

О возрасте магматитов Эбеляхского и Орто-Ыаргинского полей (северо-восток Якутской кимберлитовой провинции)

А.И.ЗАЙЦЕВ

Проблема коренных источников алмазов в россыпях на севере Якутской кимберлитовой провинции, несмотря на активное обсуждение, в настоящее время не имеет решения. Существует ряд предположений о возможном происхождении этих алмазов и их источниках [2, 3]. Однако геологическая история формирования района до сих пор детально не прослеживается; магматические образования, в т.ч. содержащие алмазы, изучены фрагментарно [6, 7] и диагностированы неоднозначно; не выявлены последовательность их проявлений и этапы тектономагматической активизации. Исследователи попытались частично восполнить этот пробел, проведя изотопное датирование проявлений щелочно-ультраосновных пород Эбеляхского и Орто-Ыаргинского кимберлитовых полей (см. рисунок).

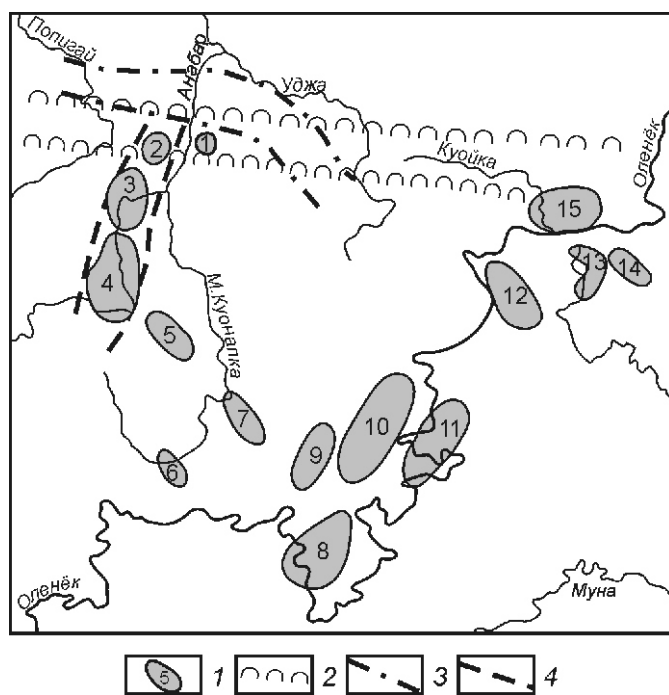


Схема расположения кимберлитовых полей на северо-востоке Якутской кимберлитовой провинции:

1 — кимберлитовые поля: 1 — Эбеляхское, 2 — Орто-Ыаргинское, 3 — Старореченское, 4 — Ары-Мастахское, 5 — Дюкенское, 6 — Куранахское, 7 — Лучаканское, 8 — Чомурдахское, 9 — Западно-Укукитское, 10 — Восточно-Укукитское, 11 — Огонер-Юряхское, 12 — Мерчимденское, 13 — Молодинское, 14 — Толуопское, 15 — Куойкское; 2 — Анабаро-Нижнеленская рифовая система; 3 — Эбехаинский дайковый пояс; 4 — Куонамская кимберлитоконтролирующая зона

Поля расположены в бассейне среднего течения р.Анабар в пределах Хапчанского палеопротерозойского террейна Хапчано-Учурского орогенного пояса [8] и контролируются Куонамской кимберлитоконтролирующей зоной. Эбеляхское кимберлитовое поле (правобе-

режье р.Анабар), приурочено к северной субширотной ветви кембрийской рифовой системы [2] в месте пересечения ее с Эбехаинским дайковым поясом. Орто-Ыаргинское поле расположено к западу от Эбеляхского поля в пределах этой же рифовой системы на пересечении ее с северным окончанием Куонамской кимберлитоконтролирующей зоны.

В пределах Эбеляхского поля известны щелочно-ультраосновные магматиты своеобразного состава лампроитовой ветви, слагающие трубки Гренада и Надежда [6], и в ряде пластовых тел, из которых наиболее изучена аномалия 98А, — кимберлитоподобные породы, залегающие в карбонатных отложениях кембрия. По геологическим данным магматизм здесь проявился в триасе [1], что подтверждено при датировании U-Pb методом цирконов из аллювия р.Эбелях — 233—216 млн.лет [4].

Орто-Ыаргинское поле представлено в основном карбонатитовыми (24) и в меньшей степени кимберлитовыми (4) трубками, прорывающими карбонатные породы среднего кембрия. Возраст карбонатитовых трубок определен по находкам в них древесины араукарий как послераннеюрский [1]. Учитывая находки алмазов и минералов кимберлитовых пород в конгломератах раннего карбона в бассейне р.Анабар [7], можно предполагать значительный возрастной интервал формирования ультраосновного щелочного магматизма на севере Якутской кимберлитовой провинции.

