	А.А., мг/кг	А.А., % от вал.	Ін НСІ, мг/кг	Ін НСІ, % от вал.
Разр. 16, алювиальная дерновая карбонатная на русловом алювии, прирусловая пойма															
А1	1700	51.8	3.05	390	22.94	24.25	0.92	3.79	12.25	50.51	72.75	1.525	2.05	10	13.74
АВк	1550	48.2	3.11	240	15.48	22.25	1.32	5.93	9	40.44	102.5	0.775	0.76	6.25	6.09
ВСк	1300	44.8	3.45	182.5	14.03	16.75	1.5	8.95	6.25	37.31	52.12	0.825	1.58	5	9.59
С1к	1200	38.6	3.22	130.5	10.87	14.00	1.18	8.42	6.25	30.71	47.5	0.725	1.52	4.25	8.94
С2к	1100	30.9	2.8	108	9.82	10.5	0.5	4.76	4.3	32.38	43.75	0.675	1.54	3.25	7.42
С3	1075	28	2.6	100	9.3	10.5	0.38	3.61	2.9	27.61	43.75	0.575	1.31	3.5	8.0
Разр. 18, алювиальная дерновая карбонатная, мощная на погребенной почве, переходная часть к центральной пойме															
Аdk	2075	37.9	1.83	485	23.37	28.5	0.5	1.75	12.45	43.68	74.5	1.025	1.37	12	16.1
А1k	1850	27.8	1.5	425	22.97	28.25	0.32	1.13	12.85	45.48	70.5	0.675	0.95	12.5	17.73
Аh	2150	7.3	0.34	165	7.67	31.25	0.24	0.76	7.3	23.36	77	0.425	0.55	7.25	9.41
АВ	2050	10	0.48	158	7.7	29.25	0.68	2.32	10.75	36.75	76	0.725	0.95	10.5	13.81
В	1775	6	0.34	84	4.73	24.25	0.38	1.56	5.3	21.85	66.75	0.425	0.63	5	7.49
ВС	1550	5.5	0.35	112	7.22	20.5	0.38	1.85	6.65	32.43	58.75	0.425	0.72	6.75	11.48
С	1325	4.9	0.37	70.5	5.32	16.5	0.68	4.12	3.85	23.33	53	0.375	0.71	4.75	8.96
Разр. 19, алювиальная дерново-глеватая карбонатная, переходная часть к центральной пойме															
Аd	1800	34.3	1.90	495.0	27.50	29.5	0.80	2.71	13.4	45.42	78.0	2.12	2.72	15.75	20.19
Аk	1931	22.5	1.16	322.5	16.68	32.87	0.37	1.13	11.0	35.74	85.46	0.80	0.93	14.50	13.44
Аh	1687	11.4	0.67	153.5	9.08	32.12	0.20	0.62	11.12	34.67	83.50	0.47	0.57	11.25	13.49
АВ	1812	5.9	0.33	124.0	6.85	30.75	1.06	3.43	11.62	37.84	74.50	0.50	0.67	10.75	14.42
ВС	1387	4.2	0.30	78.2	5.62	15.75	0.44	2.79	3.90	24.76	48.12	0.42	0.88	4.12	8.56
Разр. 20, алювиальная дерновая мощная, центральная пойма															
Аd	2050	32.6	1.58	477.5	23.29	27	0.3	1.1	11.05	40.99	73.5	0.72	0.98	13.5	18.38
А1	1975	12	0.6	322.5	16.33	25	0.15	0.6	10.1	40.4	70.25	0.425	0.6	12.75	18.15
АВ	1612	7.6	0.46	173.5	10.76	21.12	0.24	1.1	8.4	39.77	61.5	0.4	0.65	9.12	14.83
В	1612	7.1	0.43	119.2	7.39	22	0.3	1.35	6.55	29.79	62.75	0.35	0.56	5	9.56
ВС	1500	11.5	0.76	158.2	10.53	20.5	0.64	3.12	8.4	40.97	62.7	0.475	0.76	9	14.40
С	1500	7.1	0.47	143	9.53	21.25	0.62	2.91	8.8	41.41	60.5	0.425	0.66	8.75	13.67
Разр. 21, алювиальная дерновая глеевая мощная, межтринное понижение, переходная часть от центральной поймы к притеррасной															
Аdg	1475	69.7	4.72	450	30.5	35	1.5	4.28	18.8	53.71	87.5	1.675	1.91	21.75	24.85
Аg	2575	24.5	0.95	330	12.81	33.25	0.94	2.82	15.4	46.31	87.5	0.925	1.05	18	20.57
АВFeg	3075	10.1	0.32	190	6.17	29	0.94	3.24	13.5	46.55	77	0.675	0.87	15	19.48
ВС	2975	8.2	0.27	189	6.35	23.5	1.04	4.42	11.2	47.65	68	0.575	0.84	12.5	18.38
С	3800	9.2	0.24	139	3.65	36	1.34	3.72	8.65	24.02	102	0.725	0.71	8.75	8.57

