

БИОГЕОХИМИЯ ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ

А.В. Салтыков

Статья посвящена описанию биогеохимической обстановки текстурно-дифференцированных почв Алтае-Саянской горной страны. Описание биогеохимических процессов основано на литературных источниках и данных лаборатории биогеохимии ИВЭП СО РАН. Впервые для этой территории используется классификация почв 1997 года.

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ

Прежде чем перейти к рассмотрению биогеохимической обстановки в текстурно-дифференцированных почвах исследуемой территории ознакомимся с их морфологическими признаками. Это необходимо сделать, чтобы избежать недоразумений, так как определение и описание проводилось с учётом классификации почв 1997 года [1].

Текстурно-дифференцированные почвы на территории Кузнецкого Алатау, Салаирского кряжа, Горной Шории и Алтая формируются на бурых бескарбонатных глинах [2] под хвойными и производными им лесами. Эта территория характеризуется более тёплым и влажным климатом. Среднегодовые температуры в основном положительные. Почвы здесь промерзают незначительно, в многоснежные зимы не промерзают вовсе [3, 4].

Текстурно-дифференцированные почвы исследуемой территории представлены подзолистыми типичными, дерново-подзолистыми типичными и глееватыми, а также серыми типичными почвами.

Подзолистые типичные почвы развиваются только на северных склонах хребтов Кузнецкого Алатау под осиново-пихтовыми разнотравными лесами на бурых бескарбонатных глинах. Почвенный профиль типичного подтипа этих почв выглядит следующим образом:

О (0-5 см) – подстилка из полуразложившихся и оторфованных листьев, хвои и травы.

EL (5-17 см) – белёсый (в нижней части белесовато-бурый), плитчатый, легкосуглинистый, рыхлый горизонт с многочисленными корнями растений.

ELBT (17-68 см) – серый, плитчатый, легкосуглинистый, уплотнённый горизонт с корнями растений и буроватыми пятнами.

BT (68-128 см) – буровато-желтоватый, комковатый (в нижней части ореховатый), среднесуглинистый, плотный горизонт с кор-

нями растений, кремнезёмистой присыпкой и гумусовыми кутанами.

BTC (128-160 см) – буровато-жёлтый, крупноореховатый, среднесуглинистый, плотный горизонт с корнями растений и гумусовыми кутанами.

Основные свойства этих почв (содержание гумуса, ила, обменных оснований и обменная кислотность) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные свойства подзолистых типичных почв

Горизонт	Гумус	Ил	S	H _{об}
	%	%	мг-экв / 100 г	
O	...	1,6-3,6	11,3-12,5	0,5-0,8
EL	2,6-5,4	11,3-15,5	1,5-2,1	4,2-7,3
ELBT	1,2-1,7	16,4-16,8	1,6-2,2	1,9-4,5
BT	0,5-0,9	35,0-47,1	4,4-5,3	1,2-1,5
BTC	0,1-0,4	33,5-37,8	5,4-6,1	0,8-1,1

Более широкое распространение имеют дерново-подзолистые почвы, которые представлены на данной территории типичными и глееватыми подтипами.

Дерново-подзолистые типичные почвы занимают западные и северо-западные экспозиции склонов хребтов, формируясь под пихтовыми, берёзово-пихтовыми и осиново-берёзово-пихтовыми разнотравно-папоротниково-злаковыми лесами. Глееватый подтип этих почв располагается в более увлажнённых местах с небольшим периодическим застаиванием воды в весенний и осенний период.

Профиль дерново-подзолистых типичных почв в отличие от подзолистых типичных почв имеет светлогумусовый горизонт в верхней части:

AУ (0-4 см) – серый с буроватым оттенком, мелкокомковатый, легкосуглинистый и рыхлый горизонт с многочисленными корнями растений.

БИОГЕОХИМИЯ ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ

AEL (4-17 см) – белесовато-серый, пластинчатый, легкосуглинистый, очень рыхлый горизонт с многочисленными корнями растений.

EL (17-57 см) – серовато-белёсый (в нижней части белёсый), пластинчатый (в нижней части ореховато-пластинчатый), легкосуглинистый, очень рыхлый горизонт с корнями растений и буроватыми пятнами.

