

Недогибченко С.М.¹, Крюченко Н.О.², Жовинський Е.Я.²

¹ – Національний антарктичний науковий центр

² – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка
НАН України

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОСТРОВА ГАЛИНДЕЗ, ЗАПАДНАЯ АНТАРКТИКА

Ключевые слова: распределение микроэлементов, поверхностные отложения, антарктические ландшафты, геохимия ландшафтов

Вступление. Как известно, Антарктика является составной частью климатической системы нашей планеты. Как наиболее удаленный от промышленных центров регион, он является индикатором глобальных изменений, происходящих в атмосфере, гидросфере и криосфере Земли, а также дает возможность оценить глобальные фоновые уровни загрязняющих веществ в этих природных средах.

Однако, в мировой литературе не встречаются сведения относительно распределения химических элементов в грунтах, растениях, горных породах и их переходе из одной среды в другую. Поэтому, эта статья посвящена анализу распределения микроэлементов в поверхностных отложениях территории острова Галиндез.

Характеристика территории исследований. Остров Галиндез является наибольшим в архипелаге Аргентинские острова и находится в 7 км к западу от Антарктического полуострова. Площадь острова – 0,397 км², наивысшая отметка 58 м над уровнем моря [5].

Архипелаг Аргентинские острова расположен в северо-западной части области Антарктического полуострова, который уникален тем, что как физико-географическая страна Западная Антарктика (рис. 1), выходит за пределы антарктического пояса и по зонально-типологической классификации относится уже к субантарктическому поясу и соответственно к переходной субантарктико-нивальной зоне. Тип ландшафта определен как прибрежный антарктический оазис [1].

Антарктические оазисы – это небольшие внеледниковые участки прибрежной полосы и островов высотой до 200—300 м, окруженные льдами. Сложены большей частью кристаллическими сланцами, гранитами и др. Поверхность обработана экзарацией, рельеф преимущественно мелкосопочный, встречаются моренные гряды, много озер, часто бессточных (среди них — горько-соленые). Альbedo безледной поверхности много меньше, чем покрытой льдом и снегом. На протяжении трех-четырех месяцев температура поверхности почвы выше 0°, иногда каменистая поверхность может нагреваться почти до 40° [4]. Каменистые поверхности покрыты своеобразным пустынным загаром — темной красновато-

коричневой железисто-марганцевой пленкой. Растительность представлена отдельными пятнами лишайников, напочвенными и пресноводными водорослями, несколькими видами мхов. Здесь гнездятся буревестники, поморники, пингвины Адели.

