

GEOLOGİYA

УДК 550.42

МЕДЬ В СУБАЛЬПИЙСКОМ ЛАНДШАФТЕ ЮЖНОГО СКЛОНА
БОЛЬШОГО КAVKAZA

В.М.БАБА-ЗАДЕ, Ф.М.БАБАЕВ, С.А.ИСАЕВ

*Бакинский Государственный Университет**vbabazade@mail.ru*

Установлено, что в целом ландшафт характеризуется нижекларковыми (относительно литосферы) содержаниями меди. В результате выветривания и почвообразования происходит перераспределение содержаний меди по почвам, водам и травянистой растительности. Обладая средней интенсивностью водной миграции, медь слабо поглощается растительностью. Специфические особенности ландшафта способствуют миграции меди из верхнего горизонта горно-луговых дерновых почв ($K_{\text{э}}=0,5$). Под влиянием гипергенных процессов происходит не только перераспределение меди по компонентам ландшафта, а также нарушение коррелятивных связей меди с другими химическими элементами, характерные для материнских пород.

Ключевые слова: горная порода, почва, вода, ландшафт, медь.

В пределах субальпийского ландшафта (высоты 2000-2400 м над уровнем моря) между альпийскими лугами и поясом горных лесов развиты горно-луговые дерновые почвы. Формируются эти почвы под высокими субальпийскими лугами; растительность способствует образованию плотного дернового слоя мощностью не более 5-7 см. Содержание гумуса в верхнем горизонте почвы колеблется в пределах 1,1-18,5% при среднем содержании 4,8%. В составе гумуса отмечается преобладание фульвокислот над гуминовыми кислотами ($C_{\text{Г}}/C_{\text{Ф}}=0,9$). Величина $\text{pH}(4,5-5,0)$ на протяжении всего профиля колеблется в пределах слабокислых значений.

Флористический состав субальпийских ландшафтов представлен многочисленными ассоциациями цветковых растений. Типичными представителями их являются белоус торчащий, тонконог кавказский, мятлик альпийский, скабиоза кавказская, лук, чабрец и другие виды.

Медь, имея переменную валентность, встречается в ландшафте как в одновалентной, так и в двухвалентной форме, а также в самородном состоянии. На миграцию этого элемента большое влияние оказывают окислительно-восстановительные условия и pH среды. В биосфере наиболее распространены соединения двухвалентной меди, которые по сравнению с одновалентными являются более подвижными. Особенно подвижными являются сульфаты, хлориды, нитраты меди, малоподвижными – карбонаты, фосфаты и силикаты.

Медь более подвижна в окислительной среде, чем в восстановительной. В сильноокислой среде наблюдается большая подвижность элемента, однако с увеличением pH (5,5 и выше) раствора выпадает гидрат окиси меди. При наличии органических веществ медь может образовывать подвижные или неподвижные комплексные соединения с гуминовыми кислотами почвы. Этот элемент часто мигрирует в коллоидной форме. Она легко сорбируется из вод глинистыми и органическими коллоидами, гидроксидами железа и марганца [6].

Кларк меди в литосфере – $4,7 \cdot 10^{-3}\%$.

Основным источником поступления меди в субальпийский ландшафт южного склона являются ааленские отложения. В коренных породах формы нахождения меди окончательно не выявлены [3]. Медь входит в кристаллические решетки слюд, полевых шпатов, акцессорных минералов и особенно, магнетита.

В ааленских отложениях ландшафта вариабельность меди достигает 86%. Отложения эти характеризуются средним содержанием меди ($2,9 \cdot 10^{-3}\%$), в 1,6 раз (0,62 ККл) уступающего кларку литосферы. Для этих отложений характерна прямая достоверная зависимость содержаний Cu-Pb, Zn($r=0.31-0.32$, $r_{5\%}=0.22$), Cu-Ni, Cr($r=0.45-0.47$) и Cu-V ($r=0.58$). Обратные зависимости наблюдаются между содержаниями Cu-Co, Mn, из которых значимой является связь между Cu-Mn ($r=-0.28$). С содержанием титана связь меди прямая, но статистически не достоверная ($r=0.19$).

В результате выветривания и почвообразования происходит передислокация содержаний меди, однако в почвах сохраняются выявленные в ааленских отложениях, характерные особенности распределения содержаний элемента. В верхнем горизонте горно-луговых дерновых почв, как в коренных ааленских отложениях, закон распределения меди не выявлен.