ELBT (57-70 см) – буровато-серый с белёсым оттенком, ореховатый, легкосуглинистый, уплотнённый горизонт с белесоватыми пятнами и гумусовыми кутанами.

BT (70-160 см) – бурый (в нижней части жёлто-бурый), ореховатый, среднесуглинистый (в нижней части тяжелосуглинистый), очень плотный горизонт с гумусовыми кутанами.

BTC (более 160 см) – жёлто-бурый, бесструктурный, легкоглинистый, плотный горизонт.

Основные свойства типичного подтипа показаны в таблице 2.

Таблица 2
Основные свойства дерново-подзолистых типичных почв

Горизонт	Гумус	Ил	S	H _{об}
	%	%	мг-экв / 100 г	
AY	8,5-9,2	12,2-14,1	11,7-11,9	0,4-0,6
AEL	7,9-6,7	7,0-7,6	9,0-9,3	0,3-0,4
EL	1,5-3,5	11,3-12,2	6,0-6,9	1,4-2,8
ELBT	0,7-0,8	28,3-29,1	9,4-9,6	2,0-2,4
BT	0,6-1,0	37,0-40,5	13,6-13,9	0,3-0,9
BTC	0,3-0,5	38,1-39,2	14,0-15,2	0,1-0,2

В отличие от типичного подтипа дерново-подзолистые глееватые почвы в нижней части профиля содержат сизые и ржавые пятна оглеения:

O (0-1 см) – бурая полуразложившаяся подстилка из хвои, листьев и травы.

AY (1-8 см) – буровато-серый, мелкокомковатый, легкосуглинистый, рыхлый горизонт, сильно пронизанный корнями растений.

EL (8-51 см) – белесоватый (в нижней части белёсый), комковато-пластинчатый, легкосуглинистый, уплотнённый горизонт, пронизанный корнями растений.

BT (51-155 см) – бурый, ореховато-крупнокомковатый (в средней части ореховатый, а в нижней части призматически-ореховатый), среднесуглинистый (в нижней части тяжелосуглинистый), плотный горизонт с корнями растений, гумусовыми кутанами и сизыми и ржавыми пятнами оглеения.

BTC (более 155 см) – буровато-желтоватый, крупнокомковатый, тяжелосуглинистый, плотный горизонт.

Характеристика основных свойств этих почв приведена в таблице 3.

Таблица 3
Основные свойства дерново-подзолистых глееватых почв

Горизонт	Гумус	Ил	S	H _{об}
	%	%	мг-экв / 100 г	
O	...	...	22,0-22,3	0,8-0,9
AY	5,0-5,4	7,5-8,3	7,6-7,8	1,1-1,3
EL	1,2-4,3	7,4-14,9	3,1-4,1	1,2-3,3
BT	0,6-1,0	12,5-41,2	11,2-14,0	0,4-3,7
BTC	0,5-0,6	41,2-41,5	14,4-14,5	0,2-0,3

Серые типичные почвы встречаются под лесами со светолюбивыми древесными породами (берёзово-сосновые, берёзово-пихтово-кедровые) в нижних частях склонов хребтов.

Морфология почвенного профиля отличается от предыдущих типов почв присутствием гумусово-элювиального горизонта, без ярко выраженного элювиального горизонта:

AY (0-41 см) – серый, пылевато-мелкокомковатый (в нижней части комковатый), легкосуглинистый, свежий, рыхлый (с глубиной уплотняющийся) горизонт с обилием корней.

AEL (41-53 см) – буровато-светло-серый, легкосуглинистый, крупнокомковатый (2,0-2,5 см), уплотнённый горизонт с редкими корнями.

ELBT (53-63 см) – светло-бурый, белесоватый, легкосуглинистый, крупнокомковатый, рыхлый горизонт с гумусовыми затеками по корням.

BT (63-170 см) – желтовато-бурый (с глубиной более желтеющий), ореховато-призматический (в нижней части призматический), среднесуглинистый (в нижней части тяжелосуглинистый), плотный горизонт с бурыми пленками и кремнезёмистой присыпкой.

BTC (более 170 см) – более светлый, пористый, глыбистый, тяжелосуглинистый, влажный, пластичный горизонт со слабыми кутанами.