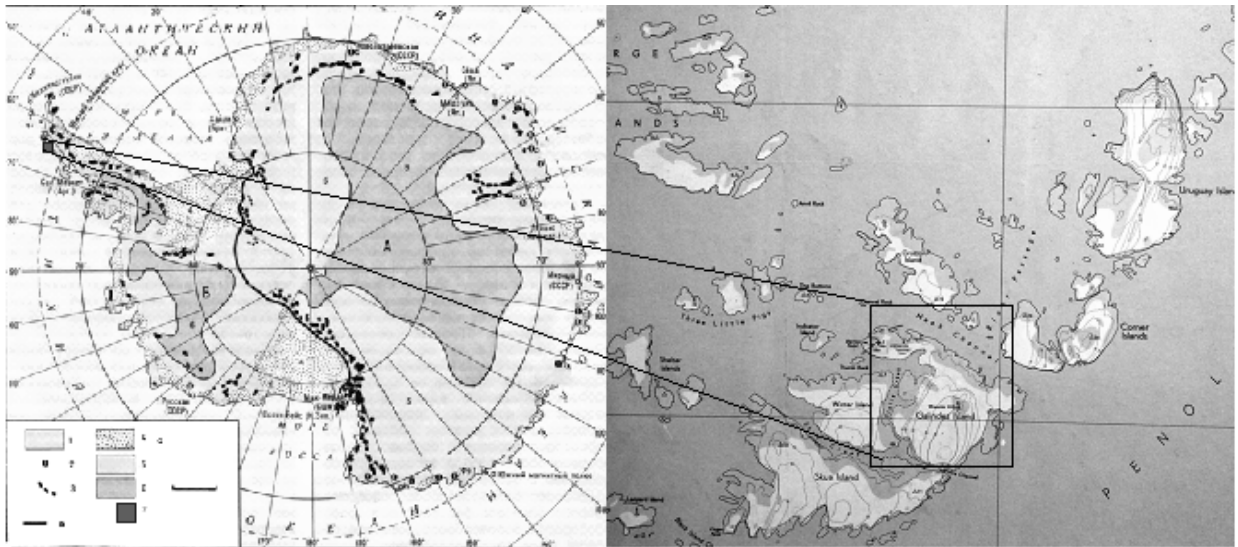


Рис. 1 – Ландшафты и физико-географические страны Антарктиды (а):
 Ландшафты: 1—прибрежные внеледниковые северные антарктические ландшафты; 2—прибрежные антарктические оазисы; 3—горные внеледниковые ландшафты; 4—шельфовые ледники; 5—склоны материкового ледникового покрова; 6—высокогорное ледяное плато, 7—территория района исследований.
 Физико-географические страны: А—Восточная Антарктида, Б— Западная Антарктида.
 б—детальный план района исследований.

Оазисы влияют на прилегающие ледники, усиливая таяние снега и льда. Несмотря на малую площадь, оазис имеет довольно сложную мозаику элементарных ландшафтов.

В плане он представляет собой отдельный водосборный бассейн с водораздельной грядой сглаженных ледником скал. В его средней части расположен явным образом выраженный желоб, круто падающий к небольшому леднику, лежащему у подножия северной отвесной скальной границы оазиса.

Особенностями ландшафтного комплекса оазиса, основные из которых обозначены на обобщенном ландшафтном профиле, есть наличие в его структуре: контактной южной зоны с ледником, который занимает вершину острова, и отдельных его фрагментов, расположенных в расщелинах; отдельных скал, выступающих над поверхностью оазиса; каменных россыпей, состоящих из крупнообломочного материала и мелкой щебенки, которые отложились в трещинах скальных блоков и у их подножия; каскада микроозер с площадями 2–5 м, с илистым или щебенистым дном; растительных сообществ, представленных в верхней части полигона разного рода лишайниками, в нижний – в снижениях и трещинах скал, а также и участками от нескольких до 10–30 м² куртин мхов [7]. Встречены несколько отдельных кустов травы и в моховой подушке высшие грибы.

Территория исследований характеризуется тем, что с южной стороны имеется ледник, а с северной – безледная поверхность на протяжении летнего сезона (декабрь – март).

Объект и методы исследования. Объектом исследований служили поверхностные отложения острова Галиндез.

Поверхностные отложения острова Галиндез (рис. 2) отобраны по склону холма. Фотографии с места отбора проб приведены на рисунке 3.

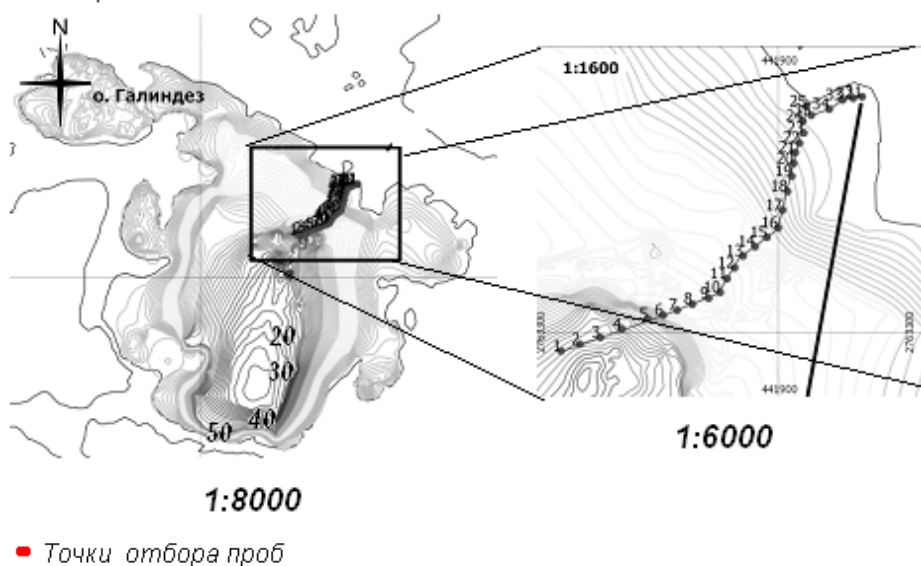
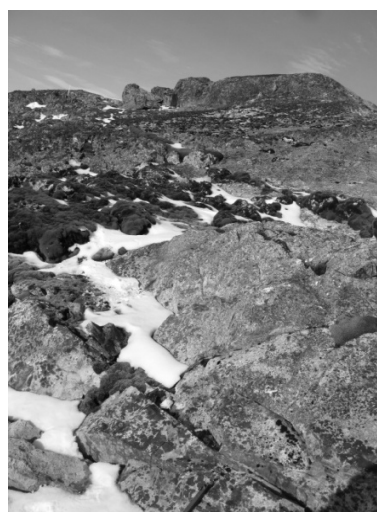


