УДК 911.2:504.06

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОМАССЫ И ПОЧВ В ФАЦИЯХ ХАРАНОРСКОГО ПОЛИГОНА-ТРАНСЕКТА ОНОН-АРГУНСКОЙ СТЕПИ

Дубынина С.С.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: Dubynina@irigs.irk.ru

Даны количественные характеристики химических особенностей почвы, надземной, подземной и общей фитомассы геосистем Онон-Аргунской степи на Харанорском полигоне-трансекте. Наиболее распространенными геосистемами растительного покрова являются разнотравно-типчаковые и тырсово-пижмовые фации. Эти фации в целом определяются низкогорным рельефом, резко континентальным изменением климата. Для оценки климата исследуемого района анализировались атмосферные осадки и температура воздуха (данные метеостанции «Борзя»). Для достижения поставленной цели проведен сбор и анализ данных материалов растительного вещества (надземной и подземной массы). Выбор Харанорского полигона-трансекта обусловлен особенностями ландшафтной структуры, образуя ландшафтно-экологический ряд, где фации сопряжены друг с другом и позволяют анализировать закономерности функционирования геосистем. Каждая фация характеризуется вполне определенным содержанием химических элементов в растительном веществе и почве. Выявлено содержание микроэлементов в корнеобитаемом слое почвы в фациях полигона-трансекта, а также показано содержание элементов в почве к содержанию их к кларку литосферы (по А.П. Виноградову, 1952 г.). Показано, как специфична для почв магнево-кальцевая специализация, особенно для щелочноземельных элементов – стронция, бария. Установлено содержание микроэлементов в надземной и подземной массе, и показатели содержания этих элементов имеют свои особенности по фациям. Установлен порядок изучаемых микроэлементов в рядах биологического поглощения – A_x для фитомассы фаций Харанорского полигона-трансекта Онон-Аргунской степи. Изучаемые элементы составляют следующие ряды фитомассы: надземная – Sr > Cu > Mn > Ba > Ni > Co > Pb > Cr > V > Ti; подземная – Cu > Ni > Mn > Sr > V > Pb > Ba > Cr > Co > Ti.

Ключевые слова: Забайкальский край, Онон-Аргунская степь, Харанорский полигон-трансект, геосистемы, фации, растительный и почвенный покров, надземная и подземная масса, микроклимат

LANDSCAPE–GEOCHEMICAL STUDIES OF PHYTOMASS AND SOILS IN THE FACIES OF THE HARANOR POLYGON-TRANSECT OF THE ONON – ARGUN STEPPE

Dubynina S.S.

V.B. Sochava Institute of geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: Dubynina@irigs.irk.ru

Quantitative characteristics of chemical features of the soil, aboveground and underground mass of geosystems of the Onon-Argun steppe on the Haranor polygon-transect are given. The most common geosystems of vegetation cover are mixed grass-tipchak and tyrsovo-tansy facies. These facies are generally defined by low-mountain terrain and sharply continental climate change. To assess the climate of the study area, precipitation and air temperature were analyzed (data from the Borzya weather station). To achieve this goal, data collection and analysis of plant matter materials (aboveground and underground mass) was carried out. The choice of the haranor polygon-transect is determined by the features of the landscape structure, forming a landscape-ecological series, where facies are interfaced with each other and allow Analyzing the regularities of the functioning of geosystems. Each facies is characterized by a well-defined content of chemical elements in plant matter and soil. Identified trace elements content in root layer of soil facies polygon-transect, and also shows the contents of elements in soil to their content to the clark in the lithosphere (according to A.P. Vinogradov, 1952). Shown for soils magneto-kalcheva specialization, especiall for alkaline earth elements – strontium, barium. The content of trace elements in the aboveground and underground mass has been established, and the indicators of the content of these elements have their own facies characteristics. The order of the studied trace elements in the series of biological absorption – A_x for the phytomass of facies of the Haranor polygon-transect of the Onon-Argun steppe is established. The studied elements comprise the following series of phytomass: aboveground – Sr > Cu > Mn > Ba > Ni > Co > Pb > Cr > V > Ti; underground – Cu > Ni > Mn > Sr > V > Pb > Ba > Cr > Co > Ti.

