

Ильгар Фейзулла-оглы Гулиев

Бакинский государственный университет, докторант, г. Баку, Азербайджан,
e-mail: iguliyev@bsu.edu.az

Геохимическая характеристика почв Гусарской равнины (юго-восточное окончание Большого Кавказа)

Аннотация. Выявлены уровни содержания и некоторые закономерности распределения Cu, Pb, Zn, Co, Ni, V, Mn, Ti в меловых отложениях, гумусовом горизонте горно-луговых дерновых почв субальпийского пояса и горно-лесных бурых почв лесного пояса. Установлено, что гумусовые вещества в гумусовом горизонте почв района связаны положительными корреляционными связями до уровня существенности с Mn и Ti; корреляционные связи гумуса с Cu, Pb, Co, Ni, V, Cr несущественные и часто отрицательные.

В почвах района выявлены следующие положительные статистически значимые связи: 1) Cu-Pb-Zn; 2) Co-V-Cr в субальпийском поясе, Co-Ni-V-Cr-Cu-Pb – в лесном поясе; 3) Mn; 4) Ti. Между Mn и Ti положительные связи иногда достигают уровня значимости.

Ключевые слова: Гусарская равнина, почвы, микроэлементы, геохимия.

Ilgar F. Guliyev

Baku State University, doctorate student, Baku, Azerbaijan,
e-mail: iguliyev@bsu.edu.az

Geochemical characteristics of microelements in the soils of the Gusar Plain (southeastern end of the Greater Caucasus)

Abstract. The levels of content and some patterns of distribution of Cu, Pb, Zn, Co, Ni, V, Mn, Ti in Cretaceous sediments, in the humus horizon of mountain meadow turf soils of the subalpine belt, in the humus horizon of mountain-forest brown soils of the forest belt were revealed. It was determined that humus substances in the humus horizon of the soils of the district are associated with positive bonds to the level of materiality with Mn and Ti; humus connectivity with Cu, Pb, Co, Ni, V, Cr are insignificant and commonly negative.

The following positive statistically significant relationships were found in the soils of the district: 1) Cu-Pb-Zn; 2) Co-V-Cr in the subalpine belt, Co-Ni-V-Cr-Cu-Pb - in the forest belt; 3) Mn; 4) Ti. Positive relationships between Mn and Ti sometimes reach the level of significance.

Keywords: Gusar plains, soils, microelements, geochemistry

ВВЕДЕНИЕ

Гусарский район, как и Шемахинский, относится к юго-восточному склону Большого Кавказа. Сравнительный анализ почв двух больших регионов показывает, что характерной особенностью почв юго-восточного склона является их заметное обогащение медью, свинцом, в Гусарском районе также никелем, а в Шемахинском – кобальтом и ванадием. В содержании хрома, марганца, титана явных различий не наблюдается. Как почвы южного, так почвы и юго-восточного склонов (или окончаний БК?) значительно обеднены этими элементами, по сравнению со средним содержанием Cr, Mn, по А.П. Виноградову [4]. Содержание титана сильно варьирует по районам, но в большинстве случаев содержание этого элемента ниже, чем кларк, по А.П. Виноградову, но наиболее высокие средние содержания могут достигать кларка [4]. Таким образом, приведенные уровни содержания элементов позволяют выделить почвы Гусарского района в качестве региона с повышенным содержанием меди,

свинца, кобальта, никеля, ванадия и с пониженным содержанием хрома, титана, марганца.

В почвах Гусарского района, благодаря особенностям элементного состава почвообразующих пород и особенностям почвообразовательного процесса, имеются заметные отклонения от геохимического спектра, по А.П. Виноградову. Элементарный состав почв субальпийского пояса отличается от состава литосферы довольно заметным накоплением никеля и ванадия (КК – 1,5–1,6). В незначительной степени накапливаются также такие элементы, как Cu, Pb, Zn, Ti (КК ~ 1,1), а Co и Cr выносятся (КР ~ 1,1). Марганец содержится в почвах субальпийского пояса в значительно меньшем количестве, чем в литосфере (КР – 1,9).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При биогеохимических исследованиях, проведенных в Гусарском районе, были отобраны образцы пород, почв и растительности. Спектральным приближенно-количественным анализом опреде-

лены Cu, Pb, Zn, Co, Ni, V, Cr, Mn, Ti. Результаты анализов обрабатывались методом математической статистики.

