

КОЭФФИЦИЕНТ РАСТВОРИМОСТИ РАДОНА В РЫБЬЕМ ЖИРЕ И В НЕКОТОРЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЛАХ

А. Д. ЩЕЛОКОВ

1. Введение

По литературным данным растворимость радона известна лишь для 35—40 жидкостей и исследована преимущественно в 1900—1910 гг. в пределах температур примерно от -20°C до $+60-80^{\circ}\text{C}$, причем для жидкостей—масел и жиров коэффициент растворимости радона изучен только для 5—6 названий, среди которых нет жидкостей, изучаемых в данной работе.

В работе определялся коэффициент растворимости радона в рыбьем жире и некоторых растительных маслах при комнатной температуре и нормальном атмосферном давлении. Вопрос представляет интерес для физической химии в области изучения растворимости малых количеств газа в жидкостях, а также и для практических целей медицины.

2. Методика измерений

За коэффициент растворимости радона в жидкости в работе принят коэффициент абсорбции Оствальда λ , т. е. отношение концентрации радона в жидкости $c_{жс}$ к концентрации радона в воздухе c_v над жидкостью в случае динамического равновесия, т. е.

$$\lambda = \frac{c_{жс}}{c_v} \quad \text{или} \quad \lambda = \frac{q_{жс} \cdot v_v}{q_v \cdot v_{жс}}, \quad (1)$$

где $q_{жс}$ и q_v — количества радона в жидкости и в воздухе;

$v_{жс}$ и v_v — объемы жидкой и газообразной фаз.

Определение величины λ сводилось к определению концентрации радона в воздухе над жидкостью в закрытом сосуде по истечении некоторого времени с момента введения в данный сосуд известного количества Q радона, взятого из эталона. Для этого применялся в основном вакуумный метод, предложенный Е. С. Щепотьевой [1].

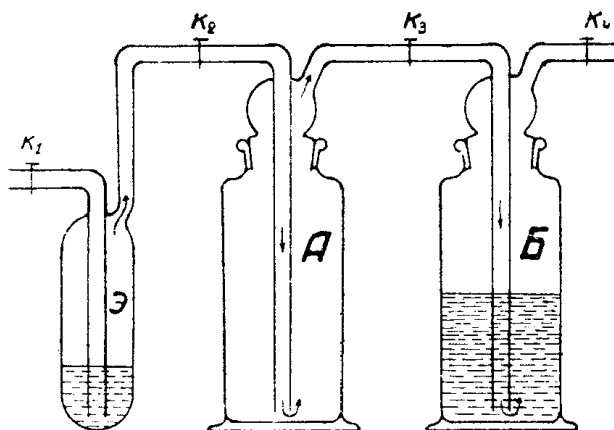
Количество радона в объеме воздуха, взятого для определения c_v , определялось универсальным прибором ГК. Прибор предварительно градуировался по эталону РИАН, что дало постоянную прибора, равную

$$a = 1,13 \cdot 10^{-10} \frac{\text{кюри}}{\text{дел/мин}}.$$

Определение λ для исследуемой жидкости проводилось следующими приемами.

I прием. Взятие радона из эталона

В склянку Дрекселя *Б* (см. фиг. 1) помещалась исследуемая жидкость. Склянка *А* оставалась пустой (воздух). К ним присоединялся эталон *Э* с известным к моменту опыта количеством радона, равным Q . Воздух из склянок *А* и *Б* откачивался до давления 1—1,5 мм ртут. ст. при закрытых кранах K_1 и K_2 . При этом удалялся и воздух, растворенный до этого в жидкости (обезгаживание жидкости). Далее кран K_1 закрывался, кран K_2

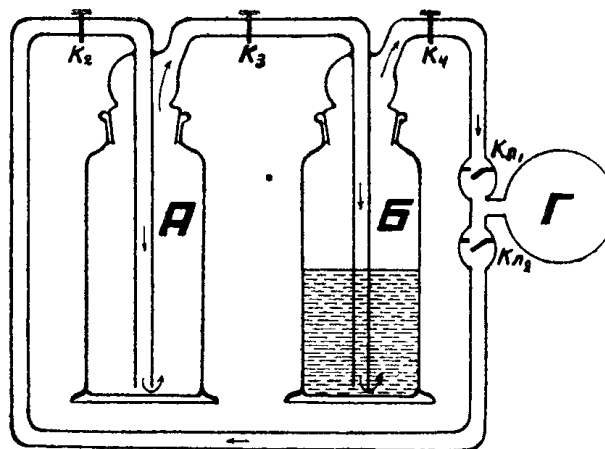


Фиг. 1

открывался и приоткрывался кран K_1 настолько, чтобы атмосферный воздух проходил через эталонный раствор не очень частыми пузырьками. Когда давление в сосудах *А* и *Б* уравнивалось с атмосферным, кран K_2 закрывался и эталон *Э* отсоединялся от склянок. При этой операции радон практически весь переводился из эталона в склянки *А* и *Б*.

