

3. Lir Kh., Pol'ster G., Fidler G.I. Fiziologiya drevesnykh rasteniy. – M.: Lesn. prom-st', 1974. – 423 s.

4. Likholat T.V. RegulATORY rosta drevesnykh rasteniy. – M.: Lesn. prom-st', 1983. – 240 s.

5. Klimachenko A.F. Tipy rosta i prisposobleniy rasteniy k usloviyam sushchestvovaniya // Fiziologicheskie mekhanizmy adaptatsii i ustoychivosti u rasteniy. – Novosibirsk: Nauka, 1973. – S. 84-96.

6. Lapin P.I., Sidneva S.V. Otsenka perspektivnosti introduktsii drevesnykh rasteniy

po dannym vizual'nykh nablyudeniy // Opyt introduktsii drevesnykh rasteniy. – M.: GBS AN SSSR, 1973. – S. 7-67.

7. Bulygin N.E. Biologicheskie osnovy dendrofenologii. – L.: LTA, 1982. – 80 s.

8. Matveeva R.N., Butorova O.F., Bratylova N.P. Naukovi doslyzhennja, jaki provodjat'sja na ob'ektah kafedry selekcii ta ozelenennja SybDTU (Pivden' Seredn'ogu Sybiru) // Naukovi praci: Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy. – L'viv: NLTU Ukrainy. – 2012. – Vyp. 10. – S. 111-114.



УДК 631.41

В.А. Алексеенко, А.В. Пузанов, А.В. Алексеенко, Н.В. Швыдкая
V.A. Alekseyenko, A.V. Puzanov, A.V. Alekseyenko, N.V. Shvydkaya

О НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ПОЧВ КУРОРТОВ КАНАРСКИХ ОСТРОВОВ

ON SOME ECOLOGIC AND GEOCHEMICAL FEATURES OF SOILS OF CANARY ISLANDS RESORTS

Ключевые слова: кларковые и средние содержания химических элементов, природные и техногенные факторы, почвы, коэффициенты энергетические, биологического поглощения, ионизации Картледжа, радиусы ионов.

Увеличение посещаемости рекреационно-туристических центров мира требует детального анализа их эколого-геохимических характеристик. Изучение курортных морских островов, удаленных от крупных промышленных агломераций и потому пользующихся особой популярностью у туристов, позволяет выявить литохимические и биогеохимические особенности рекреаций, формирующихся в основном только под влиянием природных факторов и туристической деятельности. К таким туристско-рекреационным центрам относятся рассматриваемые в работе Канарские острова. Проанализированы геохимические особенности почв и горных пород островов в сравнении с кларками земной коры, почв Земли, почв населенных пунктов, ПДК (ОДК), а также со средними содержаниями ряда химических элементов в почвах рекреационно-туристических центров и некоторых курортов России. Установлены роль внешних и внутренних природных факторов в формировании почв региона и влияние антропогенной деятельности на эколого-геохимический облик курортов Канарских островов. Выявлено, что по сравнению с другими курортными центрами и населенными пунктами в целом в почвах островов повышены содержания Co, Cr, Ga, Mn, Mo, Ni, Ti, V, что объясняется более высокими концентрациями элементов в горных породах

островов по сравнению с известняками и песчаниками, наиболее часто встречающимися в большинстве рекреационно-туристических центров. Содержание же Ag, Ba, Ge, Li, Pb, Sn, Sr в почвах понижено, что связано с отложением значительного количества переносимых ветром легких частиц. Установлено, что влияние автотранспорта и банановых плантаций практически не сказалось на изменении концентраций изучаемых элементов в почвах курортов Канарских островов. Важную роль в формировании геохимического облика играют золотые процессы, а также способность ряда химических элементов к биогенному накоплению. Воздействие внешних факторов миграции совместно с внутренними (кристаллохимическими) привело к понижению концентраций в почвах ряда химических элементов и значительной неравномерности их распределения в почвах отдельных курортов района Канарских островов.

Keywords: Clarke and average content of chemical elements, natural and anthropogenic factors, soils, plants, energy coefficient, biological absorption coefficient, Cartledge's ionic potential, ionic radius.

The increased attendance of recreational and tourist world centers calls for a detailed analysis of their ecological and geochemical characteristics. Studying the resort islands, remote from the large industrial centers and, therefore, very popular among tourists, enables to detect lithochemical and biogeochemical features of recreations formed mostly under the influence of natural factors and

tourist activities. The Canary Islands are a vivid example. The paper deals with the analysis of geochemical characteristics of soils and mountain rocks of the islands and their comparison with the earth crust clarkes, Earth soils, soils of settlements, MPC (APC), including an average content of some chemical elements in soils from recreational- tourist centers of Russia. The role of internal and external natural factors in the formation of region soils and the impact of human activities on ecological-geochemical appearance of the Canary Islands resorts were defined. As compared to other recreational centers and settlements, the Islands soils show the increased content of Co, Cr, Ga, Mn, Mo, Ni, Ti, V. It is due to higher concentrations of these elements in rocks of the Is-

lands compared to limestones and sandstones most often occurring in the majority of other recreational and tourist centers. The less content of Ag, Ba, Ge, Li, Pb, Sn, and Sr in soils is induced by settling a large amount of wind-borne light particles. Transport and banana plantations makes practically no effect on the concentration of the studied elements in soils of the Canary Islands. Aeolian processes as well as the ability of some chemical elements to biogenic accumulation play an important role in the Islands' geochemistry. External migration and internal (crystal-chemical) factors decreased the concentration of some chemical elements and brought to their irregular distribution in soils of the Canary Islands resorts.

Алексеенко Владимир Алексеевич, д.г.-м.н., проф., засл. деятель науки и техники РФ, Новороссийский государственный морской университет им. адмирала Ф.Ф. Ушакова. Тел.: (8617) 61-60-59. E-mail: vl.al.alekseenko@gmail.com.