Для проверки этого предположения проведено Rb-Sr датирование шести тел щелочных ультраосновных пород Эбеляхского и одного Орто-Ыаргинского полей. Определение возраста проводилось по основной связующей массе пород (ОСМ) с использованием методики кислотного выщелачивания для выделения из нее карбонатной (КФ) и силикатной (СФ) фракций, описанной ранее [5]. Рассчитывался Rb-Sr возраст образцов по внутренней изохроне (ОСМ, СФ и КФ). Доверительный интервал возраста и первичного изотопного отношения стронция равен 1.

Полученные Rb-Sr даты изменяются от 389 до 159 млн.лет (табл. 1) и фиксируют три этапа магматической активности: 389—342, 235 и 159 млн.лет. Для изученных пород отмечаются значительные вариации величин первичных изотопных отношений стронция (I_0 0,7035—0,7080). Это характерно и для трубки Гренада (I_0 0,7035—0,7066). Для пород трубок Надежда, Гренада и Аномалии 98А по химическим анализам, приведенным в работе [5], был рассчитан индекс контаминации:

$$CI (SiO_2 \ Al_2O_3 \ Na_2O)/(2K_2O \ MgO).$$

Полученные значения CI 1,57—1,94 превышают таковые для неконтаминированных пород (меньше 1,5 [9]), что предполагает влияние на состав пород процессов контаминации и возможное формирование стронция из различных источников. Выщелоченная карбонатная фракция составляет в образцах от 15 до 64% и содержание Sr в ней значительно превышает его содержание в валовом составе основной связующей массы пород и их силикатной фрак-

1. Данные Rb-Sr анализа щелочно-ультраосновных пород Эбеляхского поля

Образец, порода	Материал	⁸⁷ Rb, мкг/г	⁸⁶ Sr, мкг/г	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	КФ, %	Возраст, млн.лет	I ₀
<i>Эбеляхское поле</i>								
<i>Аномалия 21/74</i>								
Эб-21/74, кимберлит	Вал ОСМ	14,8285	153,4926	0,0955	0,7085	41,17	348 1	0,70803 2
	СФ	18,6488	17,6678	1,0434	0,7132			
	КФ	9,3695	345,5799	0,0266	0,70816			
<i>Аномалия б3</i>								
Эб-63/1, кимберлит	Вал ОСМ	10,3602	139,5918	0,0734	0,7066	26,74	342 4	0,70622 17
	СФ	16,1619	11,15	1,4328	0,7132			
	КФ	0	491,4858	0	0,70619			
<i>Трубка Гренада. Rb-Sr изохронный возраст тела (n 6) — 159 7, I₀ 0,70658 0,00006</i>								
Эб-Гр/1, лампроит ?	Вал ОСМ	11,0661	67,6726	0,1614	0,707	29,28	159 20	0,70661 16
	СФ	17,3623	18,5723	0,9241	0,7087			
	КФ	0	186,2646	0	0,70659			
Эб-Гр/2, лампроит ?	Вал ОСМ	14,4608	70,0264	0,2041	0,707	27,71	159 1	0,70654 2
	СФ	16,7518	17,3529	0,9543	0,7087			
	КФ	8,484	207,4413	0,0404	0,70663			
Эб-Гр/3, лампроит ?	Вал ОСМ	5,708	18,3373	0,3077	0,7042	31,0		0,7035
	СФ	6,9903	26,3021	0,2627	0,7042			0,7036
	КФ	2,8538	0,6092		0,7042			
Эб-Гр/4, лампроит ?	Вал ОСМ	6,9858	14,2004	0,4863	0,7038	30,74		0,7027
	СФ	8,7638	21,2328	0,408	0,7049			0,704
	КФ	2,9798	0	0				
<i>Аномалия 47/66</i>								
Эб-47/1, кимберлит	Вал ОСМ	12,8274	59,8986	0,2124	0,7062	15,09	374 4	0,70506 6
	СФ	12,243	7,6257	1,5814	0,7135			
	КФ	16,414	347,4063	0,0467	0,7053			
<i>Аномалия 98А</i>								
Эб-98А, кимберлит	Вал ОСМ	19,3329	59,7555	0,3198	0,7056	34,74	235 1	0,70451 2
	СФ	20,2384	8,8231	2,2674	0,7121			
	КФ	17,6319	155,4333	0,1121	0,70491			
<i>Трубка Надежда</i>								
Эб-Н-11, кимберлит	Флогопит	79,1686	104,403	0,7496	0,7208			0,7191
	Флогопит после выщелачивания	62,3837	84,2342	0,7321	0,7209			0,7192
<i>Орто-Бларгинское поле</i>								
<i>Аномалия 20</i>								
Оы-2015/1 кимберлит	Вал ОСМ	9,6068	204,3100	0,0465	0,7046	64,28	389 1	0,70434 2
	СФ	19,471	124,1230	0,1551	0,7052			
	КФ	4,1254	248,8700	0,0164	0,7044			