Как и для всех предыдущих почв, основные свойства представим в виде таблицы 4.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЧВАХ

В любой почве протекают три основных биогеохимических процесса: поступление,

перераспределение и выведение химических элементов.

Поступление химических элементов происходит за счёт опада растений и выветривания почвообразующих пород, кроме этого небольшая часть элементов поступает в результате азотфиксации, дыхания почвенных микроорганизмов и животных, атмосферных осадков, корневых выделений растений и др.

Таблица 4

Основные свойства серых типичных почв

Горизонт	Гумус	Ил	S	H _{об}
	%		мг-экв / 100 г	
AУ	4,7-8,1	7,0-10,7	15,2-16,9	0,3-0,4
AEL	2,1-2,3	14,9-15,1	10,4-11,9	0,7-0,8
ELBT	1,2-1,4	16,1-16,3	12,3-12,7	1,1-1,3
BT	0,8-1,6	18,3-38,4	16,8-18,3	1,3-1,5
BTC	0,4-0,6	42,8-43,1	19,7-23,1	0,4-0,5

Перераспределение химических элементов происходит в результате действия таких процессов, как: гумусообразование, элювиирование, иллювиирование др.

Выведение химических элементов происходит под действием почвенно-грунтовых вод в весенне-осенний период, дыхания микроорганизмов, испарения, денитрификации и др.

БИОГЕОХИМИЯ ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВ

В текстурно-дифференцированные почвы, как и в любые другие, поступление химических элементов происходит двумя основными и несколькими дополнительными потоками. К основным потокам относятся: поступление элементов при разложении органических остатков (углерод, азот, водород, кальций, фосфор, калий и другие элементы биогенного происхождения) и в результате деструкции минералов почвообразующих пород (кремний, алюминий, железо, титан и другие элементы литогенного происхождения). Дополнительные потоки представляют собой поступление элементов с атмосферными осадками (азот, водород и другие элементы, содержащиеся в атмосфере), пылью и др.

Растительные остатки на территории текстурно-дифференцированных почв представлены хвоей, листьями и ветками древесных пород, а также надземной и подземной частью травянистых растений. В целом на поверхность подзолистых типичных почв поступает до 0,05 кг/м² отмершего растительного материала, на поверхность дерново-

подзолистых типичных и глееватых почв – около 0,10 кг/м², что касается серых типичных почв, то для них этот показатель увеличивается до 0,53 кг/м². Вся поступающая масса органического вещества очень быстро разрушается, так что на поверхности почвенного профиля почти нет подстилки. Это происходит по ряду причин. Во-первых, текстурно-дифференцированные почвы формируются в условиях влажного и тёплого климата, где количество осадков колеблется от 700 до 1000 мм в год, а среднегодовые температуры воздуха в основном положительные [4], поэтому даже зимой под слоем снега, который достигает 2 м, происходит активная деятельность сапрофитов [3]. Во-вторых, среди микроорганизмов, населяющих подстилку, огромное количество целлюлозоразрушителей [3]. В третьих, сам по себе опад пихты сибирской, основной хвойной породы, и других лиственных пород, а также травянистых растений достаточно легко разлагается, в отличие от опада ели сибирской, сосны сибирской и обыкновенной.

Количество поступающего в почву элемента из растительного материала зависит от вида растения, в состав которого он входил. Так с опадом лиственных пород больше привносится азота, фосфора, кальция, магния, марганца, меди, а с опадом хвойных пород – калия, железа (табл. 5).

Таблица 5

Количество элементов, поступающих с 1 кг опада древесных пород

Элементы	Количество, мг	
	лиственные	хвойные
Азот	до 11400	до 6000
Фосфор	до 1300	до 900
Калий	до 10900	до 11500
Кальций	до 7000	до 4600
Магний	до 1500	до 1300
Железо	до 50	до 70
Марганец	до 120	до 70
Медь	до 4	до 2
Цинк	до 32	до 30
Кобальт	до 0,6	до 0,5

Основная масса элементов поступает с опадом травянистых растений. Среди всех семейств, произрастающих на территории текстурно-дифференцированных почв, розовые в большей степени обогащают почвы марганцем, свинцом и кадмием; крапивные – свинцом, бериллием и ртутью; яснот-

БИОГЕОХИМИЯ ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ

ковые – медью и ртутью; астровые – цинком, мышьяком и бериллием (табл. 6) [5].

