

Вулканизм и геохимия экосистем Камчатки

Л.В. Захарихина^{1}, Ю.С. Литвиненко²*

*1 Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683002; *e-mail zlv63@yandex.ru;*

2 ООО ЭкоГеоЛит, Москва, 119330

Выполнен анализ геохимических особенностей природных сред разных районов Камчатки (пеплы, залегающие под поверхностными органогенными горизонтами почв, почвы, растения, речные воды) и установлена их специфика в связи с различными условиями вулканизма.

Важнейшим фактором формирования геохимических особенностей природных сред в условиях полуострова Камчатка является вулканизм. Специфику геохимических особенностей почв и растений разных районов региона определяет в первую очередь петрохимический состав вулканических пеплов, залегающих в почвах территории, а также многофакторное влияние конкретных условий местности: природно-климатические особенности, удаленность от активных вулканов, условия поступления в почвы вулканических пеплов и т.п. Полуостров Камчатка в этом смысле уникален разнообразием условий. Здесь выделяются территории, где на протяжении всего голоцена по настоящее время проявляется молодой базальтоидный вулканизм, развиты обширные площади, связанные со зрелым кальдерообразующим, кислым вулканизмом, и территории, где продукты выше названных типов извержений переслаиваются в почвенном профиле.

Исследования проведены в соответствии с почвенным районированием полуострова, внутри пяти районов двух почвенных провинций: Северная провинция, включающая Восточный и Западный районы, и Южная провинция, включающая Западный, Центральный и Юго-Восточный районы [3]. В исследованиях был использован количественный метод анализа - масс-спектрометрический и атомно-эмиссионный с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS и ICP-AES). Качественный состав химических элементов для разных сред и форм элементов варьировал от 57 до 70.

Определены геохимические фоны (Сф) для пеплов, залегающих под поверхностными органогенными горизонтами почв (ПП), почв, растений и речных вод для каждого из районов Камчатки (путем расчета среднегеометрических значений содержаний в них химических элементов). Выполнен расчет кларков концентрации элементов (K_k), $K_k = C_{ф}/K$, где K - для приповерхностных пеплов полуострова - средние содержания химических элементов для вулканитов соответствующего состава [2], для почв K - содержания элементов для почв континентов [6], для растений K - средние содержания химических элементов в живой массе растений [1], для речных вод K - средние содержания элементов в пресных водах [5].

Вулканические пеплы Камчатки, залегающие под поверхностными органогенными горизонтами, имеют пониженные содержания большинства химических элементов в сравнении со средними показателями для вулканитов соответствующего состава. Во всех районах полуострова относительно повышены содержания элементов типоморфных для основных пород (P, Mg, Sc, V, Cr, Co, Cu, Zn, Sb) и понижены концентрации элементов типичных для кислых вулканитов.

На фоне небольших вариаций содержаний химических элементов в пеплах разных районов, состав приоритетных элементов для разных пеплов определяется петрохимической специализацией пеплов. В пеплах риолито-дацитового состава Западного и Центрального районов Южной провинции преобладают элементы,

типоморфные для кислых горных пород (в сравнении с Сфр). Пеплы среднего состава, слагающие приповерхностные минеральные горизонты Восточного района Северной провинции и Юго-Восточного района Южной, характеризуются вхождением в ряд приоритетных химических элементов: Mg, Ca, Sc, Mn, Fe, V, Cr.

Вулканические почвы Камчатки (Andosols), имеющие низкие содержания большинства химических элементов относительно их общей распространенности в почвах континентов и в вулканических почвах Европы, наиболее близки по элементному составу к подзолистым почвам. Для почв разных районов полуострова, как и для пеплов, наиболее характерны относительно повышенные валовые содержания элементов, типичных для вулканических пород среднего и основного составов: Na, Ca, Mg, Cd, Mn, Co, Cu, и устойчиво низкие содержания элементов, характерных для кислых вулканитов: La, Ce, Pr, Nd, Nb, Hf, Tl, Rb и Th. Почвы в районе поступления продуктов вулканизма дальнего переноса наиболее обогащены подвижными формами элементов. В непосредственной близости от вулканов, за счет выщелачивания элементов при поступлении кислотообразующих соединений из атмосферы при извержениях, для почв характерны повышенные содержания подвижных форм только Ca и Mg. В зоне влияния древних кальдерообразующих пеплопадов в составе почв относительно повышены содержания подвижных формы элементов, характерных для кислых вулканитов.

Самые высокие валовые содержания элементов характерны для почв Восточного района Северной провинции, образованных в окрестностях наиболее активных вулканов полуострова, что обусловлено регулярным поступлением в них продуктов современной вулканической деятельности. Наименьшие валовые содержания установлено для почв Западного района Северной провинции и Юго-Восточного района Южной провинции.

В сравнении с валовыми содержаниями элементов в почвах полуострова, растения обладают более богатым элементным составом. Содержания некоторых элементов (Br, Hg, Hf, Sb, Ga, W, K) относительно кларков для живого вещества в растениях региона повышены в 3-5 раз.