Keywords: TRANS-BAIKAL territory, Onon-Argun steppe, Haranor polygon-transect, geosystems, facies, vegetation and soil cover, aboveground and underground mass, microclimate

Ландщафтно-геохимические исследования в большей степени ориентированы на изучение концентрации химических элементов в природных ландшафтах и слагающих их взаимодействующих компонентов – растений и почв. Одним из таких направлений является *геохимия, биогеохимия и экогеохимия ландшафтов,* которое изучает поведение химических элементов и их соединений в элементарных ландшафтно-геохимических системах локальной и региональной размерности [1; 2]. Содержание химических элементов с пересчетом на фитомассу позволяет наиболее полно выявить роль растительности как одного из ведущих компонентов геосистем. Изучение микро-

элементного состава: Ba, Sr, Mn, Cu, Ni, Zn, Cr, V, Co, Pb, Ti в почвах и растениях проводилось в фациях полигона-трансекта Харанорского стационара Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. В административном отношении территория стационара относится к Забайкальскому краю. В системе дробного ландшафтного районирования Харанорская степь в геоботаническом отношении входит в Борзинский район Онон-Аргунского горно-степного округа. Для изучения территории наиболее характерны разнотравно-типчаковые и тырсово-пижмовые степи. Эти степи в целом определяются низкогорным рельефом, резко континентальным изменением климата. Каждая фация характеризуется вполне определенной динамикой фитомассы (надземной и подземной), биологическим накоплением и обменом микроэлементами между растительностью и почвой в данной местности.

Цель исследования: выявить микроэлементный состав и показать взаимообмен их между почвой и растительным веществом надземной, подземной и общей фиотомассой в фациях Харанорского полигона-трансекта Онон-Аргунской степи.

Материалы и методы исследования

Сообщества степей Юго-Восточного Забайкалья приурочены в основном к пологим склонам южной и западной экспозиций. Пологие склоны северной экспозиции и вершинные поверхности заняты разнотравно-пижмовыми степями. Для вершинных участков характерны хамеродосово-типчаковые степи. Своеобразен растительный покров в днищах падей, нынешнего столетия, начиная с засушливого 2001 г. По мере иссушения почвы растительность падей постепенно сменяется остепненными лугами с большим количеством мезофильного разнотравья. Ранее после схода наледи здесь формировались чистые вейниковые луга. Вострецовые степи, характерные для степного Забайкалья, встречаются лишь небольшими участками по нижним частям склонов на мощных солонцеватых почвах. По склону юго-западной экспозиции степную растительность характеризуют разнотравно-тырсовые сообщества. Частота встречаемости видов крайне непостоянна, что обусловлено климатическими условиями и физическими свойствами почвы. На древней поверхности выравнивания, на вершине сопки доминируют ковыль байкальский и пижма сибирская, более приспособленные к изменяющимся условиям среды обитания, в данном случае речь идет о приспособленности растений к сухому климату. Особенно это коснулось травяного покрова склонов южной экспозиции. Так, на южном склоне частота встречаемости видов крайне непостоянна: наряду с ковылем байкальским увеличивается полынь холодная и полынь Гмелина, василистник малый и ирис мечевидный. В условиях иссушения территории южной экспозиции наблюдается смена разнотравно-тырсовых сообществ на разнотравно-тырсово-пижмовые вплоть до караганово-полынных сообществ [3].

Объектом исследований явились шесть фаций Харанорского полигона-трансекта. Образуя ландшафтно-экологический ряд, эти фации сопряжены друг с другом и дают возможность для детальных исследований микроэлементного состава почв и фитомассы (рис. 1).

Климат характеризуется резкой континентальностью, сочетающейся с недостаточным увлажнением, распространением многолетней мерзлоты, обилием солнечного света и отрицательными среднегодовыми температурами почвы. Распределение осадков по сезонам года крайне неравномерно, меняясь во времени от 150 до 520 мм. Среднегодовая температура воздуха -2,7 °С, среднегодовое количество атмосферных осадков – 320 мм. Анализ материалов метеостанции «Борзя» за период 1955–2017 гг. показал, что в новом тысячелетии климат исследуемой территории значительно изменился: среднегодовое количество атмосферных осадков уменьшилось на 70 мм, а среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,1 °С (рис. 2).

