

# АГРОЭКОЛОГИЯ



УДК 631.4

**А.В. Пузанов,  
С.С. Мешкинова**

## ЭКОЛОГО-БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ДОЛИНЫ СРЕДНЕЙ КАТУНИ

**Ключевые слова:** почва, разрез, реакция среды, емкость поглощения, карбонаты, гранулометрический состав, гумус, микроэлементы, радионуклиды, Катунь.

### Введение

Эколого-биогеохимическая оценка экосистемы является актуальной в связи с гидроэнергетическим освоением Катунь. Необходим экологически грамотный подход при планировании, сооружении и эксплуатации проектируемых водохранилищ. И одним из важных составляющих экосистемы является почва. Поэтому нужно изучить почвенный покров данной территории, а в особенности содержание в нем микроэлементов (тяжелых металлов) и радионуклидов. Так как почва, будучи продуктом совместного воздействия многих факторов, в том числе климата и растительности, наиболее полно передает специфику экологической, биогеохимической ситуации территории. К тому же пе-

досфера является главным источником элементов питания живых организмов, основным звеном в биологическом круговороте элементов [1]. Почва, выполняя аккумулялирующую функцию химических элементов, может накапливать тяжелые металлы и радионуклиды до высоких концентраций, что может негативно отразиться на экосистеме водохранилища и близлежащей территории.

Рельеф долины Средней Катунь преимущественно низкогорный. Только отдельные вершины и небольшие кряжи выходят за абсолютную отметку 1000 м. Исследуемый район охватывает долину Катунь от южной границы Северного Алтая до устья р. Ак-Кема и участки долин притоков близ их устьевой части. Климат этого района ветренный (с годовой повторяемостью ветров (фенов) около 100 дней) и засушливый, годовая сумма осадков 200-300 мм, среднегодовая температура составляет +2...+3°C [2]. Долина реки широкая, хорошо разработанная,

врезанная в коренные породы, имеет выработанную форму и комплексы низких и высоких террас.

#### Объекты и методы исследования

Объекты исследования: черноземы обыкновенные и южные, темно-каштановые, горно-лесные черноземовидные почвы на элювиальных, делювиальных, аллювиально-делювиальных, аллювиальных отложениях, щебнисто-песчаных, щебнисто-супесчаных, галечниково-песчаных и галечниково-супесчаных, а также хорошо сортированных песчаных отложениях [3, 4]. Наибольшее распространение имеют черноземы южные и обыкновенные.

Физико-химические и физические свойства почв (величина pH, гумус, ил, физическая глина, карбонаты, емкость поглощения) определяли общепринятыми в почвоведении и агрохимии методами [5, 6]. Валовое содержание микроэлементов в почвах определяли методом количественного плазменно-спектрального анализа, ртуть – атомно-абсорбционным методом, естественные радиоактивные элементы (уран-238, торий-232, калий-40) и цезий-137 – гамма-спектрометрическим методом.

Почвенные разрезы закладывали в системе ландшафтно-геохимических катен, охватывая все геоморфологические элементы.

#### Результаты и их обсуждение

**Горно-лесные черноземовидные почвы** формируются под лиственным или березово-лиственным лесом с мощным травянистым покровом, преимущественно злаково-разнотравной ассоциацией. Почвенный профиль горно-лесных черноземовидных почв образует следующая система генетических горизонтов: (A<sub>0</sub>)-A<sub>1</sub>-(AB)-B(B<sub>1</sub>B<sub>2</sub>)-BC<sup>k</sup>-C<sup>k</sup>.

**Черноземы обыкновенные и южные.** Площади данных подтипов черноземов распространены на право- и левобережных террасах долины Средней Катунь, на конусах выносов ее притоков, на склонах и шлейфах различных экспозиций.

Черноземы обыкновенные сформировались под разнотравно-луговыми степями. Практически все площади, занимаемые данным подтипом черноземов, распаханы. В настоящее время большинство из них находятся в виде залежей и используются как пастбища. Черноземы обыкновенные имеют хорошо развитый профиль с полным набором генетических горизонтов.