Таблица 1. (Окончание)

Горизонт	Co				Cd			Pb			Sg						
	общ., мг/кг	ИнНCl, мг/кг	ИнНCl, % от общ.	выт. Тамма, мг/кг	выт. Тамми, % от общ.	выт. Грим-ма, % от общ.	общ., мг/кг	ИнНCl, мг/кг	ИнНCl, % от общ.	общ., мг/кг	А.А., мг/кг	А.А., % от общ.	ИнНCl, мг/кг	ИнНCl, % от общ.			
Разр. 16, аллювиальная дерновая карбонатная на русловом аллювии, прирусловая пойма																	
A1	14.75	3.2	21.69	5.2	35.25	8.13	1.75	0.25	14.28	22.5	10.1	44.88	112.5	27.4	24.35	28.5	25.33
ABk	12.75	2.9	22.74	5.2	40.78	0.8	6.27	1	20	25	7.5	30	122.5	27.3	22.28	26.5	21.63
BCk	12.25	2.6	21.22	4	32.65	1.2	9.79	1	10	12.5	5.5	44	155	23.7	15.29	22	14.19
Clk	12.25	1.8	14.69	2.4	19.59	1	8.16	0.75	6.6	12.5	4.2	33.6	165	20.6	12.48	19	11.51
C2k	11.25	1.4	12.44	2.4	21.33	0.8	7.11	0.75	0	15	2.5	16.66	172	15.8	9.15	13.5	7.82
C3	10.75	1.7	15.81	0	0	0.4	3.72	1.12	0	20	3.5	17.5	157	13.8	8.76	14	8.88
Разр. 18, аллювиальная дерновая карбонатная, мощная на погребенной почве, переходная часть к центральной пойме																	
Adk	15	4.8	32	6	40	2.4	16	1	15	20	11.2	56	107.5	25.1	23.34	26	24.18
A1k	13.75	4.7	34.18	8	58.18	2	14.54	1	20	30	9.8	32.66	112.5	29.6	26.31	29	25.77
Ah	15.25	2.5	16.39	8	52.45	1.2	7.86	1.25	0	30	4.7	15.66	82.5	21.4	25.93	16	19.39
AB	16	3.4	21.25	7.2	45	2	12.5	1.5	0	25	6	24	85	22.7	26.7	19	22.35
B	15.25	2	13.11	6.4	41.96	2.8	18.36	1	0	20	3.3	16.5	110	16.7	15.18	12.5	11.36
BC	13.0	2.4	17.77	4.8	35.55	3	22.2	1.25	0	20	4	20	117.5	14	11.91	13	11.06
C	12.0	1.5	12.5	3.2	26.66	2.4	20	0.75	0	12.5	2	16	135	10	7.41	9.5	7.03
Разр. 19, аллювиальная дерново-глеявая карбонатная, переходная часть к центральной пойме																	
Ad	13.0	5.0	38.46	4.8	36.92	2.0	15.38	0.87	17.4	22.5	10.9	48.44	100.0	20.9	20.9	21.0	21.0
Ak	14.6	4.25	28.31	6.0	39.84	1.6	10.67	0.96	21.33	24.99	7.95	31.8	103.1	24.0	23.35	22.0	21.53
Ah	15.7	3.50	22.77	5.6	35.52	1.5	9.51	1.25	8.0	22.5	5.75	25.5	86.2	26.7	30.96	22.0	25.47
AB	16.2	3.0	18.43	8.0	49.42	2.8	17.16	1.18	5.0	21.25	5.20	25.3	81.2	22.3	27.58	18.2	22.49
BC	12.12	1.35	11.14	5.0	41.22	0	0	0.87	0	22.5	0.90	4.3	121.2	8.1	6.62	6.7	5.57
Разр. 20, аллювиальная дерновая мощная, центральная пойма																	
Ad	14.25	5.1	35.78	6.8	47.71	0.6	4.21	1	17	27.5	9.05	32.76	101.2	29.2	28.98	27.7	27.58
A1	13.35	4.2	31.41	6.8	50.81	0.5	3.74	0.75	0.16	22.5	6.6	29.44	110	27.5	25.09	25.2	23.03
AB	13.25	3.05	22.98	5.2	39.54	0.8	5.97	0.75	6.66	20	4.9	24.5	125	16.8	13.45	15.2	12.21
B	13.25	1.95	14.71	4.2	31.69	0.6	4.52	0.87	0	20	4.1	20.5	108.7	15.2	13.97	11	10.41
BC	13.25	3	22.64	6.4	48.3	0	0	0.75	6.6	20	7	35	110	12.9	11.72	11	10
C	12	2.7	22.5	4.8	40	0	0	0.75	0	17.5	5.9	33.71	122.5	11.4	9.3	11	8.97
Разр. 21, аллювиальная дерновая глеевая мощная, межгрядное понижение, переходная часть от центральной поймы к притеррасной																	
Adg	14.25	6.5	45.61	8.8	61.75	0	0	0.87	0.25	22.5	17	75.55	62.5	25.7	41.12	25	40
Ag	14.5	4.3	29.65	9.2	63.44	0.4	2.75	0.75	0.15	15	8.9	59.33	70	27.7	39.57	25	35.71
ABFeg	16	3.9	24.37	9.6	60	0.4	2.5	1	0.1	27.5	8	29.03	80	21.1	26.37	18.5	23.12
BC	14.5	3.3	22.75	8.8	60.68	0.4	2.75	0.75	0.05	17.5	5.7	32.57	97.5	15.3	15.69	13	13.33
C	17.75	2.9	16.33	8.8	49.57	0.4	2.75	1.37	0	35	5	14.28	92.5	11.7	12.64	11.5	12.43