Для оценки биологической продуктивности используются данные общего количества (запаса) растительного вещества и его составных частей надземной и подземной частей травостоя. Определение этих показателей геосистем проводилось общепринятыми методами [4]. Надземная масса растений учитывалась на площадках размером 0,25 м^2 методом укосов в 3–5–кратной повторности, и подземная масса – методом монолитов с глубины почвы 0–20 см. Образцы надземной и подземной массы, высушенные до абсолютно сухого состояния, взвешивались на электрических весах (ВЛТК-500) и были подвергнуты зольному анализу в муфельной печи при температуре 500 °С. Количественный химический анализ более 180 образцов почв и золы фитомассы выполнен в лицензированном химико-ана-

литическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН в 2010 г. на атомно-эмиссионном спектрографе ДФС-8-2 с дифракционной решеткой, где концентрации микроэлементов определялись по абсолютным почернениям аналитических линий с учетом фона. Также определялись на спектрометрах: атомно-эмиссионном с индуктивно связанной плазмой Optima 2000 DV и атомно-абсорбционном с прямой электротермической атомизацией проб Analyst 400 фирмы Perkin Elmer.

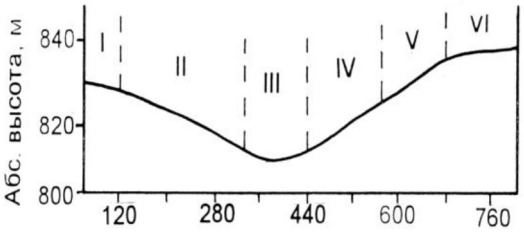

Рис. 1. Топологические подразделения – степные фации Харанорского полигона-трансекта

Степные фации: I – литоморфная хамеродосово-типчаковая фация с проективным покрытием 35–40 %, доминанты – *Chamaerhodos trifida*, *Festuca lenensis*, почва – чернозем бескарбонатный слаборазвитый каменистый. II – красоднево-пижмовая денудационно-аккумулятивная поверхность северного склона с проективным покрытием 40–60 %, доминанты – *Hemerocallis minor*, *Tanacetum sibiricum*, почва – чернозем мучнисто-карбонатный маломощный. III – злаково-разнотравная луговая полугидроморфная днища пади с проективным покрытием 80–90 %, доминанты – *Aneurolepidium pseudoagropyrum*, *Carex duriuscula*, *Artemisia vulgaris*, почва – лугово-черноземная мощная мерзлотно-бескарбонатная. IV – вострецово-тырсовая нижней части южного склона с проективным покрытием 50–70 %, доминанты – *Aneurolepidium pseudoagropyrum*, *Stipa baicalensis*, *Koeleria cristata*, почва – чернозем мучнисто-карбонатный глубоковскипающий солонцеватый маломощный. V – разнотравно-тырсовое сообщество, средняя часть южного склона с проективным покрытием 70–80 %, доминанты – *Stipa baicalensis*, *Carex pediformis*, *Festuca lenensis*, почва – чернозем мучнисто-карбонатный обычный солонцеватый среднемощный. VI – тырсово-пижмовая на древней поверхности выравнивания с проективным покрытием 50–60 %, доминанты – *Stipa baicalensis*, *Carex pediformis*, *Tanacetum sibiricum*, почва – чернозем мучнисто-карбонатный маломощный глубоковскипающий.

