УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ

Манжикова Амуланга Витальевна*,
аспирант
e-mail: manzhikova01@mail.ru
Сохорова Зинаида Валекриевна*,
ассистент,
e-mail:gorashkieva@mail.ru
Бамбеева Радмила Николаевна*,
ассистент
e-mail: bambeevaradmila@mail.ru
Сангаджиева Людмила Халгаевна*,
д.б.н., профессор
e-mail: chalga_ls@mail.ru
Тюлюмджиева Ольга Станиславовна*,
к.б.н., доцент
email: dzholi@mail.ru
Фадеева Инга Юрьевна*,
аспирант
e-mail: mandzhieva@mail.ru
Курвантаев Рахмон**,
д.с-х.н.,профессор,
e-mail:kurvjntoev

**Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, Россия*
***Институт почвоведения и агрохимических исследований, Узбекистан*

Аннотация. Проведено выяснение микроэлементной ситуации по молибдену, бору и фтору в почвах Республики Калмыкия на территории Ергенинской возвышенности, изучены закономерности распределения и поведения химических соединений в основных компонентах ландшафта: подстилающие породы – почва. Выявлены закономерности распределения микроэлементов в почвах, названы факторы, особенно сильно влияющие на это распределение, предложен более строгий подход к биогеохимическому районированию почвенного покрова. Установлено, что имеются экстремальные территории и почвы, где из-за недостатка или избытка микроэлементов происходят нарушения в пищевой цепи. Эти исследования позволяют оценить биологический круговорот элементов и дать оценку направленности биогеохимического процесса преобразования атомов в биосфере. Почвообразующие породы изучаемой территории Калмыкии обеднены всеми элементами за исключением бора и молибдена. Рассчитанные кларки концентрации микроэлементов свидетельствуют о рассеянии фтора в породах относительно литосферы Кк=0,3. Относительно литосферы в покровных лессовидных суглинках и глинах концентрируются молибден и бор(Кк 1,4-7,0.

Ключевые слова: водносолевой состав, Ергенинская возвышенность, биогеохимия микроэлементов, светлокаштановые почвы.

Annotatsiya. Yerg‘in tepaligi hududidagi Qalmog‘iston Respublikasi tuproqlarida molibden, bo‘r va ftor bo‘yicha mikroelementli vaziyat aniqlandi, landshaftning asosiy tarkibiy qismlarida kimyoviy birikmalarning tarqalishi va xatti – harakatlarining qonuniyatlari o‘rganildi: yer osti jinslari tuproq. Tuproqlarda iz elementlarning tarqalish naqshlari aniqlandi, ushbu

taqsimotga ayniqsa, kuchli ta'sir ko'rsatadigan omillar nomlandi, tuproq qoplamini biogeokimyoviy rayonlashtirishga yanada qat'iy yondashuv taklif qilindi. Mikroelementlarning yetishmasligi yoki ortiqcha bo'lishi tufayli oziq-ovqat zanjirida buzilishlar yuzaga keladigan ekstremal hududlar va tuproqlar mavjudligi aniqlandi. Ushbu tadqiqotlar elementlarning biologik aylanishini baholashga va biosferadagi atomlarni konvertatsiya qilishning biogeokimyoviy jarayonining yo'nalishini baholashga imkon beradi. Qalmog'iston hududining tuproq hosil qiluvchi jinslari bor va molibdendan tashqari barcha elementlar bilan qashshoqlashadi. Hisoblangan Klarklar iz elementlari kontsentratsiyasi ftoridning tarqalishini ko'rsatadi

Kalit so'zlar: suv tuzining tarkibi, Yerg'in tepaligi, mikroelementlarning biogeokimyosi, yorqin kashtanli tuproqlar.