Пузанов Александр Васильевич, д.б.н., проф., ВрИО директора, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул. Тел.: (3852) 666-445. E-mail: puzanov@iwep.ru.

Алексеенко Алексей Владимирович, аспирант, Санкт-Петербургский горный университет. E-mail: al.vl.alekseenko@gmail.com.

Швыдкая Наталья Владимировна, к.б.н., доцент, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина. E-mail: nepeta@mail.ru.

Alekseyenko Vladimir Alekseyevich, Dr. Geo.-Min. Sci., Prof., Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk. Ph.: (8617) 61-60-59. E-mail: vl.al.alekseenko@gmail.com.

Puzanov Aleksandr Vasilyevich, Dr. Bio. Sci., Prof., Deputy Director for Research, Institute for Water and Environmental Problems, Sib. Branch of Rus. Acad. of Sci., Barnaul. Ph.: (3852) 666-445. E-mail: puzanov@iwep.ru.

Alekseyenko Aleksey Vladimirovich, post-graduate student, Saint Petersburg Mining University. E-mail: al.vl.alekseenko@gmail.com.

Shvydkaya Natalya Vladimirovna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Kuban State Agricultural University named after I.T. Trubilin. E-mail: nepeta@mail.ru.

Введение

Увеличение посещаемости рекреационно-туристических центров мира требует детального анализа их эколого-геохимических характеристик. Особой популярностью пользуются курорты островов, удаленных от крупных промышленных агломераций. Эта удаленность позволяет при проведении специальных исследований выявить литохимические (почвенные) и биогеохимические особенности курортов, формирующихся в основном под влиянием природных факторов и рекреационно-туристической деятельности.

Все вышеперечисленное побудило нас провести эколого-геохимические (в значительной мере биогеохимические) исследования на Канарских островах, относимых к одному из важнейших туристско-рекреационных центров [1, 2].

Методика

и объемы проводимых исследований

Изучались геохимические особенности почв 12 курортов Канарских островов, а также отдельные участки между этими населенными пунктами.

При рассмотрении особенностей почв Б. Сочи (Большой Сочи – неофициальное название города Сочи и прилегающей к нему территории), кроме самого г. Сочи, определялись особенности почв следующих отдельных курортов: Лазоревская, Совет Квадже, Шепси, Головинка, Лоо, Южный, Хоста, Мацеста.

Пробы почв отбирались из верхнего гумусового горизонта. В пределах курортов было отобрано свыше 400 проб. Кроме того, были привлечены данные о содержании химических элементов в отобранных авторами пробах почв более чем 300 населенных пунктов Европы, Азии, Африки, Австралии, Америки [1, 2].

Все отобранные пробы обрабатывались по стандартной методике, затем подвергались спектральному анализу в аккредитованных лабораториях. Результаты анализов обрабатывались с использованием методов стандартной статистической обработки. Практически все расчеты были сделаны с вероятностью 95%.

Результаты и обсуждение

Средние содержания химических элементов в почвах островных курортов весьма отличны от кларка почв Земли (табл. 1). Формула В.В. Докучаева и В.В. Добровольского показывает, что геохимическое своеобразие почв, в первую очередь, зависит от почвообразующих (почвоподсти-

лающих) горных пород. Коренные горные породы, слагающие Канарские острова, в первую очередь, Тенерифе, на котором проводились основные исследования, представлены преимущественно базальтовыми вулканическими туфами и лавовыми потоками.

Таблица 1

Средние содержания химических элементов в почвах (г 10⁻³%)

Элемент	Кларк почв Земли	Кларк почв населенных пунктов	Среднее содержание в почвах курортов			ОДК (ПДК), г·10 ⁻³ %
			рекреационно-туристических центров	Канарские о-ва	Большой Сочи	
Ag	0,05	0,04	0,04	<u>0,021</u> 0,0015-0,15	<u>0,030</u> 0,005-0,2	-
Ba	50,00	85,31	98,39	<u>79</u> 50-150	<u>102</u> 30-600	-
Co	0,80	1,41	1,81	<u>2,22</u> 0,6-3,0	<u>2,2</u> 0,3-0,5	-
Cr	20,00	8,00	8,81	<u>9,6</u> 6,0-15,0	<u>10,5</u> 3,0-20,0	-
Cu	2,00	3,90	5,69	<u>5</u> 3-6	<u>7,1</u> 4,0-30,0	5,5
Ga	3,00	1,62	1,62	<u>1,7</u> 0,6-2	<u>1,9</u> 0,2-3,0	-
Ge	0,50	0,18	0,19	<u>0,2</u> 0,1-0,2	<u>0,2</u> 0,1-0,3	-
Li	3,00	4,95	5,12	<u>3,9</u> 3,0-5,0	<u>5,8</u> 3,0-8,0	-
Mn	85,00	72,87	112,5	<u>136</u> 80-200	<u>136</u> 60-300	150
Mo	0,20	0,24	0,20	<u>0,3</u> 0,1-0,8	<u>0,3</u> 0,1-2,0	-
Ni	4,00	3,30	3,98	<u>4,4</u> 2,0-6,0	<u>4,8</u> 1,0-8,0	8,5
Pb	1,00	5,45	5,52	<u>2,1</u> 0,6-6,0	<u>7,4</u> 2,0-100	3,2
Sn	1,00	0,68	0,65	<u>0,5</u> 0,4-2,0	<u>0,6</u> 0,1-2,0	-
Sr	30,0	45,78	55,07	<u>35</u> 30-50	<u>38</u> 15-100	-
Ti	460	475,79	479,4	<u>727</u> 400-1000	<u>612</u> 200-1000	-
V	10,00	10,49	11,54	<u>16,0</u> 6,0-20,0	<u>17,4</u> 3,0-30,0	15,0
W	-	0,29	0,24	<u>0,2</u> 0,0-0,3	<u>0,2</u> 0,2-0,3	-
Zn	5,00	15,80	20,0	<u>13</u> 8-30	<u>41</u> 10-600	-

Прочерк – нет данных.

