

А. И. КРАВЦОВ, О. И. КРОПОТОВА, Г. И. ВОЙТОВ, В. А. ИВАНОВ

ОБ ИЗОТОПНОМ СОСТАВЕ УГЛЕРОДА АЛМАЗОВ
И УГЛЕРОДИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОК
ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

(Представлено академиком А. В. Пейве 13 II 1975)

Начиная с первых определений А. Нира и Е. Гульбрансена в 1939 г. (¹) до 1968 г. изотопному составу углерода алмазов уделено много внимания (²⁻⁸ и др.). Анализ этого материала привел (⁸) к двум обобщениям: а) изотопный состав углерода алмазов близок изотопному составу углерода углеродистых минералов, генетически связанных с тяжелым углеродом мантии; б) вариации $\delta^{13}\text{C}$ углерода алмазов заключены (²) в узком диапазоне (значения приведены к стандарту РДВ) от $-0,32$ до $-0,94\%$. Исключение составляют (³) несколько образцов карбонадо с $\delta^{13}\text{C} = -2,8\%$. Эти обобщения привели к выводу, что большая часть алмазов имеет плутоническое происхождение и относится к линии эволюции углерода углеродистого вещества мантии (⁸), условия которой неблагоприятны для изотопного фракционирования. Однако позже были обнаружены (^{11, 12}) существенные изотопные эффекты при эпитаксиальном наращивании алмаза и графита углеродом метана при температуре $1000-1050^\circ\text{C}$ и давлении CH_4 $0,2-0,4$ мм рт. ст. (обогащение алмаза изотопом ^{13}C достигало в среднем $2,5\%$ от исходного углерода CH_4). Этот эксперимент описан в (¹³). Полученный эффект быстрого изотопного фракционирования вошел в противоречие с теорией кинетики процесса изотопного разделения (⁹) и с установленными другими методами особенностями роста кристалла алмаза в стабильных условиях в течение длительных промежутков времени, которые исключают всякие предположения о генезисе алмазов при взрывах или в метастабильных обстановках (¹⁴). Поэтому особое значение приобретают данные изотопного анализа всего комплекса углеродистых соединений алмазоносных регионов и конкретных диатрем. В качестве их примера нами взяты трубки «Удачная», «Айхал», «Мир» и «Зарница» Восточно-Сибирской алмазоносной провинции. При этом основное внимание уделено трубкам «Удачная» и «Мир», где получено наибольшее число данных.

Геологическое строение всех названных диатрем, за некоторым исключением, одинаково. Среди них наиболее сложно построена трубка «Удачная», расположенная в центральной части Далдынского кимберлитового поля. Она прорывает осадочный чехол мощностью около $2,5$ км, который представлен отложениями от нижнего кембрия до нижнего ордовика. Осадочный чехол сложен преимущественно карбонатными отложениями (известняками и доломитами). Тело трубки представляет собой двоякую диатрему, выполненную двумя субвертикальными кимберлитовыми телами трубчатой формы, соприкасающимися между собой до глубины $220-250$ м. Ниже трубка разобщается на два самостоятельных тела — трубки «Удачная-Западная» и «Удачная-Восточная».

Интервал вариаций $\delta^{13}\text{C}$ углеродистых соединений трубок взрывов и карбонатов вмещающих отложений Восточно-Сибирской алмазоносной провинции (рис. 1) составляет более 5% . Если исключить данные изотопного состава известняков вмещающих трубки пород, то он несколько сужается, однако и в этом случае дифференциация содержания в составе углеродистых соединений тяжелого изотона ^{13}C остается существенной. При этом наи-

большей неоднородностью распределения ^{13}C характеризуется битуминозное вещество пород.

Изотопный состав углерода карбонатов определен в образцах, отобранных в пределах Анабарского массива, а также из ксенолитов трубки «Удачная» и вмещающих ее пород. Средняя величина $\delta^{13}\text{C}$ известняков из 6 определений составляет $-0,205\%$ при интервале вариаций значения от $-0,04$ до $-0,30\%$, при этом средняя величина $\delta^{13}\text{C}$ известняка из ксенолита трубки составляет (по 2 определениям) $-0,18\%$; известняка, подвергнувшегося выщелачиванию, $-0,04\%$; мрамора Селигирской свиты восточной

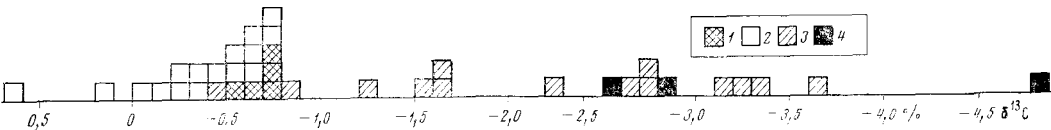


Рис. 1. Сводная гистограмма распределения содержания ^{13}C в углеродистых соединениях и алмазах Восточно-Сибирской алмазоносной провинции. 1 — алмазы, 2 — карбонаты, 3 — битумы, 4 — метан

части верхнеархейского разреза $+0,20\%$, а скаполит-пироксенового кальцифира из центральной части Анабарского массива (архей, верхнеанабарская свита) даже $+0,65\%$.

В битуминозном веществе Восточно-Сибирской алмазоносной провинции наблюдаются наиболее сильные вариации. При общем более высоком содержании C^{13} в битуминозном веществе трубки «Удачная» при сравнении с трубкой «Мир» (табл. 1) наблюдаются вполне определенные закономерности изменения этой величины. Наиболее тяжел углерод битумов, экстрагированных из графитистого вещества кимберлита трубки «Удачная» и из графитистого вещества эклогита трубки «Мир». Средние значения $\delta^{13}\text{C}$ имеют битумы из кальцитовой жилы южной части Анабарского массива, из известняков ксенолитов трубки «Удачная», а также из жильного кимберлита последней. Углерод битума осветленных разностей карбонитизированного кимберлита трубки «Мир» по изотопному составу в среднем мало отличается от углерода битумов осадочного чехла. Более легкий углерод битума из плотных темных разностей кимберлита, и, наконец, самым легким оказался углерод озокерита.