Обобщающая схема строения профиля: A<sub>1</sub>(A<sub>пах</sub>)-AB(CaCO<sub>3</sub>)-B(CaCO<sub>3</sub>)-C(CaCO<sub>3</sub>).

Черноземы южные в целинном варианте формируются под разнотравно-полынно-злаковыми степями. Почвенный профиль черноземов южных образован системой генетических горизонтов: A(CaCO<sub>3</sub>)-B(CaCO<sub>3</sub>)-BC(CaCO<sub>3</sub>)-C(CaCO<sub>3</sub>).

**Темно-каштановые почвы** формируются на песчано- и супесчано-галечниковых аллювиальных отложениях под полынно-разнотравными и полынно-ковыльно-разнотравными ассоциациями, для которых свойственна низкая биологическая продуктивность. Доступные массивы этих почв освоены. Строение почвенного профиля: A(CaCO<sub>3</sub>)-B(CaCO<sub>3</sub>)-BC(CaCO<sub>3</sub>)-C(CaCO<sub>3</sub>).

#### Физико-химические свойства почв долины Средней Катунь

**Реакция среды.** Только гумусово-аккумулятивные горизонты горно-лесных черноземовидных почв обладают реакцией среды, близкой к нейтральной, с характерным увеличением этого показателя вниз по профилю за счет аккумуляции значительного количества карбонатов. В среднем pH для них составляет  $7,9 \pm 0,1$  с вариационными изменениями 6,4-9,2 (табл. 1). Темно-каштановые почвы и черноземы обыкновенные и южные имеют щелочную реакцию среды по всему профилю. Показатель pH водной суспензии для этих почв, соответственно, варьирует в диапазоне:  $7,2-8,6$  ( $8,0 \pm 0,2$ );  $6,4-9,2$  ( $8,3 \pm 0,1$ );  $7,1-9,1$  ( $8,3 \pm 0,1$ ) (табл. 1).

**Емкость поглощения.** Значение емкости поглощения для всех типов почв резко снижается вниз по профилю аналогично концентрации гумуса и тонкодисперсных фракций мелкозема, которые интегрально определяют поглотительную способность. В дерновых и гумусовых горизонтах емкость поглощения может достигать существенных величин –  $83,2$  мг-экв/100 г в горно-лесных черноземовидных почвах. Средние значения по типам и подтипам составляют: горно-лесная черноземовидная –  $35,2 \pm 6,0$  ( $7,6-83,2$ ) мг-экв/100 г; чернозем обыкновенный –  $16,7 \pm 1,9$  ( $2,3-52,8$ ); чернозем южный –  $16,9 \pm 2,2$  ( $0,8-72,2$ ); темно-каштановая –  $21,3 \pm 3,3$  ( $7,8-29,9$ ) мг-экв/100 г (табл. 1).

**Карбонаты.** Формирование почв на мощных карбонатных аккумулятивных корках выветривания является геохимической особенностью почв и почвообразования в долине Средней Катунь.

Физико-химические свойства и гранулометрический состав почв долины Средней Катунь