Изучение фоновое содержания и закономерностей распределения элементов в почвах Гусарского района было проведено на следующем материале: 44 образца из гумусового горизонта горно-луговых дерновых почв, развитых в субальпийском поясе под травянистой растительностью, и 91 образец из гумусового горизонта горно-лесных бурых почв, развитых под широколиственными лесами.

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

Содержание гумуса в почвах района исследований относится к очень высокому ($> 10\%$), а именно: в гумусовом горизонте почв субальпийского пояса – $10,8\%$, лесного пояса – $12,5\%$ при доверительном интервале в среднем от 9 до 15% .

Различия между средними содержаниями гумуса в субальпийском и лесном поясах незначительные (t расч. = $1,06$).

Содержание гумуса в почвах субальпийского и лесного поясов сильно варьирует – от $0,1-0,3\%$ до $25-27\%$. В лесном поясе встречаются образцы с аномально высоким содержанием гумуса – $39-45\%$. По литературным данным [2, 4, 10], содержание гумуса в горно-луговых дерновых и горно-лесных бурых почвах также колеблется в широких пределах, но всегда высокое – от $6-10\%$ до $15-20\%$ и нередко до 30% .

Можно предполагать, что высокая вариабельность в содержании гумуса связана с условиями почвообразования в горных условиях: с крутизной склонов, с экспозицией склонов, со степенью сомкнутости растительного покрова. При профильном отборе проб для биогеохимических исследований в совокупности попадали почвы как эродированные, так и с высоким накоплением органического вещества, что нашло отражение на вариационных кривых (рис. 1). Почвы с низким содержанием гумуса ($0,15-4,5\%$) составляют около 20% совокупности. Характерно, что на вариационной кривой для горно-лесной бурой почвы заметно наличие двух пиков содержания гумуса ($\sim 5\%$ и 20%), что, по-видимому, является результатом неоднородности выборки. Встречаются образцы с содержанием гумуса $39-45\%$.

Параметры статистического распределения элементов в гумусовом горизонте горно-луговых дерновых почв и горно-лесных бурых почв представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Частота обнаружения элементов в почвах субальпийского и лесного поясов, за исключением Zn, составляла практически всегда 100% , для цинка – $42-59\%$. Частота обнаружения элементов в почвах Гусарского района для Cu, Ni, Ti, Cr и особенно Pb значительно повышается по сравнению с почвами на меловых отложениях южного склона

Большого Кавказа, что косвенно свидетельствует о более высоком содержании этих элементов в почвах Гусарского района.

Анализ фактического материала показывает, что в гумусовом горизонте почв субальпийского пояса содержание практически всех элементов, за исключением марганца, выше по сравнению с лесным поясом.

Почвы субальпийского пояса содержат Pb, Co, Ni, Cr в 1,2 раза и Cu, V, Ti – в 1,5 раза больше, и эти различия в большинстве случаев достигают уровня существенности (t расчетное Ti = $3,3$; t расчетное Cr = $2,5$). Что касается цинка, то о содержании этого элемента в почвах лесного и субальпийского поясов можно судить только косвенно, а именно по частоте обнаружения, которая выше в субальпийском поясе и составляет 59% , а в лесном поясе – 42% .

Вероятнее всего, расхождения в содержании элементов между почвами субальпийского и лесного поясов отражают неоднородность содержания элементов в подстилающих породах. Роль органического вещества как сорбента в накоплении элементов здесь также не выглядит положительной, поскольку содержание гумуса выше именно в почвах лесного пояса [4, 5, 8].

Вариационные кривые (рис. 1) распределения элементов в почвах субальпийского и лесного поясов близки по форме. Для вариационных кривых меди, свинца, никеля, ванадия, титана, особенно в субальпийском поясе, характерна несколько растянутая в сторону высоких концентраций форма, что может свидетельствовать о влиянии пород с повышенным содержанием этих металлов. Характерной является вариационная кривая марганца: хорошо выраженный экстремум в диапазоне $30-80 \cdot 10^{-3}\%$ и сильно растянутый конец с единичными высокими содержаниями марганца – до $200 \cdot 10^{-3}\%$, которые обычно являются аномальными.