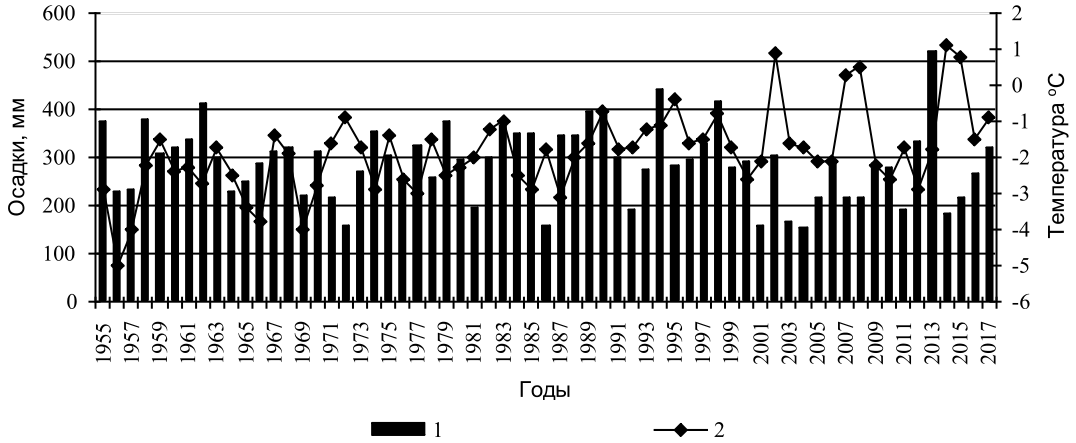

Рис. 2. Годовые показатели гидротермических условий Онон-Аргунской степи (данные метеостанции «Борзя»): 1 – сумма атмосферных осадков за год; 2 – средняя температура воздуха за год

Результаты исследований и их обсуждение

Содержание микроэлементов в растениях, прежде всего, зависит от уровня содержания их в почве, а также от степени их доступности. Количество доступных элементов находится в зависимости от реакции почвы, ее окислительно-восстановительного потенциала, от деятельности микроорганизмов и в очень большой степени от условий климата. В табл. 1 приведено содержание микроэлементов в корнеобитаемом слое почвы в фациях полигона-трансекта Харанорской степи. Щелочноземельные элементы почв Онон-Аргунской степи – барий, стронций. Их содержание повышено в подчиненных фациях вострецово-тырсовой (ф. IV), а для бария и в днище пади (ф. III), что свидетельствует о биогенном накоплении. Для этих почв специфична магниево-кальциевая специализация, с несколько различающимся набором микроэлементов, в том числе стронция и бария [5].

Отношение содержания элемента в почве к их содержанию в земной коре, при расчете использовались кларки литосферы, предложенные А.П. Виноградовым (1952 г.). Содержание бария, стронция равны кларку литосферы, только с небольшим превышением стронция в вострецово-тырсовой фации (ф. IV) в 1,3 раза. В почвах, подстилаемых карбонатными породами, элементы Mn, Cr, Ni, Cu, Co в данной геохимической обстановке присутствуют в меньшем количестве почти в 2 раза, а Ti – 1,3 раза, зато свинец (Pb) в 1,8 раза больше на красоднево-пижмовой фации (ф. II). Содержание ванадия (V) самое высокое по сравнению с кларком литосферы – почти в 2,8 раза в вострецово-тырсовой фации (ф. IV). Содержание меди накапливается больше в полугидроморфной фации днища пади (ф. III), содержание никеля – существенных изменений по всему профилю не наблюдается. В карбонатных горизонтах в щелочной среде и солончаках степей при pH (8,2–10,0) никель становится малоподвижен и из почв не выносится. По результатам исследования других авторов в пределах административных районов Забайкальского края, дана оценка современного состояния природно-антропогенной среды на территории около пос. Хапчеранга, где добыча олова уже не ведется более 40 лет, а в грунтах не заросших до сих пор отвалов обнаружено повышенное содержание марганца, меди, свинца, никеля. Содержание марганца превышает ПДК в 1,8 раза, свинца – в 11, меди – в 2,5 раза по сравнению с фоном [6; 7].

На фациях Харанорского полигона-трансекта рассматривается дифференцированное распределение микроэлементов по компонентам – в надземной и подземной массе (табл. 2).

Содержание хрома, никеля, ванадия и кобальта заметно меньше в золе надземной массы в хамеродосово-типчаковой фации. Титан, свинец в этом сообществе выше по содержанию в сравнении с другими фациями. Данные, полученные в хамеродосово-типчаковой фации, подтверждают хорошую миграционную подвижность марганца. Марганец аккумулируется в надземной массе (ф. I, III, IV).

