

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ЧЕРНОЗЕМАХ УЙМОНСКОЙ КОТЛОВИНЫ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛТАЙ)

Д.Н. Балыкин, А.В. Пузанов

В черноземах Уймонской котловины определено валовое содержание микроэлементов, установлен характер их профильного и пространственного распределения. На основании литературных и собственных данных проведен анализ региональных уровней содержания микроэлементов в черноземах. Определены основные свойства и состав почв.

Термин микроэлемент не имеет строгого определения, поскольку он применяется как к элементам, распространенность которых в земной коре низка (чаще всего менее 0,1%), так и к тем, что присутствуют в живом веществе в очень малых количествах [1].

Не смотря на это, микроэлементы являются необходимым источником минерального питания и энергии для организмов биосферы, поэтому играют важную роль в развитии и функционировании биогеоценозов.

Концентрация микроэлементов в почвах является важным условием равновесия системы организм-окружающая среда.

ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЙМОНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Уймонская котловина принадлежит к числу наиболее крупных среднегорных котловин Горного Алтая и находится в пределах Усть-Коксинского административного района (рис.).

По структурно-геоморфологическому районированию котловина относится к внутригорным эрозионно-тектоническим и аккумулятивным впадинам [2].

Горным окаймлением котловины служат два крупных хребта Теректинский и Катунский, ограничивающие котловину, соответственно, с севера и юга. Река Катунь разделяет котловину на две неравные части: левобережную – более обширную и правобережную, которая выражена в виде бухтообразного расширения.

В природно-климатическом отношении котловина характеризуется ярко выраженным континентальным климатом. Количество выпадающих осадков в среднем составляет 461 мм и их распределение по площади происходит неравномерно: борта котловины получают относительно большее количество осадков, чем днище, что обуславливает концентрическую зональность природных комплексов. Наиболее остепненные ландшафты размещаются в центре и несколько сдвинуты в

сторону от "дождевой тени" прилегающих горных хребтов [3].

Коэффициент увлажнения приближается к единице.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основу структуры почвенного покрова Уймонской котловины составляют чернозёмы обыкновенные, развивающиеся на карбонатных суглинках и супесях, подстилаемых песчано-галечниковыми отложениями. В настоящее время естественный почвенный покров практически повсеместно распахан.



Рис. Уймонская котловина:
49-58-точки отбора почвенных проб

Почвенный профиль черноземов обыкновенных состоит из системы следующих горизонтов: Ад (Апах)– А (А^к)–АВ^к–В^к–ВС^к–С–D(R).

Чернозёмы обыкновенные, приуроченные к делювиальным шлейфам, отличаются более мощным профилем, который здесь может быть до 1,5 м, имеют суглинистый гранулометрический состав и меньшую каменистость. При движении от делювиальных шлейфов к днищу котловины уменьшается мощность почвенного профиля черноземов, происходит увеличение фракции физического

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ УЙМОНСКОЙ КОТЛОВИНЫ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛТАЙ)

песка и общей каменности (содержание фракций > 1 мм).

Содержание гумуса в гумусовых горизонтах исследуемых почв составляет 6,0–11,9% и, естественно, снижается в нижележащих горизонтах. Аналогично изменяется емкость поглощения: 20–60 мг-экв/100 грамм почвы – в верхних горизонтах и 3,0–18,0 мг-экв/100 грамм почвы – нижних. Реакция среды изменяется от нейтральной, слабощелочной (рН 6,9–7,9) в гумусовых горизонтах, до щелочной, сильнощелочной в аккумулятивно-карбонатных (рН 8,0–9,0).

Разрезы закладывали на террасах разного уровня и делювиальных шлейфах, а также на конусах выноса крупных рек.

В ходе исследований, отобрано 35 почвенных образцов и 14 образцов включающих почвообразующие и подстилающие породы.

Микроэлементы в почвах определяли количественным плазменно-спектральным анализом, а свойства и состав почв общепринятыми в почвоведении методами [4].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Известно, что почвы в значительной степени наследуют элементный состав пород, на которых они формируются [5, 6, 7].

В таблице 1 приведены данные валового содержания микроэлементов в черноземах обыкновенных и их почвообразующих породах. Можно отметить, что нижние горизонты почвообразующих и подстилающих пород (С, CD и D) и горизонты почв (Ад, АВ, В) имеют практически одинаковое (Cr, Ga, Co, Nb, La, Y, Be, Yb, Bi) или близкое (характерно для большинства других элементов) среднее содержание микроэлементов.