Горные породы, слагающие острова, отличаются от кларков земной коры повышенными средними содержаниями Ag(6); Bi(80); Mo(2,2); P(2,7); Sn(1,9); V(1,5); W(2) и пониженными – Ba(0,6); Cu(0,7); Mn(0,76); Ni(0,4); Sr(0,6) (в скобках приведены коэффициенты концентрации относительно земной коры) (табл. 2). Однако в почвах Канарских островов средние содержания Ag, Sn меньше кларка почв Земли, соответственно, в 2,4 и 2,0 раза, а кларк концентрации относительно почв Земли у Mo – всего 1,3. Содержание же таких элементов, как Ba, Co, Cu, Mn, Ni, в почвах Канарских островов выше кларка почв Земли, несмотря на пониженные содержания в горных породах.

Такое своеобразие почв Канарских островов может объясняться двумя основными природными факторами. Во-первых, как это отмечалось В.А. Алексеенко [4], кларковые содержания химических элементов в почвах представляют собой усредненные значения кларков этих же элементов в горных породах. Позже В.А. Алексеенко совместно с В.В. Добровольским было выявлено, что «склонность почв к усреднению содержаний химических элементов» отмечается не только в масштабе всей Земли (что видно при сравнении кларков горных пород и почв), но и в почвах отдельных регионов. Это явление, вероятнее всего, объясняемое деятельностью организмов, могло быть одной из причин формирования указанной выше особенности почв Канарских островов.

Во-вторых, на особенность почв Канарских островов оказало воздействие принесенного материала, сформировавшегося в удалении от островов на сотни километров. На острова ветром переносится пыль из Северной Африки [5]. Подсчеты, производившиеся Гельманом и Мейнардусом [6], показали, что на 1 м² обычно оседает из красной пыльной бури до 11 г частиц. Если учесть сравнительно частую повторяемость таких бурь, то количество пыли в составе почв на островах становится вполне осязаемым. Судя по публикациям [7-11], на Канарских островах отлагались преимущественно мелкие терригенные обломки, относящиеся к пыли и мгле. Последняя представляет собой наиболее тонкие, взвешенные в воздухе глинистые частицы. Есте-

ственно, переносились и отлагались на островах, в первую очередь, наиболее легкие частицы, не сорбировавшие тяжелые металлы.

Таблица 2
Среднее содержание (п 10³%)
ряда химических элементов
в горных породах Канарских островов

Элементы	Земная кора [3]	Горные породы островов
Ag	0,01	<u>0,06</u> 0,01-0,15
As	0,17	<u>2,7</u> 2-3
Ba	65	<u>40</u> 20-50
Bi	0,001	<u>0,08</u> 0,02-0,15
Co	1,8	<u>1,5</u> 0,6-3,1
Cr	8,3	<u>6,3</u> 0,5-15
Cu	4,7	<u>3,5</u> 1,5-6
Ga	1,9	<u>2,7</u> 2-4
Ge	0,14	<u>0,2</u> 0,15-0,3
Li	3,2	<u>3,6</u> 3-5
Mn	100	<u>76,6</u> 50-100
Mo	0,20	<u>0,43</u> 0,3-0,6
Ni	5,8	<u>2,4</u> 0,8-5
P	93	<u>250</u> 50-300
Pb	1,6	<u>1,9</u> 1,6-2
Sn	0,25	<u>0,47</u> 0,4-0,6
Sr	34	<u>20</u> 15-30
Ti	450	<u>433</u> 200-600
V	9	<u>13,6</u> 6-20
W	0,13	<u>0,26</u> 0,20-0,28
Zn	8,3	<u>9,7</u> 6-15

Примечание. В числителе – средние содержания, в знаменателе – минимальные и максимальные.

Изложенный выше материал позволяет считать, что в формуле В.В. Докучаева – В.В. Добровольского (применительно к почвам Канарских островов) элементы климата, стоящие далеко не на первом месте по влиянию на формирование почв, стали играть одну из важнейших ролей в

формировании современного геохимического облика почв курортов Канарских островов.

По сравнению с курортными центрами в почвах островов повышены содержания Co(1,2), Cr(1,1), Ga(1,03), Mn(1,1), Mo(1,3), Ni(1,1), Ti(1,5), V(1,4) и W(1,1) (в скобках коэффициент концентрации по отношению к среднему в почвах курортных центров). Однако о сколько-нибудь существенном повышении можно говорить только для Ti и V. Объяснить это можно повышенными содержаниями элементов в горных породах островов по сравнению с содержаниями в известняках и песчаниках [12], в целом наиболее часто встречающихся в большинстве рекреационно-туристических центров. Концентрации указанных выше элементов (за исключением W) незначительно повышены в почвах островов и по отношению к кларку почв населенных пунктов: Co(1,5), Cr(1,2), Ga(1,03), Mn(1,8), Mo(1,1), Ni(1,3), Ti(1,5), V(1,5) (в скобках коэффициент концентрации по отношению к кларку населенных пунктов).

Содержание ряда элементов в почвах понижено по сравнению со средним в почвах курортных центров и с кларком почв населенных пунктов. Это Ag, Ba, Ge, Li, Pb, Sn, Sr, Zn. При этом отметим, что существенное понижение – в 2,7 раза – характерно только для Pb (табл. 1). В подавляющем большинстве случаев (за пределами островов) повышение содержаний в почвах населенных пунктов этого элемента, а также Zn, Cu, Li, Ba обычно связано с техногенезом [2, 4], особенно с деятельностью крупных промышленных предприятий и реже – с автомобильным транспортом.