Таблица 1

Среднее содержание микроэлементов в черноземных почвах в слое почвы 0–50 см полигона-трансекта Харанорской степи (% на прокаленную почву)

Фации	Медь	Стронций	Хром	Ванадий	Никель	Кобальт	Барий	Свинец	Марганец	Титан
	Содержание микроэлементов в фациях полигона-трансекта, в толще слоя 0–100 см									
I	0,0027	0,034	0,0051	0,0073	0,0045	0,0011	0,063	0,0027	0,068	0,34
II	0,0019	0,028	0,0050	0,0074	0,0034	0,0010	0,062	0,0030	0,056	0,37
III	0,0024	0,025	0,0044	0,0076	0,0023	0,0009	0,068	0,0027	0,054	0,38
IV	0,0025	0,042	0,0037	0,0080	0,0032	0,0010	0,066	0,0025	0,055	0,39
V	0,0022	0,029	0,0033	0,0069	0,0024	0,0009	0,063	0,0023	0,066	0,39
VI	0,0020	0,032	0,0026	0,0054	0,0026	0,0008	0,064	0,0028	0,053	0,32
Глубина 0–50 см	Среднее содержание микроэлементов в слое почвы Харанорской степи									
	0,0023	0,032	0,0040	0,0071	0,0029	0,0009	0,064	0,0026	0,058	0,36
Кларк почвы	Содержание микроэлементов в почвах по А.П. Виноградову (1952 г.)									
	0,0047	0,034	0,0083	0,0029	0,0058	0,0018	0,065	0,0016	0,100	0,45

Таблица 2

Среднее содержание микроэлементов в надземной и подземной массе полигона-трансекта Харанорской степи (% в золе)

Фации	Медь	Стронций	Хром	Ванадий	Никель	Кобальт	Барий	Свинец	Марганец	Титан
	Содержание микроэлементов в фациях полигона-трансекта (надземная масса)									
I	0,0040	0,0949	0,0035	0,0025	0,0020	0,0004	0,0618	0,0035	0,1765	0,0764
II	0,0037	0,0634	0,0032	0,0036	0,0032	0,0008	0,0695	0,0028	0,0721	0,0305
III	0,0071	0,1182	0,0048	0,0042	0,0042	0,0010	0,1106	0,0026	0,1805	0,0281
IV	0,0070	0,1090	0,0045	0,0063	0,0031	0,0014	0,1171	0,0020	0,1134	0,0372
V	0,0069	0,1236	0,0030	0,0034	0,0041	0,0008	0,0587	0,0025	0,0848	0,0245
VI	0,0049	0,1203	0,0046	0,0033	0,0044	0,0010	0,0505	0,0027	0,0649	0,0276
Средняя	**0,0056**	**0,1049**	**0,0039**	**0,0039**	**0,0035**	**0,0009**	**0,0780**	**0,0027**	**0,1154**	**0,0374**
Фации	Содержание микроэлементов в фациях полигона-трансекта (подземная масса)									
I	0,0068	0,0542	0,0041	0,0079	0,0039	0,0007	0,0738	0,0035	0,1121	0,0218
II	0,0052	0,0380	0,0041	0,0081	0,0059	0,0006	0,0993	0,0032	0,0572	0,0224
III	0,0130	0,0583	0,0059	0,0124	0,0066	0,0011	0,0903	0,0029	0,2013	0,0296
IV	0,0068	0,0369	0,0039	0,0068	0,0045	0,0010	0,0848	0,0030	0,1230	0,0336
V	0,0088	0,0529	0,0048	0,0073	0,0052	0,0006	0,0521	0,0031	0,1089	0,0213
VI	0,0066	0,0490	0,0052	0,0116	0,0074	0,0009	0,0520	0,0041	0,0877	0,0304
Средняя	**0,0079**	**0,0482**	**0,0047**	**0,0091**	**0,0056**	**0,0007**	**0,0754**	**0,0031**	**0,1050**	**0,0265**
Глубина 0–50 см	Среднее содержание микроэлементов в слое почвы Харанорской степи									
	0,0023	0,032	0,0040	0,0071	0,0029	0,0009	0,064	0,0026	0,0580	0,3600
Кларк растений	Содержание микроэлементов в золе растений по А.П. Виноградову (1952 г.)									
	0,0050	0,0200	0,0050	0,0010	0,0010	0,0004	0,0100	0,0010	0,100	0,0450