Снижение увлажненности климата приводит к уменьшению миграции элементов в почвенном профиле, способствует сохранению исходного элементного химического состава пород [8].

Тем не менее, в исследуемых почвах относительно почвообразующих и подстилающих пород отмечается более высокое среднее содержание бария, цинка, бора, меди и никеля, а также галлия, бериллия и иттрия, что очевидно обусловлено биологической аккумуляцией элементов.

Сопоставим среднее валовое содержание микроэлементов в черноземах обыкновенных Уймонской котловины с кларками (табл. 1). Концентрации большинства элементов в исследуемых почвах превышают их кларковые величины, что особенно характерно

Таблица 1

Статистические показатели содержания микроэлементов в черноземах обыкновенных (числитель) и их почвообразующих породах (знаменатель)

Элемент	Lim	$\bar{X} \pm \bar{x}$	Кларки*
	мг/кг		
	n – 35/14		
Барий	$\frac{439-918}{353-965}$	$\frac{635 \pm 19}{587 \pm 44}$	500,0
Хром	$\frac{75-135}{86-143}$	$\frac{102 \pm 3}{103 \pm 4}$	200,0
Марганец	$\frac{289-1296}{327-1243}$	$\frac{672 \pm 36}{723 \pm 68}$	850,0
Стронций	$\frac{136-591}{270-672}$	$\frac{258 \pm 3}{488 \pm 5}$	300,0
Ванадий	$\frac{90-312}{103-273}$	$\frac{161 \pm 8}{170 \pm 13}$	100,0
Цирконий	$\frac{99-397}{176-467}$	$\frac{258 \pm 12}{274 \pm 23}$	300,0
Галлий	$\frac{10-19}{11-17}$	$\frac{15 \pm 1}{14 \pm 1}$	30,0
Кобальт	$\frac{10-25}{12-26}$	$\frac{17 \pm 1}{17 \pm 1}$	8,0
Ниобий	$\frac{10-45}{11-40}$	$\frac{21 \pm 2}{21 \pm 2}$...
Скандий	$\frac{11-36}{16-41}$	$\frac{23 \pm 1}{25 \pm 2}$	7,0
Свинец	$\frac{13-30}{13-26}$	$\frac{20 \pm 1}{18 \pm 1}$	10,0
Лантан	$\frac{16-51}{28-49}$	$\frac{34 \pm 1}{35 \pm 2}$	40,0
Иттрий	$\frac{22-38}{22-39}$	$\frac{30 \pm 1}{30 \pm 1}$	50,0
Церий	$\frac{29-72}{44-78}$	$\frac{50 \pm 2}{54 \pm 3}$	30,0
Бор	$\frac{31-56}{26-49}$	$\frac{46 \pm 1}{41 \pm 2}$	10,0
Медь	$\frac{33-87}{32-78}$	$\frac{57 \pm 2}{56 \pm 3}$	20,0
Никель	$\frac{42-101}{52-95}$	$\frac{70 \pm 2}{69 \pm 4}$...
Цинк	$\frac{54-134}{76-106}$	$\frac{96 \pm 3}{90 \pm 2}$	50,0
Бериллий	$\frac{0,65-4,3}{1,5-3,3}$	$\frac{2 \pm 0,1}{2 \pm 0,1}$	6,0
Висмут	$\frac{2-6,8}{4,0-6,6}$	$\frac{5 \pm 0,2}{6 \pm 0,2}$...
Молебден	$\frac{3,5-8,6}{4,4-8,9}$	$\frac{5 \pm 0,2}{6 \pm 0,4}$	2,0
Олово	$\frac{3,5-8,5}{4,6-8,5}$	$\frac{5 \pm 0,2}{6 \pm 0,3}$	10
Иттербий	$\frac{2,7-5,1}{3,3-5,2}$	$\frac{4 \pm 0,1}{4 \pm 0,2}$...

*Кларки элементов в почвах по данным Виноградова А.П. [9]

но для бора, скандия и меди, а также молибдена, свинца, кобальта, цинка, церия, ванадия и бария.

Относительно более низкое содержание характерно для галлия, иттрия, стронция и циркония, а среднее валовое содержание лантана в черноземах Уймонской котловины приближается к кларку.

