

Р. В. ТЕЙС

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ВОДЫ НЕКОТОРЫХ РЕК И ОЗЕР СССР

(Представлено академиком В. И. Вернадским 3 VII 1939)

В определении относительной плотности воды, связанном с исследованием изотопного состава, весьма важным вопросом является вопрос о стандартной воде, по отношению к которой определяется плотность всех других вод. Обычно за стандартную воду принимается водопроводная вода того города, где производится измерение, причем, очевидно, допускается предположение, что изотопный состав речных или озерных вод, питающих водопроводную сеть, одинаков для различных мест земного шара. Между тем в 1936 г. N. Morita и T. Titani⁽¹⁾ показали, что это не так, приведя сравнительную таблицу цифр плотности кристаллизационных вод одних и тех же образцов минералов, измеренных в различных пунктах земного шара (Вашингтон, Лондон, Осака). При этом получилась довольно значительная разница (2—3 γ), где Осацкая водопроводная вода давала почти всегда минимальную цифру.

А. И. Бродский, О. К. Скарре, Е. И. Донцова и М. М. Слуцкая⁽²⁾ указали кроме того на возможность сезонных колебаний плотности в зависимости от наводка.

Эти же авторы, измеряя плотность воды рек горного Карачая, нашли в некоторых случаях пониженную плотность, которую они объясняют питанием этих рек за счет таяния ледников и снега вершин.

В другой работе N. Morita и T. Titani⁽³⁾ произвели сравнение двух водопроводных вод: из г. Осака и г. Кембриджа (США, штат Массачусет). Для этих вод ими была получена почти одинаковая плотность; при условиях применения одинаковых методов очистки, разность плотностей этих двух вод и сезонные колебания плотности Осацкой воды не превышали ошибки опыта.

M. Dole⁽⁴⁾ указывает, что вода того же города Кембриджа из США имеет ту же плотность, как и вода озера Мичиган.

Вследствие того однако, что наличие колебаний изотопного состава вод констатируется в ряде случаев, сравнение плотности вод, отобранных в различных пунктах территории Союза, представляется весьма существенным.

За стандарт этого сравнения принималась вода Московского водопровода, отобранная в количестве нескольких десятков литров 29 I 1938 г. и хранящаяся с добавлением марганцевокислого калия. Для очистки как стандартной, так и других вод, применялся метод, описанный H. D. Emelius, F. W. James, A. King, T. G. Pearson, R. H. Purcele, H. V. A. Briscoe⁽⁵⁾. Этот метод был сравнен с методом очистки, описанным А. И. Бродским,

О. К. Скарре, Е. И. Донцовой и М. М. Слуцкой⁽²⁾, причем, пользуясь двумя видоизменениями метода измерения плотности с погруженным кварцевым поплавком (метод флотационных температур и флотационных давлений), мы получили совпадение в пределах ошибки опыта:

Метод флотационных температур

Вода и метод очистки	Флотационная температура по термометру Бекмана (или флотационное давление в мм)	Разность в γ
Стандарт, очищенный по методу Н. Д. Emeleus и др.	2.514°	} 0
Стандарт, очищенный по методу А. И. Бродского и др.	2.514°	

Метод флотационных давлений

Вода р. Днепра, очищенная по методу Н. Д. Emeleus и др.	215.0 мм	} 0.2
Вода р. Днепра, очищенная по методу А. И. Бродского и др.	216.5 мм	

Дальнейшие измерения также производились по методу погруженного кварцевого поплавка в двух видоизменениях⁽¹⁾, причем точность измерения как по тому, так и по другому методу лежала в пределах 0.2—0.3 γ .

Из имевшихся в нашем распоряжении вод и озер СССР были выбраны пробы, отобранные в периоды, не совпадающие с периодом весеннего паводка. Измерялись воды нескольких рек Европейской территории Союза, Сибири и Восточного Забайкалья, а также воды озер различного характера. Результаты этих измерений даны в табл. 1 и 2, причем в большинстве случаев приведены цифры, относящиеся к пробе, взятой с поверхности, за исключением озер Байкал и Развал, где глубина указана в примечании.

Таблица 1

Плотность речной воды

Название реки	Место взятия пробы	Время отбора пробы	Изменение плотности по отношению к стандарту в γ
Московский водопровод	г. Москва	4 XI 1938 г.	0
Волга	Против г. Козьмодемьянска (дер. Коротки)	31 VII 1936 г.	0
Днепр	Под Киевом близ с. Староселье у заповедника Академии Наук УССР	11 IX 1936 г.	0
Обь	Близ впадения Томи у дер. Брагино	6 X 1936 г.	0
Аргунь	В. Забайкалье, с. Олочи у Нерчинского завода	27 VII 1937 г.	— 2.4
Газимур	В. Забайкалье, около поселка Трубачево, Газимурозаводского района	1 VII 1937 г.	— 2.7
Шилка	В. Забайкалье, г. Сретенск	VIII 1935 г.	— 2.2

⁽¹⁾ Сравнение этих двух видоизменений метода будет приведено в особой статье.

В табл. 1 приведены плотности воды различных рек; как видно из этой таблицы, плотность вод этих рек одна и та же и совпадает с плотностью стандарта. Обращает на себя внимание пониженная плотность вод Восточного Забайкалья.