Не меньший вклад в поступление элементов вносят мхи, которые развивают здесь достаточно большую массу (до 0,15 кг/м²). С 1 кг опада мхов в почву поступает следующее

количество элементов: до 3500 мг азота, до 700 мг фосфора, до 8000 мг калия, до 2100 мг кальция, до 600 мг магния, до 800 мг железа, до 400 мг марганца, до 4 мг меди, до 2 мг кобальта и других элементов.

Таблица 6

Количество элементов, поступающее с 1 кг опада травянистых растений

Элементы	Количество, мг					
	Розоцветные	Крапивные	Бобовые	Яснотковые	Мятликовые	Астровые
Марганец	до 180	до 110	до 85	до 120	до 55	до 80
Цинк	до 50	до 30	до 30	до 50	до 55	до 80
Медь	до 10	до 10	до 15	до 20	до 3,5	до 15
Свинец	до 4	до 4	до 2,5	до 3	до 1	до 2,5
Кадмий	до 0,09	до 0,005	до 0,04	до 0,04	до 0,04	до 0,08
Мышьяк	до 0,05	до 0,005	до 0,04	до 0,04	до 0,04	до 0,08
Бериллий	до 0,003	до 0,02	до 0,0001	до 0,01	до 0,04	до 0,02
Ртуть	до 0,02	до 0,03	до 0,009	до 0,03	до 0,015	до 0,03

В процессе разложения органического материала попавшего на поверхность (растительные и животные остатки) и внутрь (корни растений и микроорганизмы) почвы происходит разделение основного потока биофильных и органофильных элементов на несколько составляющих. Одна часть элементов, входящих в состав сложных макромолекул, используется микроорганизмами [6], вследствие чего происходит аккумуляция этих элементов в гумусовых горизонтах текстурно-дифференцированных почв, впрочем, некоторая часть углерода улетучивается в процессе дыхания (до 28700 мг/м² в сутки) [7] или мигрирует в результате пассивного или активного перемещения микроорганизмов [8]. После разложения этих микроорганизмов органическое вещество, составляющее их тела, преобразуется в процессе гумификации в гумусовые вещества. При этом часть элементов идёт на образование фульвокислот, которые мигрируют вниз по профилю. Это особенно характерно для подзолистых и в меньшей степени для серых почв. Другая часть элементов участвует в образовании гуминовых кислот, гумина и других мало подвижных гумусовых веществ, что ведёт снова к аккумуляции этих элементов в гумусовых горизонтах. Этот процесс преобладает в серых типичных почвах и в меньшей степени в дерново-подзолистых типичных и глееватых, и особенно подзолистых типичных почвах Алтае-Саянской горной страны. В результате этого механизма в исследуемых почвах происходит увеличение содержания таких элементов как: бериллий, кобальт, хром, медь, ртуть, марганец, молибден, ниобий и некоторые другие (табл. 7). Третья часть элементов

при разложении образует легкорастворимые соединения, и, мигрируя в виде ионов вниз по профилю, образует общий поток с фульвокислотами. В ходе этой миграции происходит сорбция свободных ионов в ППК.

Таблица 7

Количество элементов, содержащееся в гумусовых горизонтах текстурно-дифференцированных почв

Элементы	Содержание, мг/кг		
	Дерново-подзолистые		Серые типичные
	типичные	глееватые	
Серебро	до 0,03	до 0,03	до 0,03
Бериллий	до 3	до 2	до 3
Кобальт	до 30	до 25	до 25
Хром	до 80	до 150	
Медь	до 54	до 40	до 45
Ртуть	до 0,12	до 0,09	до 0,07
Марганец	до 940	до 1000	до 800
Молибден	до 4,7	до 2,5	до 3,5
Ниобий	до 30	до 20	до 20
Никель	до 60	до 30	до 50
Фосфор	до 900	до 600	до 600
Свинец	до 30	до 25	до 30
Скандий	до 15	до 15	до 20
Олово	до 5	до 4,5	до 2
Стронций	до 300	до 300	до 200
Ванадий	до 110	до 90	до 150
Иттрий	до 30	до 30	до 50
Цинк	до 55	до 50	до 50
Цирконий	до 310	до 200	до 400
Кальций	до 20000	...	...