Генетический горизонт	Глубина образца, см	Гумус	CaCO <sub>3</sub>	pH водный	Емкость поглощения, мг-экв/100 г почвы	Физическая глина	Ил
		%				%	
Горно-лесная черноземовидная. Разрез 1							
A <sub>дер</sub>	(1-11)	16,2	0,8	6,7	79,9	10,9	2,2
A	(15-25)	13,6	1,1	7,2	77,3	8,9	0,7
A	(35-45)	6,0	0,8	7,4	53,8	30,7	10,9
AB	(45-55)	4,9	2,5	7,7	27,7	36,1	14,8
B <sub>1</sub> <sup>k</sup>	(56-66)	1,2	33,6	8,0	14,3	31,7	12,0
B <sub>2</sub> <sup>k</sup>	(70-80)	1,0	3,1	8,7	15,1	36,6	16,7
C <sub>k</sub>	(90-100)	0,5	23,1	8,1	10,9	31,9	12,8
Горно-лесная черноземовидная. Разрез 2							
A <sub>дер</sub>	0,5-9	17,1	1,1	7,2	83,2	8,9	0,4
A	5-15	16,6	0,8	7,2	83,2	9,5	1,3
AB	32-40	11,8	1,3	7,4	48,7	11,8	0,4
BC <sub>k</sub>	43-53	3,4	6,8	8,2	21,0	20,7	2,5
BC <sub>k</sub>	60-70	1,4	13,3	8,3	12,6	39,4	10,4
C <sub>k</sub>	90-100	1,0	5,7	8,4	21,0	14,3	3,7
Чернозем обыкновенный. Разрез 3							
A <sub>пах</sub>	(5-15)	7,4	12,9	8,2	34,9	34,2	11,1
AB'	(30-40)	4,9	18,0	8,4	25,6	37,8	11,3
AB''	(60-70)	4,1	13,8	8,4	24,1	37,5	9,7
B	(95-105)	2,1	26,1	8,5	19,4	63,4	21,3
BC	(123-133)	1,1	17,4	8,6	10,1	37,4	16,3
Чернозем обыкновенный. Разрез 4							
A	(0-9)	6,1	22,22	8,1	21,7	21,0	9,4
A	(9-19)	4,1	20,0	8,3	17,1	15,8	4,6
AB	(22-32)	3,4	35,8	8,3	12,4	26,0	14,3
B	(36-46)	1,2	34,5	8,6	7,8	21,1	6,2
BC	(50-60)	0,9	31,3	8,8	7,8	27,4	10,1
Чернозем южный. Разрез 5							
A	(0-16)	10,5	11,9	8,1	20,9	8,5	3,1
AB	(20-30)	2,7	18,3	8,5	7,0	12,4	3,8
B <sub>1</sub>	(45-55)	2,5	19,3	8,7	5,4	6,3	2,7
B <sub>2</sub>	(65-75)	2,4	19,3	8,8	5,4	9,1	3,7
BC	(80-103)	2	22,9	8,9	3,9	6,1	3,1
Чернозем южный. Разрез 6							
A <sub>T</sub>	(0-5)	19,8	9,0	7,1	59,0	15,0	3,6
A'	(7-17)	12,1	13,8	8	32,6	11,1	3,5
A''	(18-28)	8,7	19,0	8,2	35,7	14,7	9,7
AB	(36-46)	6,4	23,8	8,2	28,7	24,4	7,5
BC	(62-78)	4,7	52,0	8,4	11,6	22,3	9,0
Темно-каштановая. Разрез 7							
A <sub>d</sub>	(0-5)	6,3	6,7	7,2	29,5	10,6	3,6
A	(5-15)	5,1	5,7	7,5	23,3	15,4	4,8
AB	(18-28)	4,2	25,1	8,2	17,1	18,9	9,6
CD	(> 35)	2,1	25,8	8,6	7,8	17,5	10,1

В рассмотренных почвенных разрезах наибольшее содержание карбонатов в го-

ризонте их максимальной аккумуляции достигает 52,0% и в среднем равно

14,7±0,9% при коэффициенте вариации 65,9%. Высокие концентрации карбонатов выявлены в черноземах южных и темно-каштановых почвах.

Наибольшее накопление карбонатов в исследуемых почвах свойственно горизонтам, где они встречаются в форме пропитки и корочек на нижней поверхности щебня, гальки, валунов. В меньшем количестве карбонаты накапливаются в горизонтах, где они находятся в псевдомицелиарной форме.

**Органическое вещество.** Для горно-лесных черноземовидных почв долины характерен довольно мощный гумусовый горизонт, в среднем достигающий 30-40 см, с содержанием гумуса до 17,1%. В среднем в горизонте А содержание гумуса составляет 9,9±1,6%.

Относительно равномерное распределение гумуса в обыкновенных черноземах наблюдается в аккумулятивно-иллювиальных горизонтах. Содержание гумуса в них колеблется от 0,7 до 11,8% при мощности А горизонта 20±8 см. Максимальные значения характерны для дерновых горизонтов. Немного ниже содержание гумуса в верхнем горизонте пахотных почв. В среднем концентрация гумуса составляет 5,1±0,3%.

Черноземы южные характеризуются маломощным и среднемощным гумусовым горизонтом. В большинстве разрезов содержание гумуса в иллювиальном горизонте резко снижается. Количество его в верхнем слое в среднем составляет 4,1±0,5% с варьированием от 0,2 до 17,1% в дерновых горизонтах.