Вариабельность содержаний меди в почвах ($V=80\%$) незначительно отличается от вариабельности в ааленских отложениях ($V=86\%$). Среднее содержание в верхнем горизонте почвы ($1,5 \cdot 10^{-3}\%$), как и в коренных ааленских отложениях, характеризуется нижекларковыми содержаниями (0,32 ККл). Отношение ККл меди в ааленских отложениях и, генетически связанных с ними почвах, выявили двухкратное уменьшение содержания элемента в почвах. Вынос меди из почвы подтверждается элювиально-

аккумулятивным коэффициентом ($K_{э}$), равного 0,5. Установлено, что между содержаниями меди в почвах и ааленских отложениях существует слабая прямая зависимость ($r=0.44$, $r_{5\%}=0.63$). Ослабленный характер этих связей объясняется гипергенными процессами (почвообразование, гидрогенная миграция), которые способствуют изменению первоначального содержания элемента материнской породе.

Горно-луговые дерновые почвы ландшафта слабокислые ($pH=4,5-5,0$). В почвах с кислой и нейтральной реакцией, промываемых атмосферными осадками, медь интенсивно выносится. По [1] в кислых почвах с малым содержанием тонкой фракции и большим количеством органического вещества содержание меди наименьшее. При этом большое значение имеет содержание органического вещества. Гумус фиксирует медь, которая не извлекается водой и становится недоступной для растений. По данным [2] медь по сравнению с другими элементами образует с гуминовыми кислотами наиболее прочную связь. Опытным путем установлено [2], что грамм гуминовой кислоты может связать 19,2 мг меди. В почвах Белоруссии между количеством меди и содержанием в почвах гумуса четкой связи не обнаружено (Лукашев, Петухова, 1962). В почвах Западной Сибири связь гумуса с содержанием меди положительная, но значительно слабая [3]. Слабогумусированные почвы характеризуются слабой аккумуляцией меди.

В горно-луговых дерновых почвах ландшафта содержание гумуса колеблется в пределах 1,1-18,0% и в среднем не превышает 4,8%. В составе гумуса преобладают фульвокислоты. Судя по величине коэффициента корреляции ($r=-0,26$, $r_{5\%}=0,36$), достоверной связи между содержаниями меди и количеством гумуса нет: наблюдается слабая обратная зависимость между этими составляющими. По-видимому, это связано с преобладанием в составе гумуса фульвокислот, способствующих миграции меди.

Гумусовый горизонт горно-луговых дерновых почв характеризуется прямыми достоверными связями содержаний Cu-Cr ($r=0,23$, $r_{5\%}=0,19$), Cu-V ($r=0,40$) и Cu-Ni ($r=0,31$). С содержаниями марганца, свинца и кобальта связи меди прямые, не значимые. Наблюдается слабая обратная связь содержаний Cu-Ti.

Изучение корреляционных зависимостей содержаний Cu-Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Pb в ааленских отложениях и сформированных на этих отложениях почвах выявили преобладание большинства взаимозависимостей. Так, для ааленских отложений и почв характерны прямые достоверные связи между содержаниями Cu-V, Cr, Ni с некоторым ослаблением плотности связи в почвах. Наблюдаются и существенные различия. Например, значимая прямая зависимость содержаний Cu-Pb и обратная значимая между Cu-Mn в ааленских отложениях видоизменяются в почвах – в первом случае значительно слабеет до уровня незначимости, во

втором – преобразуется в прямую зависимость, но также ниже 5% уровня значимости. Аналогичное отмечается во взаимоотношениях содержаний Cu-Co и Cu-Ti, в обоих случаях не достигающие уровня значимости.

В океанических водах кларк меди равен $3,0 \cdot 10^{-7}\%$ [1]. Коэффициент водной миграции равен 0,001-0,05 и характеризуется этот элемент сильным рассеянием [5]. В подземных водах зоны гипергенеза содержится $5,58 \cdot 10^{-6}$ г/л меди [7]. Коэффициент водной миграции ($K_x=0,27$) определяет медь как элемент средней интенсивности миграции [6].

В кислых водах наиболее часто встречаются катионные формы двухвалентной меди, в слабокислой и нейтральной среде медь часто находится в виде гидроксикомплексов, в щелочных условиях же образует карбонатные анионные комплексы. В гумидных ландшафтах со слабокислыми водами миграция меди слабее из-за невысокой ее подвижности в кислородных водах, активной сорбции органическим веществом и глинистыми частицами. Медь здесь часто выщелачивается из почвы [6].

Поверхностные воды высокогорного пояса междуречья рек Курмухчай-Кишчай являются слабоминерализованными, гидрокарбонатно-кальциево-натриевого состава с заметно повышенными содержаниями бария и стронция. pH воды – 7,38, т.е. поверхностные воды являются нейтрально-слабощелочными. В этих водах содержание меди не выше $0,2 \cdot 10^{-3}\%$ (Заболотный, 1973). В поверхностных водах этой зоны на 5% уровне значимости ($r_{5\%}=0,33$) наблюдаются плотные связи между содержаниями Cu-Cr, несколько слабее между Cu-Ni. Слабая прямая зависимость наблюдается между содержаниями Cu-Pb, Mn, Ti.