Для растительности характерно большее количество элементов с Кк выше единицы в сравнении с почвами (16 в сравнении с 12 для почв) и более высокие значения Кк. Так для пяти из 16, сравниваемых приоритетных, элементов для растений значения Кк составляют от 3.0 до 3.8 единиц. Для почв пять элементов с максимально высокими кларками концентраций имеют значения Кк от 2.0 до 2.6.

Сравнительно повышенный геохимический фон растений Камчатки относительно валового химического состава почв полуострова, обусловлено влиянием активной вулканической деятельностью. Периодическое поступление продуктов вулканических извержений на поверхность Земли насыщает все природные растворы химическими элементами, растительность «запоминает» богатство питающих растворов и сохраняет этот химический состав количественно и качественно.

Связь химического состава растения с активным вулканизмом Камчатки, определяется стабильным вхождением в состав приоритетных химических элементов для растений, вулканических пеплов и почв: Ca, Mg, Mn, P, Cu, Zn и Sr для всех изученных районов (табл. 1). Качественный состав химических элементов, имеющих устойчиво высокие Кк для почв, пеплов и растений, определяется общей геохимической специализацией региона, а также коэффициентами биологического поглощения названных элементов. По градации А.И. Перельмана [4] фосфор является энергично накапливаемым элементом, кальций, магний и цинк относятся к группе сильно накапливаемых, марганец входит в ряд среднего захвата.

Таблица 1. Кларки концентраций стабильно приоритетных химических элементов для растений, почв и приповерхностных вулканических пеплов Камчатки

Природные среды	Ca	Mg	Mn	P	Cu	Zn	Sr
Растения	0,96	1,29	1,41	1,41	2,14	0,97	0,84
Почвы	2,31	2,13	2,02	2,61	1,65	1,25	1,03
Приповерхностные пеплы	2,46	2,38	1,88	1,85	1,64	1,21	1,18

Таким образом, Ca, Mg, Mn, P, Cu, Zn и Sr это не только типоморфные и приоритетные химические элементы для почв и растений Камчатки, но и элементы, отражающие генетическую связь почвенно-растительного покрова полуострова с голоценовой вулканической деятельностью.

Речные воды на большей территории полуострова Камчатка аналогично почвам региона имеют низкие содержания большинства химических элементов в сравнении с кларками для пресных поверхностных вод (табл. 2).

Таблица 2. Содержаний химических элементов для речных вод Камчатки в сравнении с общими содержаниями элементов для пресных речных вод континентов по [5] (в скобках значения Кк)

Провинция	Район	Гидрогеохимическая формула поверхностных вод
Северная	Западный	<u>Fe(3.9)-P(3.8)-Dy(1.7)-Si(1.6)-Gd(1.3)-Sm(1.1)</u> Mo(1.0)-Pr,Nd(0.9)-S _{общ} , Mn, Ca(0.7)-Mg, Ti, Na, Cs(0.6)-Al, Ce(0.5)-Sr, Co, Rb(0.4)-K, Li, La(0.3)-Tl, Ga, Cu, Ni, Ba(0.2)-B, Y, Zn, As, Pb(0.1)-Th, Sb, V, Cr, Ge, Br, Se, Zr, Ag, Cd, Eu, Tb, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, Re, Hg, Bi, U(< 0.1)
	Восточный	V(13.0)-Tb(12.7)-La, Eu (12.0)-Fe(11.5)-Ho(9.3)-Dy(8.8)-Pr(8.8)-Er(7.7)-Gd(6.6)-Tm(6.4)-Nd, Sm(6.1)-Al(6.0)-Lu(5.5)-Ce(5.3)-Yb(5.2)- Ta (4.5)-B(4.4)-Mn (3.1) <u>P_{общ}(2.9)-S_{общ}, Li (2.2)-Hf, Cr, Ni, Co(2.1)-Re(2.0)-Ga(1.9)-Cs(1.8)-Cu, Na(1.5)</u> -Ti(1.4)-Mo(1.3)-Rb, Si(1.2)-Br, Pb(1.1)Mg(1.0)-Zn(0.8)-K, As(0.7)-Sr, Ge, Ca(0.5)-Ba(0.4)-Y(0.3)-Sb, Th, Cd, Ag(0.2)-U, Zr(0.1)-Tl, Se, Bi, Hg(<0.1)
Южная	Западный	Fe(10.6)-Dy(5.8)-Pr(5.4)-Sm(4.7)-Gd(4.5)-Nd(4.3)-Ce(3.4)-Ti, Se, Al(3.2)-Ni, Cs, (2.5)- <u>La(2.0)-Co(1.8)-S_{общ}(1.3)-Ga(1.0)</u> Sr, Si(0.9)-Mg, Mn, Rb(0.7)-Ca(0.6)-Na, Li, P _{общ} , Bi(0.5)- K, Mo(0.4)-Ba(0.3)-Th, Cu, Y, Tl (0.2)-As, B, Zn(0.1)-U, Sb, V, Cr, Ge, Br, Zr, Ag, Cd, Eu, Tb, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, Re, Hg, Pb(<0.1)
	Центральный	Eu(3.5)-Ho(2.2)-Fe, Tb(2.1)-Lu(1.8)-B(1.7)-Tm(1.5)-Sr, Si(1.4)-Dy(1.3)-Cs, Pr, Er(1.2)- <u>Yb, S_{общ}, Gd(1.1)</u> Sm, Nd(0.9)-La, Na(0.8)-Ce, Mg(0.7)-Li(0.6)-Mo, Zn, Pb(0.5)-Ca, Rb, Al(0.4)-Ni, Ti, Cu, Mn, Co, K(0.3)-Ga, As, Ba(0.2)-P _{общ} , Y(0.1)-Sb, U, Th, V, Cr, Ge, Br, Se, Zr, Ag, Cd, Hf, Ta, Re, Hg, Tl, Bi(<0.1)
	Юго-Восточный	<u>V(2.5)-Si(2.0)-Dy(1.9)-Fe(1.4)-Na(1.3)</u> Ca(0.9)-Cs(0.8)-Mg, Mn, B(0.7)-Ti(0.6)-Sr, Pr, La, Nd(0.5)-S _{общ} , K, Br, Rb(0.4)-As, Al, Mo(0.3)-Co, Ni, Li, Ce(0.2)-Ga, P _{общ} , Cu, Zn, Cd, Ba(0.1)-Y, Pb, Sb, Th, Cr, Ge, Se, Ag, Sm, Eu, Gd, Tb, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, Re, Hg, Tl, Zr, Bi, U(<0.1)