Рис. 2 – Профиль отбора проб



а



б

Рис. 3 – Фотографии с мест отбора проб. а – верхняя часть профиля (пробы 1—9, б- нижняя часть профиля (пробы 25—31)

Ландшафтный профиль выполнен на северном склоне холма острова Галиндез, в высотной зоне от 51 м (абс. отметка вершина о-ва Вузел Хилл) до уреза моря в проливе Мик. Средняя крутизна в верхней части – 12—15°, в нижней – 50—90°. Это участок суши который более всего прогревается, имеет черты тундрового низкогорья и окружен ледником и снежниками.

Горными породами материка являются габбро и граниты, которые сформировались в свою очередь из материнской и базальтовой магмы из

лавы (данные международной команды исследователей под руководством Стейси Лоуи из Калифорнийского университета). Материнской породой Западной Антарктиды является риолит — вулканический аналог гранита (по данным доктора геологических наук, члена антарктической экспедиции Украины Артеменко Г.В.).

Было отобрано 25 проб, каждая после усреднения проб, отобранных методом конверта. Пробы отбирались начиная от вершины (проба №1) с расстоянием между пробами около 10 метров с северной стороны возвышенности Вузли-Хилл. С южной стороны находится ледник Домашний.

Для общего представления о химическом составе и закономерностях распределения элементов в поверхностных отложениях был использован спектрометрический анализ. В выборочных пробах определение содержания элементов: Sr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Zn, As, Se, Cd, Sb, Pb проведено на приборе индуктивно связанной плазмы ICP MS.

Для получения предварительных данных о поведении ряда химических элементов изучены подвижные формы тяжелых металлов. Анализы выполнены по стандартной методике [2].

Методом атомной абсорбции: Zn, Cu, Co, Ni, Pb, Fe, Li; потенциометрическим — Ph, Eh и F.

Результаты исследований. Первые сведения о содержании химических элементов в поверхностных отложениях о.Галиндез получены с использованием метода ICP MS (табл. 1).

Таблица 1 – Статистические характеристики распределения элементов в поверхностных отложениях, мг/кг

	Sr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm
<i>Minimum</i>	31,434	0,046	0,018	0,045	0,005	0,019	0,001
<i>Maximum</i>	1123,010	6,348	5,801	13,219	1,717	7,389	2,151
<i>Median</i>	756,503	5,100	2,312	5,102	0,755	3,472	0,853
	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
<i>Minimum</i>	0,005	0,001	0,009	0,001	0,010	0,001	0,002
<i>Maximum</i>	101,000	0,290	1,519	0,277	0,726	0,100	0,572
<i>Median</i>	1,212	0,162	0,889	0,173	0,465	0,063	0,340
	Lu	Cu	Zn	As	Se	Cd	Pb
<i>Minimum</i>	0,000	1,934	2,403	0,065	0,060	0,039	2,444
<i>Maximum</i>	0,080	28,262	262,102	16,101	3,789	33,275	10,613
<i>Median</i>	0,050	9,349	13,910	8,797	0,999	1,758	4,184

При анализе статистических параметров выявлено, что содержание всех рассматриваемых микроэлементов в поверхностных отложениях намного ниже, чем в коренных породах, за исключением As, Sr и Cd, которые имеют повышенные концентрации. На первом этапе исследований можно только предположить причины их повышенного содержания.