Если сравнивать средние содержания рассматриваемых в этой работе химических элементов в почвах курортов Канарских островов и Б. Сочи (одного из наиболее знаменитых курортов России), то видно, что для подавляющего большинства элементов разница содержаний крайне незначительна: Ag(1,4), Ba(1,3), Co(1,01), Cr(1,1), Cu(1,4), Ga(1,1), Ge(1,3), Li(1,5), Mn(1,004), Ni(0,1), Pb(3,6), Sn(1,16), Sr(1,09), V(1,08), Zn(3,07) (в скобках коэффициент концентрации элементов в почвах Б. Сочи относительно почв Канарских островов), и только содержания двух эле-

ментов (Pb и Zn) в почвах Сочи больше чем в 1,5 раза превосходят их содержания в почвах на Канарах. Концентрация обоих элементов в почвах в большинстве случаев, как уже указывалось, связана с воздействием крупных промышленных предприятий, а также с авто- и железнодорожным транспортом. Однако правильнее говорить о пониженных концентрациях ряда металлов в почвах Канарских островов. Мы связываем это с отложением значительного количества переносимых ветром легких частиц, что было рассмотрено выше.

На Канарских островах так же, как и в районе Б. Сочи, отсутствуют крупные предприятия, способные оказать сколько-нибудь существенное влияние на геохимический облик почв курортов. Из основных техногенных факторов, способных повлиять на изменение геохимического облика почв Канарских курортов, отметим автотранспорт и создание сельскохозяйственных плантаций, в первую очередь, банановых. Эти плантации расположены не только за пределами курортных городов, часто практически сливающихся, но и в самих городах.

Для изучения возможного влияния автотранспорта на концентрацию химических элементов в почвах рекреационно-туристических центров были выделены и опробованы участки с разной интенсивностью движения автотранспорта (табл. 3).

Судя по полученным данным, на концентрацию рассматриваемых элементов в почвах Канарских островов изменения интенсивности движения автотранспорта практически не оказали влияния. Разброс средних содержаний химических элементов, который можно было бы связать с интенсивностью движения транспорта, весьма незначителен и обычно изменяется от 1,02 до 1,5. Только у четырех элементов (Ag, Mo, Pb, Sn) разброс средних содержаний в выборках, составленных с учетом интенсивности движения транспорта, достигает величин 1,6-1,8 (табл. 3). Однако и в этих случаях максимальные содержания практически не превышают средних содержаний для почв островов, рекреационно-туристических центров мира и населенных пунктов. Нет и приуроченности более высоких средних содержаний каких-либо элементов к участкам, прилегающим к дорогам с опре-

деленной интенсивностью движения. Все это позволяет считать, что на курортах Канарских островов автотранспорт не оказывает сколько-нибудь значительного влияния на геохимический облик почв.

Также были рассмотрены геохимические особенности почв банановых плантаций, расположенных в пределах рекреационно-туристических центров. Как видно из данных таблицы 3, в почвах банановых плантаций несколько повышены содержания лишь Ва и Р. Однако они не столь велики, чтобы можно было говорить о загрязнении территорий или о сколько-нибудь серьезных эколого-геохимических изменениях почв. Так,

содержание Ва в почвах плантаций хотя и больше среднего для почв Канарских островов, практически мало отличается от среднего для рекреационно-туристических центров. Лишь среднее содержание Р в почвах плантаций ($275 \cdot 10^{-3}\%$) существенно отличается от среднего содержания для почв Канарских островов ($197 \cdot 10^{-3}\%$), от кларков почв населенных пунктов ($120 \cdot 10^{-3}\%$) и Земли ($80 \cdot 10^{-3}\%$) и от среднего для почв рекреационно-туристических центров ($119,8 \cdot 10^{-3}\%$). Вероятнее всего, такое увеличение концентраций фосфора связано с внесением удобрений.

Таблица 3

Средние содержания ($\mu 10^{-3}\%$) химических элементов в почвах в пределах курортов

Элемент	Кларк почв населенных пунктов	Почвы рекреационно-туристических центров	Среднее содержание в почвах участков				Банановых плантаций
			Канарских островов	с различной интенсивностью движения			
				малой	средней	высокой	
Ag	0,04	0,04	0,021 0,0015-0,15	0,03 0,1-0,15	0,016 0,1-0,4	0,02 0,01-0,06	0,025 0,01-0,06
Ba	85,31	98,39	78,8 50-150	66,25 50-100	87,0 60-150	58,75 60-100	103,3 50-150
Co	1,41	1,81	2,20 0,6-3,0	2,0 2,0	2,16 0,6-3,0	2,0 1,5-3,0	2,16 1,5-3,0
Cr	8,00	8,81	9,58 6,0-15,0	8,75 6-10	9,1 6,0-15,0	9,75 8,0-10,0	10,3 6,0-15,0
Cu	3,90	5,69	5,06 3,0-6,0	4,87 3,0-6,0	5,0 4,0-5,0	5,0 4,0-6,0	5,3 4,0-6,0
Ga	1,62	1,62	1,67 0,6-2,0	1,75 1,0-2,0	1,56 0,6-2,0	1,81 1,5-2,0	1,50 1,0-2,0
Ge	0,18	0,19	0,15 0,1-0,2	0,16 0,1-0,2	0,13 <0,1-0,15	0,16 0,15-0,20	0,11 0,10-0,15
Li	4,95	5,12	3,9 3,0-5,0	4,0 3,0-5,0	3,5 3,0-5,0	4,5 3,0-5,0	3,3 3,0-5,0
Mn	72,87	112,5	135,8 80-200	125,0 100-150	138,0 80-150	137,5 100-200	150,0 150,0
Mo	0,24	0,20	0,27 0,1-0,8	0,32 0,2-0,8	0,21 0,1-0,3	0,27 0,2-0,3	0,25 0,2-0,3
Ni	3,30	3,98	4,42 2,0-6,0	4,25 3,0-5,0	4,3 2,0-6,0	4,6 3,0-6,0	4,5 3,0-6,0
Pb	5,45	5,52	2,06 0,6-6,0	2,62 1,0-6,0	1,96 0,6-5,0	1,56 1,5-2,0	2,1 1,5-3,0
Sn	0,68	0,65	0,50 0,4-2,0	0,66 0,4-2,0	0,4 0,4-0,6	0,45 0,4-0,5	0,46 0,4-0,5
Sr	45,78	55,07	34,85 30,0-50,0	31,25 <30,0-40,0	38,0 <30,0-50,0	32,5 <30,0-50,0	38,3 <30,0-50,0
Ti	475,79	479,4	727,3 400-1000	687,5 500-1000	630,0 400-1000	775,0 600-1000	800,0 600-1000
V	10,49	11,54	16,03 6,0-20,0	16,25 10,0-20,0	15,6 6,0-20,0	16,8 15,0-20,0	14,6 8,0-20,0
W	0,29	0,24	0,26 0,2-0,3	0,27 0,2-0,3	0,24 0,2-0,3	0,28 0,2-0,3	0,25 0,2-0,3
Zn	15,80	20,0	13,21 8,0-30,0	14,12 8,0-30,0	13,0 10,0-20,0	11,6 5,0-15,0	14,1 10-15