Annotation. The article examines the trace element situation of molybdenum, boron, and fluorine in the soils of the Kalmyk Republic in the Ergeny Upland, and studies the patterns of distribution and behavior of chemical compounds in the main components of the landscape: underlying rocks and soil. The article identifies the patterns of distribution of trace elements in soils, identifies the factors that have a significant impact on this distribution, and proposes a more rigorous approach to biogeochemical zoning of the soil cover. It has been established that there are extreme territories and soils where the food chain is disrupted due to a lack or excess of trace elements. These studies allow us to assess the biological cycle of elements and evaluate the direction of the biogeochemical process of atom transformation in the biosphere. The soil-forming rocks of the studied territory in Kalmykia are depleted in all elements except boron and molybdenum. The calculated clark concentrations of trace elements indicate the distribution of these elements.

Key words: water-salt composition, Ergeny Upland, biogeochemistry of trace elements, light chestnut soils.

Введение. Изучение закономерностей биогенной миграции микроэлементов является основой прогнозирования устойчивости аридных экосистем и позволяет свести к минимуму негативные последствия при использовании природных ресурсов. Оптимизация биоценозов достигается, прежде всего, сбалансированным поступлением химических элементов в живые организмы. Это может быть реализовано путем изучения ландшафтов на биогеохимическом уровне, проведением исследований сходства и различий в соединении микроэлементов между компонентами ландшафтов с учетом пространственного распределения путем картографирования и районирования.

Степень изученности микроэлементов в составе почв в РФ различна. На биогеохимических картах России Калмыкия является белым пятном [4]. Имеются сведения о подвижных и валовых формах молибдена и бора в монографии Сангаджиевой [2, 11, 13], о содержании фтора сведения фрагментарны. Получены некоторые сведения о содержании молибдена, бора и фтора в растениях средней полосы, юга России (Краснодарский край), техногенно загрязненных территориях (Ростовская область) [3,4]. До настоящего момента до конца не выявлен механизм круговорота химических элементов и их миграции в системе почва – растения - воды.

Цель исследования – изучить биогеохимическую ситуацию в двух районах Республики Калмыкия и выявить особенности биогенной миграции микроэлементов - молибдена, бора и фтора в основных компонентах наземных экосистем: почвы – растения. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: - изучить биогеохимические характеристики почвы и растительности на примере естественных и искусственных экосистем; - дать сравнительную ,характеристику распределения микроэлементов в зависимости от химизма и типа почв; установить корреляционные зависимости микроэлементов в почвах.

Объект исследования. Рельеф территории Калмыкии в основном представляет собой равнину, которая в западной части нарушается Ергенями. Ергени – от калмыцкого слова «эрг», что означает берег, т.е. поднятие. Ергени – это небольшое платообразное поднятие, являющееся продолжением Приволжской возвышенности. Восточный крутой склон Ергеней расчленен балками и долинами мелких степных речек на параллельно вытянутые хамуры (бугры) [2, 11, 13].

Почвообразующими породами Ергенинской возвышенности являются лессовидные суглинистые отложения. Зональными почвами южной части возвышенности являются светло-каштановые и бурые почвы в комплексе с солонцами, приуроченными к нижним частям склонов балок и плоским участкам межбалочных водоразделов. Особенно много солонцов на восточном склоне Ергеней. На плоских пространствах водоразделов распространены темно-каштановые почвы, которые приурочены также к балкам, потяжинам. Преобладающими являются светло-каштановые почвы и солонцы. В северной части Ергеней, в отличие от южной, преобладают каштановые и светло-каштановые суглинистые зональные почвы.

Территория Ергенинской возвышенности расположена в зоне сухих степей, отличительной чертой которых является комплексность почвенного и растительного покрова, проявляю-щаяся в мозаичном сочетании степных и пустынных участков. Такое сочетание обусловлено обилием солонцов и солончаков, распространенных в республике повсеместно.

На Ергенях с комплексными светло-каштановыми почвами преобладают следующие растительные ассоциации: ковыльная (ковыль Лессинга, ковыль сарептский, типчак), типчаково-ромашниковая (типчак, ромашник, тонконог, ковыль, полынь белая), типчаково-прутняковая (типчак, прутняк, ковыль, полынь австрийская). Вся эта растительность встречается обычно в комплексе с белополынной, белополынно-прутняковой, камфоросмовой ассоциациями на солонцах. По днищам балок на солончаковых почвах встречаются: полынь солончаковая, верблюжья колючка, лебеда бородавчатая. При распределении сельско-хозяйственных угодий в сухостепной зоне основное внимание уделяется пашне (34% всех угодий), остальное идет под сенокосы и пастбища. В таблице 1 показано распределение сельскохозяйственных угодий для двух районов РК.

