

В. К. МАРШИНЦЕВ, А. В. ЛАПИН

О ГЕОХИМИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ КИМБЕРЛИТОВ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 22 V 1975)

В настоящее время кимберлиты привлекают к себе все большее внимание как весьма специфическая в петрохимическом и геохимическом отношении формация пород, которые могут служить источником информации об условиях мантийного магмообразования. Изучение кимберлитов, как производных глубинных магматических процессов, выдвигает ряд проблем, одной из которых является выяснение причин геохимической и петрохимической неоднородности кимберлитов. Результаты последних исследований кимберлитов различных полей Якутской алмазоносной провинции свидетельствуют о неоднородности состава кимберлитов и о возможности выделения среди них нескольких петрохимических типов, различающихся также по содержанию редких и малых элементов, степени алмазоносности и ряду других особенностей (¹⁻⁵). При этом наиболее контрастными оказываются алмазоносные преимущественно эксплозивные кимберлиты из внутренних частей провинции (Мало-Ботуобинское, Далдыно-Алакитское и другие поля), с одной стороны, и неалмазоносные или слабоалмазоносные жильные и эксплозивные кимберлиты из окраинных частей провинции (Куонамкское, Чомурдахское, Лучакап-Куранахское и другие поля) — с другой (табл. 1). Установлено также (⁶), что по геохимическим и петрохимическим параметрам последние в гораздо большей степени, чем первые, сходны с жильными и эксплозивными пикритовыми порфиритами, ассоциирующими с карбонатитовыми комплексами. Из табл. 1 следует, что рассматриваемые контрастные типы кимберлитов существенно различаются содержаниями Ni, Cr, Mn, Ti, Sc, Ga, Ba, Sr, Zr, Nb, TR и ряда других элементов. При этом сидерофильные элементы — Ni и Cr, коррелируясь с более высоким содержанием Mg, дают более высокие концентрации в алмазоносных кимберлитах, в то время как все прочие элементы, в том числе литофильные редкие элементы, относительно накапливаются в неалмазоносных и слабо алмазоносных кимберлитах, характеризующихся повышенными содержаниями щелочей, глинозема, Fe и Ti.

Установленные геохимические различия, свидетельствующие о геохимической неоднородности кимберлитов, могут рассматриваться как проявление зональности, т. е. закономерной смены геохимических и петрохимических типов кимберлитов в направлении от внутренних частей Сибирской платформы к окраинным ее частям. Вопрос о причинах геохимической неоднородности или зональности кимберлитов в настоящее время является предметом дискуссии и требует дальнейшего изучения. По мнению В. А. Благулькиной (²), ведущим фактором, определяющим неоднородность кимберлитов, является различная глубина зарождения кимберлитовых расплавов и различный состав материнских мантийных пород. В. В. Ковальский (^{6, 7}) развивает гипотезу о решающем влиянии изменения глубины эрозионного среза кимберлитов в различных районах Сибирской платформы. В последнем случае предполагается, что глубина эрозионного среза возрастает с 200 м в Мало-Ботуобинском районе, 650—900 м в Далдыно-Алакитском районе и до 2000 м и более в бассейнах рек Оленек и Анабар (⁷). Иными словами, согласно последней гипотезе, неоднородность кимберлитов и зональное распределение их типов по горизонтали является отражением вертикальной зональности кимберлитовых тел.

Таблица 1

(Средние содержания элементов-примесей (%), индикаторные геохимические отношения и некоторые петрохимические параметры различных типов кимберлитов, а также пикритовых порфиров, ассоциирующих с карбонатитовыми комплексами)