Исключение составляет богатый гидрохимический состав водотоков окрестностей вулканов северной группы Камчатки (Восточный район Северной провинции). Из 57 изученных химических элементов для 39 установлен повышенный гидрохимический фон. Кларки концентраций элементов составляют самые высокие в сравнении со всеми районами значения.

Богатство химического состава водотоков района обусловлено вулканической деятельностью вулканов северной группы, так как водосборные площади большинства из них располагаются в зоне поступления продуктов вулканической деятельности. Подтверждением этого является стабильное вхождение в ряд приоритетных химических элементов всех редкоземельных элементов (РЗЭ) со значениями Кк от 12.0 до 5.2.

РЗЭ в Восточном районе Северной провинции имеют высокие Кк и в почвах этой территории.

Установлен также повышенный фон РЗЭ в снежном покрове и его общая лантановая геохимическая специализация. На обобщенном графике зависимости количеств РЗЭ в горизонтах снега с пеплами в осевых частях пеплопадов от расстояния до источников извержений отчетливо виден общий тренд падения сумм РЗЭ с удалением от вулканов (рис.1).

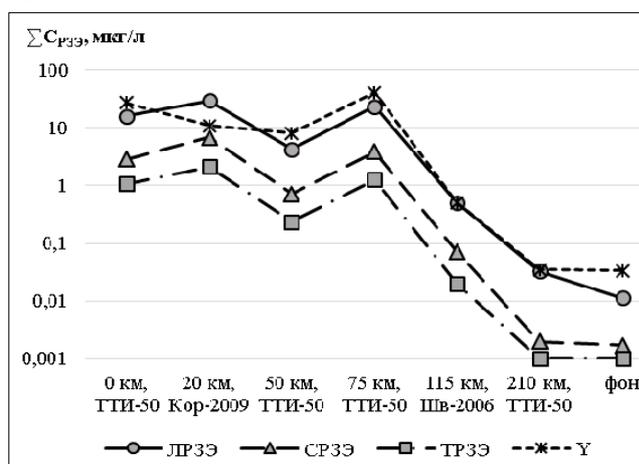


Рис. 1. Зависимость сумм РЗЭ в снежных горизонтах с пеплом от расстояния до источников извержений (км, ниже источник пепла: ТТИ-50 – Трещинное Толбачинское извержение 2012 г., Кор-2009 – вулкан Корякский, 2009 г., Шв-2006 – вулкан Шивелуч, 2009 г.).

Таким образом, природные среды на большей части территории Камчатки имеют низкие содержания большинства химических элементов относительно глобальных кларков для соответствующих сред. Исключение составляет растительный покров, отличающийся высокими Кк для большого спектра элементов. Кроме того, отмечается существенное гидрохимическое богатство речных вод и геохимическая обогащенность почв окрестностей активных вулканов полуострова значительным спектром элементов, в том числе всеми РЗЭ.

Список литературы

1. *Виноградов А.П.* Направления исследований в науках о Земле. М: Изд-во АН СССР. 1970. 367 с.
2. *Григорьев Н.А.* Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // *Геохимия*. 2003. № 7. С. 785–792.
3. *Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С.* Генетические и геохимические особенности почв Камчатки. М.: Наука, 2011 г. 245 с.
4. *Перельман А.И.* Геохимия. М.: Высшая школа, 1989. 444 с.
5. *Соловов А.П., Архипов А.Я., Бугров В.А. и др.* Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. М.: Недра, 1990. 335 с.
6. *Ярошевский А.А.* Проблемы современной геохимии. Новосибирск: НГУ, 2004. 194 с.