1 таблица

Распределение в сухостепной зоне сельскохозяйственных угодий республики (тыс. га)

Районы	Всего сх угодий	В т.ч. пашня	Многолетние насаждения	Залежь	Сенокосы	Пастбища
Сухостепная зона	1280,13	339,49	1,21	3,07	10,44	925,92
Приютненский	250,92	81,90	0,13	0,78	6,61	182,28
Целинный	453,70	121,37	0,16	1,79	3,83	326,55
Итого по республике	5421,35	915,52	2,39	8,69	99,76	4395,00

Разносторонняя хозяйственная деятельность привела к существенному преобразованию рельефа. Это означает, что одним из наиболее существенных воздействий на геосреду является перемещение грунтов, объем которого диктуется, в первую очередь, необходимостью инженерной подготовки территории (табл. 2) [2]. Так как категории

пригодные по сельскохозяйствен ному использованию земель различны под пашню и сенокосы, близки для использования под пастбища и требуют мелиорации.

2 таблица

Характеристика сельскохозяйственных угодий по классам земель, тыс.га

Районы	Пригодные под пашню	Пригодные под сенокосы	Паст бищные	Пригодные под с/х угодья после мелиорации	Прочие земли	Общая площадь с/х угодий
Категории	1	2	3	4	5	6
Приютненский	3,8	0,5	86,2	6,3	3,2	
Целинный	0,01	3,9	91,4	4,3	0,4	
Итого	195,5	119,9	5372,7	170,2		5858,3

Баллы бонитета для почв сельскохозяйственного использования зависят от применения мелиорации. Для изучаемых районов высокий балл достигается на мелиорируемых землях пашни и сенокосов (табл.3).

3 таблица

Баллы бонитета

Районы	Пашня		Сенокосы		Пастбища		С/х угодья
	Немелиор	Мелиорир	Немелиор	Мелиорир	Немелиор	Мелиорир	
Целинный	22,4	77.8	8,8	12.3	1,9		7,5
Приютненский	21,0	78,5	5,5	-	1,8		8,8
Всего	43.4	156.3	14,3	12,3	3,7		16,3

Широко распространены на изучаемой территории антропогенные (техногенные) образования. Пастбища страдают от бессистемного и чрезвычайного выпаса приводящего к сбитости травостоя, уменьшению количества растительного опада и усилению дефляции почв, при котором выносится наиболее богатые гумусом илистые частицы.

Методы исследования. Для общей характеристики почв проводился анализ водной вытяжки в соотношении почва:вода – 1:5. Определена величина сухого остатка, концентрации катионов: Ca, Mg, K, Na и анионов: Cl, SO_4, HCO_3. Определение микроэлементов проводили в кислотной вытяжке из почв 6 н. раствора HCl в соотношении почва – раствор 1:4. Микроэлементы определяли фотоколориметрическим методом [7, 8, 10].

Результаты исследования. Особенности водносолевого режима почв Приютненского района, расположенного на Ергенинской возвышенности (табл. 4). Химизм засоления почв довольно однообразен. В солонцах наряду с гипсом преобладают сульфат натрия, в меньшей мере сульфат магния, обусловливая сильную (31%) засоленность уже в первом метре. Солевой состав изменяется по профилю почвы: в верхней, менее засоленного, часто преобладают хлориды, в то время как на глубине доминируют сульфаты. Почвенная щелочность (HCO_3 больше 1,2 – 1,5 мэкв/100г) в солонцах обычно приурочена к солонцовому горизонту В. Содержание обменного натрия в горизонте В варьирует в широких пределах, достигая 30% от емкости обмена в луговых и лугово-степных солонцах, при близких грунтовых водах. В степных солонцах обменный натрий составляет 5 – 15% от суммы обменных оснований. Здесь развиваются малонатриевые и безнатриевые солонцы.