(62%) вытяжкой. Высокие коэффициенты вариации имеют кадмий (117%) и свинец (161%) в вытяжке Гримма. Формы меди, цинка, кобальта и стронция отличаются меньшей вариабельностью (29–59%).

Выявлена тесная положительная корреляционная связь (коэффициент Спирмена) между содержанием валовых форм меди и гумуса в почвах прирусловой и центральной части поймы ($r = +0.65...+0.94$), и отрицательная между этой формой элемента и pH ($r = -0.55$, $r = -0.79$).

Отмечена положительная корреляционная связь ($r = +0.84$, $r = +0.87$) между содержанием потенциально подвижной меди, извлекаемой вытяжками Тамма и 1 н HCl, и гумусом (аллювиальная дерновая карбонатная мощная на погребенной почве и аллювиальная дерновая мощная почва тяжелого гранулометрического состава).

Прослеживается слабая положительная корреляция между содержанием легкодоступной формы меди с органическим веществом в аллювиальной дерновой карбонатной почве на русловом аллювии ($r = +0.31$).

Изменение содержания валового Co, в отличие от Mn, Cu и Zn, в профиле исследуемых почв выражено слабо, что связано в основном с особенностями гранулометрического состава почв. Наиболее обеднена кобальтом аллювиальная дерновая карбонатная, расположенная в прирусловой пойме, сформировавшаяся на супеси.

Распределение валового кобальта в аллювиальных почвах четко повторяет распределение содержания железа ($r = 0.74$). Обнаруживается тенденция к накоплению общего кобальта в иллювиальном горизонте. Содержание общего кобальта положительно коррелирует с количеством физической глины ($r = 0.68$) и иловатых частиц ($r = 0.59$). Между содержанием общего кобальта и количеством гумуса в изученных аллювиальных почвах связь несколько слабее ($r = 0.53$).

Содержание подвижных форм кобальта колеблется в очень широких пределах. Исследуемые почвы характеризуются повышенным накоплением соединений кобальта в вытяжке Тамма. Наиболее высокое содержание подвижного кобальта, извлекаемого 1 н HCl вытяжкой наблюдается в аллювиальной дерновой карбонатной мощной почве, минимальное количество этой формы кобальта отмечено в дерновой карбонатной почве на русловом аллювии. Выявленные закономерности содержания подвижного кобальта обусловлены различием гранулометрического состава.

Максимальное количество кобальта, извлекаемого вытяжкой Гримма, обнаружено в аллювиальной дерновой карбонатной на погребенной почве – в гумусово-аккумулятивном горизонте содержится 14.5% Co от его общего содержания. В аллювиальной дерновой мощной и аллювиаль-

ной дерновой мощной глеевой почвах содержание данной формы кобальта невысокое – от 2 до 6% от общего количества элемента по всему профилю. Вероятно, гуминовые кислоты этих почв обладают высокой подвижностью, в связи с чем органическое вещество не в состоянии связывать и удерживать значительное количество элемента [21].