Темно-каштановые почвы характеризуются относительно равномерным распределением гумуса по профилю. Мощность гумусосферы рассматриваемых почв равна 15±8 см. В горизонте А содержание

гумуса 4,3±0,4 %, при колебаниях от 2,8 до 6,8%.

В среднем запасы гумуса в 40-сантиметровом слое почв долины Средней Катунки небольшие – примерно 65 т/га. Запасы наземной и подземной фитомассы соответствуют запасам фитомассы зоны сухих степей – 4-5 ц/га [7].

**Гранулометрический состав.** Так как почвы долины Средней Катунки формируются в основном на песчаных, супесчаных аллювиальных отложениях террас, конусов выноса и делювиальных склонов, то в составе мелкозема почв (< 1 см) преобладают фракции крупного, мелкого и среднего песка.

Содержание пылеватой фракции находится в пределах первых десяти процентов. Фракция физической глины равна 17,1±1,0% при существенном варьировании от 0,9-63,4%. Содержание илистой фракции очень низкое и достигает всего лишь 5,6±0,4% (табл. 1, 2).

**Микроэлементы**

**в почвах долины Средней Катунки**

**Цинк.** В почвах исследуемой территории распределение цинка по профилю равномерное. Средняя концентрация валового цинка в изученных почвах не превышает ПДК. Гумусово-аккумулятивному горизонту ряда разрезов свойственно биогенное накопление (рис. 1, табл. 3).

**Кобальт.** В черноземах обыкновенных и горно-лесных черноземовидных почвах подтверждается зависимость между содержанием валового кобальта в гумусовом горизонте и в почвообразующих породах, значения которых соответствуют и немного превышают значения регионального фона почв Горного Алтая 15,8±0,2 мг/кг (рис. 1, табл. 3) [3].

Таблица 2

*Вариационно-статистические параметры содержания фракций мелкозема в почвах долины Средней Катунки*

Фракции, мм	n	lim	X ± x	V
		%		
1-0,25	123	1,5-83,5	31,0± 1,7	59,9
0,25-0,05	123	1,1-72,7	34,3± 1,1	35,3
0,05-0,01	123	2,2-48,9	17,7± 0,9	59,3
0,01-0,005	123	0,3-15,7	5,2± 0,3	66,2
0,05-0,001	123	0,5-26,5	6,2±0,4	70,1
< 0,001	123	0,0 -21,3	5,6± 0,4	83,5
< 0,01	123	0,9-63,4	17,1± 1,0	63,9

Примечание. n – число образцов; lim – лимиты; X – средняя арифметическая; x – ошибка средней арифметической; V – коэффициент вариации.

В черноземах южных отмечается накопление данного элемента в иллювиальном горизонте. Более высокие концентрации кобальта, по сравнению с другими типами и подтипами почв долины Средней Катуни, выявлены в темно-каштановых почвах. По профилю наблюдается увеличение содержания элемента (рис. 1, табл. 3).

**Свинец.** Содержание свинца в почвах исследуемого района находится в пределах фоновых значений и существенно ниже ПДК свинца для почв. В горно-лесных черноземовидных почвах отмечается увеличение содержания элемента по профилю. Для черноземов обыкновенных и южных характерны аккумуляции элемента в гумусовом горизонте. В темно-каштановых почвах концентрации свинца, как и для кобальта, относительно высокие и прослеживается зависимость между гумусово-аккумулятивным горизонтом и почвообразующими породами (рис. 1, табл. 3).

**Медь.** Концентрация меди в почвах долины Средней Катуни существенно ниже ПДК в почвах. В целом содержание меди соответствует и немного превышает региональный фон элемента в почвах Горного Алтая и Западной Сибири. По профилю распределение элемента равномерное. В ряде почв обнаруживается аккумуляция элемента в верхнем горизонте (рис. 1, табл. 3).

**Ртуть.** Содержание ртути в почвенном покрове долины существенно ниже ПДК элемента для почв, и находится в пределах фоновых величин. В профиле горно-лесных черноземовидных почв, черноземов обыкновенных и темно-каштановых почв отмечается накопление элемента в иллювиальном горизонте. Для черноземов южных свойственно увеличение содержания ртути вниз по профилю (рис. 2, табл. 3).