Сравнение средних содержаний элементов в гумусовом горизонте почв субальпийского и лесного поясов с кларковыми содержаниями по А.П. Виноградову [4] позволяет выявить следующие региональные особенности геохимии почв Гусарского района:

1. Выделяется ассоциация элементов, содержание которых выше кларков. Это Cu, Pb, Co, Ni, V. Величина KB (KB – отношение содержания элемента в почве района к среднему содержанию элемента в почве по А.П. Виноградову) для этих элементов в субальпийском поясе составляет $1,5-2,5$, в лесном поясе – $1-1,75$.

2. Выделяется ассоциация элементов, содержание которых ниже кларков. Это Mn (KB – $0,6-0,7$), Cr (KB – $0,3-0,4$) и Ti ($0,7-1,1$).

В почвах лесного пояса практически все элементы содержатся в меньшем количестве, чем в литосфере (Cu, Pb, Co, Cr, Mn, Ti – КР = $1,1-1,7$), и близко к содержанию в литосфере (V, Ni – КК = $1,02-1,2$).

Уровень содержания элементов в почвах опре-

Таблица 1

Параметры статистического распределения элементов в гумусовом горизонте горно-луговых дерновых почв субальпийского пояса Гусарского района (в г/т, N=44)

Элемент	В, %	Закон	Lim.	x	Доверит. интер. x	V, %	Са	Кэ	Ка	КК	КР	КВ	К
Cu	100	Н	1-10	5,1	4,4-5,8	45	н.обн.	-	3,6	1,1	-	2,5	3,6
Pb	100	Л	1-10	1,86	-	-	н.обн.	-	1,6	1,16	-	1,86	1,6
Zn	59	Л	Н-30	8,7	-	-	н.обн.	-	-	1,02	-	1,7	>1,0
Co	98	Н	Н-3	1,6	1,4-1,8	41	н.обн.	-	1,2	0,90	1,12	1,6	1,2
Ni	100	Л	2-30	8,9	-	-	н.обн.	-	1,7	1,5	-	2,2	1,7
V	100	Н	1-30	14,6	12,3-16,9	52	н.обн.	1,1	-	1,6	-	1,5	0,93
Cr	100	Н	3-10	7,5	5,9-8,0	24	н.обн.	1,4	-	0,9	1,1	0,4	0,70
Mn	100	Н	30-70	53,0	50-56	19	200,100,80	1,4	-	-	1,9	0,6	0,70
Ti	100	Н	100-1000	486,0	393-579	63	н.обн.	1,1	-	1,1	-	1,06	0,94
C	100	Н	0,34-25,2 %	10,8%	8,8-12,7%	59	н.обн.	-	-	-	-	-	-

Примечание: Л – логнормальный; Н – нормальный

Таблица 2

Параметры статистического распределения элементов в гумусовом горизонте горно-лесных бурых почв лесного пояса Гусарского района (в г/т, N=91)

Элемент	В, %	Закон	Lim.	x	Доверит. интер. x	V, %	Са	Кэ	Ка	КК	КР	КВ	К
Cu	100	Л	1-10	3,5	-	-	н.обн.	-	2,5	0,7	1,3	1,75	2,5
Pb	100	Л	1-4	1,45	-	-	6	-	1,25	0,9	1,1	1,45	1,3
Zn	42	-	н-10	4,2	-	-	40	-	-	0,9	-	-	>1,0
Co	98	Л	н-3	1,35	-	-	н.обн.	-	1,04	0,8	1,3	1,3	1,04
Ni	100	Л	3-10	7,0	-	-	20x2	-	1,3	1,2	-	-	1,3
V	100	НЛ	1-20	9,2	-	-	н.обн.	1,7	-	1,02	-	-	0,58
Cr	100	Н	3-10	6,7	6,4-7,1	24	н.обн.	1,5	-	0,80	1,2	1,2	0,63
Mn	100	Л	30-100	58,0	-	-	200x3	1,3	-	-	1,7	1,7	0,77
Ti	100	Н	40-700	323,0	288-358	51	800x2, 1000	1,6	-	-	1,4	1,4	0,63
C	100	Н	0,15-27,2 %	12,5%	9,9-15,2%	64	39x2, 45x1	-	-	-	-	-	-