Таблица 1

Изотопный состав углерода битуминозного вещества алмазоносной провинции Восточной Сибири

Место отбора	Характеристика образцов	$\delta^{13}\text{C}$, % к ст. РДВ
Анабарский массив	Битум из кальцитовой жилы	-1,59
	Битум из кварцита с графитом из анабарской свиты	-2,73
Южная часть массива	Битум из графитистого эклогита	-0,87
	Битум из серого, карбонитизированного кимберлита	-2,76
Юго-восточная часть массива	Битум из зеленого плотного кимберлита	-2,38
	Битум из базальтоидного кимберлита	-2,25
Трубка «Мир»	Битум из зеленого карбонитизированного кимберлита	-3,14
	Битум из черного плотного кимберлита	-3,28
	Озокерит	-3,69
	Битум из графитистого эклогита	-0,50
Трубка «Удачная»	Битум из ксенолита известняка	-1,29
	То же	-1,64
	Битум из жильного кимберлита	-1,64

Химический состав газов и изотопный состав углерода углеводородов свободных газов трубки «Удачная»

№ скв.	Характеристика образца	$\delta^{13}\text{C}$, ‰ к ст. РДВ	Химический состав газов, об. %
201	Углерод суммы CH_4 и тяжелых углеводородов	-4,82	CO_2 1,97; H_2 0,16; N_2 13,58; He 0,02; CH_4 51,8; Σ ТУ 32,47
225	Углерод метана спонтанного выделения с глубины 362,9 м	-2,85	CO_2 0,07; H_2 57,74; N_2 3,09; CH_4 34,44; Σ ТУ ~4,0
	Проба УД-1ГА	-2,54	CO_2 0,23; H_2 56,95; N_2 6,15; CH_4 33,62; Σ ТУ ~3,0
	Проба УД-1ГБ		

Изотопный состав углерода углеводородных газов свободных газовых выделений в пределах трубки «Удачная» (табл. 2) испытывает весьма сильные вариации ($\delta^{13}\text{C}$ изменяется от -4,82 до -2,54 ‰, т. е. более чем на 2,25 ‰), при этом для проб метана одного и того же спонтанного выделения, вскрытого скв. № 225 на глубине 362 м, отобранных с небольшим перерывом во времени, получены разные значения.

Изотопный состав углерода алмазов (табл. 3) Восточно-Сибирской алмазоносной провинции относительно стабилен. Он полностью укладывается в интервал вариаций для алмазов большинства провинций мира ⁽²⁾ от -0,32 до -0,94 ‰.

Таким образом, пределы колебаний содержания изотопа ^{13}C в углеродистых соединениях Восточно-Сибирской алмазоносной провинции составляют более 5 ‰, что, по-видимому, исключает генетическую близость линий углерода алмаза и других анализируемых углеродистых соединений. Однако такой вывод предполагает метастабильные условия роста алмаза из углеводородов в течение длительного времени. Если же полагать, что в природе реализуется процесс, напоминающий эпитаксильное наращивание алмаза углеродом метана в лабораторных условиях при температуре 1000–1500°С, которое сопровождается значительным обогащением продукта тяжелым углеродом ^{13}C (по сравнению с углеродом исходного

Таблица 3

Изотопный состав углерода алмазов Восточно-Сибирской алмазоносной провинции

Место отбора (трубка)	Характеристика кристалла	$\delta^{13}\text{C}$, ‰ к ст. РДВ
«Удачная»	Неокрашенный кристалл	-0,56
«Айхал»	То же	-0,62
«Мир»	Октаэдр, сорт «Борт»	-0,71
	Неокрашенный кристалл	-0,74

CH_4), то можно допустить генетическое единство углерода всех анализируемых углеводородных соединений и алмаза.

Московский геологоразведочный институт им. С. Орджоникидзе

Поступило
8 II 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ A. O. Nier, E. A. Gulbransen, J. Am. Chem. Soc., v. 611 (1939). ² F. E. Wickman, Geochim. et cosmochim. acta, v. 9, № 3 (1956). ³ А. П. Виноградов, О. И. Кропотова, Ю. Л. Орлов, Геохимия, № 12 (1966). ⁴ А. П. Виноградов, О. И. Кропотова, В. И. Устинов, Геохимия, № 6 (1965). ⁵ Г. Крейг, В сб.: Изотопы в геологии, ИЛ, 1954. ⁶ М. Н. Голубчина, А. В. Рабинович, Ю. Л. Орлов, Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 5, 1958. ⁷ Ю. Л. Орлов, Минералогия алмаза, «Наука», 1973. ⁸ Э. М. Галимов, Геохимия стабильных изотопов углерода, «Недра», 1968. ⁹ Э. М. Галимов, Изотопы углерода в нефтегазовой геологии, «Недра», 1973. ¹⁰ Б. В. Дерягин и др., ДАН, т. 190, № 1 (1970). ¹¹ Э. М. Галимов и др., Геохимия, № 3 (1973). ¹² Д. В. Федосеев, Э. М. Галимов и др., Журн. эксп. и технич. физ., т. 14, в. 2 (1971). ¹³ Б. В. Дерягин, Д. В. Федосеев, Усп. хим., т. 39, в. 9 (1970). ¹⁴ В. П. Бугузов и др., ДАН, т. 215, № 5 (1974).