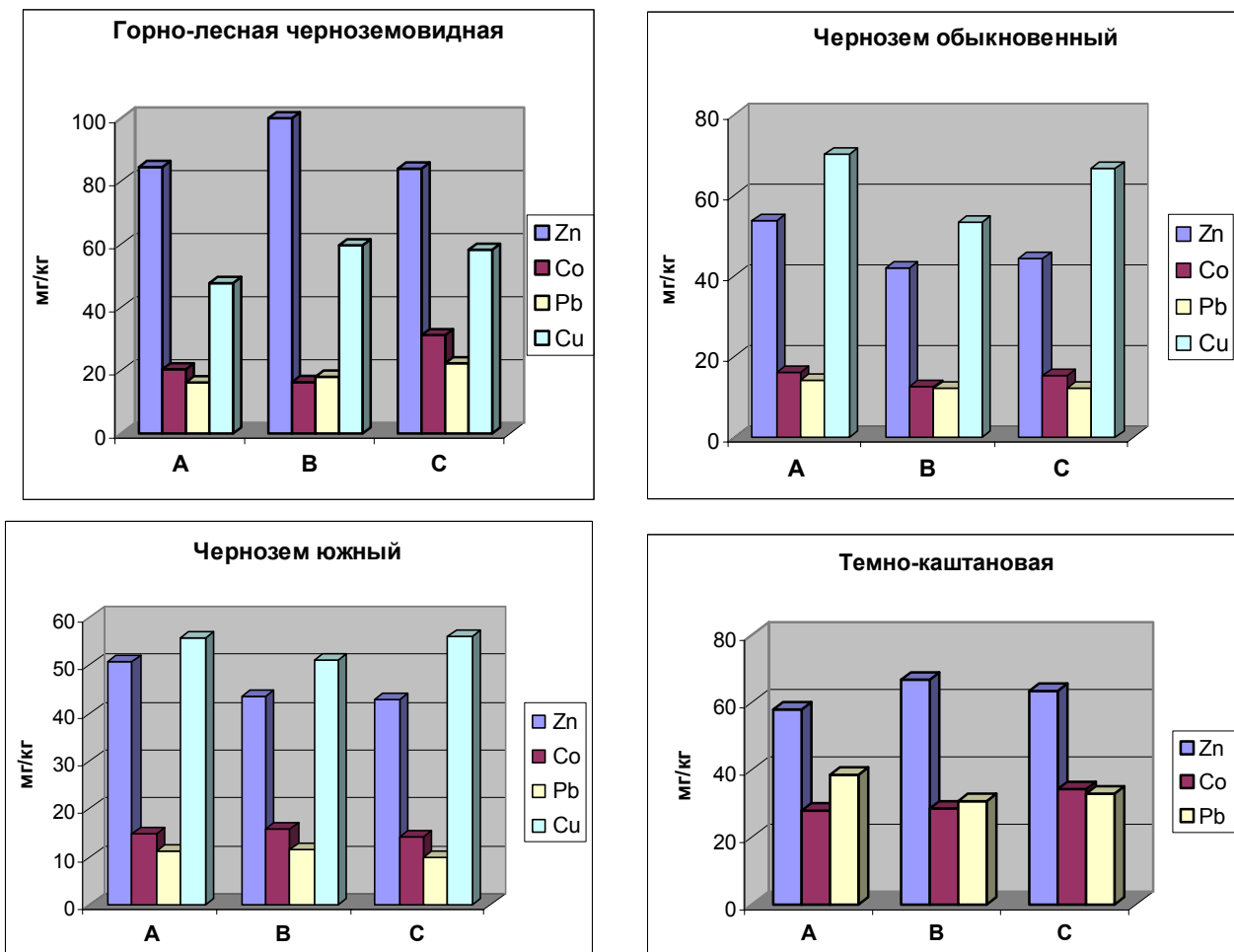


Рис. 1. Содержание микроэлементов в почвах долины Средней Катуни по генетическим горизонтам

Вариационно-статистические параметры концентрации микроэлементов в почвах долины Средней Катуни