Основная доля свободных и адсорбированных ионов поглощается корнями растений и выносится из почвенного профиля, что бы

потом с отмершей наземной или подземной массой снова вернуться в почву.

Проникновение элементов биогенного происхождения внутрь профиля происходит также в результате деятельности гигантских дождевых червей родов *Allolobophora* и *Eisenia*, которые обитают в текстурно-дифференцированных почвах. Они питаются наземными растительными остатками и проделывают в профиле почв очень глубокие (до 3-5 м) норы, куда и затаскивают их. Кроме того, копролиты этих червей богаты гумусовыми веществами, азотом, калием и фосфором [9, 3].

Мигрирующие фульвокислоты, ионы соляной кислоты и некоторые органические кислоты [10] и аминокислоты [11], которые выделяют растения, а также кислоты, выделяемые надземной массой хвойных древесных пород и смываемые атмосферными осадками в почву [12], являются одной из причин появления другого основного потока поступления элементов в почву. Он появляется в результате деструкции минералов почвообразующих пород и высвобождении элементов из кристаллических решёток. Этот процесс протекает под действием физических, химических и биологических факторов.

Физическая деструкция происходит под действием трёх процессов. Первый процесс связан с разницей температур на поверхности породы и в её толще. Второй процесс присущ в основном зернистым породам, в которых происходят процессы расширения и сжатия минеральных зёрен под действием колебаний температур. Третий процесс связан с заполнением трещин, образовавшихся в результате вышеперечисленных причин, водой, которая вследствие замерзания расширяется, разрушая породу [13].

Химическая деструкция происходит также в результате действия трёх процессов — гидратации, окисления и гидролиза. Первый процесс связан с поступающей атмосферной или почвенно-грунтовой водой за счёт дипольности её молекул, под воздействием которых происходит гидратация ионов в кристаллических решётках минералов. Второй процесс в основном происходит в железосодержащих минералах и связан с окислением этого элемента. Гидролиз особенно характерен для текстурно-дифференцированных почв и происходит, как уже было указано под действием органических и минеральных кислот, образующихся при разложении растительных и животных остатков, атмосферных осадков, которые содержат ионы H^+ и HCO_3^- [2], и других причин.

Самым распространённым способом деструкции минералов является деятельность микроорганизмов. По данным Аристовской Т. В. [14], существуют два типа прямого воздействия микроорганизмов на минералы: с помощью ферментов и слизи. С помощью ферментов происходит разрушение минералов, содержащих элементы с переменной валентностью (сульфиды, окислы, гидроокислы и др.). Слизь влияет менее специфично, поэтому имеет большее значение в биологической деструкции минералов.

В результате деструкции минералов происходит высвобождение элементов из их кристаллических решёток. Этот образовавшийся поток свободных ионов далее разделяется на несколько составляющих: одна часть поглощается корнями растений; другая — участвует в синтезе вторичных минералов; третья — адсорбируется почвенным поглощающим комплексом, из которого всё равно в дальнейшем элементы будут употреблены корнями растений. Все элементы поглощаются растениями в виде простых (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} и другие) или сложных ионов ($H_2PO_4^-$ и SO_4^{2-}), которые могут усваиваться корнями в радиусе 20 мм (почвенный раствор) и 2-8 мм (ППК) [11]. Наиболее доступными являются элементы, сорбирующиеся на глинистых частицах, что мы и наблюдаем в текстурно-дифференцированных почвах [15].

Возвращаясь к деструкции, отметим, что при разрушении 1 кг минералов, содержащихся в элювиальном горизонте, в нижнюю часть профиля текстурно-дифференцированных почв поступают почти все элементы, среди которых основную массу занимают кремний, титан, алюминий, железо, марганец и фосфор (табл. 8) [2].

Кроме того, элементы мигрируют не только в виде ионов, но и в составе минералов илистой фракции (гидроглюк, хлоритов, слюда-сметитовых и слюда-вермикулитовых образований и каолинита) [16], которые тоже перемещаются вниз по профилю.