Порода	Ni	Co	Cr	Mn	V	Ti	Sc	Be	Ga	Ba	Sr	Zr	Nb
I	0,091 (58)	0,0073 (58)	0,096 (58)	0,09 (58)	0,0082 (58)	0,66 (58)	0,001 (53)	0,00016 (53)	0,0006 (23)	0,06 (31)	0,076 (31)	0,010 (38)	0,011 (38)
II	0,044 (36)	0,0088 (36)	0,082 (36)	0,16 (36)	0,015 (36)	1,93 (36)	0,0024 (37)	0,00022 (37)	0,0009 (5)	0,18 (28)	0,10 (28)	0,027 (37)	0,021 (37)
III	0,042 (30)	0,009 (30)	0,064 (30)	0,16 (30)	0,012 (30)	1,28 (30)	0,0024 (17)	0,00045 (17)	0,0011 (10)	0,12 (16)	0,14 (16)	0,038 (25)	0,018 (25)
Порода	Ta	TR	Li	Rb	Sn	Mo	Zn	Pb	Se	Th	U	Pt	Au
I	0,0009 (2)	0,032 (25)	0,0018 (6)	0,0053 (6)	0,00064 (25)	0,0002 (25)	0,0085 (25)	0,002 (25)	0,0000132 (29)	0,0011 (20)	0,0003 (20)	0,000025 (26)	0,0000095 (26)
II	0,0016 (9)	0,067 (10)	0,0014 (4)	0,005 (4)	0,0012 (5)	0,00027 (5)	0,013 (5)	0,0025 (5)	0,0000191 (17)	0,00095 (8)	0,00086 (8)	0,0000087 (11)	0,0000080 (11)
III	0,001 (11)	0,085 (7)	0,0007 (9)	0,005 (9)	0,0011 (4)	0,0002 (4)	0,020 (4)	0,0016 (4)	0,0000183 (12)	0,0012 (6)	0,00042 (6)	0,000027 (10)	0,0000054 (10)
Порода	Ni/Co	Ni/Ti	Ni/V	Cr/Ti	Cr/V	Nb/Ta	Th/U	Ba/Sr	K	Na	Al ₂ O ₃	FeO+Fe ₂ O ₃	MgO
I	11,8	0,16	12,4	0,18	12,6	14,0	3,8	0,9	0,50	0,07	3,30 *	7,74 *	24,62 *
II	5,1	0,022	3,2	0,04	5,7	13,0	1,3	2,4	1,25	0,10	5,00 *	11,00 *	18,76 *
III	4,1	0,036	4,2	0,06	5,8	17,0	5,2	1,1	1,59	0,74	3,94	13,68	19,02

Примечание. I — кимберлиты алмазонасные эксплозивные; II — кимберлиты неалмазонасные и слабоалмазонасные жильные и эксплозивные; III — пикритовые порфиры. В скобках — число анализов. Звездочкой отмечены данные (?).

В связи с этим возникает необходимость в получении прямой информации о вертикальной геохимической неоднородности кимберлитов. Некоторые геологические предпосылки наличия вертикальной неоднородности кимберлитов заложены в самой морфологии кимберлитовых трубок и особенностях их алмазонасности. Хорошо известно, что кимберлитовые трубки обычно имеют форму конусообразных тел, имеющих сравнительно небольшую вертикальную протяженность и переходящих в ряде случаев на глубине в тела дайкообразной формы ⁽⁸⁾. Весьма примечательны также данные о распределении алмазов по вертикали в ряде алмазонасных кимберлитовых трубок, свидетельствующие об уменьшении содержания алмазов с глубиной. Хотя такие данные не настолько многочисленны, чтобы уверенно говорить о наличии общей закономерности, тем не менее известно, что при эксплуатации глубоких горизонтов некоторых кимберлитовых трубок Южной Африки содержание алмазов в них сократилось настолько, что дальнейшая отработка их стала нерентабельной ⁽⁹⁾.

С целью оценки характера и степени вертикальной геохимической неоднородности кимберлитов на глубину около 1 км были отобраны пробы, которые анализировались на содержание элементов-примесей (табл. 2).

На основании этих данных можно сделать вывод, что содержания таких элементов, как Ni, Co и Cr, имеют определенную тенденцию уменьшаться с глубиной, в то время как для V зависимость между содержанием и глубиной выражена менее четко и скорее имеет обратный характер. Корреляция между содержаниями элементов и глубиной в разных трубках выражена в различной степени. Эта зависимость отчетливо видна в кимберлитах Западного тела трубки «Удачная» и значительно слабее проявлена в Восточном ее теле.

Расчет парных коэффициентов корреляции между содержаниями Ni, Co, Cr и V и глубиной (табл. 3) показывает, что в кимберлитах Западного тела

Таблица 2

Содержания элементов-примесей (%) и их индикаторные отношения в кимберлитовых породах Западного тела трубки «Удачная»

Интервал, м	Глубина, м	Число анал.	Co	Ni	V	Cr	Ni/Co	Ni/V	Cr/V
0-75	50	4	0,0055	0,1188	0,0100	0,0962	21,6	11,9	9,6
75-150	100	7	0,0064	0,1207	0,0105	0,0774	18,9	11,5	7,4
150-250	200	8	0,0058	0,1121	0,0116	0,0906	19,3	9,7	7,8
250-350	300	6	0,0059	0,1103	0,0140	0,0983	18,7	7,9	7,0
350-450	400	7	0,0049	0,0970	0,0107	0,0774	19,8	9,1	7,2
450-550	500	6	0,0054	0,0925	0,0123	0,0594	17,1	7,5	4,8
550-650	600	7	0,0056	0,1013	0,0091	0,0681	18,1	11,1	7,5
650-750	700	5	0,0052	0,0674	0,0119	0,0698	13,0	5,7	5,9
750-850	800	3	0,0040	0,0678	0,0110	0,0527	17,2	6,2	4,6
850-950	900	3	0,0039	0,0643	0,0119	0,0480	16,5	5,4	4,0

Таблица 3

Матрица парных коэффициентов корреляции между содержаниями элементов кимберлитов и глубиной в Западном теле трубки «Удачная»

Элемент	Глубина		Элемент	Глубина	
	r	k		r	k
Co	-0,38	3,3	V	0,05	0,3
Ni	-0,49	4,8	Cr	-0,55	5,8

Примечание. r — коэффициент корреляции; k — отношение коэффициента корреляции к его квадратичному отклонению. Корреляция, значимая при $\alpha=3$.

