

ГЕОХИМИЯ

Член-корреспондент АН СССР А. П. ВИНОГРАДОВ и Е. И. ДОНЦОВА

**ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ КИСЛОРОДА АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ  
ГОРНЫХ ПОРОД**

За последнее время был произведен ряд определений изотопного состава кислорода различного происхождения, а именно: кислорода воздуха, воды, углекислоты, кислорода фотосинтеза ( $^{1-3}$ ), кислорода некоторых минералов ( $^4$ ). При этом обнаружались известные различия в изотопном составе кислорода различного происхождения. Наибольшее увеличение содержания  $O^{18}$  по сравнению с его содержанием в кислороде природной воды (принимаемого обычно за стандарт), как известно, оказалось в кислороде  $CO_2$  (и карбонатов)  $+11\gamma$ , а затем в кислороде воздуха  $+7\gamma$ . Однако ни о геохимической миграции изотопов кислорода, ни о масштабе этих процессов на Земле нельзя было ничего сказать, так как мы не знали точно изотопного состава кислорода первичных каменных горных пород — алюмосиликатов, составляющих основу литосферы и заключающих главную массу кислорода Земли. Эти породы (базальты, граниты) содержат, как известно, по весу около 50%, а по объему около 90% кислорода.

Мы поставили задачу — определить изотопный состав кислорода в этих породах — базальтах, гранитах и других, наиболее распространенных.

Наибольшие трудности заключались в методе получения из этих пород всего кислорода в виде какого-либо его простого газообразного соединения. Мы должны были оставить все свои попытки разрушения каменных горных пород путем обработки их  $HF$  при нагревании, получения летучих фтористых соединений и дальнейшего их фракционирования, из которых ничего не вышло.

Второй путь, на котором после ряда предварительных опытов мы остановились, состоял в полном восстановлении породы углем до  $CO$  при высоких температурах. Метод сводился к следующему. 15—20 г породы тонко измельчались и тщательно смешивались со значительным избытком (в 3—4 раза против теоретического) с порошком угля (чистым, для спектральных работ). Шихта помещалась в специально изготовленный графитовый тигель. Графитовые тигли вытачивались из блока чистого графита и имели навинчивающуюся крышку. Тигли предварительно прокаливались. Прокаливание и восстановление в них пород велось в высококачественной индукционной печи Института металлургии АН СССР. Тигель снаружи тщательно изолировался слоем асбеста и огнеупора. Вставленный в индукционную спираль тигель дополнительно изолировался засыпкой кварцевым песком. Однако и при этих условиях тигель выдерживал лишь 2—3 опыта. В течение опыта (4—5 часов) температура медленно поднималась с  $700-800^\circ$  до  $1700-2000^\circ$ , газы ( $CO$ ) и очищенный  $H_2$  из аппарата Киппа ( $Zn + HCl$ ) поступали в трубчатую печь с никелево-цериевым катализатором, где при  $250^\circ$  происходило восстановление  $CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O$ .

Получающаяся вода вымораживалась в ряде барботеров, погруженных в дюаровские сосуды с твердой углекислотой. После восстановления породы в тигле находилась спекшаяся графитовая масса с корольками металла. Восстановление породы происходило на 100%.

Собранная вода определенным образом очищалась, и определялась ее плотность дензиметрическим путем. Стандартом сравнения являлась синтетическая вода, полученная из кислорода речной воды (путем электролиза) и водорода из аппарата Киппа. Таким образом, влияние водорода при дензиметрии элиминировалось. Эта методика определения плотности давно нами применяется, и мы не останавливаемся здесь на ее деталях (4).

Таким путем были сделаны определения в следующих породах, полученных нами, благодаря любезности Б. М. Куллетского, из Петрографического музея Института геологических наук АН СССР.

Из табл. 1 видно, что образцы древних основных и кислых массивных горных пород содержат кислород, изотопный состав которого

Таблица 1

Название породы	Место сбора	$\Delta d\gamma$ в $\gamma$ (среднее)
Гранит . . . .	Онежское озеро (восточн. побереж.)	$0 \pm 0,4$
Базальт, полевошпатовый .	Ballarne Schonen (Швеция)	$+0,8$
Трапп . . . . .	Тулунский (Восточная Сибирь)	$+0,8$
Долерит . . .	Dalmeny Linlithgow (Шотландия)	$-2,4$

отвечает изотопному составу кислорода воды. Иными словами, содержание в них  $O^{18}$  такое же, как в кислороде воды (или, может быть, ниже — долерит).

На основе этих данных можно сделать следующие выводы: 1) при образовании твердой силикатной оболочки Земли и воды (или паров воды, если стоять на точке зрения огненно-жидкой дифференциации оболочек Земли) никакого разделения изотопов кислорода (между алюмосиликатами и водой) не происходило; 2) наблюдающиеся некоторые изменения изотопного состава кислорода по сравнению с изотопным составом кислорода алюмосиликатов и воды (для  $CO_2$ , карбонатов, некоторых минералов, кислорода воздуха) являются характерными, повидимому, только для процессов, идущих в верхней оболочке Земли — в биосфере.

Институт геохимии  
и аналитической химии  
им. В. И. Вернадского  
Академии Наук СССР

Поступило  
16 VII 1947

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. П. Виноградов и Р. В. Тейс, ДАН, 33, 497 (1941). <sup>2</sup> А. П. Виноградов, Изв. АН СССР, сер. биол., № 3 (1947). <sup>3</sup> А. П. Виноградов и Р. В. Тейс, ДАН, 56, № 1 (1947). <sup>4</sup> А. П. Виноградов и Е. И. Донцова, ДАН, 56, № 4 (1947).