

# МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ГОРНО-ЛЕСНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВИДНЫХ ПОЧВАХ АЛТАЯ

С.Н. Балыкин

*Изучено валовое содержание микроэлементов в черноземовидных почвах Алтая. Пространственное и внутрипрофильное распределение микроэлементов имеет неравномерный характер вследствие неоднородности по гранулометрическому и петрографическому составу почвообразующих пород. Обнаружены локальные превышения предельно допустимых концентраций Mn, Zn, Pb и Mo.*

Ареал распространения горно-лесных черноземовидных почв ограничен среднегорными районами Центрального, частично Юго-восточного и Северного Алтая. Эти почвы формируются здесь под парковыми лиственными, сосновыми и вторичными березовыми травянистыми лесами на элювии, элювио-делювии и делювии, преимущественно, хлоритовых сланцев, богатых основаниями. Почвообразующей породой для черноземовидных почв служат также окаброначенные супесчаные аллювиальные отложения [1].

Черноземовидные почвы наиболее теплого и влажного Северного Алтая представлены их оподзоленными подтипами, в почвенном профиле которых можно выделить следующие генетические горизонты:  $A_d - A - A_1 - A_1A_2 - A_2B - B - BC - C$ .

В Центральном Алтае на склонах юго-восточных, юго-западных и реже северных экспозиций развиваются горно-лесные черноземовидные карбонатные почвы ( $A_d - A - AB^k - B^k - BC^k - C^k$ ).

Выщелоченные подтипы черноземовидных почв, в большинстве случаев, приурочены к склонам северной ориентации Центрального и Северного Алтая. Профиль этих почв состоит из следующих горизонтов:  $A_d - A - AB - B - BC^k - C^k$ .

Черноземовидные почвы характеризуются высокими содержанием гумуса (до 20% в верхней части профиля) и емкостью катионного обмена (до 70-80 мг-экв/100 г. в гумусовых горизонтах). Реакция среды слабокислая – нейтральная. Минимальные показатели pH (5,2-5,3) отмечены в гумусово-элювиальных горизонтах черноземовидных оподзоленных почв. Смещение pH в щелочную сторону (до 8,0-8,4), связанное с присутствием карбонатов (до 16% и более), наблюдается в карбонатных подтипах.

Хорошо развитый травяной ярус оказывает доминирующее воздействие на формирование черноземовидных почв, определяя в

них яркую выраженность дернового процесса [1].

Поступление больших масс растительных остатков и высокая биологическая активность черноземовидных почв, о чем свидетельствует отсутствие или маломощность подстилки, способствует обильному накоплению гумусовых веществ. Элювиально-иллювиальный характер дифференциации почвенного профиля по содержанию илстой фракции и физической глины может быть связан с неоднородностью почвообразующей породы по гранулометрическому составу, а так же с миграцией ила, особенно при оподзоливании. В черноземовидных оподзоленных почвах содержание ила колеблется от 10-20 в гумусовых горизонтах до 40-60% в иллювиальных. В остальных подтипах разница в распределении ила не так выразительна (от 6-10 в  $A$ -, до 20% в  $B$ -горизонтах).

Физико-химические свойства почв определяли общепринятыми в почвоведении [2], микроэлементный состав – методом плазменно-спектрального количественного анализа.

Анализ результатов исследований выполнен на основании 15 полнопрофильных разрезов.

Валовое содержание микроэлементов в черноземовидных почвах Алтая, представленное в таблице 1, варьирует в широких пределах. Это связано с различным гранулометрическим и петрографическим составом почвообразующих пород. Превышения предельно допустимых концентраций обнаружены для Mn, Zn, Pb и Mo, но они имеют локальный характер. В среднем содержание Zn, Se, Pb, Cu, Co, Mo выше кларка этих элементов в почвах мира, Zr, Cr, Sn – ниже, а содержание Mn, La, Ni ему соответствует.

Значения кларка концентрации большинства рассматриваемых микроэлементов равны или приближаются к единице.