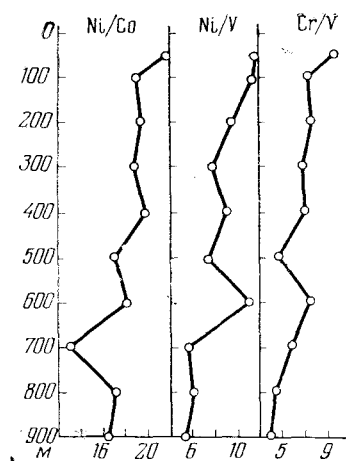


Рис. 1. Изменение величин индикаторных отношений в кимберлитах Западного тела трубки «Удачная» с глубиной

трубки «Удачная» наблюдается значимая отрицательная корреляция между глубиной и содержаниями Ni, Co и Cr и весьма слабая положительная корреляция с глубиной для V. В Восточном теле значимая обратная корреляция с глубиной установлена только для Ni. Гораздо слабее коррелируются с глубиной содержания Co и Cr при отрицательном знаке коэффициента корреляции.

Исходя из отмеченных выше геохимических особенностей кимберлитов (наличия противоположных тенденций в распределении Cr и Ni, с одной стороны, и V — с другой), для оценки вертикальной геохимической неоднородности кимберлитов, наряду с содержаниями индивидуальных элементов, целесообразно использовать величины индикаторных отношений Cr/V и Ni/V, а также Ni/Co (см. табл. 2). Как следует из табл. 2 и рис. 1, в кимберлитах Западного тела трубки «Удачная» величины отношений Ni/V, Cr/V и Ni/Co закономерно изменяются в вертикаль-

ном разрезе кимберлитового тела, постепенно уменьшаясь с глубиной. Та же тенденция изменения рассматриваемых отношений с глубиной наблюдается и в кимберлитах Восточного тела, однако здесь она выражена менее отчетливо и носит более сложный характер.

Таким образом, можно констатировать наличие по крайней мере в некоторых кимберлитовых телах закономерных изменений в содержаниях характерных элементов и их индикаторных отношений с глубиной. Эти данные свидетельствуют в пользу существования вертикальной геохимической неоднородности кимберлитов. Несомненно, что значительный интерес представляют дальнейшие работы, направленные на выявление закономерных изменений в распределении элементов в вертикальном разрезе других кимберлитовых тел, а также на более широкое изучение характера вертикальной геохимической неоднородности кимберлитов. Первые результаты показывают, что геохимические изменения, наблюдаемые в алмазонасных кимберлитовых трубках по мере увеличения их вертикального среза, по своему характеру сходны с теми горизонтальными вариациями, которые обуславливают региональную геохимическую зональность кимберлитов при переходе от внутренних частей Сибирской платформы к окраинным ее частям. Имеющиеся данные позволяют предполагать, что, так же как и в случае региональной геохимической зональности, геохимические изменения, отмечаемые в кимберлитах по мере увеличения вертикального среза, коррелируются со степенью алмазонасности пород.

Институт геологии Якутского филиала
Академии наук СССР
Якутск

Поступило
2 IV 1975

Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии
редких элементов
Москва

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. А. Милашев, Петрохимия кимберлитов Якутии и факторы их алмазонасности, Л., 1965.
- ² В. А. Благулькина, Сов. геол., № 7 (1969).
- ³ В. А. Благулькина, Геохимия, № 5 (1971).
- ⁴ И. П. Илупин, С. Ф. Соболев и др., Геохимия, № 4 (1974).
- ⁵ А. В. Лапин, В кн.: Геология, петрография, минералогия и геохимия магматических образований северо-востока Сибирской платформы, Якутск, 1975.
- ⁶ В. В. Ковальский, К. Н. Никишов, В кн.: Геология, петрография и минералогия магматических образований северо-восточной части Сибирской платформы, М., 1970.
- ⁷ В. В. Ковальский, Ф. Ф. Брахfogель, В кн.: Структурный контроль проявлений кимберлитового магматизма на северо-востоке Сибирской платформы, Новосибирск, 1974.
- ⁸ В. С. Трофимов, Сов. геол., № 11 (1968).
- ⁹ A. F. Williams, The Genesis of the Diamond, v. 1, 1932.