Средние содержания (п 10³%) химических элементов в почвах отдельных курортов Канарских островов

Элемент	Туристско-рекреационные центры мира*	Зона Канарских островов	Отдельные курорты													разброс содержаний	
			Лос Арена	Лос Гигантес	Лос Кристинос	Лос Гомера	Лос Америкас	Санта-Круз	Ла Лагуна	Таганана	Канделярия	Вилафлор	Икод-де-лос-Винос	Маска	по курортам	в пределах курорта	
Ag	0,04	0,021	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,015	0,03	0,015	0,01	0,025	0,15	0,06	6	6	
As	2,15	-	3	2,6	3	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2	2	20	1,5	1	
Ba	98,4	78,8	110	60	62,5	58	60	80	125	90	80	80	60	50	2,2	2,5	
Bi	0,11	-	0,08	0,08	0,1	0,096	0,1	0,1	0,08	0,08	0,1	0,1	0,1	0,1	1,2	1,2	
Co	1,81	2,20	2	2	2,12	2,8	2	2	1,8	3	2	1,75	2	3	1,7	2	
Cr	8,81	9,58	8,28	8,6	11,25	13	10	8	7	10	10	7	8	10	1,8	1,7	
Cu	5,69	5,06	5	5,3	5	5	5	5	4,5	5,5	4	5	6	6	1,5	1,5	
Ga	1,62	1,67	1,42	1,83	1,75	1,5	2	1,75	1,05	2	1,5	2	2	2	1,7	2	
Ge	0,19	0,15	0,11	0,11	0,175	0,14	0,2	0,18	0,125	0,15	0,2	0,125	0,2	0,2	1,8	1,5	
Li	5,12	3,88	3,57	3,33	5	3,2	5	4,5	4	3	4	3	5	5	1,7	1,7	
Mn	112,5	135,8	150	116	112,5	140	175	175	115	150	100	125	150	100	1,7	1	
Mo	0,20	0,27	0,22	0,26	0,27	0,24	0,25	0,3	0,2	0,3	0,3	0,25	0,8	0,3	4	1,5	
Ni	3,98	4,42	4	4	4,25	5,2	5,5	5,5	3,5	4,5	4	3	4	6	2	1,7	
Pb	5,52	2,06	1,94	1,3	1,75	1,4	1,75	2,5	3,5	2,25	4	1,25	5	2	1,75	5	
P	-	119,4	264,2	166,6	150	180	200	225	125	200	200	105	100	100	2,6		
Sn	0,65	0,50	0,45	0,46	0,42	0,42	0,5	0,45	0,5	0,45	0,5	0,4	2	0,5	5	1,3	
Sr	55,7	34,8	41,4	33,3	30	30	30	30	40	40	40	40	30	30	1,4	1,7	
Ti	479,4	727,3	742,8	700	850	800	700	600	700	700	600	800	500	600	1,7	1,7	
V	11,54	16,03	14	15	17,5	17	17,5	17,5	13	20	15	12,5	15	20	1,5	2,5	
W	0,24	0,26	0,21	0,26	0,3	0,28	0,3	0,3	0,25	0,25	0,2	0,25	0,3	0,3	1,5	1,5	
Zn	20,0	13,21	12,85	10	12	12,6	12,5	12,5	12,5	15	15	10	30	15	3	1,5	

* По В.А. Алексеенко и А.В. Алексеенко.

Таким образом, рассмотренные антропогенные факторы не оказали существенного влияния на геохимический облик почв курортов Канарских островов.

Средние содержания многих химических элементов в различных курортных городах (поселках) Канарских островов отличаются друг от друга весьма значительно (табл. 4). Величины наибольшего (больше 2) разброса средних содержаний характерно для 7 химических элементов: Ag (8), Pb(3,2), Sn(3), P(2,6), Ba(2,5), Zn, Mo(2,2). Выявлены две закономерности: 1) часто (для 9 из 20 рассматриваемых элементов) наиболее высокое среднее содержание отмечалось в почвах Икод-де-лос-Винос; 2) наибольший разброс (величина среднего разброса равна 2,8) характерен для химических элементов, среднее содержание которых меньше среднего, характеризующего почвы рекреационно-туристических центров мира.