Таблица 1

Содержание микроэлементов в черноземовидных почвах Алтая

| Элемент | Lim          | X±x (n=93) | Кларк в<br>Земной коре  | Кларк<br>в почвах мира | Кларк<br>концентрации |
|---------|--------------|------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
|         |              |            | По Виноградову А.П. [3] |                        |                       |
|         | мг/кг        |            |                         |                        |                       |
| Mn      | 100,0-2000,0 | 763,5±36,5 | 1500,0                  | 850,0                  | 0,5                   |
| Zr      | 30,0-467,0   | 223,0±8,7  | 170,0                   | 300,0                  | 1,3                   |
| Cr      | 42,0-400,0   | 98,9±6,7   | 83,0                    | 200,0                  | 1,2                   |
| Zn      | 6,0-169,0    | 70,1±3,5   | 83,0                    | 50,0                   | 0,8                   |
| Ce      | 23,0-159,0   | 67,2±4,4   | 70,0                    | 50,0                   | 1,0                   |
| Pb      | 6,0-123,0    | 25,0±2,2   | 16,0                    | 10,0                   | 1,6                   |
| Nb      | 6,0-118,0    | 23,9±2,0   | 20,0                    | н.д.*                  | 1,2                   |
| Cu      | 20,0-98,0    | 48,5±2,3   | 47,0                    | 20,0                   | 1,0                   |
| La      | 15,0-85,0    | 34,4±2,1   | 29,0                    | 40,0                   | 1,2                   |
| Ni      | 6,0-85,0     | 48,4±1,8   | 58,0                    | 40,0                   | 0,8                   |
| Co      | 3,0-30,0     | 15,7±0,7   | 18,0                    | 8,0                    | 0,9                   |
| Sn      | 2,0-18,0     | 5,1±0,3    | 3,0                     | 10,0                   | 1,7                   |
| Mo      | 1,5-10       | 4,8±0,2    | 1,0                     | 2,0                    | 4,8                   |
| Bi      | 1,7-8,5      | 5,1±0,3    | 0,009                   | н.д.                   | 566,7                 |
| Yb      | 1,8-5,4      | 3,3±0,2    | 0,33                    | н.д.                   | 10,0                  |

\*н.д. – здесь и далее, нет данных

Относительно высокими кларками концентрации характеризуются такие элементы, как Yb и, особенно, Bi. Возможно, кларк концентрации Bi завышен, но, даже если использовать процент распространенности висмута в земной коре по С.Р. Тейлору[3], значение кларка его концентрации снизится незначительно (до 300).

В суглинистых разновидностях черноземовидных почв уровни содержания практически всех микроэлементов выше, чем в супесчаных.

Только для Cr и Cu наблюдалась обратная закономерность (табл. 2).

Вследствие пестроты петрографического состава четвертичных отложений на территории распространения черноземовидных почв, даже в подтипах, сформированных на сходных по гранулометрическому составу породах, содержание микроэлементов значительно варьирует (табл. 3).

Профильное распределение микроэлементов представляет собой чередование максимумов и минимумов их содержания.

Таблица 2

Среднее содержание микроэлементов в черноземовидных почвах Алтая (мг/кг)

| Элемент | Суглинистые<br>(n=59) | Супесчаные<br>(n=17) |
|---------|-----------------------|----------------------|
| Mn      | 765,5±31,4            | 464,7±45,3           |
| Zr      | 245,0±9,2             | 204,7±23,6           |
| Cr      | 76,1±3,0              | 177,0±19,5           |
| Zn      | 84,8±4,4              | 44,7±2,4             |
| Ce      | 67,2±4,4              | н.д.                 |
| Pb      | 28,1±3,1              | 23,6±5,1             |
| Nb      | 29,8±2,8              | 16,2±1,8             |
| Cu      | 45,8±3,0              | 67,6±3,7             |
| La      | 34,4±1,9              | н.д.                 |
| Ni      | 53,8±2,0              | 37,4±3,9             |
| Co      | 13,7±0,4              | 15,7±1,9             |
| Sn      | 5,5±0,3               | 2,0±0,3              |
| Mo      | 5,3±0,2               | 4,7±0,7              |
| Bi      | 5,1±0,2               | н.д.                 |
| Yb      | 3,3±0,1               | 3,0±0,4              |

Таблица 3

Среднее содержание микроэлементов в черноземовидных суглинистых почвах Алтая (мг/кг)

| Элемент | подтипы      |              |             |
|---------|--------------|--------------|-------------|
|         | Оподзоленные | Выщелоченные | Карбонатные |
| Mn      | 583          | 865          | 815         |
| Zr      | 236          | 241          | 254         |
| Cr      | 92           | 64           | 76          |
| Zn      | 66           | 97           | 87          |
| Ce      | 88           | 41           | 73          |
| Pb      | 19           | 37           | 24          |
| Nb      | 19           | 39           | 30          |
| Cu      | 32           | 45           | 53          |
| La      | 37           | 30           | 36          |
| Ni      | 69           | 43           | 53          |
| Co      | 13           | 13           | 15          |
| Sn      | 6            | 4            | 6           |
| Mo      | 5            | 5            | 6           |
| Bi      | 5            | 4            | 5           |
| Yb      | 3            | 4            | 3           |

С одной стороны это может быть связано с исходной неоднородностью почвообразующей породы, с другой – с перераспределением элементов под воздействием почвенных процессов.