Мышьяк. Его содержание в материнских породах (гранитах) составляет 1,5–6,0 мг/кг, в поверхностных отложениях среднее содержание

8,7 мг/кг [3]. Как известно, наиболее низкие уровни содержания мышьяка характерны для песчаных почв, в частности для разновидностей, формирующихся на гранитах. Его максимальные концентрации, как правило, связаны с аллювиальными почвами и почвами, обогащенными органическим веществом. Минералы и соединения мышьяка легко растворимы, но интенсивность его миграции из-за активной сорбции глинистыми частицами, гидроксидами и органическим веществом невелика, поэтому в глинистых отложениях его содержание может достигать 13 мг/кг (среднее содержание в почвах мира 4–6 мг/кг). Возможно, этим и объясняется повышенное его содержание.

В арктических условиях, где поверхностные отложения являются фактически продуктом разрушения горных пород, и не подвергаются влиянию техногенного загрязнения можно предположить, что повышенные содержания мышьяка связаны с деятельностью вулканов, которые извергались в последние 200 лет и выбрасывали значительные массы пепла. При извержении вулканов мышьяк в виде своих летучих соединений попадает в атмосферу, после чего выпадает на поверхность и сорбируется тонкодисперсным материалом.

Стронций. Его содержание в гранитах составляет 60–300 мг/кг [3], в поверхностных отложениях средняя концентрация – 750 мг/кг, что в 2 раза выше, чем в материнских породах. Этот элемент подвижен при выветривании, поэтому поверхностные отложения обогащаются стронцием.

Кадмий. Содержание кадмия в поверхностных отложениях составляет 1,75 мг/кг, при содержании в материнских породах 0,1–0,3 мг/кг. Естественными источниками поступления кадмия в атмосферу являются природные процессы: извержение вулканов, космическая пыль и др. Кадмий является относительно редким и рассеянным элементом, поэтому требуется дальнейшее изучение минерального состава тонкодисперсной фракции для установления его возможности концентрации в виде минералов цинка. Кадмий очень подвижен в кислых и нейтральных средах (рН поверхностных отложений о. Галиндез составляет 5,6–7,2) и при выветривании легко переходит в раствор. Так как в условиях Антарктиды материнские породы покрыты ледником, можно предположить, что накопление кадмия идет именно на поверхности разрушающихся пород.

При проведении корреляционного анализа было установлено, что тяжелые металлы – Cu, Zn имеют сильную корреляционную связь (0,8–0,9) с Se и Cd. Причем, связь селена с элементами наиболее сильная (0,92). Однако, его распределение по содержанию очень неравномерно (рис. 4).

Говоря о содержании селена в поверхностных отложениях хочется отметить, что его ПДК не должно превышать 0,2 мг/кг, тогда как на о. Галиндез 40% проб имеют содержание в 10–20 раз превышающее это значение (рис. 5). Источником селена служат атмосферные осадки, обогащенные этим элементом в результате естественных вулканических извержений.