От соотношения процессов синтеза и деструкции минералов зависит распределение элементов во внутрипрофильных горизонтах. Поэтому в элювиальном горизонте, где преобладают процессы деструкции, происходит его обеднение элементами (табл. 9).

Следует отметить, что в дерново-подзолистых глееватых почвах деструкция минералов усугубляется ещё и оглеением, в результате которого элементы с переменной валентностью (кобальт, медь, марганец, молибден и другие) переходят в мобильную форму.

БИОГЕОХИМИЯ ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ

Таблица 8
Количество элементов, поступающее в нижнюю часть профиля при деструкции 1 кг минералов

Элементы	Кол-во, мг	Элементы	Кол-во, мг
Кремний	до 676000	Марганец	до 700
Алюминий	до 200000	Молибден	до 8
Железо	до 77000	Ниобий	до 20
Магний	до 20000	Никель	до 85
Кальций	до 27000	Фосфор	до 500
Серебро	до 0,05	Свинец	до 20
Бериллий	до 3,5	Скандий	до 20
Кобальт	до 35	Олово	до 8
Хром	до 100	Стронций	до 200
Медь	до 55	Цинк	до 85
Ртуть	до 0,1	Ванадий	до 145
Иттрий	до 35		

Таблица 9
Содержание элементов в элювиальных горизонтах исследуемых почв

Элементы	Содержание, мг/кг			
	Подзолистые типичные	Дерново-подзолистые		Серые типичные
		типичные	глееватые	
Серебро	до 0,03	до 0,03	до 0,03	до 0,03
Бериллий	до 2	до 1,5	до 1	до 1
Кобальт	до 20	до 25	до 10	до 15
Хром	до 70	до 70	до 80	
Медь	до 25	до 45	до 20	до 30
Ртуть	до 0,05	до 0,1	до 0,05	до 0,07
Марганец	до 400	до 700	до 400	до 500
Молибден	до 2	до 2,5	до 2	до 3
Ниобий	до 20	до 15	до 10	до 20
Никель	до 25	до 45	до 20	до 35
Фосфор	до 400	до 400	до 300	до 500
Свинец	до 20	до 10	до 10	до 20
Скандий	до 15	до 10	до 10	до 20
Олово	до 2	до 2	до 2	до 2
Стронций	до 200	до 120	до 200	до 200
Барий	до 350	...	...	...
Ванадий	до 80	до 80	до 80	до 120
Иттрий	до 40	до 30	до 10	до 30
Цинк	до 35	до 40	до 40	до 40
Цирконий	до 400	до 200	до 200	до 300

В текстурных горизонтах, напротив, преобладает синтез вторичных минералов, что приводит к иммобилизации элементов в этих горизонтах (табл. 10). Единственным оппонирующим процессом в текстурных горизонтах

является всасывание элементов редкими корнями растений, но их влияние здесь незначительно.

Таблица 10
Содержание элементов в текстурных горизонтах исследуемых почв

Элементы	Содержание, мг/кг			
	Подзолистые типичные	Дерново-подзолистые		Серые типичные
		типичные	глееватые	
Серебро		до 0,04	до 0,03	до 0,03
Бериллий	до 3	до 4	до 3	до 4
Кобальт	до 20	до 35	до 30	до 25
Хром		до 110	до 200	
Медь	до 40	до 55	до 60	до 55
Ртуть	до 0,07	до 0,15	до 0,20	до 0,08
Марганец	до 600	до 800	до 1000	до 800
Молибден	до 4	до 6	до 8	до 3,5
Ниобий	до 20	до 25	до 20	до 30
Никель	до 50	до 90	до 60	до 45
Фосфор	до 400	до 500	до 500	до 600
Свинец	до 25	до 65	до 35	до 30
Скандий	до 20	до 20	до 20	до 30
Олово	до 2	до 7	до 30	до 2
Стронций	до 200	до 300	до 300	до 200
Барий	до 400	...	...	...
Ванадий	до 150	до 210	до 150	до 150
Иттрий	до 60	до 40	до 30	до 60
Цинк	до 45	до 70	до 90	до 60
Цирконий	до 600	до 310	до 300	до 500

Поскольку горные текстурно-дифференцированные почвы развиваются на склонах в гумидных условиях, то не все элементы, поступающие с потоком веществ из верхних горизонтов, успевают аккумулироваться в текстурном горизонте и очень незначительная их часть выносится из почвенного профиля латеральным стоком.