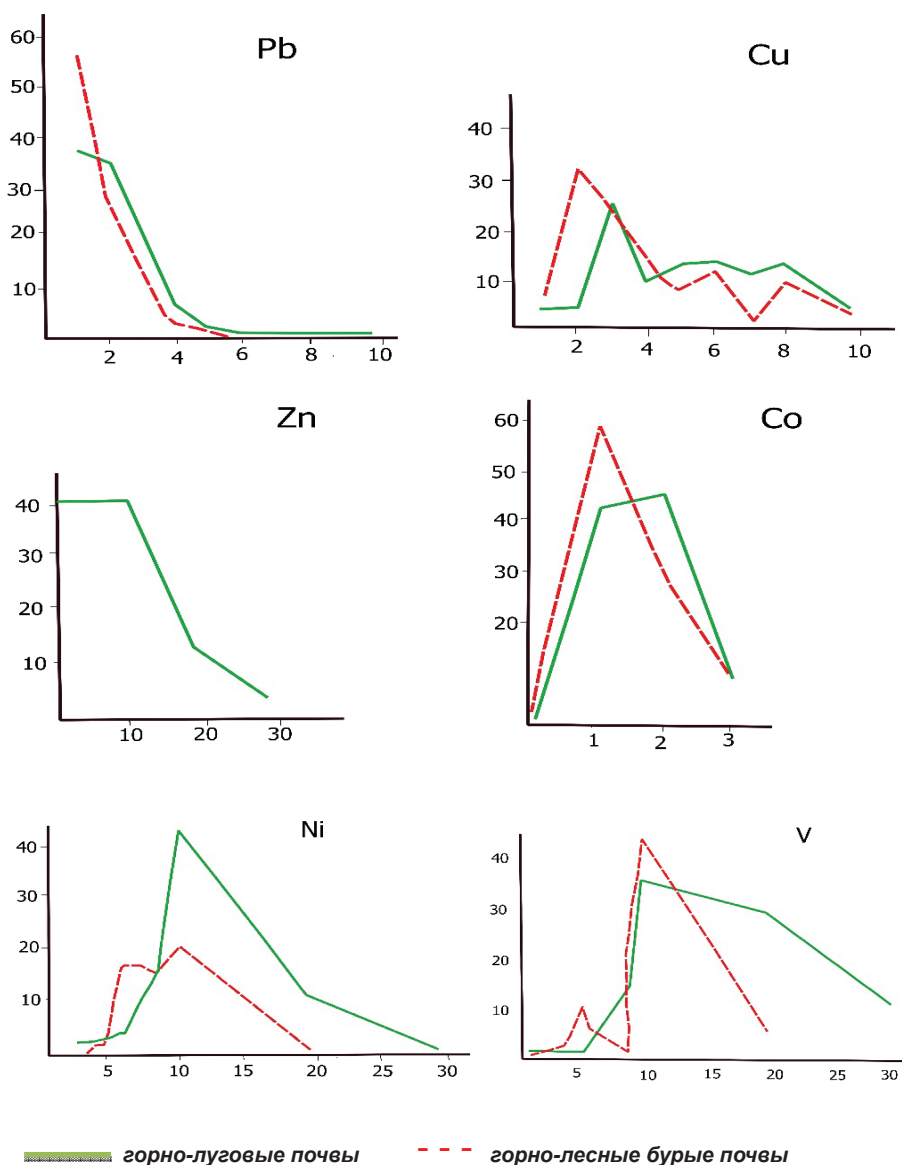


Рис.1. Кривые распределения содержания меди, свинца, цинка, кобальта, никеля, ванадия в почвах Гусарского района

деляется содержанием элементов в породах. Однако в результате сложного взаимодействия процессов почвообразования с литогенной основой в почвах устанавливается свой уровень содержания элементов.