Больше всего стронция – щелочноземельного элемента содержится в разнотравно-тырсовой злаковой фации (ф. V), а бария в вострецово-тырсовой фации (ф. IV), это объясняется условиями максимального скопления карбонатов. Сравнение полученных данных с кларками для растений по щелочноземельным элементам – барий, стронций в надземной массе – показывает, что барий содержится в количестве большем, чем кларк, в 7 раз, а стронций в 5 раз. Хотя наблюдаем противоположную картину по содержанию стронция в корневой массе. Содержание Sr в подземной части ниже в 2 раза, чем в надземной массе. Среднее содержание бария в надземной и подземной массе равно. Марганец, ванадий аккумулируется больше всего в днище пади (ф. III). Для изучаемых элементов характерна неоднородность распределения их по профилю. Больше всего меди в корневой массе скапливается в разнотравно-тырсовом сообществе (ф. V). Никеля, кобальта и свинца – в тырсово-пижмовой фации (ф. VI). Перечисленные элементы в подземной массе (корневая часть) показывают, во сколько раз они больше кларковых значений для растений: Mn – 10,5; Ni – 5,6; Pb – 4,0; Cu – 2,6; Co – 2,3; Ti – 0,58 раза.

Среднее содержание многих химических элементов Харанорской степи в золе фитомассы отличается от их содержания в почве: растения способны избирательно поглощать и накапливать их из почвы. Отношение содержания элемента в растениях к содержанию в почве характеризуется коэффициентом биологического поглощения – A_x [8].

Прямой зависимости между содержанием химических элементов в почве и золе растений не наблюдается. Чем выше валовое содержание элементов в почве, тем ниже их в растениях и наоборот. Вычислив – A_x для каждого из элементов и расположив элементы в порядке убывания этой величины, получили ряды биологического поглощения (табл. 3).

Таблица 3

Ряды биологического поглощения микроэлементов

Фации	Место элемента в рядах и их значение									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Ряды биологического поглощения фитомассой в фациях полигона-трансекта									
I	Mn 2.49	Cu 2.35	Sr 2.33	Pb 1.35	Ba 106	Ni 1.00	Cr 0.95	V 0.73	Co 0.67	Ti 0.41
II	Cu 2.00	Ni 1.59	Sr 1.58	Ba 1.55	Pb 1.19	Mn 1.12	Cr 0.93	V 0.83	Co 0.78	Ti 0.74
III	Cu 4.39	Mn 3.29	Sr 2.76	Ni 2.28	Ba 1.57	Cr 1.35	Co 1.22	V 1.17	Pb 1.12	Ti 0.81
IV	Cu 3.00	Sr 2.27	Mn 2.04	Ba 1.58	Co 1.33	Ni 1.31	Pb 1.12	Cr 1.05	V 0.93	Ti 0.92
V	Cu 3.43	Sr 2.76	Ni 1.79	Mn 1.67	Pb 1.12	Cr 0.98	Ba 0.81	Co 0.78	V 0.76	Ti 0.64
VI	Sr 2.65	Cu 2.48	Ni 2.03	Pb 1.35	Mn 1.32	Cr 1.23	Co 1.11	V 1.06	Ba 0.81	Ti 0.80
	Место элемента в рядах и их значение									
Надземная масса	Sr 3.28	Cu 2.43	Mn 2.00	Ba 1.22	Ni 1.21	Co 1.00	Pb 1.04	Cr 0.98	V 0.55	Ti 0.10
Подземная масса	Cu 3.43	Ni 1.93	Mn 1.81	Sr 1.51	V 1.28	Pb 1.19	Ba 1.17	Cr 1.16	Co 0.78	Ti 0.07

Среди изученных микроэлементов в рядах биологического поглощения фаций полигона-трансекта по степени аккумуляции медь занимает первое место. По накоплению меди изучаемые фации можно расположить в следующий ряд: III > V > IV > VI > I > II. За медью следует марганец, затем стронций, никель, барий, и последнее место по накоплению занимает титан. По фациям показатели по накоплению титана изменяются в небольшой степени за исключением полугидроморфной фации днища пади и вострецово-тырсовой фации, где господствует луговая растительность. Фации по накоплению титана составляют следующий ряд: VI > III > VI > II > V > I. Все исследуемые химические элементы степных фаций Харанорского полигона-трансекта по степени их накопления разделяются на следующие ряды: для надземной массы – Sr > Cu > > Mn > Ba > Ni > Co > Pb > Cr > V > Ti; для подземной массы – Cu > Ni > Mn > Sr > > V > Pb > Ba > Cr > Co > Ti.