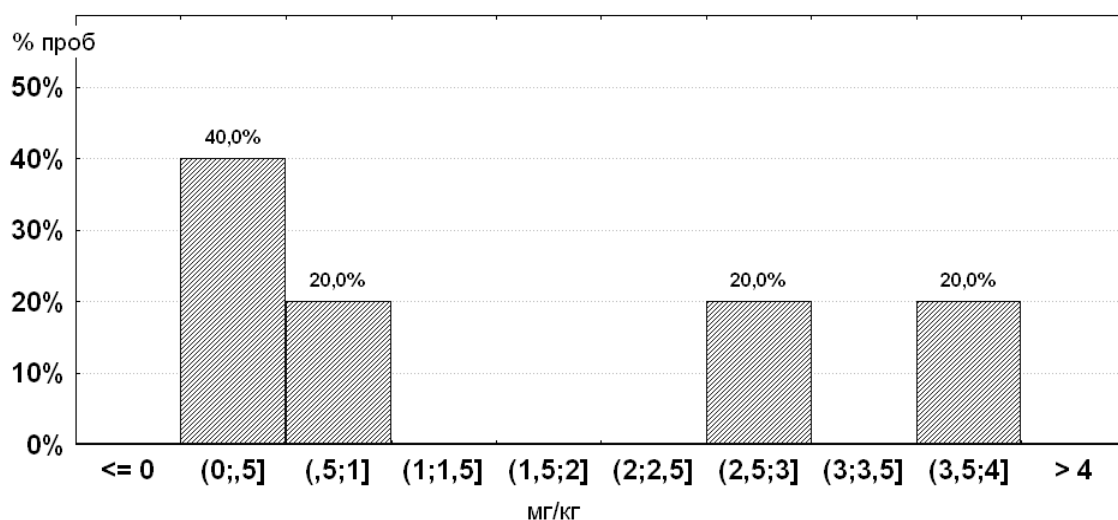


Рис. 4 – Распределение селена в поверхностных отложениях.

Интерес представляет определение изменения содержания по профилю холма подвижных форм тяжелых металлов – Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Fe (аналитическое определение проведено методом атомной абсорбции).

Прямым источником накопления в поверхностных отложениях тяжелых металлов являются горные породы, на продуктах которых сформировались поверхностные отложения.

Данный профиль характеризуется тем, что имеет несколько уступов (рис. 5), где возможна концентрация металлов – пробы 2–3, 11–14 и проба 18.

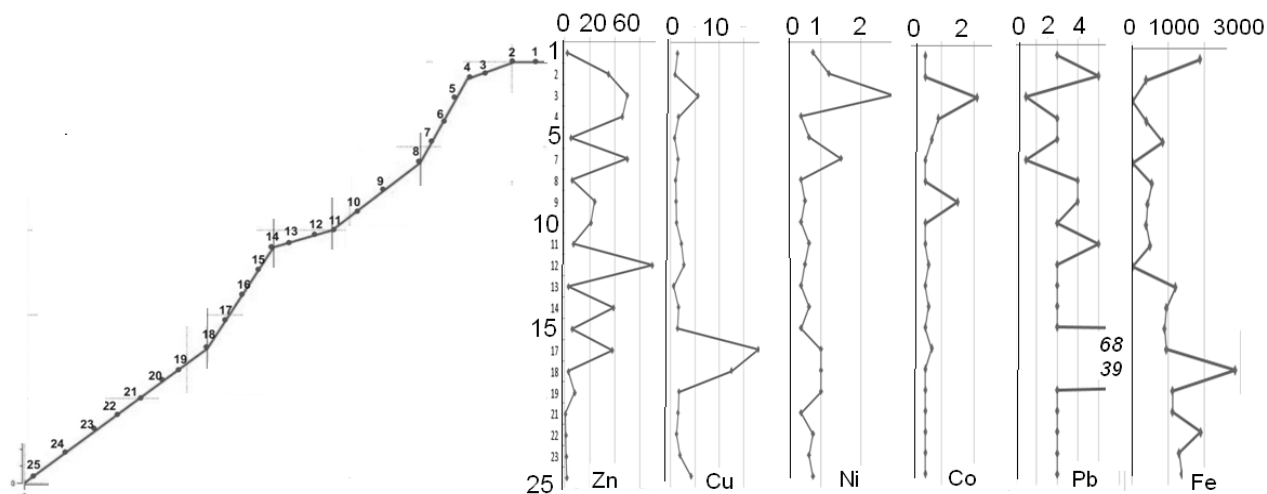


Рис. 5 – Содержание химических элементов по профилю опробования, мг/кг

Анализ данных по распределению элементов показал следующее распределение элементов в поверхностных отложениях: никель и кобальт накапливаются в верхней части холма (первый уступ, пробы 2–3), распределение цинка – неравномерно по всему склону; максимальное содержание железа (3000 мг/кг) установлено в пробе 18, т.е. на последнем уступе. На последнем уступе установлено также некоторое увеличение содержания свинца (68 и 39 мг/кг), превышающее содержание в материнской породе в 3 раза. Возможно, повышенное содержание свинца

связано с наличием его сульфидов, что требует дополнительных исследований.

Для определения геохимического поведения тяжелых металлов использованы рассчитанные кларки концентрации (КК) элементов [6] (Zn, Cu, Co, Ni, Pb), т.е. отношения содержания элемента в данной системе к его кларку в земной коре – если КК меньше 1, то элемент концентрируется в коренных породах, если больше 1 – то выносится (рис. 6).