В целом, среднее валовое содержание многих микроэлементов в исследуемых почвах превышает ориентировочно региональные фоновые уровни микроэлементов в черноземах Приобья, Барабы и Кулунды, за исключением циркония, содержание которого несколько выше в черноземах Приобья (290 мг/кг) [10].

Содержание иттербия, лантана и марганца приближается к фоновым значениям черноземов Приобья (соответственно 3.5, 35 и 650 мг/кг), а содержание бериллия, иттрия, – черноземам Приобья, Барабы и Кулунды (соответственно 2 и 27 мг/кг).

Высокое содержание элементов встречается как в гумусовых горизонтах, так и в горизонтах аккумуляции карбонатов. В гумусовых горизонтах черноземов максимальное содержание бора и висмута: соответственно 53 и 6.8 мг/кг – разрез 53, бария, свинца, фосфора и цинка: 805, 30, 920 и 134 мг/кг – разрез 58; бериллия – 4.3 мг/кг – разрез 52, кобальта, хрома и ванадия 25, 135 и 312 мг/кг – разрез 50; меди 87 мг/кг – разрез 56; галлия 19 мг/кг – разрез 53; марганца 296 мг/кг – разрез 58; ниобия 45 мг/кг – разрез 54; иттрия и иттербия 37–38 и 5.0–5.1 мг/кг – разрезы 57, 58. В горизонтах аккумуляции карбонатов отмечается относительно высокое содержание бора и бария 56 и 918 мг/кг соответственно – разрез 52, висмута 6.6–6.8 мг/кг – разрез 53, 57, лантана, молибдена, иттрия и иттербия 51, 8.6, 37 и 5 мг/кг – разрез 57, фосфора 968 мг/кг – разрез 58, олова 7.8–8.1 мг/кг – разрез 51, 57.

ПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

В почве, как и в любом другом природном объекте, протекают процессы, которые приводят к перераспределению элементов в почвенном профиле. Из всего разнообразия процессов, ведущая роль в распределении микроэлементов принадлежит тем почвенным процессам, которые являются доминирующими.

Например, в подзолистых почвах основным доминирующим процессом является оподзоливание. Следствием этого процесса

является обеднение верхних горизонтов почв, например, такими микроэлементами, как В, Ва, Вг, Сd, Сг, I, Li, Mn, Rb, Se, Sr, V, Zr, с их последующей аккумуляцией в иллювиальных горизонтах. В почвах подзолистого типа почвообразования происходит формирование профиля почв с геохимически контрастными горизонтами и противоположно направленными движениями (восходящие и низходящие) элементов-биофилов [11].

В почвах черноземного типа, основными доминирующими процессами является гумусообразование и биологическая аккумуляция. Продуктом первого процесса является образование специфической органо-минеральной системы почв – гумуса. Это не означает, что в других почвах этот процесс не протекает, здесь он выражен в большей степени. Морфологически это проявляется в мощности гумусовых горизонтов (А+АВ, в исследуемых почвах она колеблется от 20 до 50 см) и количественно в содержании гумуса.

В результате второго процесса при непосредственном участии растительности происходит восходящее движение элементов, прежде всего биофилов, из нижних горизонтов в верхние, где в дальнейшем происходит их аккумуляция гумусовым комплексом.

В черноземах происходит преимущественно однонаправленное движение элементов из нижней части профиля в верхнюю [11].

В целом, в распределении микроэлементов в черноземах обыкновенных Уймонской котловины проявляются некоторые общие закономерности. Например, по содержанию микроэлементов в профиле почв можно выделить два максимума, один из которых характерен для гумусовых горизонтов (А_д, А_{пах}, А, АВ, АВ^к), другой – для аккумулятивно-карбонатных горизонтов В^к.

Приведем примеры распределения некоторых микроэлементов в исследуемых почвах, используя при этом коэффициенты распределения (К) – частное от деления содержания микроэлемента в почве и в почвообразующей породе. Он показывает содержание элемента относительно почвообразующей породы. $K > 1$ свидетельствует об относительном превышении содержания элемента (в табл. 2 значения этих коэффициентов выделены).