4 таблица

Результаты анализов водной вытяжки из почв Приютненского района

№ проб	Место взятия пробы почвы	Глубина, см	Сухой остаток, %	pH	В числителе – мэкв/100 г почвы, в знаменателе – %						Тип засоления Cl : SO_4
					Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	HCO_3^{-1-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	
1	Приютное	0-10	1,16	8,28	1,142 0,023	0,428 0,005	16,577 0,381	0,857 0,052	10,498 0,373	6,792 0,326	1,55
		30-50	1,05	8,20	1,142 0,023	0,143 0,002	13,657 0,314	0,714 0,044	3,498 0,124	11,000 0,528	0,32
2	Воробьевка	0-30	0,96	8,43	0,714 0,014	0,499 0,006	12,294 0,283	0,571 0,035	3,498 0,124	9,438 0,453	0,37
3	Ульдючины	0-30	1,04	8,47	1,071 0,021	0,428 0,005	13,558 0,312	1,142 0,067	2,915 0,104	11,000 0,528	0,27
4	Первомайский	0-30	1,16	8,19	1,570 0,031	0,357 0,004	15,394 0,354	0,428 0,026	5,247 0,186	11,646 0,559	0,45
5	Песчаный	0-30	1,10	8,37	1,142 0,023	0,428 0,005	14,556 0,334	0,857 0,052	3,498 0,124	11,771 0,565	0,30
6	Нарта	0-30	1,02	8,38	0,785 0,016	0,286 0,003	13,746 0,346	0,714 0,044	2,915 0,104	11,188 0,537	0,26
7	Троицкое	0-30	0,76	8,22	0,499 0,019	0,214 0,003	9,630 0,221	0,428 0,026	2,915 0,104	7,500 0,360	0,38
8	Лысый лиман	0-30	1,01	8,19	0,857 0,017	0,286 0,003	13,037 0,300	1,142 0,070	2,915 0,104	10,479 0,503	0,28
9	Максимовка	0-30	1,06	8,47	1,071 0,021	0,428 0,005	13,037 0,299	1,142 0,070	2,915 0,104	10,479 0,503	0,28
10	Володаровский	0-30	1,08	8,24	0,857 0,017	0,286 0,003	14,268 0,328	1,142 0,070	2,915 0,104	11,354 0,545	0,26
11	Володаровский, лесополоса	0-10	1,07	8,39	1,357 0,027	0,428 0,005	13,361 0,307	2,856 0,174	3,498 0,124	8,792 0,422	0,40
12	Володаровский у балки	0-30	1,04	8,17	0,571 0,011	0,643 0,008	13,808 0,318	1,836 0,112	3,498 0,124	9,688 0,465	0,36

Почвы района Приютненского района относятся к засоленным с минерализацией 0,13-1,50%. Засоление почвы происходит хлоридно-сульфатно-натриевыми солями. Содержание гумуса низкое - 1,02-1,38%, обеспеченность фосфором низкая - 11-28 мг/100 г почвы. Изучение особенностей распределения элементов питания в почвах свидетельствует о снижении гумусированности пахотных почв, что связано с выносом питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур, а повышение гумуса связано с внесением органических и минеральных удобрений. Одной из причин снижения гумусированности почв является сокращение объемов внесения органических удобрений. Сокращение объема внесения органических удобрений произошло в 15,6 раз. На Ергенинской возвышенности недостаточное количество фосфора имеют 21,6 – 24,3 % почв площадей, хуже обеспечены фосфором почвы центральной части (табл. 5).