Максимальная концентрация свинца зарегистрирована в верхнем (0–20 см) слое почвенного профиля, где его валовое содержание составляет 20.0–27.5 мг/кг. Во всех почвах геоморфологического профиля отмечена тесная связь между валовым содержанием свинца и гумуса ($r = +0.510$). Наблюдается незначительная миграция свинца в профиле почв всех геоморфологических элементов поймы.

Не так сильно, как свинец, но достаточно прочно закрепляется в верхних почвенных горизонтах кадмий, содержание которого составляет 0.9–1.8 мг/кг. В прирусловой части поймы наблюдается аккумуляция кадмия в гумусовом горизонте (элювиально-аккумулятивный коэффициент $K_{эа} = 1.6$). Для переходной от прирусловой к центральной части поймы максимальное содержание кадмия характерно для погребенного горизонта в аллювиальной дерновой карбонатной мощной почве ($K_{эа} = 1.7$). Однако следует отметить более слабую аккумуляцию этого элемента в аналогичных горизонтах аллювиальной дерновой мощной глеевой почвы, что, видимо, связано с меньшей прочностью комплексных соединений кадмия с гумусовыми веществами почв в восстановительных условиях [27].

Почвы центральной части поймы, формирующиеся в условиях интенсивного развития дернового процесса (аллювиальная дерновая мощная), характеризуются биогенной аккумуляцией кадмия ($K_{эа} = 1.3$). Доля легкоподвижного кадмия не превышает 10% от общего содержания, а количество этой формы свинца фиксируется лишь в следовых количествах. В профиле распределения кадмия, в отличие от меди и свинца, не проявляется тенденция высокой аккумуляции элемента в карбонатном горизонте, по сравнению с гумусовым горизонтом, что, видимо, связано с конкурирующим влиянием кальция [5, 26]. В аллювиальной дерновой мощной глеевой почве наблюдается гидрогенная аккумуляция, обусловленная высоким залеганием грунтовых и застоем паводковых вод в межгрядных понижениях центральной поймы.

Содержание валового стронция в гумусовом горизонте исследуемых почв колеблется от 62.5 до 112.5 мг/кг. Следует обратить внимание на особенность распределения этого элемента в изученных почвах.

Полученные данные указывают на наличие в исследуемых почвах двух максимумов валового содержания стронция в гумусово-аккумулятивном го-

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в илстой фракции почв поймы Средней Оби

Горизонт	Mn			Zn			Cu			Co		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Разр. 19, аллювиальная дерново-глееватая карбонатная почва, переходная часть к центральной пойме												
Ad	400.0	5.35	0.22	119.5	36.92	1.52	36.0	29.4	1.24	15.5	28.73	1.20
Ak	675.0	7.90	0.35	122.0	32.26	1.43	39.50	27.16	1.22	18.75	29.02	1.28
Ah	600.0	9.21	0.35	130.0	40.32	1.56	29.25	23.58	0.91	16.0	26.39	1.02
AB	525.0	7.82	0.29	113.0	40.95	1.52	46.75	41.05	1.52	18.25	30.42	1.12
Разр. 20, аллювиальная дерновая мощная почва, центральная пойма												
Ad	500.0	4.90	0.24	117.5	32.13	1.60	40.0	29.77	1.48	16.75	23.63	1.18
A1	300.0	2.47	0.15	84.5	19.60	1.20	28.0	18.25	1.12	14.75	18.01	1.10
AB	500.0	4.40	0.31	119.0	27.47	1.93	34.50	23.19	1.64	15.25	16.34	1.15
B	428.0	3.71	0.26	99.4	22.16	1.58	30.02	19.10	1.36	17.15	18.25	1.29
Разр. 21, аллювиальная дерновая глеевая мощная почва, межгрядное понижение в переходной от центральной поймы части												
Adg	400.0	8.89	0.27	113.0	42.36	1.30	38.50	36.0	1.10	15.0	34.52	1.05
Ag	236.0	2.70	0.09	71.6	24.15	0.82	30.12	26.72	0.9	13.0	26.45	0.90
ABFeg	600.0	5.09	0.19	126.0	42.71	1.64	46.50	41.85	1.6	14.5	23.65	0.90
BC	1050.0	6.35	0.35	155.0	41.03	2.28	46.50	35.62	2.0	16.25	20.17	1.0

Примечание: 1 – содержание элемента в илстой фракции, мг/кг; 2 – содержание в илстой фракции, % от общего количества почвы; 3 – коэффициент накопления.