На основании полученных данных можно сделать следующий вывод: металлы склонны выноситься из материнских пород и накапливаться в поверхностных отложениях в ряду: Pb>Co>Ni, и лишь Zn и Cu концентрируются в материнских породах.

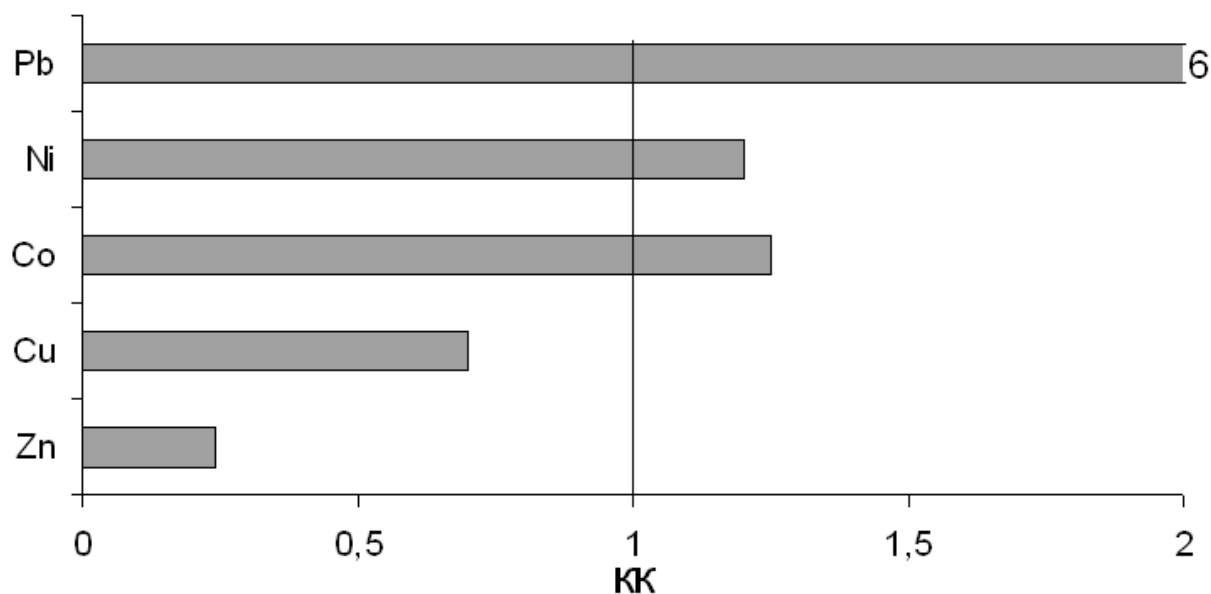


Рис. 6 – КК химических элементов в поверхностных отложениях

Выводы. Впервые рассмотрены особенности распределения химических элементов в поверхностных отложениях прибрежного антарктического оазиса острова Галиндез (Западная Антарктика). Выявлено, что при пониженном содержании химических элементов (относительно средних значений для поверхностных отложений), концентрация As, Sr и Cd в 2 раза больше. При проведении корреляционного анализа было установлено, что тяжелые металлы – Cu, Zn, Cd имеют сильную корреляционную связь (более 0,9) с Se, источником которого являются, возможно, вулканические извержения.

При определении изменения содержания по профилю холма о-ва Вуэлл Хилл тяжелых металлов – Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Fe было установлено, что Ni и Co накапливаются в верхней части холма (первый уступ); распределение Zn неравномерно по всему склону; максимальное содержание Fe Pb — на последнем уступе.

Рассчитан кларк концентрации тяжелых металлов (Zn, Cu, Co, Ni, Pb) и установлено, что Co, Ni, Pb склонны выноситься из материнских пород и накапливаться в поверхностных отложениях в ряду: Pb>Co>Ni, а Zn и Cu концентрируются в материнских породах.