Образец, порода	Материал	⁸⁷ Rb, мкг/г	⁸⁶ Sr, мкг/г	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	КФ, %	Возраст, млн.лет	I ₀
<i>Карбонатитовая брекчия (тело не известно)</i>								
685-4	Желтый карбонат				0,7090			
685-4	Доломит				0,7057			
129-6461	Карбонат				0,7061			
128535-5	Апатит		677,78		0,7033			
134107-2	Апатит		486,93		0,7033			
1386-4	Апатит		579,07		0,7036			
10124-4	Пироксен	1,0396	9,1183	0,1127	0,7060			0,7056

ции (см. табл. 1). В двух образцах из трубки Гренада выщелат практически не содержит стронция и, вероятно, не является карбонатной фракцией. Эти образцы отличаются низкими содержаниями Rb и Sr в валовом составе основ-

ной связующей массы пород и повышенным Sr в силикатной фракции, I₀ 0,7036—0,7040.

В Орто-Ыаргинском поле палеозойские кимберлиты имеют низкие значения I₀ 0,7043. Карбонатитовая брекчия ха-

2. Результаты датирования цирконов из карбонатитов Орто-Ыаргинского поля

Аномалия	Зерно	Точка	U, ppm	Th, ppm	Th/U	Возраст, млн.лет	
						²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U
Ан-53	1a	1,1	17	8	0,47	88 43	158 4
	1b	2,1	10	5	0,50	93 55	147 5
Ан-69	2c	3,1	25	7	0,28	128 41	168 4
	2d	4,1	11	4	0,36	163 54	202 5
	2d	4,2	29	12	0,41	174 34	170 4
	2d	4,3	16	7	0,44	107 1	162 4
	2a	5,1	771	919	1,19	174 5	161 4
	2b	11,1	19	12	0,63	155 3	159 4
Ан-74	3a	6,1	93	42	0,45	147 13	169 4
	3d	7,1	39	12	0,31	128 28	154 4
	3c	8,1	297	422	1,42	166 5	161 4
Ан-133	4a	9,1	8	2	0,25	113 128	154 5
	4b	17,1	24	7	0,29	132 48	164 4
Ан-11н	5b	10,1	204	54	0,26	171 13	162 4
	5c	14,1	122	79	0,65	152 11	155 4
	5b	15,1	34	13	0,38	148 24	151 4
	5c	16,1	26	16	0,62	139 23	175 4
Ан-52	6b	12,1	165	73	0,42	153 9	153 4
	6a	13,1	380	410	1,08	181 6	163 4

характеризуется значительными вариациями величин изотопных отношений стронция. Повышенные значения I_0 0,7057—0,7090 характерны для карбонатов, а низкие — I_0 0,7033—0,7036 для апатитов. Это различие в изотопном составе стронция обусловлено тем, что апатиты с высокими содержаниями элемента менее чувствительны к добавлению стронция из других источников и его изотопный состав в большей степени характеризует первичную природу протолита.

Возраст карбонатитовых трубок Орто-Ыаргинского поля был также определен по цирконам размером 1—4 мм из коллекции Ф.Ф.Брахфогеля U-Pb методом Э.С.Бартоном (SHRIMP, Институт геофизики Университета Витватерсранд, г.Иоханнесбург). Расчет возраста проводился по Th-Pb и U-Pb соотношениям (табл. 2). Для отдельных зерен наблюдается дискордантность датировок, полученных по разным свинцово-изотопным системам. Наилучшая сходимость отмечается для U-Pb датировок, но и в этом случае в отдельных зернах циркона (например, аномалия 69, зерно 4) отмечается значительная возрастная дискордантность (202—162 млн.лет). Для всех изученных трубок средневзвешенное значение возраста 160 ± 4 млн.лет (2). По содержанию Th, U и Th/U цирконы формируют две группы с высокими и низкими содержаниями элементов, что предполагает их захват магмой из разных источников. Аналогичный возраст 152—158 млн.лет получен У.Л.Гриффином [10] для цирконов ряда тел этого поля (табл. 3). Таким образом, в пределах поля главный этап проявления магматизма с формированием карбонатитовых тел приходится на среднеюрское время. Наличие здесь палеозойского кимберлитового магматизма необходимо уточнить на более представительном материале при комплексном использовании разнообразных геохронометрических методов.