Для определения части выноса элемента из зоны гипергенеза необходимо сопоставление средних содержаний элемента в поверхностных водах и земной коре. Это сгладит влияние внешних факторов миграции данного региона и более полно отразит физико-химические особенности изучаемого элемента. Вычисленный указанным способом, коэффициент водной миграции меди ($K_x=0,04$) выявляет низкую интенсивность выщелачивания меди поверхностными водами ландшафта. Коэффициент водной миграции меди, вычисленный относительно почвы ландшафта ($K_x=0,13$) показывает, что поверхностными водами медь выносятся из почвы более интенсивно (в 3 раза).

В подземных водах ландшафта междуречья рек Курмухчай-Кишчай содержание меди в среднем равно $3,4 \cdot 10^{-3}\%$. Вычисленный коэффициент водной миграции относительно кларка литосферы ($K_x=0,72$) более 3 раза превышает аналогичный коэффициент (0,27), рассчитанный для подземных вод суши. Более интенсивно медь выносятся из ааленских отложений ($K_x=1,17$). В подземных водах высокогорного пояса медь мигрирует в виде простых ионов [5].

Сравнение K_x меди в поверхностных и подземных водах выявляет значительно более интенсивный вынос (в 18 раз) меди подземными во-

дами. Таким образом, в субальпийских ландшафтах поверхностными водами медь слабо и очень слабо выносятся ($K_x=0,04$), подземными водами выносятся средней интенсивностью миграции ($K_x=0,72$).

Из представителей луговой растительности ландшафта были изучены лук, скабиоза, мятлик, чабрец. Распределение содержаний меди в скабиозе, мятлике и чабреце подчинены нормальной функции. В луке, как в ааленских отложениях и почвах, закон распределения меди выяснить не удалось. Близкими величинами вариации содержаний меди выделяются скабиоза, чабрец ($V=70-77\%$) и мятлик, лук ($V=89-92\%$). Максимальными содержаниями меди ($2,7 \cdot 10^{-3}\%$) характеризуется мятлик, минимально равнозначными ($1,7-1,8 \cdot 10^{-3}\%$) – чабрец, лук, скабиоза. Региональной особенностью луговой растительности ландшафта, как ааленских отложений и почв, является нижекларковые (относительно литосферы) содержания меди ($B_c=0,4-0,6$). Медь по интенсивности биологического поглощения луговой растительностью характеризуется средним, слабым и очень слабым биологическим захватом.

Коэффициент биологического поглощения (A_x), вычисленный относительно содержания меди в почвах ландшафта, отражает специфическую обстановку ландшафта, а также выявляет относительную подвижность элемента и интенсивность аккумуляции меди в верхнем горизонте почвы. Полученные данные ($A_x=1,2-1,8$) выявляют незначительную концентрацию меди всеми изученными видами луговой растительности ландшафта. Однако в зависимости от физиологических особенностей растений интенсивность поглощения меди не одинакова: наибольшей концентрацией выделяется мятлик. Несмотря, пусть и слабую концентрацию меди в луговой растительности, аккумуляции этого элемента в верхнем горизонте горно-луговых дерновых почв не наблюдается. Специфические особенности ландшафта (крутой рельеф, слабокислая среда, периодический промывной режим, преобладание в органическом веществе почвы фульвокислот и т.п.) способствуют выносу меди из верхнего горизонта почвы ($K_{эa}=0,5$).

Существенной зависимости содержаний меди в луговой растительности от содержания в почвах не отмечается (лук, $r=0,08$, мятлик $r=0,04$, скабиоза $r=-0,04$, $r_{5\%}=0,50$).

В луговой растительности ландшафта в большинстве случаев значимых связей меди не обнаружено. Исключение составляет достоверная прямая зависимость содержаний $Cu-V$ ($r=0,33$, $r_{5\%}=0,21$) в луке. Вместе с тем для луговой растительности, в целом, характерны слабые прямые связи $Cu-Cr$, Co , Ni и слабый антагонизм между $Cu-Zn$. Выделяются виды растений с аналогичными связями. Например, в мятлике и луке слабый антогонизм отмечается между $Cu-Mn$, в луке и скабиозе – прямая слабая зависимость $Cu-Pb$. Сопоставление корреляционных связей меди в луговой растительности и ааленских отложениях показали, что выявленные в