II прием. Циркуляция и растворение радона в жидкости

Склянки *А* и *Б* соединялись резиновыми трубками с двумя односторонними клапанами K_{A1} и K_{A2} и резиновой грушей в замкнутую цепь (фиг. 2). С помощью груши *Г* и клапанов при открытых кранах K_2 , K_3 и K_4 вызывалась циркуляция воздуха с радоном в сосудах через испытываемую жид-



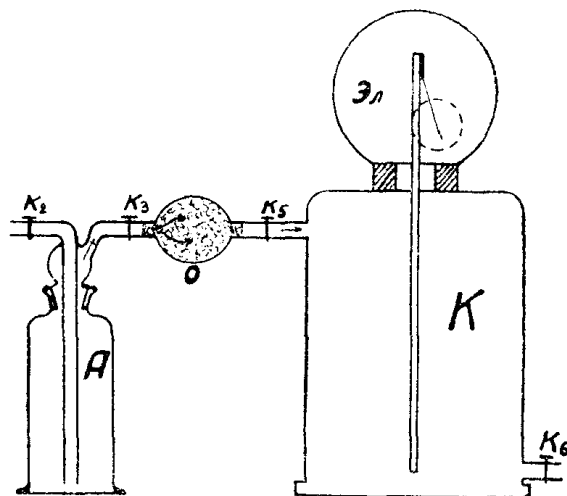
Фиг. 2

кость. При этом радон поглощался жидкостью и количество его в воздухе уменьшалось. По истечении времени, необходимого для установления динамического равновесия между $C_{жс}$ и $C_{в}$, циркуляция прекращалась,

краны K_2 и K_3 закрывались и склянка A отсоединялась от схемы. Очевидно, что после этого концентрация радона в воздухе обеих склянок A и B будет одинакова.

III прием. Определение концентрации радона в воздухе

Сосуд A с некоторым количеством радона присоединялся через осушитель O к ионизационной камере K универсального прибора ГК (фиг. 3). При закрытых кранах K_2 и K_3 и при открытых K_5 и K_6 камера с осушителем откачивалась до давления 1—1,5 мм ртут. ст. через кран K_6 , после чего кран K_6 закрывался. Далее открывались краны K_3 и K_2 и воздух



Фиг. 3

с радонем из сосуда A переходил в камеру K и дополнялся до атмосферного давления (в камере) значительно большим количеством атмосферного воздуха, „вымывающим“ остатки радона из осушителя и сосуда A . Кран K_5 после этого закрывался. Далее по скорости спадания листочка электрометра определялось количество радона в сосуде A , т. е. q_A , а следовательно, и концентрация радона в воздухе c_v , которая, очевидно, равна

$$c_v = \frac{q_A}{V_A} = \frac{a \alpha'_{max}}{V_A}, \quad (2)$$

где a — постоянная прибора в $\frac{\text{кюри}}{\text{дел/мин}}$,

V_A — объем сосуда A в литрах,

α'_{max} — максимальная (т. е. через 3 часа после введения радона в камеру) скорость спадания листочка электрометра в дел/мин , вызванная радонем в камере.

Зная c_v , легко подсчитать и $c_{жс}$:

$$c_{жс} = \frac{q_{жс}}{V_{жс}} = \frac{Q_{кр}}{V_{жс}} - \frac{a \alpha'_{max}}{V_{жс} V_A} (V_A + V_B + v - V_{жс}), \quad (3)$$

где $V_{жс}$ — объем жидкости в литрах,

V_B — объем сосуда B в литрах,

v — объем груши, клапанов и соединительных трубок в литрах.

Подставив значения c_n и $c_{ис}$ из (2) и (3) в (1), получим окончательное значение коэффициента λ растворимости радона в исследуемой жидкости при температуре опыта:

$$\lambda = \frac{Qk_p V_A}{\alpha \alpha'_{max} V_{ис}} - \frac{V_A + V_B + v}{V_{ис}} + 1. \quad (4)$$