Среди последних можно выделить гумусообразование, выщелачивание карбонатов, оподзоливание.

Интенсивное образование гумусовых веществ, преимущественно гуматного состава, способствует биогенному накоплению элементов в верхних слоях почвы [4, 5].

Выщелачивание оснований из гумусовых горизонтов в иллювиальные приводит к формированию в выщелоченных и карбонатных черноземовидных почвах мощных карбонатных геохимических барьеров [4, 5], на которых, при смене кислотно-щелочных условий, происходит осаждение микроэлементов. Таким образом, в черноземовидных карбонатных почвах для большинства элементов (Mn, Zr, Zn, Ce, Pb, Nb, La, Co, Sn, Mo, Yb) максимальное содержание отмечено в дерновых и карбонатных В-ВС-горизонтах. Для Cr, Cu, Bi и Ni характерно снижение их количества в верхней части профиля и некоторое увеличение в В-горизонте.

В черноземовидных выщелоченных почвах содержание Mn, Zr, Zn, Ce, Nb, La, Ni, Sn, Mo, Bi, Yb, пусть неравномерно (с небольшим увеличением их концентрации в карбонатных горизонтах), но уменьшается вниз по профилю. Распределение Cr, Co, Cu, Pb не так однозначно. Но, так или иначе, наблюдалось увеличение содержания этих элементов в карбонатных горизонтах.

Так как, высокодисперсная часть почв является главным резервуаром носителей тяжелых металлов в системе их водной миграции [6, 7], то перераспределение микроэлементов может быть обусловлено так же лессивированием, которое наиболее ярко выражено в оподзоленных подтипах.

Минимумы содержания элементов в этих почвах находятся в горизонтах:  $A_1A_2$  (Zr, La, Nb, Yb, Zn и Mo),  $A_1$  (Ni, Ce и Sn) и в  $A_2B$  (Mn). Максимальное содержание – в дерновом и

$A_2B$ -горизонтах (Zr, La, Nb, Yb, Zn и Mo), в дерновом и В-горизонтах (Mn, Ni, Ce и Sn). Распределение валового Bi носит элювиально-иллювиальный характер, причем более высокое его содержание отмечено в  $A_1A_2$ -горизонте. Распределение Pb и Cr отличается тремя максимумами их содержания: в  $A_{дер}$ ,  $A_1A_2$  и В-горизонтах.

## ВЫВОДЫ

1. Уровни содержания микроэлементов в черноземовидных почвах соответствуют их Кларкам в земной коре, за исключением Mo, Bi и Yb (Кларки концентрации у них равны соответственно 5, 567 и 10);

2. Неравномерное профильное распределение микроэлементов связано с неоднородностью почвообразующих пород и влиянием почвенных процессов, следствием которых является биогенное накопление микроэлементов в гумусовых горизонтах и осаждение их на карбонатных и сорбционных барьерах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Почвы Горно-Алтайской автономной области / Отв. ред. Р.В. Ковалев, – Новосибирск: Наука, 1973. – 351 с.
2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв, – М.: МГУ, 1970. – 487 с.
3. Алексеев В.А. – Экологическая геохимия – М: Логос, 2000. – 627 с.
4. Мальгин М.А. Биогеохимия микроэлементов в Горном Алтае, – Новосибирск: Наука, 1978. – 271 с.
5. Пузанов А.В. Марганец, медь, кобальт, цинк в горно-лесных черноземовидных почвах Тувы // Известия сибирского отделения АН СССР, – 1990. – серия: биол. науки, – выпуск 3. – С. 103-109.
6. Добровольский В.В. Внутрипочвенное карбонатообразование, высокодисперсное вещество почв и геохимия тяжелых металлов // Почвоведение, – 2001. – №12, – С. 1434-1443.
7. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: – М.: Мир, 1989. – 439 с.