5 таблица

Химический состав почв Ергенинской возвышенности

Гумус, %	K_2O мг/100 г	P_2O_5 мг/100 г	Fe г/кг	Mn мг/кг	Cu мг/кг	Zn мг/кг
Светло- каштановая средне-суглинистая солонцеватая						
1,38	480,0	28,0	1,15	412,5	2,52	17,5

Гумус, %	K_2O мг/100 г	P_2O_5 мг/100 г	Fe г/кг	Mn мг/кг	Cu мг/кг	Zn мг/кг
Светло- каштановая средне-суглинистая солонцеватая						
1,02	6,0	11,0	1,95	415	5,04	7,0
1,15	40,0	16,0	1,33	325	2,52	5,0
Светло- каштановая легкосуглинистая солонцевато-солончаковатая						
1,19	90,0	4,8	1,26	55,0	1,76	24,3
0,80	43,0	1,3	1,19	14,5	0,5	11,0
Лугово-каштановая среднесуглинистая солончаковатая						
8,32	87,0	44,0	1,05	88,0	12,0	10,0 1
0,95	25,0	28,0	0,69	110,0	10,0	7,0
2,00	42,0	17,0	0,42	4,3	4,3	5,0

Почвообразующие породы изучаемой территории Калмыкии обеднены всеми элементами за исключением бора и молибдена (табл. 6). Рассчитанные кларки концентрации микроэлементов ($К_к$ – отношение среднего содержания микроэлементов в почвенных породах к их кларку в литосфере) свидетельствуют о рассеянии фтора в породах относительно литосферы ($К_к$ 0,3). Относительно литосферы, в покровных лессовидных суглинках и глинах концентрируются молибден и бор ($К_к$ 1,4-7,0) [5, 6, 11, 12].

6 таблица

Среднее содержание микроэлементов в почвообразующих породах, мг/кг

Элементы	Покровные лессовидные		Супеси и Пески	Кларк в Литосфере по Виноградову	Среднее Содер-е в осадочных породах	Кларк Конции в почвообр-х породах РК ($К_к$)
	Тяжелые суглинки и глина	Легкие и средние суглинки				
B	45,0	30,0	15,0	12,0	100,0	2,5
Mo	1,6	1,4	0,6	1,1	2,0	1,4
F	2,9	1,0	0,2	0,3	1,0	7,0

Микроэлементный состав почвообразующих пород зависит от их гранулометрического состава и миграционной способности микроэлементов. Максимальное содержание микроэлементов найдено в лессовидных тяжелых суглинках и глинах, минимальное - в супесях и песках. Интенсивное концентрирование бора в тяжелых суглинках и глинах (относительно литосферы) связано с его гидрогенной миграцией.

Бор. Важное место среди изучаемых химических элементов занимает микроэлемент бор, потому что почвы ландшафта содержат высокое количество этого микроэлемента, в связи с чем, можно говорить о существовании области борного засоления на юге Ергенинской возвышенности. Аккумуляция бора приурочена, преимущественно, к бессточным депрессиям степной зоны, прежде всего к понижениям с озерами, древним ложбинам стока. Повышенное количество подвижного бора, по-видимому, обусловлено восходящим движением почвенно-грунтовых вод, несущих бор [4].

Светло-каштановые почвы в процессе почвообразования бор накапливают. В пахотных почвах повышается уровень его содержания в материнских породах (Каккум. = 1,2). Кроме того, известно, что органическое вещество не фиксирует бор [1, 6],

поэтому растворимые соединения бора особенно легко вымываются в нижние горизонты. Очевидно, это связано и с тем, что выветривание борсодержащих минералов протекает медленно. Поэтому в светло-каштановых почвах изучаемых районов биологическая аккумуляция бора не выражена. Коррелятивная зависимость между содержанием бора и гумуса, столь характерная для многих микроэлементов, здесь не проявляется.

Светло-каштановые почвы (за исключением песчаных почв) неплохо обеспечены бором, но отличаются низкой подвижностью его соединений. Коэффициент концентрации бора Кк 2-3. Средние запасы валового бора в 100-сантиметровом слое различных подтипов каштановых почв из расчета на 1 га, примерно одинаковы и составляют 475-567 кг/га. Однако растения усваивают не весь бор, а доступный, которого в почвах мало. Поэтому в малый биологический круговорот вовлекается небольшая часть бора. А.И. Перельман [1, 5, 9] отмечает, что в степных почвах бор находится в малодоступной форме и выносится из них слабо.

