

Р. В. ТЕЙС

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ИСКОПАЕМЫХ ЛЬДОВ

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 29 VII 1948)

В 1935 г. акад. В. И. Вернадский⁽¹⁾, указывая на роль геологической длительности в процессе разделения изотопов, высказал мысль, что скопления дейтерия можно ожидать в таких процессах, которые продолжают в течение длительного периода времени геологического масштаба, имея все время одно и то же направление. В качестве первого примера такого процесса он назвал явление исчезновения (таяния) льда, образовавшегося в ледниковый период десятки тысяч лет назад. Так как этот процесс имеет всегда одно и то же направление и так как можно думать, что при этом процессе молекулы H_2O , имеющие большую упругость пара, теряются скорее, чем молекулы D_2O , В. И. Вернадский считал нужным изучать с этой точки зрения остатки льдов четвертичной эпохи, в частности, льдо-насыщенные почвы и ископаемые льды.

Несмотря на это указание, ископаемые льды никогда не были предметом изотопного анализа, даже с точки зрения суммарного эффекта изотопов водорода и кислорода, если не считать двух измерений плотности воды и льда шурфа мерзлотной станции в Сковородино, измеренных в нашей лаборатории и показавших пониженную плотность в сравнении со стандартной водой⁽²⁾.

В табл. 1 дан изотопный анализ семи проб ископаемых льдов различного возраста и условий образования. Три первых образца представляют собой погребенные льды, повидимому, наиболее древнего среди всей проанализированной группы возраста. Проба № 4 представляет собой лед, образовавшийся из воды в очень недавнее время.

Все пробы были очищены окислением перманганатом и перегонкой в токе кислорода над окисью меди и измерены по способу комбинационного определения плотности (кварцевым поплавком) и показателя преломления, как уже описывалось в предыдущих работах^(3, 5, 6).

Из рассмотрения табл. 1 вытекают следующие заключения:

1) Проба № 4 — лед с приполярного Урала, представляющая собой, по исследованию Н. А. Граве, лед, происшедший при замерзании воды внутри грунта, резко отличается по изотопному составу от всех остальных проб, имея прямо противоположное по знаку содержание и дейтерия, и тяжелого изотопа кислорода. Вместе с тем он представляет большое сходство по изотопному составу с природным льдом, образующимся в первых стадиях замерзания воды, состав которого приведен в табл. 5 одной из наших прежних работ⁽³⁾.

Таблица 1

№ проб	Место отбора пробы	Дата и описание пробы	Уплотнение в γ		
			общее	за счет D_2O	за счет O^{18}
1	Усть-Мая, Якутия, с. Петропавловск в 6 км от поселка Усть-Мая	Жильный лед с глубины от 1,6 до 2,35 м. Сентябрь 1945 г.	- 5,2	+ 1,5	- 6,7
2	Абалах, Якутия, из окрестностей оз. Абалах	С глубины от 9,7 до 10,2 м из нижней части толщи ископаемого льда. 23 II 1945 г.	- 6,2	+ 1,4	- 7,6
3	Чурапча, Якутия	С глубины от 6,5 до 7 м в средней части ископаемого льда. Сентябрь 1945 г.	- 5,2	+ 3,8	- 9,0
4	Приполярный Урал, подножье вост. склона, левый берег р. Манья	Лед, возникший при замерзании влаги внутри глинистого грунта. Возраст молодой. 24 IX 1939 г.	+ 3,4	- 3,9	+ 7,3
5	Вост. побережье п-о Нордвик в 10 км на юг от мыса Пакса	Ископаемый лед из естественного обнажения с глубины 3,5 м. 15 IX 1947 г.	- 5,3	- 0,7	- 4,6
6	Анадырская губа (море Лаптевых) в районе мыса Хорго	Лед-снежник с побережья губы с глубины 1 м. 15 IX 1947 г.	- 3,1	+ 0,5	- 3,6
7	Анадырь, Чукотский округ	Ископаемый лед с глубины 3,5—4 м	- 2,6	- 0,3	- 2,3

2) Все остальные пробы имеют одну общую черту: отрицательное значение для тяжелого изотопа кислорода.

3) В отношении содержания дейтерия пробы №№ 5—7, в пределах ошибки определения, не отличаются от стандартной воды. Для группы же якутских льдов (№№ 1—3) замечается некоторое накопление дейтерия, особенно заметное в пробе № 3. Для этой группы (№№ 1—3) и отрицательное значение концентрации O^{18} имеет наиболее ясно выраженный характер.

Таким образом, поведение дейтерия совпадает с тем, что можно было предсказать, основываясь на различии некоторых физических констант (в частности, упругости пара) двух изотопных сортов воды (H_2O и D_2O).

Менее понятно обогащение изотопом O^{16} (т. е. обеднение изотопом O^{18}) твердой фазы. При этом следует вспомнить, что Gilfillan (4) пришел к заключению о скоплении O^{16} в твердой фазе при замерзании воды. На основании несовпадения размера увеличения плотности воды при многократном замораживании ее с величиной, рассчитанной теоретически из имевшихся к тому времени криоскопических измерений, он определил температуру плавления H_2O^{18} равной $0,1 \pm 0,05^\circ$, т. е. лежащей ниже температуры замерзания H_2O^{16} . Более прямых определений температуры плавления H_2O^{18} не имеется.

Обе указанные особенности: скопление дейтерия в тающих льдах и уменьшение в них изотопа O^{18} отмечались уже раньше (5—7). Особенно характерны в этом отношении проанализированные нами (5) кавказские фирны. Такое сходство изотопного состава фирнового снега и ископаемых льдов наводит на мысль о сходстве природных процессов, которым подвергался каждый из этих двух видов льда.

В заключение выражаю благодарность научным сотрудникам Института мерзлотоведения АН СССР З. А. Нерсесовой, Н. А. Граве, А. И. Ефимову и В. М. Файнциммеру за предоставление проб ископаемых льдов.

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

Поступило
17 VII 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. И. Вернадский, С. Р., **199**, 694 (1934). ² Р. В. Тейс, ДАН, **24**, 779 (1939). ³ Р. В. Тейс и К. П. Флоренский, ДАН, **32**, 199 (1941). ⁴ E. S. Gillan, J. Am. Chem. Soc., **56**, 2201 (1934). ⁵ Р. В. Тейс и К. П. Флоренский, ДАН, **28**, 70 (1940). ⁶ Р. В. Тейс, ДАН, **53**, 533 (1946). ⁷ А. И. Бродский, Тез. докл. к совещанию по изотопам 16—17 IV 1940 г., стр. 5. Отдел. химич. наук АН СССР.