На основании элювиально-аккумулятивных коэффициентов в гумусовом горизонте, горно-луговых дерновых и горно-лесных бурых почв выделяется ассоциация элементов, которые энергично накапливаются: медь ($K_a = 2,5-2,6$), свинец ($K_a = 1,25-1,6$), никель ($K_a = 1,3-1,7$). Тенденцию к накоплению имеет кобальт ($K_a = 1-1,2$). При этом аккумулятивные процессы более значительны под луговой растительностью субальпийского пояса.

Такие элементы, как ванадий, хром, марганец, титан, образуют ассоциацию элементов, которые

при данных условиях почвообразования выносятся из почвы, причем аллювиальные процессы в почвах субальпийского пояса под луговой растительностью незначительны ($K_z = 1,1-1,4$) и более определенно выражены в лесном поясе под лесной растительностью ($K_z = 1,3-1,7$).

Статистическое распределение элементов обнаружило довольно высокую степень их варьирования в почвах. Для меди, кобальта, ванадия, титана, углерода коэффициенты вариации составляют 40–65 %, снижаясь до 19–24 % для таких элементов, как марганец и хром. В распределении марганца в почвах имеются свои особенности, а именно для него характерны единичные высокие содержания. При выявлении законов распределения эти точки выделяются как аномальные. Без аномальных со-

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между содержанием гумуса и элементами в горно-луговых дерновых почвах (I) и горно-лесных бурых почвах (II). Ni = 40 (5%) - 0,31; (1%) - 0,41

	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	V	Cr	Mn	Ti
I	-0,07	0,09	0,12	-0,32	-0,05	-0,14	-0,04	0,32	0,26
II	-0,01	0,19	-0,08	0,09	-0,15	-0,05	-0,37	0,55	0,37

держаний варьирование содержания марганца становится самым низким из всех элементов – 19 %. В общем очевидно, что разнообразие почвообразующих подстилающих пород, неравномерное распределение на склонах аллювиально-делювиальных отложений и наличие разных механических элементов почв, а также неравномерная эродированность обусловили пестроту содержания микроэлементов в почвах [7, 9, 10].

В условиях геохимического фона в почвах Гусарского района выявляются при определении законов распределения элементов единичные низкоаномальные содержания элементов: Pb (–60 г/т), Ni ($20 \cdot 10^{-3}\%$), Mn ($800\text{--}1000 \cdot 10^{-3}\%$), Mn ($80\text{--}200 \cdot 10^{-3}\%$).

Корреляционные связи между элементами в почвах представляли сильно разветвленную систему. В почвах Гусарского района, особенно в почвах субальпийского пояса, существенных значений достигают единичные корреляционные связи.

Изучение корреляционных связей между элементами в почвах Гусарского района позволяет выделить следующие ассоциации элементов: 1) Cu-Pb-Zn; 2) Co-Ni-V-Cr – в субальпийском поясе, 3) Co-Ni-V-Cr-Cu-Pb – в лесном поясе; 4) Ti и Mn. Характерной особенностью положения Mn и Ti среди других элементов является то, что связи Mn и Ti с другими элементами являются часто отрицательными, и отрицательные связи могут достигать существенных значений. Вместе с тем между Ti и Mn связи положительные и часто достигают уровня значимости [11, 12].

Ведущую роль в процессе переработки почвообразующих пород играют гумусовые вещества. Для оценки связей между органическим веществом и комплексом элементов был применен метод корреляции.