ВЫВОДЫ

1. Используя принципы классификации почв России за 1997 год на территории Алтае-Саянской горной страны, были определены следующие текстурно-дифференцированные почвы: подзолистые типичные, дерново-подзолистые типичные и глееватые, а также серые типичные.

2. Биогеохимия исследуемых почв, как и любых других текстурно-дифференцированных почв, складывается из процессов по-

ступления, перераспределения и выведения элементов.

3. Поступление элементов в почвенный профиль происходит за счёт разложения отмершего органического материала и деструкции минералов почвообразующих пород. С органическими остатками в почву поступает в большей степени азот, фосфор, калий; с продуктами разрушения минералов — бериллий, кобальт, медь, ртуть, марганец, свинец и другие. Существуют ещё другие пути поступления элементов, но они либо незначительные (атмосферные осадки, пыль и другие), либо специализированы на поступление одного элемента (азотификсация).

4. Распределение содержания элементов по почвенным горизонтам определяется суммой оппонирующих процессов, протекающих в них. Содержание элементов в гумусовых горизонтах определяется гумификацией, азотификсацией и другими процессами, направленными на увеличение содержания, а также минерализацией и процессом всасывания корнями растений (оказывает аналогичное воздействие по всему профилю), направленными на снижение содержания элементов. Элювиальный горизонт характеризуется преобладанием деструкции минералов, поэтому содержание в нём элементов всегда пониженное, чем в остальных горизонтах. Обратная ситуация наблюдается в текстурных горизонтах, где преобладает синтез минералов. Это в свою очередь увеличивает поглотительную способность, что также способствует увеличению содержания элементов.

5. Выделение элементов из исследуемых почв происходит с латеральным стоком, но поскольку данные почвы сформировались на мощном плаще глин при участии очень мощного крупнотравья, то в почвенно-грунтовые воды поступает незначительное количество элементов. Также вынос элементов происходит в результате потребления растениями и микроорганизмами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Классификация почв России. — М.: Почвенный институт им. Докучаева РАСХН, 1997. — 236 с.
2. Почвы Горно-Алтайской автономной области. / Под ред. Р.В. Ковалёва. — Новосибирск: Наука, 1973. — 352 с.
3. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. — Новосибирск: Наука, 1975. — 299 с.
4. Мальгин М.А. Биогеохимия микроэлементов в Горном Алтае. — Новосибирск: Наука, 1978. — 272 с.
5. Мальгин М.А., Пузанов А.В., Ельчинова О.А. Тяжёлые металлы и мышьяк в дикорастущих лекарственных растениях Алтая. // Сибирский экологический журнал — 1995, № 6. — С. 12.
6. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. — Л.: Наука, 1980. — 288 с.
7. www.soil.msu.ru/science/MSU2001/p86_87.html // сайт МГУ им. М.В. Ломоносова.
8. Шеин Е.В., Полянский Л.М., Девин Б.А. Перенос микроорганизмов в почве: физико-химический подход и математическое описание. // Почвоведение — 2000. №5. — М.: Наука, — С. 564-573.
9. Глазовская М.А. Гумус в глубоких горизонтах почв атмосферного увлажнения на рыхлых континентальных отложениях. // Почвоведение — 2002. № 5. — М.: Наука. — С. 517-530.
10. www.biology.nm.ru/pit.htm#Pochv. // сайт биологических наук в вузах.
11. www.agromage.com/stats_id.php?id=29 // сайт «Agro Mage».
12. Ермакова О.Д. Трансформация актуальной реакции (рН) дождей растительностью Хамар-Дабана. / Биология — наука XXI века: 6-я Пущинская школа-конференция молодых учёных: сб. тез., Т. 3. — Тула: Изд-во ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 2002. — С. 257.
13. Роде А.А. Почвоведение. — М.: Гослесбумиздат, 1955. — 522 с.
14. Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования. — Л.: Наука, 1980. — 187 с.
15. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. — М.: Мир, 1989. — 439 с.
16. www.bgsha.com/science/eco/r72.htm // сайт Брянской Государственной Сельскохозяйственной Академии.