Отметим, что средняя величина разброса содержаний для отдельных курортов у элементов с более высоким средним содержанием в почвах канарских курортов, чем в курортах мира, равна всего 1,75.

Элементы, содержание которых в почвах канарских населенных пунктов меньше, чем в почвах курортов мира, отличаются от других изученных элементов по ряду кристаллохимических элементов (об этом говорится в этой работе далее). Особенно четко такие отличия выражены у элементов с наибольшим разбросом средних содержаний в канарских курортах (Ag, Pb, Sn, Ba, Zn, Mo и Ni) (табл. 4-6). У этих элементов большие величины ионных радиусов – от 0,68 до 1,43 (у остальных – от 0,62 до 0,7) и меньшие величины энергетических коэффициентов (средние 2,75 (табл. 6), а у остальных – больше 4 (табл. 5). Таким образом, для элементов с большим разбро-

сом средних содержаний дальность свободной миграции значительно больше. Возможно, этим частично объясняются их значительно повышенные средние содержания на одном участке – Икод-де-лос-Винос.

Потенциал Картледжа у таких элементов с большим разбросом содержаний, как Ag, Ba, Pb, Zn, меньше 3 (от 0,89 до 2,4Е), а значит, для них (табл. 6) характерно ионное состояние при физико-химической (в т.ч. свободной) миграции.

Все это позволяет считать, что по латерали наибольший разброс для отдельных курортов средних содержаний элементов связан с рядом кристаллохимических пока-

зателей, свидетельствующих о значительной роли физико-химической миграции. При этом отметим, что для элементов с максимальным для региона разбросом (Ag, Ba, Pb, Sn) биогенное накопление, следовательно, и биогенная миграция не существенны. Вполне вероятно, что более равномерное распределение в почвах Канарских островов таких химических элементов, как Co, Cu, Li, Mn, Sr, V связано с их существенной ролью в биогенном накоплении [14]. Биогенное накопление могло оказать влияние и на некоторое уменьшение разброса содержаний Zn и Mo, который (судя по другим показателям) мог быть больше.

Таблица 5

Основные кристаллохимические показатели химических элементов, преобладающих в почвах курортов Канарских островов по сравнению с почвами группы рекреационно-туристических центров мира

Элемент	Радиус иона* (Е)	Потенциал ионизации	Потенциал Картледжа	Электроотрицательность		ЭК**	Атомная масса	Коэффициент концентрации относительно почв групп курортов
				Полинг	Поваренных			
Co	0,64	7,86	2,44	1,18	305	2,15	59	1,2
Cr	0,64	6,7	4,68	1,66	350	4,75	52	1,1
Ga	0,62	6,0	4,84	1,81	235	5,41	70	1,03
Mn	0,7; 0,5	7,43	2,2	1,55	260	1,95	55	1,2
Mo	0,68	7,13	5,88	2,16	235	8,5	96	1,3
Ni	0,78	7,63	2,56	1,91	210	2,18	59	1,1
Ti	0,69; 0,64	6,83	4,61	1,54	215,2	4,65	48	1,5
V	0,65; 0,61	6,74	4,61	1,63	230; 275	5,32	51	1,3
W	0,68	7,98	8,82	2,36	200; 235	19,35	184	1,1

* По В.М. Гольдшмидту; ** по А.Е. Ферсману, 1958 [13].

Таблица 6

Основные кристаллохимические показатели химических элементов, находящихся в почвах Канарских островов в пониженных, по сравнению с почвами рекреационно-туристических центров мира, концентрациях

Элемент	Радиус иона* (Е)	Потенциал ионизации	Потенциал Картледжа	Электроотрицательность		ЭК**	Атомная масса	Отношение содержаний в почвах центров к содержанию на Канарах
				Полинг	Поваренных			
Ag	1,13	7,54	0,89	1,93	175	0,60	107,9	1,9
Ba	1,43	5,19	1,4	0,89	115	1,35	137	1,2
Cu	0,96	7,69	1,04	1,9	180	0,7; 2,10	63,6	1,1
Ge	0,44	9,0	9,1	2,0	265	10,5	72,6	1,2
Li	0,78	5,37	1,28	0,88	125	0,55	6,94	1,3
Pb	1,32	7,39	1,51	2,33	175	1,65	207	2,7
Sn	0,74	7,36	5,4	1,96	170	7,9	119	1,3
Sr	1,27	5,67	1,6	0,95	125	1,53	88	1,6
Zn	0,83	9,35	2,41	1,85	205	2,20	65,4	1,5

Воздействие рассмотренных внешних факторов миграции, совместно с внутренними (кристаллохимическими) факторами, привело к понижению концентраций в почвах ряда химических элементов и значительной неравномерности их распределения в почвах отдельных курортов района Канарских островов.

На миграцию и концентрацию элементов несомненное влияние оказывают и внутренние факторы. Они зависят от кристаллохимических особенностей отдельных элементов. В связи с этим рассмотрим некоторые кристаллохимические характеристики ионов элементов, преобладающих в почвах курортов Канарских островов по сравнению с почвами рекреационно-туристических центров мира (табл. 5).

С геохимической точки зрения преобладающие элементы (Co, Cr, Ga, Mn, Mo, Ni, Ti, V, W) характеризуются очень близкими размерами ионных радиусов (табл. 5), следовательно, и близкими величинами дальности ионной миграции.

Судя по близким величинам потенциалов ионизации, для перехода рассматриваемых элементов в катионы необходимы примерно одинаковые величины энергии. Следовательно, эти элементы могут переходить в ионную форму при аналогичных условиях. Отметим, что несколько обособленное место в этой группе занимает W с наибольшей величиной потенциала ионизации.