Результаты приведены в таблице 3. Содержание гумуса в почвах района сильно варьирует – от 0,15 % до 27 %. При этом положительные существенные связи проявляются между содержанием гумуса и марганца, гумуса и титана. С остальными (медь, свинец, цинк, кобальт, никель, ванадий, хром) элементами не проявляется положительных существенных корреляционных связей. Напротив, с некоторыми элементами, такими как кобальт, хром, отрицательные связи достигают существенных значений. Подобные корреляционные связи между гумусом и элементами являются характерными. Аналогичная картина была выявлена и в почвах южного склона Большого Кавказа [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Содержание (в г/т) элементов в почвах Гусарского района определяется следующими величинами (Mn – 100 г/т): Cu – 3,5–5; Pb – 1,45–1,86; Co – 1,35–1,6; Ni – 7–8,9; V – 9,2–14,6; Cr – 6,7–7,5; Mn – 5,3–5,8; Ti – 329–486. Горно-луговые дерновые почвы и горно-лесные бурые почвы района по сравнению с кларком для почв обогащены Cu, Pb, Co, Ni, V – в субальпийском поясе в 1,5–2,5 раза, в лесном – в 1,1–1,75 раза. Почвы района исследований обеднены (0,71), особенно Cr и Mn (в 0,3–0,7 раза ниже). По сравнению с почвами, формирующимися на меловых отложениях южного склона Б. Кавказа, почвы Гусарского района заметно обогащены Cu, Pb и Ni (примерно в 1,5–2 раза). В гумусовом горизонте почв по сравнению с подстилающей почвообразующей породой накапливаются Cu (Ka – 2,5–3,6), Pb (Ka – 1,25–1,6), Co (Ka – 1,3–1,7), тенденцию к накоплению имеет Co (Ka – 1,1–1,2). Для почв района характерна довольно большая вариабельность элементов (Cu, Co, V, Ti, с – 40–65 %, Mn, Cr – 19–24 %), обязанная исходной неоднородности почвообразующих пород.

В почвах субальпийского и лесного поясов района встречаются единичные низкоаномальные содержания: Mn – 800–2 000 г/т, Ti – 8 000–10 000 г/т, Pb – 600 г/т, Ni – 200 г/т. В почвах района выявлены следующие положительные статистически значимые корреляционные связи: 1) Cu-Pb-Zn; 2) Co-V-Cr в субальпийском поясе, Co-Ni-V-Cr-Cu-Pb в лесном поясе; 3) Mn; 4) Ti. Между Mn и Ti положительные корреляционные связи иногда достигают уровня значимости.

Гумусовые вещества в гумусовом горизонте почв района связаны положительными корреляционными связями до уровня существенности с Mn и Ti; корреляционные связи гумуса с Cu, Pb, Co, Ni, V, Cr несущественные и часто отрицательные.

Дифференциация видов растений по способности аккумулировать элементы возможна не по всему комплексу элементов, а только по отдельным элементам. Растения семейства буковых (бук, дуб, граб) более значительно аккумулируют Zn, Ni, Cu и особенно Mn. Наиболее низкими содержаниями всех элементов, за исключением Pb и Ti, выделяется яблоня. В клене содержание Cu, Ni, Zn, Mn несколько ниже, чем в буке, дубе, грабе. По содержанию Pb и Ti все виды однородны.

В золе древесных видов растительности относительно почв накапливаются Cu, Pb (КБП – 2).

Интенсивность биологического поглощения Мп сильно варьирует в зависимости от биологических особенностей растений: бук, дуб, граб (семейство буковых) интенсивно поглощают Мп (КБП – 12–21), менее интенсивно поглощает Мп клен (семейство кленовых) – КБП – 7; содержание Мп в яблоне и груше (семейство розовых) ниже, чем его содержание в почве – КБП – 0,6. Такие элементы, как Со, V, Ti, Cr, Ni, в деревенских растениях Гусарского рай-

она относятся к элементам слабого биологического захвата (КБП Ti – 0,15, Cr – 0,3, Ni – 0,7, Со и V не обнаружены).