Список литературы

1. Гродзинський М.Д. Основи ландшафтної екології / М.Д. Гродзинський. – К. : Либідь, 1993. – 224с. 2. Жовинський Э.Я. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э. Я. Жовинский, И. В. Кураева. – К. : Наук. думка, 2002. – 213 с. 3. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов : Справочник, в 6 кн. / В. В. Иванов ; под ред. Э. К. Буренкова. – М. : Недра, 1996. 4. Литвин В. М. Острова. / Литвин В. М., Лымарев В. И. – М. : Мысль, 2003. – 288 с. – (Серия «Природа мира»). 5. География Антарктиды / Марков К. К., Бардин В. И., Лебедев В.Л. и др. – М. : Мысль, 1968. – 439 с. 6. Перельман А. И. Геохимия / А.И. Перельман.– М. : Высшая школа, 1988. – 528 с. 7. Beyer L., Bölter M. (eds). Geocology of Terrestrial Antarctic Ice-Free Coastal Landscapes, Ecological Studies, 2002, 154, v. 154 — P.161– 184.

Недогібченко С.М., Крюченко Н.О., Жовинський Е.Я. Особливості розподілу мікроелементів в поверхневих відкладах острова Галіндез (Західна Антарктика). Уперше розглянуто особливості розподілу хімічних елементів у поверхневих відкладах прибережного антарктичного оазису острова Галіндез. Встановлено підвищений вміст у них As, Sr і Cd , а також тісний кореляційний зв'язок (більше 0,9) між групою важких металів - Cu, Zn, Cd і Se. По профілю пагорба о-ва Вузлі Хілл встановлено зміну вмісту важких металів - Ni і Co накопичуються у верхній частині пагорба (перший уступ); розподіл Zn нерівномірно по всьому схилу; максимальний вміст Fe, Pb - на останньому уступі . Розраховано кларк концентрації важких металів (Zn, Cu, Co, Ni, Pb) та встановлено, що Co, Ni, Pb схильні виноситися з материнських порід і накопичуватися в поверхневих відкладах в ряді: Pb>Co>Ni, а Zn і Cu концентруються в материнських породах.

Ключові слова: розподіл мікроелементів, поверхневі відклади, антарктичні ландшафти, геохімія ландшафтів.

Nedogibchenko S.M., Kryuchenko N.O., Zovinskiy E.Y. The features of distribution of microelements in surface deposits of Galindez Island (Western Antarctica). It was considered features of distributing of chemical elements in the surface deposits of the off-shore Antarctic oasis of the Galindez Island. It was set the heighten content in them As, Sr and Sd, and also close cross-correlation connection (more than 0,9) between the group of heavy metals – Cu, Zn, Cd and Se. The change of content of heavy metals on the profile of Woozly Hill is determined – Ni and Co accumulate on the top of the hill (first ledge); distributing of Zn is unevenly on all slope; maximal content of Fe and Pb is on the last ledge. The Clarke of concentration of heavy metals (Zn, Cu, Co, Ni, Pb) is calculated and it was set, that Co, Ni, Pb are inclined to flux from maternal rocks and accumulate in surface deposits in the row: Pb>Co>Ni, but Zn and Cu concentrate in maternal rocks.

Keywords: distribution of microelements, surface deposits, Antarctic landscapes, geochemistry of landscapes.

Недогібченко С.М., Крюченко Н.О., Жовинський Э.Я. Особенности распределения микроэлементов в поверхностных отложениях острова Галиндез (Западная Антарктика). Впервые рассмотрены особенности распределения химических элементов в поверхностных отложениях прибрежного антарктического оазиса острова Галиндез. Установлено повышенное содержание в них As, Sr и Cd, а также тесная корреляционная связь (более 0,9) между группой тяжелых металлов – Cu, Zn, Cd и Se.

По профилю холма о-ва Вузли Хилл установлено изменение содержания тяжелых металлов – Ni и Co накапливаются в верхней части холма (первый уступ); распределение Zn неравномерно по всему склону; максимальное содержание Fe Pb — на последнем уступе. Рассчитан кларк концентрации тяжелых металлов (Zn, Cu, Co, Ni, Pb) и установлено, что Co, Ni, Pb склонны выносятся из материнских пород и накапливаться в поверхностных отложениях в ряду: Pb>Co>Ni, а Zn и Cu концентрируются в материнских породах.

Ключевые слова: распределение микроэлементов, поверхностные отложения, антарктические ландшафты, геохимия ландшафтов.

Надійшла до редакції 17.09.2013