По величинам электроотрицательности рассматриваемые элементы условно можно разделить на две группы: 1) с величинами от 1,18 до 1,66 (Co, Mn, Ti, V) и 2) с величинами 1,81-2,36 (Ga, Mo, Ni, W). Соединения элементов каждой из этих групп с другими будут отличаться по целому ряду свойств и, в первую очередь, по долям ионной и ковалентной связи. Следовательно, соединения элементов обеих групп с другими элементами, хотя и близки по свойствам, все же будут несколько отличаться по растворимости, а значит, и доступности организмам. Однако при рассмотрении величин электроотрицательностей мы снова должны отметить определенную обособленность W (табл. 5).

Еще больше отличается W от остальных рассматриваемых химических элементов по величине ЭК. Следовательно, этот металл от других рассматриваемых элементов будет отличаться по дальности ионной миграции и по возможностям соединения (в т.ч. изоморфного) с другими элементами. Весьма значительно (табл. 5) W отличается и по величине потенциала Картледжа. По этому показателю целесообразно разделить элементы с потенциалом меньше 3. Это Co, Mn, Ni. Их катионы не образуют комплексных ионов. Следовательно, дальность их свободной миграции от места поступления в конкретную геохимическую систему определяется размерами ионов и величинами ЭК. Эти элементы легко переходят в водные растворы и становятся легко доступными для организмов. Элементы с величинами потенциалов Картледжа от 3 до 12 образуют сложные комплексные ионы, плохо растворимые гидролизированные соединения. Дальность их миграции, определяемая ионными радиусами и энергетическими коэффициентами, может устанавливаться только после распада комплексного соединения, что часто происходит лишь на геохимических барьерах.

Сравнительно небольшая атомная масса (средняя для элементов без W равна 61) позволяет допустить их поступление в почвы островов в сорбированном виде с пылью переносимых ветром из Африки глинистых частиц. Однако близость величин ранее рассмотренных кристаллохимических показателей свидетельствует об их миграции (возможно, после атмосферного поступления) в водных растворах. По данным А.И. Перельмана [14], для Co, Mn, Mo, V существенную роль в процессах миграции-концентрации играет биогенное накопление, тогда как для Cr, Ga, Ni, Ti, а также W, биогенное накопление отсутствует или несущественно.

Элементы, находящиеся в почвах Канарских островов в пониженных (по отношению к почвам курортов мира) содержаниях, характеризуются рядом аналогичных геохимических (кристаллохимических) показателей (табл. 6). Это во многом позволяет объяснить геохимические особенности

почв и установить генезис высоких и низких концентраций ряда элементов.

Радиусы ионов группы элементов с пониженной концентрацией (за исключением Ge и Sn) относительно велики: от 0,78 (Li) до 1,43 (Ba) (здесь и далее в Е). Это, совместно с ЭК, в случае свободной миграции обуславливает дальность миграции и совместное осаждение элементов. Судя по большим размерам ионных радиусов, элементы с пониженной концентрацией должны при инфильтрации мигрировать дальше, чем элементы, находящиеся в почвах в повышенных содержаниях. Это явление, при прочих равных условиях, будет усиливаться меньшими величинами энергетических коэффициентов у элементов с пониженной концентрацией (средние величины ЭК 4,3 и 2,9). Следовательно, рассматриваемые элементы будут не только дальше мигрировать, но и дольше находиться в растворах в ионной форме. Соответственно, элементы с пониженной концентрацией более продолжительное время будут наиболее доступны организмам. Близость величин потенциалов ионизации у химических элементов, находящихся в почвах в повышенных и пониженных концентрациях, свидетельствует о примерно одинаковых энергетических затратах для их перевода в ионную форму.

По величинам потенциала Картледжа среди элементов, находящихся в пониженных концентрациях, только для Ge и Sn более характерно образование плохорастворимых соединений (потенциал больше 3). Катионы остальных элементов легко переходят в наиболее доступную для организмов форму водных растворов. Величина потенциала Картледжа у этих элементов меньше 3.

Как мы уже указывали, пониженные концентрации химических элементов в почвах Канарских островов во многом могут быть связаны с воздушным переносом. Если это предположение верно, то оно должно подкрепляться кристаллохимическими данными: меньшие содержания

должны быть у элементов с большей атомной массой, т.к. тяжелые частицы в значительных количествах должны были осесть из воздушного потока, не долетая до Канарских островов. Как видно из данных таблиц 5 и 6, средняя величина атомной массы у элементов с пониженными содержаниями в почвах (96) весьма значительно отличается от атомной массы элементов с повышенным содержанием (61). Таким образом, геохимические особенности канарских почв согласуются с большой ролью в их составе приносного эолового материала.

По поведению в зоне гипергенеза [8, 15] для Ba, Cu, Li, Sr и Zn значительное значение имеет биогенное накопление, тогда как у Ag, Ge, Pb и Sn биогенное накопление несущественно.

Для установления вероятного экологического воздействия повышенных и пониженных концентраций ряда химических элементов в почвах курортов Канарских островов рассмотрим расположение этих элементов в таблице Д.И. Менделеева относительно линии жизни (рис.).

Из рисунка видно, что элементы, находящиеся в почвах курортов Канарских островов в повышенных по сравнению с курортами мира содержаниях, относятся к металлам. За исключением W и Mo, они располагаются в верхней части таблицы Менделеева [16] на незначительном удалении от линии жизни. Это значит, что их повышенная концентрация менее опасна для организмов, чем их недостаток [16-18]. Элементы с пониженным содержанием в почвах канарских курортов расположены на большем удалении от линии питательных веществ, особенно Pb, Sn и Ba. Для живых организмов в среде обитания и питания более вреден их избыток, чем недостаток [19]. Следовательно, пониженные содержания элементов, находящихся в почвах Канар, не должны оказать сколько-нибудь существенного отрицательного влияния на эколого-геохимическую обстановку канарских курортов.