Изложенные в работе сведения полезны будут не только специалистам по геохимии ландшафтов, но также полезны при проведении поисков полезных ископаемых геохимическими методами, а также при проведении мониторинга и охраны окружающей среды, экологам и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абуталибов М.Г., Гаджиев В.Д. Растительный покров Азербайджана. – Баку: Ишыг, 1979. 145 с.
2. Бабаев Ф.М., Рагимзаде А.И. Распределения элементов в породах, почвах и растениях субальпийского пояса. Вопросы палеобиогеохимии. – Баку: АГУ, 1981. 65 с.
3. Бабаев Ф.М. Геохимия высокогорных ландшафтов южного склона Большого Кавказа – Баку: АГНА, 2003. 132 с.
4. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой. В кн.: «Микроэлементы в жизни растений и животных». – М.: АН СССР, 1952. С. 54–65.
5. Волгин А.В., Волгин Д.А. Содержание тяжёлых металлов – загрязнителей в антропогенно слабонарушенных почвах московской области // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». № 4, 2013. С. 32–40.
6. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. – М.: Мысль, 1983. 272 с.
7. Зырин Н.Г., Большаков В.А. Микроэлементы в почвах. – Рига: Зинатк, 1975. 165 с.
8. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. 439 с.
9. Лукашев К.И., Петухова Н.Н. Химические элементы в почвах. – Минск: Наука и техника, 1980. 210 с.
10. Малыгин М.А. Биогеохимия микроэлементов в горном Алтае. – Новосибирск: Наука, 1988. 240 с.
11. Пузанов А.В., Бабошкина С.В., Рождественская Т.А., Балькин С.Н., Трошкова И.А. Содержание микроэлементов (Fe, Mn, Cu, Zn, Cd) в фильтрах горно-лесных темно-серых почв северного алтая в зависимости от изменения их водопроницаемости // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2015. № 3-2. С. 227–232.
12. Султанов К.М., Бабаев Ф.М. К биогеохимии микроэлементов субальпийского пояса южного склона Большого Кавказа. Баку, Вопросы палеобиогеохимии, 2007. С. 74–84.
13. Таусон Л.В. Геохимические методы поисков. – Иркутск, 1977, 177 с.
14. Тимофеева Я.О. Микроэлементы в различных типах почв агрохимических стационаров // Вестник Крас. ГУ, Почвоведение, 2011. № 1. С. 37–41.
15. Турканова А.Н. Микроэлементы в почвах Советского Союза. – М.: МГУ, 1959. 185 с.

REFERENCES

1. Abutalibov M.G., Hajiyev V.D. Vegetation cover of Azerbaijan. – Baku: Publishing house "Ishig", 1979, 145 p.
2. Babaev F.M., Rahimzade A.I. Distribution of elements in rocks, soils and plants of the subalpine belt. Questions of paleobiogeochemistry. – Baku: ASU Publishing House, 1981, 65 p.
3. Babaev F.M. Geochemistry of high-altitude landscapes of the southern slope of the Greater Caucasus. ASOA Publishing House, 2003, 132 p.
4. Vinogradov A.P. Basic patterns in the distribution of mikroelements between plants and the environment. In the book: "Microelements in the life of plants and animals", USSR Academy of Sciences, Moscow, 1952. p. 54–65.
5. Volgin A.V. Volgin D.A. The content of heavy metals – pollutants in anthropogenically slightly disturbed soils of the Moscow region // Vestnik MGOU. Series "Natural Sciences". No. 4, 2013, pp. 32–40.
6. Dobrovolsky V.V. Geography of microelements. Global scattering. Publishing house "Thought", – M., 1983. 272 p.
7. Zyryn N.G., Bolshakov V.A. Microelements in soils. – Riga, Zinatk, 1975.
8. Kabata-Pendias A., Pendias X. Trace elements in soils and plants. – Moscow, 1989, 430p.
9. Lukashov K.I., Petukhova N.N. Chemical elements in soils. Publishing house "Science and Technology". – Minsk, 1980. 210 p.
10. Malygin M.A. Biogeochemistry in microelements in the Altai Mountains. – Novosibirsk: Nauka Publishing House, 1988. 240 p.
11. Puzanov A.V., Baboshkina S.V., Rozhdestvenskaya T.A., Balykin S.N., Troshkova I.A. The content of trace elements (Fe, Mn, Cu, Zn, Cd) in the filtrates of mountain forest dark gray soils of northern Altai depending on changes in their water permeability // International Journal of Applied and Fundamental Research, 2015. No. 3–2. PP. 227–232.
12. Sultanov K.M., Babaev F.M. On the biogeochemistry of microelements of the subalpine belt of the southern slope of the Greater Caucasus. Baku, Questions of Paleobiogeochemistry, 2007, pp.74–84.
13. Tauson L.V. Geochemical methods of search. – Irkutsk, 1977, 177 p.
14. Timofeeva Y.O. Trace elements in different types of soils of agrochemical stations // Bulletin of KrasGU, Soil Science, 2011. No. 1. PP. 37–41.
15. Turkanova A.N. Microelements in the soils of the Soviet Union. Publishing House of Moscow State University. – Moscow, 1959. 185 p.