4. Rb-Sr параметры мантии под Эбеляхским и Орто-Ыаргинским полями

Тело	Образец	Sr	Валовый состав ОСМ		СФ ОСМ		$T_{Sr}(DM)-2st$
			$f_{Rb/Sr}$	$T_{Sr}(DM)-1st$	$f_{Rb/Sr}$	$T_{Sr}(DM)-1st$	
<i>Эбеляхское поле</i>							
Ан-21	Эб-21/74	55,92	0,155	8672	11,617	786	1542
Ан-63	Эб-63/1	30,12	0,112	10892	16,325	568	1196
Гренада	Эб-Гр/1	32,61	0,952	2984	10,174	535	1066
	Эб-Гр/2	31,61	1,468	2191	10,539	518	1050
	Эб-Гр/3	11,55	2,721	589	2,178	711	478
	Эб-Гр/4	4,86	4,880	287	3,934	562	437
Ан-47	Эб-47/1	14,18	1,568	1754	18,22	525	1008
Ан-98А	Эб-98А	4,06	2,867	920	26,417	319	751
<i>Орто-Ыаргинское поле</i>							
Ан-20	Оы-2015/1	4,20	0,438	117886	0,875	2034	885
?	10124-4	18,22	0,363	4095			896

Примечание. 1. Sr и $f_{Rb/Sr}$ — отклонение первичного изотопного состава Sr и Rb/Sr в породах относительно таковых в примитивной мантии на период их формирования. 2. Расчет модельных датировок по одностадийной $T_{Sr}(DM)-1st$ и двустадийной $T_{Sr}(DM)-2st$ моделям по [11].

3. Возраст цирконов (SHRIMP) из щелочных ультраосновных пород Орто-Ыаргинского поля [10]

Параметры	Аномалия		
	12/853	74/853	50/6432
Число зерен	2	1	1
Число точек	4	6	5
U, ppm	23	26	159
Th, ppm	12	13	76
Th/U	0,52	0,5	0,44
Возраст, млн.лет	158 ± 7	156 ± 6	152 ± 3

Под рассматриваемыми полями (табл. 4) Rb-Sr изотопные параметры мантии свидетельствуют об обогащенной природе мантийного протолита для этих пород. Исключение составляют два образца из трубки Гренада (Эб-Гр/3 и Эб-Гр/4), величины Sr которых имеют отрицательные значения. Широкий разброс значений этого параметра свидетельствуют или об изотопной гетерогенности протолита, или о существовании различных протолитов. Модельный возраст протолитов по одностадийной модели изменяется от 287 млн.лет до нереальных величин, превышающих возраст Земли. Для силикатных фаз пород эти датировки представлены более узким интервалом 2034—319 млн.лет. Все это может указывать на различный характер и степень модификации протолитов до формирования из них магм.

Расчет модельных возрастов протолитов по двустадийной модели с коррекцией на время формирования пород [11] дает еще более узкий интервал, который условно можно разделить на четыре периода: 1542, 896—751, 1196—1008 и 478—437 млн.лет. Преобладающая часть полученных датировок приходится на интервал 751—1196 млн.лет, что указывает на возможное формирование протолитов для этих пород в неопротерозе.

Таким образом, по полученным авторами данным щелочно-ультраосновной магматизм в пределах Эбеляхского и Орто-Ыаргинского полей проявился в три этапа: 390—340, 235—216 и 160—150 млн.лет. Вероятно, протолиты для магматических пород сформировались в неопротерозе и были модифицированы более поздними геологическими процессами в результате многократной тектономагматической активизации на севере Якутской кимберлитовой провинции. Для максимально корректной оценки этапов магматизма необходимы дополнительные геохронологические работы на более представительном материале с применением комплекса изотопных методов.

Работа выполнена в рамках проекта ОНЗ-2.1. Программы Отделения наук о Земле РАН

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Брахфогель Ф.Ф.* Геологические аспекты кимберлитового магматизма северо-востока Сибирской платформы. —Якутск, 1984.
2. *Варламов А.И., Будников И.В., Девятов В.П.* и др. Инновационный подход к прогнозированию и поискам месторождений

алмазов на территории Сибирской провинции // Геология алмаза — настоящее и будущее. —Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 2005. С. 1136—1158.