Молибден. Содержание молибдена в почвообразующих породах республики оказалось значительно ниже этих величин и близко к кларку в литосфере (по Перельману, 1975). В.В. Добровольский [9] относит молибден к группе микроэлементов, малохарактерных для четвертичных отложений Русской равнины и обнаруживающихся очень редко, но в четвертичных отложениях Прикаспийской низменности этот элемент широко распространен. Относительно литосферы Кк Mo=1,4, т.е. в изучаемых породах происходит небольшое накопление молибдена. Практически нет различий в содержании молибдена в глинах и тяжелых суглинках, в легких и средних суглинках. Количество подвижного (обменного) молибдена варьирует до 0,01 мг/кг в песках до 0,13 мг/кг в глинах. В отношении распределения подвижного молибдена в породах наблюдается четкая зависимость его содержания от гранулометрического состава.

Как показали исследования, лессовидные суглинки содержат в среднем 1,5 мг/кг валового молибдена. Светло-каштановые почвы, развивающиеся на них, также небогаты молибденом. Среднее содержание Mo в 100-сантиметровом слое светло-каштановых почв составляет 0,8 мг/кг, а средний запас - 8,7 кг/га. Среднее количество элемента в горизонте А составляет 0,5 мг/кг при довольно большом колебании - от 0,2 до 1,9 мг/кг, при коэффициенте варьирования 17 %.

В лугово-каштановых пахотных почвах происходит небольшое накопление молибдена в гумусовом горизонте (Как=1,5-1,6). В солонцах эта аккумуляция выражена слабее (Кк=1,1). В нижележащих горизонтах Mo распределен довольно равномерно. В почвах вынос Mo из гумусового горизонта преобладает над его аккумуляцией или равен ей (Кк=0,7-1,0). В горизонте В молибден содержится в минимальных количествах. Почвы пашни несколько лучше обеспечены подвижным Mo, вследствие менее щелочной реакции, лучшего разложения органического вещества и усиления микробиологической деятельности в распаханных почвах под влиянием удобрений.

В светло-каштановых почвах пашни количество подвижного Mo коррелирует с валовым (r=0,69). Относительная подвижность молибдена в верхнем горизонте не превышает 9%. С глубиной она ещё уменьшается. Большая растворимость Mo в верхних горизонтах связана с подвижностью железа, т.к. железо выщелачивается из верхнего слоя и, вследствие этого, Mo становится более доступным (Davies, 1956). Довольно постоянное содержание Mo в большинстве почв и равномерное распределение его

по профилю объясняется тем, что Мо является сравнительно слабым водным мигрантом, слабо накопляемым элементом [9, 11].

В темно-каштановых почвах наблюдается пониженное, по сравнению с кларком, валовое содержание молибдена, несколько повышенное – бора, количество фтора близко к кларку (табл. 7).

Микроэлементный состав почвообразующих пород зависит от их гранулометрического состава и миграционной способности микроэлементов. Максимальное содержание микроэлементов найдено в лессовидных тяжелых суглинках и глинах, минимальное - в супесях и песках. Интенсивное концентрирование бора в тяжелых суглинках и глинах (относительно литосферы) связано с его гидрогенной миграцией.

Бор. Важное место среди изучаемых химических элементов занимает микроэлемент бор, потому что почвы ландшафта содержат высокое количество этого микроэлемента, в связи с чем, можно говорить о существовании области борного засоления на юге Ергенинской возвышенности. Аккумуляция бора приурочена, преимущественно, к бессточным депрессиям степной зоны, прежде всего к понижениям с озерами, древним ложбинам стока. Повышенное количество подвижного бора, по-видимому, обусловлено восходящим движением почвенно-грунтовых вод, несущих бор [4].

Светло-каштановые почвы в процессе почвообразования бор накапливают. В пахотных почвах повышается уровень его содержания в материнских породах (Каккум. = 1,2). Кроме того, известно, что органическое вещество не фиксирует бор [1, 6], поэтому растворимые соединения бора особенно легко вымываются в нижние горизонты. Очевидно, это связано и с тем, что выветривание борсодержащих минералов протекает медленно. Поэтому в светло-каштановых почвах изучаемых районов биологическая аккумуляция бора не выражена. Коррелятивная зависимость между содержанием бора и гумуса, столь характерная для многих микроэлементов, здесь не проявляется.