Из девяти исследуемых разрезов, подобное распределение обнаруживалось в большинстве случаев у бора, бериллия, меди, галлия, никеля, иттербия, цинка, бария, свинца, скандия, иттрия и ванадия. Как правило, в гумусовых горизонтах черноземов увеличивается концентрация кобальта, церия,

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ УЙМОНСКОЙ КОТЛОВИНЫ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛТАЙ)

Таблица 2

Коэффициенты распределения микроэлементов в черноземах обыкновенных Уймонской котловины

Чернозем обыкновенный среднесуглинистый на щебнисто-песчаных аллювиальных отложениях (разрез 49, делювиальный шлейф)												
Гор.	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ga	Ni	P	Pb	Sn	V	Zn
Ад	1,18	1,48	1,42	1,09	1,19	1,33	1,10	1,94	1,20	0,7 9	1,6 2	0,9
A	1,00	1,05	1,75	1,28	1,19	1,17	1,19	0,96	1,13	1,0 8	2,0 3	1,1 4
AB	1,05	0,96	0,90	0,97	0,78	0,83	0,73	0,78	1,00	1,0 0	0,8 7	0,9 3
B ₁ ^K	1,23	1,21	1,25	1,21	1,06	1,25	1,21	1,45	1,27	0,8 8	1,4 9	1,0 2
B ₃ ^K	1,00	0,61	0,64	0,56	0,43	0,60	1,00	0,81	0,50	1,3 4	0,7 9	0,5 0
C ^K	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,0 0	1,0 0	1,0 0
Чернозем обыкновенный маломощный легкосуглинистый на песчано-галечниковых окарбонатенных аллювиальных отложениях (разрез 58, основание шлейфа, конус выноса)												
A _{пах}	1,13	1,15	0,95	0,97	1,22	1,07	1,14	1,33	1,16	1,0 0	0,8 3	1,4 9
A	1,21	1,04	1,05	1,18	1,28	1,14	1,14	1,28	1,58	0,9 5	1,2 5	1,2 1
B ₁ ^K	0,21	0,83	0,89	0,97	1,97	1,00	1,18	1,34	1,21	1,1 3	0,8 0	1,6 4
B ₂ ^K	0,98	0,98	1,13	1,21	0,91	1,07	1,12	1,45	0,96	1,0 5	1,5 5	0,8 1
BC ^K	1,26	1,04	0,84	0,97	1,69	1,00	0,95	0,96	1,21	1,0 3	0,7 0	1,4 9
CD ^K	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,0 0	1,0 0	1,0 0

Таблица 3

Пространственное распределение микроэлементов в черноземах Уймонской котловины

Элемент рельефа, сопутствующие условия	№ разреза	B	Mn	Nb	Sc	La	Yb
		Пределы колебаний концентраций мг/кг					
делювиальный шлейф	49	40-49	289-563	14-40	11-25	21-41	2,7- 4,3
	50	42-49	301-612	16-26	19-30	29-41	3,1- 4,2
делювиальный шлейф, конус выноса	52	46-56	457-968	10-21	13-36	25-51	3,0- 4,9
	53	40-53	327-819	18-43	17-21	27-30	3,3- 3,7
	56	39-44	476-968	15-34	16-30	26-39	2,8- 4,5
	57	42-49	438-928	10-28	18-35	24-51	3,2- 5,0
днище котловины	51	31-42	612-786	10-30	13-25	16-31	2,8- 4,0
днище котловины, конус выноса	58	44-49	457-1296	10-29	20-33	28-46	3,4- 5,1
	54	42-51	753-968	11-45	21-27	31-36	3,5- 4,4

По-разному ведут себя молибден, ниобий, олово и стронций. В одних случаях молибдена и ниобия больше в верхних горизонтах, а в других – в нижних (K>1).

тах, а в других – в нижних. Олово распределяется в одних случаях равномерно (разрез 50 и 51), в других случаях концентрируется в горизонтах А, (разрез 52), А и В^к (разрез 58). Распределение стронция носит также равномерный характер (разрез 53, 54, 56, 51) и некоторое накопление происходит в горизонте аккумуляции карбонатов В^к в других разрезах.

Более высокая относительная аккумуляция в гумусовых горизонтах ($K > 2$) относительно других элементов у бериллия (разрез 57), марганца (разрез 58), скандия (разрез 52) и ванадия (разрез 49). В гумусовых горизонтах и горизонтах аккумуляции карбонатов высокое содержание ниобия (разрез 54, 56), фосфора (разрез 52), молибдена (разрез 57).