Заключение

Проведенные исследования на Харанорском полигоне-трансекте Онон-Аргунской степи позволили оценить содержание микроэлементов в надземной и подземной части и в почве фаций и выявить избирательную способность поглощения элемента из почвы. Показатели для каждого элемента имеют свои особенности. Так, наибольшее количество стронция, меди, марганца, бария накапливается в надземной массе. Элементы в подземной массе показывают, во сколько раз они больше кларковых значений для растений: Mn – 10,5; Ni – 5,6; Pb – 4,0; Cu – 2,6; Co – 2,3; Ti – 0,58 раза. Изучаемые элементы по показателям накопления – A_x составляют следующие ряды: для надземной массы – Sr > Cu > Mn > > Ba > Ni > Co > Pb > Cr > V > Ti; для подземной массы – Cu > Ni > Mn > Sr > V > > Pb > Ba > Cr > Co > Ti.

Список литературы / References

1. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов н/Д.: Изд-во Южного федерального ун-та, 2013. 388 с.

Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. Chemical elements in geochemical systems. Clarks of soils of residential landscapes. Rostov n/D.: Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo un-ta, 2013. 388 p. (in Russian).

2. Касимов Н.С. Экогеохимия ландшафтов. М.: И.П. Филимонов М.В., 2013. 208 с.

Kasimov N.S. Ecogeochemistry of landscapes. M.: I.P. Filimonov M.V., 2013. 208 p. (in Russian).

3. Дубынина С.С. Пространственно-временная изменчивость растительности степей Юго-Восточного Забайкалья // Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем Сибирских регионов. Новосибирск: Наука, 2010. С. 48–64.

Dubynina S.S. Spatial and temporal variability of vegetation in the steppes of South-Eastern Transbaikalia // Monitoring and forecasting of the real-dynamic state of geosystems in Siberian regions. Novosibirsk: Nauka, 2010. P. 48–64 (in Russian).

4. Титлянова А.А. Методология и методы изучения продукционно-деструкционных процессов в травяных экосистемах // Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. Изд. 2-е, исправ. и доп. Новосибирск: ИПА СО РАН, 2018. С. 6–14. DOI: 10.31251/978-5-600-02350-5.

Titlyanova A.A. Methodology and methods for studying production and destruction processes in grass ecosystems // Biological productivity of grass ecosystems. Geographical patterns and environmental features. Ed. 2nd, corrected and supplemented. Novosibirsk: IPA SB RAS, 2018. P. 6–14. DOI: 10.31251/978-5-600-02350-5 (in Russian).

5. Давыдова Н.Д. Биохимическая специализация растений степных геосистем Онон-Аргунского междуречья // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 93–99.

Davydova N. D. Biochemical specialization of plants of steppe geosystems of the Onon-Argun interfluve // Geografiya i prirodnyye resursy. 2012. No. 3. P. 93–99 (in Russian).

6. Доклад об экологической ситуации в Забайкальском крае за 2011 год. Чита: Экспресс-изд-во, 2012. С. 31.

Report on the environmental situation in the TRANS – Baikal territory for 2011. Chita: Express publishing house, 2012. P. 31 (in Russian).

7. Шеховцов А.И., Белозерцева И.А. Экологические проблемы добычи редкоземельных элементов в Юго-Восточном Забайкалье // Успехи современного естествознания. 2016. № 12–1. С. 222–227.

Shekhovtsov A.I., Belozertseva I.A. Ecological problems of rare earth elements extraction in South – Eastern Transbaikalia // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2016. No. 12–1. P. 222–227 (in Russian).

8. Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов. М.: Изд-во «Недра», 1968. 329 с.

Perelman A.I. Geochemistry of epigenetic processes (hypergenesis zone). M.: Nedra, 1968. 329 p. (in Russian).