Светло-каштановые почвы (за исключением песчаных почв) неплохо обеспечены бором, но отличаются низкой подвижностью его соединений. Коэффициент концентрации бора Кк 2-3. Средние запасы валового бора в 100-сантиметровом слое различных подтипов каштановых почв из расчета на 1 га, примерно одинаковы и составляют 475-567 кг/га. Однако растения усваивают не весь бор, а доступный, которого в почвах мало. Поэтому в малый биологический круговорот вовлекается небольшая часть бора. А.И. Перельман [1, 5, 9] отмечает, что в степных почвах бор находится в малодоступной форме и выносится из них слабо.

Молибден. Содержание молибдена в почвообразующих породах республики оказалось значительно ниже этих величин и близко к кларку в литосфере (по Перельману, 1975). В.В. Добровольский [9] относит молибден к группе микроэлементов, малохарактерных для четвертичных отложений Русской равнины и обнаруживающихся очень редко, но в четвертичных отложениях Прикаспийской низменности этот элемент широко распространен. Относительно литосферы Кк Мо=1,4, т.е. в изучаемых породах происходит небольшое накопление молибдена. Практически нет различий в содержании молибдена в глинах и тяжелых суглинках, в легких и средних суглинках. Количество подвижного (обменного) молибдена варьирует до 0,01 мг/кг в песках до 0,13 мг/кг в глинах. В отношении распределения подвижного молибдена в породах наблюдается четкая зависимость его содержания от гранулометрического состава.

Как показали исследования, лессовидные суглинки содержат в среднем 1,5 мг/кг валового молибдена. Светло-каштановые почвы, развивающиеся на них, также небогаты молибденом. Среднее содержание Mo в 100-сантиметровом слое светло-каштановых почв составляет 0,8 мг/кг, а средний запас - 8,7 кг/га. Среднее количество элемента в горизонте А составляет 0,5 мг/кг при довольно большом колебании - от 0,2 до 1,9 мг/кг, при коэффициенте варьирования 17 %.

В лугово-каштановых пахотных почвах происходит небольшое накопление молибдена в гумусовом горизонте (Как=1,5-1,6). В солонцах эта аккумуляция выражена слабее (Кк=1,1). В нижележащих горизонтах Mo распределен довольно равномерно. В почвах вынос Mo из гумусового горизонта преобладает над его аккумуляцией или равен ей (Кк=0,7-1,0). В горизонте В молибден содержится в минимальных количествах. Почвы пашни несколько лучше обеспечены подвижным Mo, вследствие менее щелочной реакции, лучшего разложения органического вещества и усиления микробиологической деятельности в распаханных почвах под влиянием удобрений.

В светло-каштановых почвах пашни количество подвижного Mo коррелирует с валовым (r=0,69). Относительная подвижность молибдена в верхнем горизонте не превышает 9%. С глубиной она ещё уменьшается. Большая растворимость Mo в верхних горизонтах связана с подвижностью железа, т.к. железо выщелачивается из верхнего слоя и, вследствие этого, Mo становится более доступным (Davies, 1956). Довольно постоянное содержание Mo в большинстве почв и равномерное распределение его по профилю объясняется тем, что Mo является сравнительно слабым водным мигрантом, слабо накопляемым элементом [9, 11].

В темно-каштановых почвах наблюдается пониженное, по сравнению с кларком, валовое содержание молибдена, несколько повышенное – бора, количество фтора близко к кларку (табл. 7).