Таблица 2

Плотность озерной воды

Название озера	Место взятия пробы	Время отбора пробы	Изменение плотности по отношению к стандарту в γ	Примечание
Сенежское	Близ ст. Подсолнечная			
	Октябрьской ж. д.	23 VII 1938 г.	+ 2.2	
Плещеево	г. Переяславль	1 XI 1938 г.	+ 1.8	
Развал	г. Соль-Илецк	1937 г.	+ 1.9	С глубины 15.5 м
Кара-Куль	В. Памир	16 VII 1937 г.	+ 1.7	
Имандра	Кольский полуостров, В. Берег к северу от ст. Имандра	X 1936 г.	+ 2.1	
Байкал	Близ мыса Ухан	1935 г.	0	С глубины 1200 м

Сопоставляя табл. 1 и 2, можно видеть, что почти во всех случаях озерная вода плотнее речной, причем значение плотности для озер различного характера довольно постоянно. Неожиданным здесь является то, что озеро высокогорной пустыни Кара-Куль, где процесс испарения особенно интенсивен, имеет не только не большую, но даже минимальную из всех (кроме Байкала) плотность. Это однако легко объяснить тем, что озеро Кара-Куль получает воду с тающих ледников и плотность его воды является результатом действия двух факторов: усиленного испарения и снабжения талой водой.

В табл. 2 следует еще отметить меньшую плотность воды Байкала (к тому же, взятую с значительной глубины) по сравнению с другими озерами.

Как известно, при таянии льда и замерзании воды происходит фракционировка изотопных сортов воды. G. Bruni и M. Strada⁽⁶⁾ показали, что многократное вымораживание может быть использовано как метод концентрирования тяжелых изотопов. A. Fuccken и K. Schäfer⁽⁷⁾ изучили диаграмму плавления системы H_2O-D_2O , одновременно измерив плотность ледниковых вод; при этом ими было найдено максимальное уплотнение для вод ледников с узким языком, расположенным глубоко и последним подвергающимся таянию. Этими же авторами было установлено также концентрирование тяжелых изотопов в твердой фазе при замерзании и переход легких изотопных сортов в жидкую фазу при таянии.

Возможно, что такое разделение изотопов является причиной и уменьшенного значения плотности воды забайкальских рек, связанных с районом вечной мерзлоты.

В связи с этим была измерена плотность воды из льда шурфа мерзлотной станции в Сквородино. При этом получились следующие результаты:

Вода из прозрачного льда
шурфа № 2 - 0.8 γ
Вода из мутного льда
шурфа № 2 - 1.3 γ

Таким образом, в этом случае и для льда мы получаем уменьшенное значение плотности, причем плотность речной воды оказы-

вается еще меньше, так что не исключена возможность взаимной связи этих вод.

Весь этот цифровой материал показывает, что изотопный состав речных (и озерных) вод далеко не всегда одинаков. Можно заключить, что озера и реки, связанные с ледниками и снегом горных районов, а возможно и с областью вечной мерзлоты, имеют уменьшенную плотность, вследствие чего не могут быть приняты за стандарт для определений относительной плотности.

Возможность получения общего стандарта связана с вопросом, в какой мере в колебаниях суммарной плотности участвуют дейтерий и тяжелый кислород, и не является ли содержание одного из них в речных водах более или менее постоянным. Лишь в этом последнем случае можно говорить о получении общего стандарта путем освобождения воды от одного из тяжелых изотопов, в другом же случае придется пойти по пути выбора условного стандарта, с которым и нужно будет в дальнейшем сравнивать речные (водопроводные) воды тех пунктов, в которых производились измерения.

В ы в о д ы. Сравнение плотностей некоторых речных и озерных вод СССР показало следующее: 1) в общем озерная вода плотнее речной в среднем на 2 γ; 2) вода рек Забайкальской области легче воды других измеренных рек Союза; 3) вода рек и озер, связанных с таянием льда и снега, имеет уменьшенную плотность и не может быть принята за стандарт при измерении плотностей.

Биогеохимическая лаборатория
Академия Наук СССР

Поступило
17 VII 1939

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ N. Morita u. T. Titani, Bull. chem. Soc. Jap., **11**, 403 (1936).
² А. И. Бродский, О. К. Скаппе, Е. И. Донцова и М. М. Слуцкая, Журн. физ. хим., **10**, 731 (1937); Acta physicochimica, **7**, 611 (1937). ³ N. Morita u. T. Titani, Bull. chem. Soc. Jap., **13**, 409 (1938). ⁴ M. Dole, J. Chem. Phys., **4**, 268 (1936). ⁵ H. D. Emeleus, F. W. James, A. King, T. C. Pearson, R. H. Purcell, H. V. A. Briscoe, J. chem. soc. (Lond.), 1207 (1934).
⁶ G. Bruni u. M. Strada, Atti R. Acad. Lincei., (vi), **19**, 453 (1934); G. Bruni, J. Amer. Chem. Soc., **56**, 2013 (1934). ⁷ A. Eucken u. K. Schäfer, Nachr. Gött. Math.-Phys. Fachgr., III (N. F.), **1**, № 11, S 109.