ааленских отложениях прямые достоверные связи между содержаниями Cu-Cr, Ni, Zn, Pb в растительности значительно слабеют до уровня незначительности: в одних случаях прямые (с Cr, Ni, Pb), в других – (Zn) – обратные. Сравнение корреляционных зависимостей меди в луговой растительности и в горно-луговых дерновых почвах ландшафта выявили как аналогичные связи, так и существенные отличия в отношениях меди с другими элементами. Например, характерные для почвы прямые достоверные связи Cu-V, Cr, Ni в луговой растительности приобретают слабый характер. В зависимости от вида растения связи меди существенно отличаются от связей в почвах. Так, прямая слабая зависимость содержаний Cu-Mn в почвах в мятлике и луке преобразуются в слабую обратную зависимость. Или в почвах слабая обратная зависимость Cu-Ti в луке и скабиозе преобразуются в прямую слабую связь.

Вышеизложенный материал позволяет выявить некоторые геохимические особенности меди в субальпийском ландшафте южного склона Большого Кавказа. Субальпийский ландшафт на ааленских отложениях характеризуется нижекларковыми (относительно литосферы) содержаниями меди. В ландшафте медь характеризуется средней интенсивностью водной миграции. При этом подземные воды более интенсивно выщелачивают медь из ааленских отложений. Значительно слабее выносятся медь поверхностными водами из почвы. Субальпийская растительность характеризуется средним, слабым и очень слабым захватом меди. Несмотря на некоторую концентрацию меди в луговой растительности биогенной аккумуляции элемента в верхнем горизонте почв не наблюдается. В результате гипергенных процессов, происходящих в ландшафте, происходит не только перераспределение меди по компонентам ландшафта, а также наблюдается нарушение взаимозависимости меди, характерные для коренных пород. Значимых связей меди в ааленских отложениях – зола растений, почва – зола растений в большинстве случаев не наблюдается. Вместе с тем наблюдается преемственность взаимозависимостей меди с другими элементами в породах, почвах и золе растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Недра, 1957, 238 с.
2. Дроздова Т.В. Геохимия аминокислот. М.: Наука, 1987, 200 с.
3. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука, 1991, 151 с.
4. Лукашев К.И., Петухова Н.Н. Химические элементы в почвах. Минск: Наука и Техника, 1970, 232 с.
5. Перельман А.И. Геохимия природных вод. М.: Наука, 1982, 150 с.
6. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафтов. М.: Астерия-2000, 1999, 768 с.
7. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: Недра, 1978, 274с.

BÖYÜK QAFQAZIN CƏNUB YAMACININ SUBALP LANDŞAFTINDA MİSİN YAYILMASI

V.M.BABAZADƏ, F.M.BABAYEV, S.A.İSAYEV

XÜLASƏ

Müəyyən edilmişdir ki, bütövlükdə landşaft mis elementinin litosferə nisbətdə aşağı klarkları ilə səciyyələnilir. Aşınma və torpaq əmələgəlmə nəticəsində torpaqlarda, sulara və ot bitkiçiliyində misin miqdarlarının yenidən paylanması baş verir. Su miqrasiyasının orta intensivliyinə malik olmaqla, mis bitkilər tərəfindən zəif udulur. Landşaftın spesifik xüsusiyyətləri misin dağ-çəmən çimli torpaqların yuxarı horizontundan miqrasiyasına səbəb olur ($K_{ea}=0,5$). Hipergen proseslərin təsiri altında landşaft komponentləri üzrə misin təkcə yenidən paylanması deyil, həmçinin digər elementlərlə, ana süxurlar üçün səciyyəvi olan korrelyativ əlaqələrinin pozulması baş verir.

Açar sözlər: süxur, torpaq, su, landşaft, biogeokimya.

THE COPPER IN SUBALPINE LANDSCAPES OF THE SOUTHERN SLOPE OF GREAT CAUCASUS

V.M.BABA-ZADEH, F.M.BABAYEV, S.A.ISAYEV

SUMMARY

It is established that the overall landscape is characterized by underclark (relatively lithospheric) concentrations of copper. As a result of weathering and soil formation copper content in soils, waters, and herbaceous vegetation redistributes. With an average intensity of water migration, copper is weakly absorbed by vegetation. Specific features of the landscape contribute to the migration of copper from the upper horizon of the mountain meadow sod soils ($K_{ea}=0.5$). Under the influence of hypergene processes we register not only redistribution of copper components of the landscape, but also violation of correlative relations of copper with other chemical elements that are characteristic for the source rock.

Key words: rock, soil, water, landscape, copper.

Поступила в редакцию: 02.03.2012 г.

Подписано к печати: 31.05.2012 г.