Химический элемент	Долина Средней Катуни		ПДК [8]	В почвах мира [9]	Западная Сибирь [10]	Кларк в земной коре [11]
	lim	$\bar{X} \pm \bar{x}$				
мг/кг						
Цинк	20-200	63,0±5,1	300	61,5	73	83,0
Кобальт	10-60	22,2±1,5	50	8,5	13	18,0
Свинец	9-80	21,6±1,7	100	25	16,4	16,0
Медь	35-100	58,9±2,0	100	20	33,8	47,0
Ртуть	0,1-1,8	0,2±0,0	2	0,4	0,023	0,083

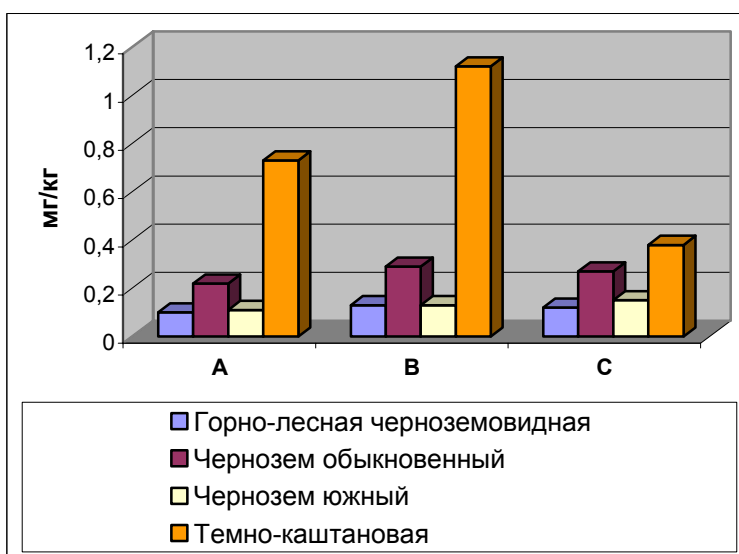


Рис. 2. Содержание ртути в почвах долины Средней Катуни по генетическим горизонтам

**Радионуклиды**

**в почвах долины Средней Катуни**

**Уран.** В почвах долины Средней Катуни содержание <sup>238</sup>U и его распределение по профилю разнообразны. Удельная активность <sup>238</sup>U в почвах долины варьирует от 15,2 до 67,8 Бк/кг и в среднем составляет 25,0±1,4 Бк/кг. В черноземах обыкновенных наблюдается аккумуляция в верхних горизонтах, а черноземах южных происходит накопление и в иллювиальных горизонтах почвы. В темно-каштановых почвах распределение <sup>238</sup>U равномерное по профилю (табл. 4, рис. 3).

**Торий.** В черноземах обыкновенных долины Средней Катуни <sup>232</sup>Th по профилю распределяется равномерно. В каштановых почвах и черноземах южных наблюдается уменьшение удельной активности радионуклида с глубиной, что коррелирует с содержанием гумуса данных почв. Средняя концентрация <sup>232</sup>Th в почвах исследуемой территории составляет 15,1±0,6 Бк/кг, которая превышает среднее содержание в почвенном покрове России в два раза [13], при распространении от 6,9 до 24,4 Бк/кг, что ниже кларков в земной коре [14] и в почве (табл. 4, рис. 3).

Таблица 4

Концентрация основных естественных радиоизотопов и Cs-137 в почвах долины Средней Катуни

Элемент	Почвы долины Средней Катуни		Мировой почвенный фон [12]
	Бк/кг		
<sup>40</sup> K	360,0±7,7 (235-455)		370
<sup>232</sup> Th	15,1±0,6 (6,9-24,4)		25
<sup>238</sup> U	25,0±1,4 (15,2-67,8)		25
<sup>137</sup> Cs	14,9±(3,0-69,0)		15