ризонте и в нижней части профиля. Причем, в почвах, не содержащих карбонатов, верхний максимум стронция не проявляется, что, видимо, обусловлено парагенетической связью Sr–Ca [17].

Количество стронция в иллювиальном горизонте несколько ниже, чем в почвообразующей породе. Доля легкоподвижной и потенциально миграционной формы стронция колеблется от 21 до 40%.

Значительная часть цинка, меди и кобальта (до 30–50% от общего количества) сосредоточена в илстой фракции (табл. 2). Наиболее высокое накопление меди и цинка обнаружено в илстой фракции погребенного гумусового горизонта и гор. АВ (коэффициент накопления – K_n меди и цинка составляет 1.56 и 1.93 соответственно).

Высокая концентрация цинка и меди в илстой фракции анализируемых почв связана с высокой сорбционной способностью глинистых минералов по отношению к этим элементам [15].

По увеличению коэффициента накопления тяжелых металлов в илстой фракции гумусово-аккумулятивного горизонта образуется ряд: $Zn > Cu > Co > Pb$.

Накопление марганца, кадмия и стронция в тонкодисперсной фракции гумусово-аккумулятивных почв прирусловой и центральной части поймы не наблюдается, что связано с приуроченностью их к более крупным фракциям [6, 13, 16].

Обращает на себя внимание изменение характера обогащенности илстой фракции в почвенном профиле разр. 21 (аллювиальная дерновая глеевая мощная). Так, ряд элементов по увеличе-

нию K_n в илстой фракции гумусового горизонта имеют следующий вид: $Pb > Zn > Cd > Cu > Co$. Высокой обогащенностью Zn ($K_n = 2.28$), Cu ($K_n = 2.0$), Pb ($K_n = 1.71$) и Cd (1.67) характеризуется илстая фракция гор. BC данной почвы.

ВЫВОДЫ

1. Содержание Zn, Cu, Mn, Co, Pb, Cd, Sr в аллювиальных почвах средней Оби не превышает ПДК и представлено следующими величинами: Mn – от 1075 до 3800 мг/кг; Zn – от 43 до 102 мг/кг; Cu – от 10 до 36 мг/кг; Co – от 11 до 18 мг/кг; Sr – от 62 до 172 мг/кг; Pb – от 12 до 35 мг/кг; Cd – от 0.75 до 1.75 мг/кг.

2. Для всех изученных элементов характерен биогенно-аккумулятивный тип распределения в почвах прирусловой и центральной частей поймы. В аллювиальных дерновых глеевых почвах переходной от центральной к притеррасной части поймы р. Оби изученные элементы распределяются по гидрогенно-аккумулятивному типу.

3. Основное количество тяжелых металлов находится в потенциально подвижных соединениях, извлекаемых вытяжками Тамма и 1 н HCl.

4. Содержание легкоподвижных форм Mn, Zn и Cu составляет 1.0–3.8; Cd – до 10; Sr – 10–40%.

5. В вытяжке Гримма содержится Mn и Zn 1–7%; Cu 15–33%; Co 2–15%; Sr и Cd 1–14% от общего содержания.

6. По увеличению коэффициента накопления в илстой фракции гумусово-аккумулятивного