7 таблица

Распределение микроэлементов в почвенных разностях

Элементы	Каштановые		Светлокаштановые		Солонцы		Солончаки	
	Пределы	X	Пределы	X	Пределы	x	Пределы	X
Mn	10-160	71	170-335	256	200-820	256	190-370	340
B	0,5-2	1,3	2,1-2,5	1,0	0,5-2,5	1,7	0,5 - 2,5	1,8
Mo	0,2-1,9	1,5	0,2-0,99	0,45	0,1-0,5	0,34	0,3-0,42	0,32
F	0,2-2,1	1,0	0,2-2,0	0,9	0,5-2,9	1,5	0,3-1,3	0,6

Сравнив запасы молибдена в светло-каштановых почвах, пашне и пастбищах можно заключить, что в процессе окультуривания они существенно не изменяются. Профильное распределение молибдена в большинстве случаев не соответствует распределению гумуса, обменных катионов, илистых частиц и pH.

Заключение

Проведено изучение микроэлементной ситуации по молибдену, бору и фтору в почвах РК, находящейся на юге Ергенинской возвышенности, изучены закономерности распределения и поведения атомов различных элементов в ландшафте, включая основные его компоненты: почвенная порода – почва и сделана оценка её для практического применения.

Выявлены закономерности распределения микроэлементов в почвах, названы факторы, особенно сильно влияющие на это распределение,

предложен более строгий подход к биогеохимическому районированию почвенного покрова. Установлено, что имеются экстремальные территории и почвы, где из-за недостатка или избытка микроэлементов происходят нарушения в пищевой цепи. Эти исследования позволяют оценить биологический круговорот элементов и дать оценку направленности биогеохимического процесса преобразования атомов в биосфере.

Накопление в каждом крупном сельскохозяйственном районе достоверных аналитических материалов для различных почв позволит правильно поставить работы по выявлению дефицита микроэлементов с точки зрения плодородия почв, потребности в микроудобрениях и оценки их эффективности, а также понимания механизма специфических заболеваний человека, животных, растений.

Выводы. Впервые в основных типах почв республики Калмыкия определено валовое содержание фтора, сравнены полученные данные по молибдену и бору с литературными данными, проведена градация почв по содержанию в них трех редкоземельных элементов.

Список использованных литературы:

1. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М: Изд-во АН СССР, 1957. 238 с.
2. Даваева Ц.Д., Сангаджиева Л.Х., Булуктаев А.А., Бадмаева З.Б. Биоиндикация и мониторинг состояния нефтезагрязненных территорий Прикаспийской низменности// Монография. Элиста. ЗАО ОПП «Джангр». 2014. -152 с.
3. Ильин В.Б. Буферные свойства почвы и допустимый уровень ее загрязнения тяжелыми металлами//Агрохимия. – 1997. - №11. – С. 65-70.
4. Ильин В.Б. Микроэлементы в ландшафтах Западной Сибири. Почвоведение 1979, № 7, с. 43; 1975, - № 8, – С. 47-50.
5. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. Мир. 1989. 452 с.
6. Ковальский В.В. Геохимическая экология. – М.: Наука, 1974.300 с.
7. Методические указания по агрохимическому обследованию и картографированию почв на содержание микроэлементов. Составитель: И.Г. Важенин. – М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1976. – С. 50.
8. Ориентировочные допустимые концентрации (ДОК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах/Госкомсанэпиднадзор России. – М., 1995. 8 с.
9. Прохорова Н.В. Ландшафтный подход в региональных эколого-геохимических исследованиях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2004. – Т. 6. № 2. С. 259-265.
10. Ринькис Г.Я. Оптимизация минерального питания растений - Рига Зинатне, 1972. - 355 с.
11. Сангаджиева Л.Х. Микроэлементы в почвах Калмыкии и биогеохимическое районирование ее территории// Монография. Элиста. АПП Джангр, 2004. 115 с.
12. Симонов И.Н., Полудений Л.В. Влияние молибдена на некоторые физиологические процессы в листьях и почках облепихи//Селекция и семеноводство овощных, плодовых и декоративных культур. – М., 1992. – С.23-31.
13. Сохорова З.В., Бамбаева Е.Н., Самтанова Д.Э., Джабруева Л.В., Сангаджиева Л.Х., Слизская С.А. Биогеохимическая активность кормовых растений по отношению к тяжелым металлам // Естественные и технические науки. 2023, №1, – С. 78-84.