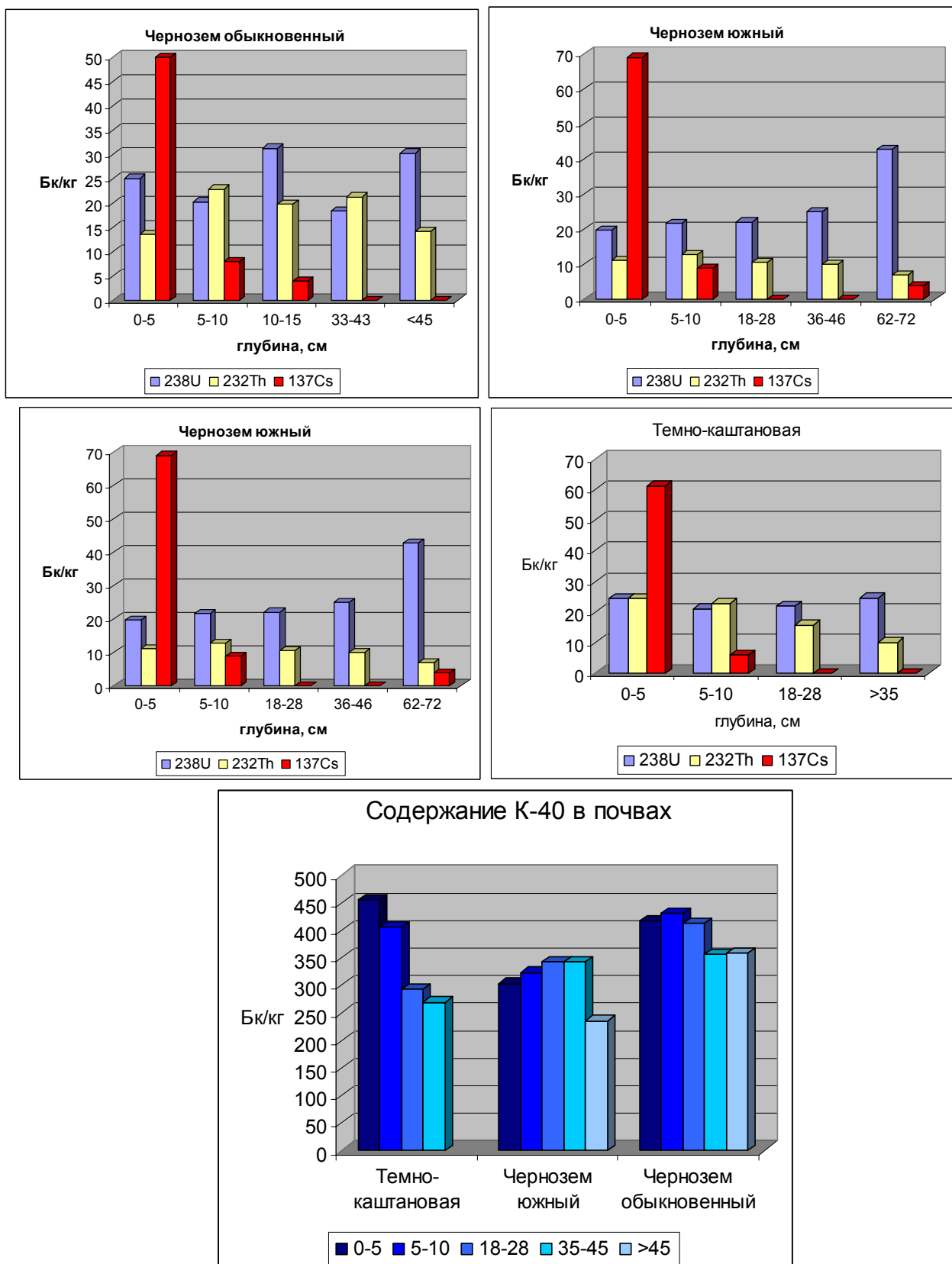


Рис. 3. Содержания естественных радионуклидов и цезия-137 в почвах долины Средней Катунин

**Калий.** Равномерно распределен <sup>40</sup>K в черноземах обыкновенных и черноземах южных, но в некоторых разрезах прослеживается аккумулятивно-иллювиальное распределения радионуклида. В темно-

каштановых почвах содержание <sup>40</sup>K, как и <sup>232</sup>Th, уменьшается вниз по профилю и коррелирует с содержанием гумуса в данном подтипе почвы. Концентрация радионуклида в почвах долины колеблется

от 235 до 455 Бк/кг, в среднем –  $360 \pm 7,7$  Бк/кг, что почти равна кларку в почвах [15] и ниже мирового фона почв (табл. 4, рис. 3).