3. *Граханов С.А., Коптиль В.И.* Триасовые палеороссыпи алмазов северо-востока Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 11. С. 1191—1201.
4. *Дэвис Г.Л., Соболев Н.В., Харьков А.Д.* Новые данные о возрасте кимберлитов Якутии, полученные уран-свинцовым методом по цирконам // Докл. АН СССР. 1980. Т. 254. № 1. С. 175—179.
5. *Зайцев А.И., Энтин А.Р., Ненашев Н.И.* и др. Геохронология и геохимия карбонатитов Якутии. —Якутск, 1992.
6. *Лапин А.В., Толстов А.В., Лисицын Д.В.* Кимберлиты и конвергентные породы. —М., 2004.
7. *Лелюх М.И., Стаднюк В.Д., Минченко Г.В.* К вопросу о поисках коренных источников в северной части Якутской алмазодносной провинции / Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. —Мирный, 1998. С. 264—266.
8. *Смелов А.П., Тимофеев В.Ф., Зайцев А.И.* Строение, этапы становления фундамента Северо-Азиатского кратона и фанерозойский кимберлитовый магматизм / Геологические аспекты минерально-сырьевой базы акционерной компании «АЛРОСА»: современное состояние перспективы решения. —Мирный, 2003. С. 186—191.
9. *Clement C.R., Scott-smith B.H.* Kimberlite redefined // J. Geology. 1984. Vol. 82. P. 223—228.
10. *Griffin W.L., Ryan C.G., Kaminsky F. V. et al.* The Siberian traverse, mantle terranes and the assembly of the Siberian Craton // Tectonophysics. 1999. Vol. 310. № 1—4. P. 1—35.
11. *Muller A., Mezger K., Schenk V.* Crustal age domains and the Continental Crust in the Mozambique Belt of Tanzania: Combined Sm-Nd, Rb-Sr, and Pb-Pb Isotopic Evidence // J. Petrology. 1998. Vol. 39. № 4. P. 749—783.

УДК 553.81:068.5(571.56)

С.А.Граханов, 2006

Россыпи алмазов северо-востока Сибирской платформы и ее коренные источники

С.А.ГРАХАНОВ

На северо-востоке Сибирской платформы в пределах Лено-Анабарской алмазодносной субпровинции (рис. 1) в результате интенсивных геологоразведочных работ открыто около 100 россыпей алмазов. Несмотря на масштабное проявление россыпной алмазодносности (почти 400 тыс.км²), ее коренные источники до сих пор не установлены. Существует несколько основных точек зрения на их природу: кимберлиты палеозойского или мезозойского возрастов известных полей [4]; неизвестные продуктивные кимберлиты, расположенные в акватории моря Лаптевых [24]; нетрадиционные коренные источники на флангах алмазодносных районов, перекрытые более молодыми отложениями [12]; докембрийские кимберлиты [2]; лампроиты [9, 19] или щелочно-ультраосновные породы (Г.И.Поршнев и др., 1986).

При детальном изучении типоморфных особенностей алмазов из основных россыпных месторождений северо-востока Сибирской платформы [22, 25] было замечено, что по своим кристалломорфологическим особенностям и физическим свойствам они разделяются на три основные группы, связанные с различными коренными источниками [22]: 1) алмазы кимберлитового генезиса, содержащиеся во всех кимберлитовых и лампроитовых трубках России, Африки, Китая, Австралии, Канады и др.;

имеют утяжеленный изотопный состав углерода, свойственный кристаллам ультраосновного парагенезиса [25]; к ним относятся ламинарные алмазы, скрытоламинарные ромбододекаэдрониды уральского (бразильского) и додекаэдрониды жильного типов (I разновидность по классификации Ю.Л.Орлова, [25]). Для алмазодносных кимберлитовых тел характерно преобладание ламинарных алмазов I разновидности, а для слабоалмазодносных — округлых кристаллов уральского и жильного типов [22]; 2) алмазы эбеляхского (северного) типа, представленные графитизированными ромбододекаэдронидами V разновидности (по [25]) и сростками додекаэдронидов VII разновидности с легким (¹³C 23‰) изотопным составом углерода и равномерноокрашенными кубоидами II разновидности с промежуточным составом углерода (¹³C 13,6‰). Эти алмазы в кимберлитовых телах Сибирской алмазодносной провинции не встречены; 3) алмазы импактного генезиса, коренным источником которых являются породы Попи-гайской астроблемы.

Соотношение алмазов кимберлитового, «эбеляхского» и импактного типов в среднем составляет 6:4:0,0001 [12].

Анализ известных коренных источников. Из-за отсутствия алмазов эбеляхского типа в открытых слабоалмазодносных кимберлитовых трубках Лено-Анабарской суб-