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

Как показано на рисунке в начале статьи, разрезы расположены на различных геоморфологических элементах котловины. Разрезы 52, 53 и 56, 57, 58 находятся на делювиальном шлейфе и непосредственно на конусах выносов рек Бол. Теректы и Кастахты соответственно (рис.). Разрез 54 также находится в пределах конуса выноса р. Бол. Кастахты, но расположен в пределах днища котловины. Разрезы 49 и 50 приурочены к делювиальному шлейфу вдали от крупных водотоков. Разрез 51 находится в пределах днища котловины в 200 м от русла р. Катуня.

Проследим, как изменяется содержание микроэлементов в зависимости от отмеченных выше условий: делювиальный шлейф, днище котловины и близость крупных водотоков.

В таблице 3 приведены пределы колебаний концентраций нескольких микроэлементов, отражающих общее представление их пространственного распределения в исследуемых почвах.

Можно отметить, что содержание микроэлементов, в особенности бора и марганца, заметно возрастает в почвах, находящихся в пределах делювиальных шлейфов и днища котловины в непосредственной близости от конусов выноса крупных рек. Так, содержание бора составляет 31–49 мг/кг в почвах находящихся вне конусов выноса и возрастает до 39–53 мг/кг в его пределах, содержание марганца возрастает соответственно с 289–786 до 327–1296 мг/кг, бария – с 439–677 до 500–918 мг/кг, бериллия – с 0,7–2,5 мг/кг до 1,4–4,3 мг/кг, меди – с 33–75 мг/кг до 44–87 мг/кг, фосфора – с 302–694 мг/кг до 421–968 мг/кг.

Аналогичная тенденция прослеживается в отношении большинства других микроэлементов.

ВЫВОДЫ

Среднее валовое содержание многих микроэлементов почвах Уймонской котловины, в особенности, бора, скандия и меди значительно превышает кларки этих элементов. Относительно более низкое содержание характерно для циркония, галлия и иттрия. Содержание лантана приближается к кларку. Среднее валовое содержание многих элементов в исследуемых почвах выше ориентировочно региональных уровней черноземов Приобья, Барабы и Кулунды. В гумусовых горизонтах самое высокое содержание В, Со, Cr, Cu, Ga, Mn, Nb, Pb, P, V, Y, Yb, Zn, в горизонтах аккумуляции карбонатов В, Bi, La, Mo, P, Sn, Y, Yb и Ba.

В профиле исследуемых черноземов можно выделить два максимума по содержанию элементов, один из которых характерен для гумусовых горизонтов, другой для аккумулятивно-карбонатных.

Содержание микроэлементов заметно возрастает в почвах, находящихся в пределах делювиальных шлейфов и днища котловины, в непосредственной близости от конусов выноса крупных рек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
2. Хмелев В. А. Некоторые особенности развития и основные черты черноземов Уймонской котловины Горного Алтая // Генетические особенности почв Обь-Иртышского междуречья Горного Алтая. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1966. – С. 25–42.
3. Куминова А.В. Растительный покров межгорных котловин Алтае-Саянской Горной области // Географические проблемы использования межгорных котловин Алтае-Саянской Горной области, тезисы. док. Конф. – Барнаул, 1986. – С. 37–38.
4. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. Изд. 2-е, перер. и доп., М.: Моск. унив., 1970. – 487 с.
5. Мальгин М.А. Биогеохимия микроэлементов в Горном Алтае. – Новосибирск: Изд-во Наука СО РАН, 1978. – 271 с.
6. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В. Б. Ильин, А. И. Сысо. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
7. Протасова Н.А., Беляев А. Б. Макро- и микроэлементы в почвах Центрально-черноземной

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ УЙМОНСКОЙ КОТЛОВИНЫ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛТАЙ)

зоны и почвенно-геохимическое районирование её территории // Почвоведение. – 2000, № 2. – С. 204-211.

8. Ильин В.Б., Сысо А.И., Байдина Н.Л. и др. Фоновое количество тяжелых металлов в почвах юга Западной Сибири // Почвоведение. – 2003, № 5. – С. 550-556.

9. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия: Учебник. – М.: Логос, 2000. – 626 с.

10. Сысо А.И., Ильин, В.Б., Черевко А.С. Элементарный химический состав почв юга Западной Сибири и факторы, его определяющие // Сибирский экологический журнал. – 2000, № 3. – С. 305-311.

11. Ильин В.Б. Почвообразование и микроэлементы // Проблемы сибирского почвоведения. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1977. – С. 75-78.