**Цезий-137.** Распределение  $^{137}\text{Cs}$  по профилю во всех исследованных типах почв одинаково. В зависимости от свойств почв основной запас  $^{137}\text{Cs}$  сосредоточен в верхнем 5- или 10-сантиметровом слое гумусового горизонта целинных почв и на глубине 15-20 см в пахотных почвах. Удельная активность радионуклида в пахотных почвах незначительна и колеблется от 0 до 11,0 Бк/кг, а в нескольких образцах дерновых горизонтов (0-5 см) активность составляет 61 и 69 Бк/кг, что соответствует фону Горного Алтая [16]. В иллювиальном горизонте и почвообразующей породе Cs-137 не обнаружен (табл. 4, рис. 3).

### Выводы

1. Основу структуры почвенного покрова долины образуют следующие типы и подтипы почв: горно-лесные черноземовидные, черноземы обыкновенные, черноземы южные и каштановые.

2. Разнотипные почвы долины Средней Катунь относятся к средне- и высокогумусным, состав гумуса преимущественно фульватно-гуматный, за исключением каштановых почв, отличающихся гуматно-фульватной природой качественного состава гумуса, характеризуются слабощелочной и щелочной реакцией среды, легким гранулометрическим составом, высоким содержанием карбонатов.

3. Уровень содержания тяжелых металлов в исследованных почвах не превышает фоновых значений.

4. Удельная активность естественных радионуклидов  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  и искусственного радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в почвах долины не превышает среднего уровня удельной активности почв мира.

5. Эколого-биогеохимическую обстановку в районе исследований можно квалифицировать как фоновую.

### Библиографический список

1. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в почвах Западной Сибири / В.Б. Ильин // Почвоведение. 1987. № 11. С. 87-94.  
2. Сухова М.Г. Климаты ландшафтов Горного Алтая и их оценка для жизнедеятельности человека / М.Г. Сухова, В.И. Русанов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 150 с.

3. Мальгин М.А. Биогеохимия микроэлементов в Горном Алтае / М.А. Мальгин. Новосибирск: Наука, 1978. 272 с.

4. Почвы Горно-Алтайской автономной области. Новосибирск: Наука, 1973. 351 с.

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

6. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. М.: Изд-во МГУ, 1970. 488 с.

7. Отчет по теме «Изучение водохозяйственного, гидрохимического и экологического состояния рек бассейна Верхней Оби». (Раздел 3: Природные условия зоны Крапивинского водохранилища). Новосибирск; Барнаул; Томск: ИВЭП СО РАН, ИПА, 1990. 92 с.

8. Kloke A. Richtwerte'80. Orientierungsdaten für tolerierbare einiger Elemente in Kulturboden / Mitteilungen des VDLUFA. 1980. Н. 1-3. S. 9.

9. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. М.: Мир, 1989. 439 с.

10. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири / А.И. Сысо. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 277 с.

11. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры / А.П. Виноградов // Геохимия. 1962. № 7. С. 555-571.

12. Ковда В.А. Почвоведение. Ч. 1. / В.А. Ковда, Б.Г. Розанов. М.: Высш. шк., 1988. 400 с.

13. Титаева И.А. Геохимия природных радиоактивных рядов распада / И.А. Титаева. М.: ГЭОС, 2005. 226 с.

14. Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере: миграция и биологическое действие на популяции и биогеоценозы / Р.М. Алексахин, Н.П. Архипов, Р.М. Бархударов и др. М.: Наука, 1990. 368 с.

15. Радиобиология / А.Д. Белов, В.А. Киршин, Н.П. Лысенко, В.В. Пак и др.; под ред. А.Д. Белова. М.: Колос, 1999. 384 с.

16. Силантьев А.Н. Вертикальная миграция в почве радионуклидов, выпавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС / А.Н. Силантьев, И.Г. Шкуратова, Ц.И. Бобовникова // Атомная энергия. 1989. Т. 66. Вып. 3. С. 194-197.