горизонта аллювиальных почв Средней Оби элементы образуют ряд: $Zn > Cu > Co > Pb$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука. 1975. 656 с.
2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
3. Афанасьева Т.В., Ремезова Г.Л. Почвы и растительность поймы южнотаежной части р. Оби // Вестник МГУ (серия биология, почвоведение). 1968. >s9. С. 90-101.
4. Большаков В.А. и др. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами. М.: Наука, 1978. 52 с.
5. Горбхнов Н.И. Минералогия и физическая химия почв. М.: Наука. 1978. 293 с.
6. Добрицкая Ю.И. Содержание молибдена и марганца в илстой фракции некоторых почв // Агрохимия. 1967. >£3. С. 81-91.
7. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеивание. М.: Мысль, 1983. 22 с.
8. Добровольский Г.В., Афанасьева Т.Е., Балабко Т.Н. и др. Земельные ресурсы поймы Средней Оби и их рациональное использование // Проблемы использования и охраны почв Сибири и Дальнего Востока. НовоСибирск: Наука, Сибирское отд., 1984. С. 161-166.
9. Изерская Л.А. Содержание Мо в почвах поймы р. Оби и доступность его растениям // Рациональное использование почв и почвенного покрова Западной Сибири. Томск. 1986. С. 82-88.
10. Изерская Л.А., Гуляева Т.Е. Агрохимическая оценка состояния микроэлементов в пойменных почвах Средней Оби // Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине. Тез. док. 11 Всес. конф. Самарканд, 1990.
11. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в Системе почва-растения. НовоСибирск: Наука, Сибирское отд., 1991. 151 с.
12. Ильин В.Б., Степанова М.Д. Относительные показатели Загрязнения в Системе почва-растение // Почвоведение. 1979. № 11. С. 61-67.
13. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
14. Карнаухов А.И., Каченко В.М., ИоСипчук Б.М. Исследование сорбции меди некоторыми типами почв. Мелиорация и химизация земледелия Молдавии // Тез. докл. Респ. конф. 11-12 июля 1988. Кишинев. 1988. Ч. 1. С. 86-87.
15. Ладонин Д.В. Особенности специфической сорбции меди и цинка некоторыми почвенными минералами // Почвоведение. 1997. № 12. С. 1478-1485.
16. Палечек Л.А. Микроэлементы в почвах поймы Средней Оби // Почвы речных долин и дельт, их рациональное использование и охрана. Тез. докл. Всес. конф. 25-27 дек. 1984. МГУ, 1984. С. 71-72.
17. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: Недра, 1972. 288 с.
18. Славина Т.П., Пашнева Г.Е., Кахашкина М.И. и др. Почвы поймы Средней Оби, их мелиоративное состояние и агрохимическая характеристика. Томск: Изд-во Томск, ун-та, 1981. 226 с.
19. Смирнова Е.В., Мотузова Г.В. Оценка состояния Cu, Zn и Mn в почвах СУХОТЭ-АЛИНСКОГО заповедника в целях фонового мониторинга // Вестн. МГУ. Почвовед., 1985. № 4. С. 49-56.
20. Соловьев Г.А., Устьяк С.А., Попов В.В. Влияние эколого-генетических особенностей почв на характер поступления и накопления цинка, кадмия и свинца в южно-таежной подзоне Западной Сибири // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. Тр. 5 Всесоюз. совещ. Обнинск, 12-15 янв. 1987 г. Л.: Гидрометеиздат, 1989. С. 183-189.
21. Степанова М.Д. Микроэлементы в органическом веществе почв (черноземов и дерново-подзолистых). НовоСибирск: Наука, Сибирское отд., 1976. 106 с.
22. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах/ Под ред. Н.Г. Зырина, Л.К. Садовниковой. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. 208 с.
23. Шепелев А.И., Шепелева Л.Ф. Принципы эколого-хозяйственной оценки пойменных земель: почвенно-генетические аспекты // Проблемы региональной экологии. Томск: Красное знамя, 1995. Вып. 5. 152 с.
24. Asami Teruo, Rubota Masatsui >u, Orikosa Kiyoto. Distribution of different fractions of Cadmium, Zinc, Lead and Copper in unpolluted and polluted soils // Water, Air and Soil Pollut. 1995. V. 83. № 34. S. 178-194.
25. Elliott H.A., Lihertati M.R., Huanu CP. Competitive adsorption of heavy metals by soils // J. Environ. Qual. 1986. V. 15. №3. S. 214-219.
26. Petruzzeli G., Guidi G., Lubrano L. Ionic strength effect heavy metal adsorption by soil // Conum. Soil. Sci. and Plant. Anal. 1985. V. 16. № 9. S. 971-986.
27. Sapek A., Sapek B. Cadmium in the profile of organic soils // Trans. 13-th Congr. Inf. Soc. Soil. Sci. Hamburg, 13-20 Aug., 1986. V. 2. S. I. S. 461-462.
28. Staiger K., Machelett B., Grun M. Bewertung der Schwermetallbelastung des Bodens // Tagungber. Akad. Landwirtschaftswiss. DDR, 1986. № 245. S. 143-149.

Heavy Metal Compounds in Alluvial Soils of the Middle Ob Valley

L. A. Izerskaya and T. E. Vorob'eva

The forms of heavy metals (Zn, Cu, Mn, Co, Pb, Cd, and Sr) and their distribution patterns in alluvial soils of the Middle Ob Valley were studied. Data on the composition of Tamm, Grimm, 1 N HCl, and ammonium acetate (pH 4.8) extracts are analyzed. The Tamm's extract is found to contain the major part of heavy metal compounds.