Рис. Линия питательных веществ

Выводы

1. Большое влияние на геохимический облик почв курортов Канарских островов оказало отложение легких пылевых частиц, переносимых ветрами.
2. Влияние автотранспорта и банановых плантаций практически не сказалось на изменении концентраций изучаемых элементов в почвах курортов.
3. На миграцию и концентрацию элементов несомненное влияние оказывают кристаллохимические особенности отдельных элементов. Важную роль в этих процессах играет способность ряда химических элементов к биогенному накоплению.
4. Воздействие внешних факторов миграции совместно с внутренними (кристаллохимическими) привело к понижению концентраций в почвах ряда химических элементов (Ag, Ba, Ge, Li, Pb, Sn, Sr) и значительной неравномерности их распределения в почвах отдельных курортов района Канарских островов.

Библиографический список

1. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. – Ростов н/Д.: ЮФУ, 2013. – 383 с.
2. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в городских почвах. – М.: Логос, 2014. – 336 с.

3. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957.
4. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. – М.: Логос, 2000. – 627 с., ил. (Рекомендовано Министерством образования РФ в качестве учебника для студентов вузов).
5. Наливкин Д.В. Ураганы, бури, смерчи. Географические особенности и геологическая деятельность. – Л.: Наука, 1969. – 487 с.
6. Hellmann G. und Mainardus W. Der grosse Staub fall vom 9-12 Marz 1901 in Nordafrika, Sud- und Mittel-Europa / Abh. Preuss, Met. Inst., Bd. 2, Nr. 1, 1901, 93 SS.
7. Blacktin S.C. Dust. London, 1934, 296 pp.
8. El Fandy M.G. On the physics of dusty atmosphere. Quart. Journ. – Met. Soc. – V. 79. – 1953. – pp. 284-288.
9. Fett R.W. Aspects of hurricane structure. Monthly Weather Rev., v. 92. 1964. pp. 43-60.
10. Fett R.W. Der atmospharische Staub. – Berlin, 1958. – 309 SS.
11. Fett R.W. Life cycle of tropical cyclone Judy as revealed by Essa II and Nimbus II. Monthly Weather Rev. – V. 94, 1966 – pp. 605-610.
12. Turekian K.K., Wedepohl K.H. (1961). Distribution of the Elements in some major units of the Earth's crust. Geological Society of America, Bulletin 72: 175-192.

13. Ферсман А.Е. Избранные труды. Т. I-V. – М.: АН СССР, 1958.
14. Перельман А.И. Геохимия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1989. – 528 с.
15. Алексеенко В.А. Эколого-геохимические изменения в биосфере. Развитие, оценка. – М.: Универ. книга; Логос, 2006. – 520 с.
16. Алексеенко В.А. Безопасность жизнедеятельности: природные и техногенные факторы: учеб. пособие. – Ростов н/Д.: Феникс, 2016. – 270 с.
17. Алексеенко В.А., Панин М.С. Основные понятия и законы экологической геохимии: учеб. пособие для вузов / под ред. Л.П. Рихванова. – Семей: Интеллект, 2012. – 279 с., 43 табл., 44 ил.
18. Алексеенко В.А., Белюченко И.С., Алексеенко А.В. Аграрные ландшафты Кубани и экологическая геохимия. Понятия, законы: монография. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 380 с.
19. Алексеенко В.А., Панин М.С., Дженбаев Б.М. Геохимическая экология. Понятия и законы: учеб. пособие для вузов. – Бишкек, 2013. – 310 с.
6. Hellmann G. und Mainardus W. Der grosse Staub fall vom 9-12 Marz 1901 in Nordafrika, Sud- und Mittel-Europa/ Abh. Preuss. Met. Inst., Bd. 2, Nr. 1, 1901, 93 SS.
7. Blacktin S.C. Dust. London, 1934, 296 pp.
8. El Fandy M.G. On the physics of dusty atmosphere. Quart. Journ. Met. Soc., v. 79. 1953, pp. 284-288.
9. Fett R.W. Aspects of hurricane structure. Monthly Weather Rev., v. 92. 1964. pp. 43-60.
10. Fett R.W. Der atmospharische Staub. Berlin, 1958, 309 SS.
11. Fett R.W. Life cycle of tropical cyclone Judy as revealed by Essa II and Nimbus II. Monthly Weather Rev., v. 94, 1966, pp. 605-610.
12. Turekian K.K., Wedepohl K.H. (1961). Distribution of the Elements in some major units of the Earth's crust. Geological Society of America, Bulletin 72: 175-192.
13. Fersman A.E. Izbrannye trudy. T. I-V. – М.: АН СССР, 1958.
14. Perel'man A.I. Geokhimiya. 2-e izd., pererab. i dop. – М.: Vyssh. shk., 1989. – 528 s.
15. Alekseenko V.A. Ekologo-geokhicheskie izmeneniya v biosfere. Razvitie, otsenka. – М.: Univer. Kniga; Logos, 2006. – 520 s.
16. Alekseenko V.A. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: prirodnye i tekhnogennye faktory: ucheb. posobie. – Rostov n/D.: Feniks, 2016. – 270 s.
17. Alekseenko V.A., Panin M.S. Osnovnye ponyatiya i zakony ekologicheskoy geokhimi: ucheb. posobie dlya VUZov / pod red. L.P. Rikhvanova. – Semey: Intellekt, 2012. – 279 s., 43 tabl., 44 il.
18. Alekseenko V.A., Belyuchenko I.S., Alekseenko A.V. Agrarnye landshafty Kubani i ekologicheskaya geokhimiya. Ponyatiya, zakony: monografiya. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – 380 s.
19. Alekseenko V.A., Panin M.S., Dzenbaev B.M. Geokhimicheskaya ekologiya. Ponyatiya i zakony: ucheb. posobie dlya VUZov. – Bishkek: 2013. – 310 s.

References