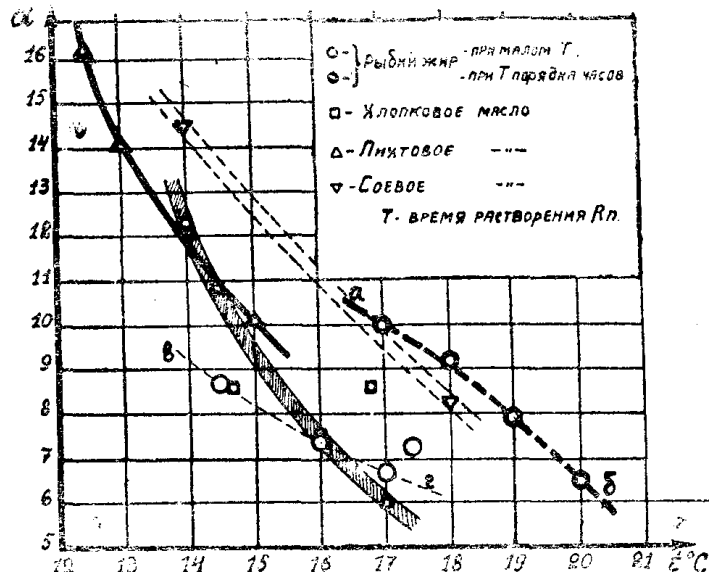
Здесь k_p — коэффициент, учитывающий распад радона за промежуток времени между моментом взятия радона из эталона и моментом введения радона в ионизационную камеру, т. е. за время растворения радона в жидкости. k_p берется из таблиц распада радона.

Максимальное рассеяние α'_{max} прибора, соответствующее ионизационному току через 3 часа после введения радона в камеру, определялось обычно не через 3 часа, а по нескольким значениям рассеяния α'_i , соответствующим разным промежуткам времени (в пределах одного часа), считая от момента введения радона в камеру, пользуясь таблицами Дюан-Норенберга. И по полученным нескольким значениям $\alpha'_{max,i}$ находилось среднее значение α'_{max} .

Количество радона Q определялось по времени накопления его в эталоне, согласно соответствующим таблицам.

3. Результаты измерений

Коэффициент растворимости радона определялся для рыбьего жира, хлопкового, соевого и пихтового масел. Перед растворением радона жидкости предварительно обезгаживались под вакуумом в 1—1,5 мм ртут. ст. в течение 10—30 мин. Продолжительность растворения бралась различная — от десятков минут до суток, а в некоторых случаях и более, для того



Фиг. 4

чтобы определить время, потребное для установления динамического равновесия в распределении радона по двум фазам, которое оказалось порядка одного часа. Температура опытов — комнатная, т. е. 12—20°C, давление атмосферное.

Результаты измерений λ приведены в табл. 1, 2, 3, 4 и представлены графически на фиг. 4, как ориентировочная зависимость λ от температуры (задача исследования зависимости λ от температуры пока не ставилась, но предполагается в дальнейшем).

Таблица 1

Рыбий жир

№ п/п	Температура $t^{\circ}\text{C}$	Коеф. растворимости λ	Время растворения T
1	14,5	8,7	16 мин.
2	16,0	7,3	30 мин.
3	17,0	6,7	35 мин.
4	17,0	10,0	14 час.
5	17,4	7,2	18 мин.
6	18,0	9,1	4 час.
7	19,0	7,9	7 час.
8	20,0	6,5	2,5 час.

Таблица 2

Хлопковое масло

№ п/п	Температура $t^{\circ}\text{C}$	Коеф. растворимости λ	Время растворения T
1	14,0	12,3	9 час.
2	14,5	10,9	1 сут.
3	14,7	8,6	1 сут.
4	16,0	7,5	30 мин.
5	16,8	8,6	19 час.
6	17,0	6,0	40 мин.

Таблица 3

Соевое масло

№ п/п	Температура $t^{\circ}\text{C}$	Коеф. растворимости λ	Время растворения T
1	14,0	14,5	19 час.
2	18,0	8,1	0,8 час.

Таблица 4

Пихтовое масло

№ п/п	Температура $t^{\circ}\text{C}$	Коеф. растворимости λ	Время растворения T
1	12,5	16,2	1 сут.
2	13,0	14,1	0,5 час.
3	15,0	10,1	0,7 час.

Таблица 5

Средние значения коэффициентов растворимости радона

	Исслед. жидкость	Температура	Примечание
1	Рыбий жир	15—20°C	Ошибка не более 10%
2	Хлопковое масло	14—17°C	
3	Соевое масло	16°C	
4	Пихтовое масло	12,5—15°C	

Опыты показали следующее:

1) Коэффициент растворимости радона в рыбьем жире, соевом, хлопковом и пихтовом маслах в 2—3 раза ниже, чем в сильных растворителях радона—оливковых маслах [3] и в 40—50 раз выше, чем у воды. Эти жидкости можно отнести к группе средних растворителей радона, как вазелин, терпентин и др.

2) Коэффициент растворимости этих жидкостей, как и всех других жидкостей [2], падает с повышением температуры.

3) Скорость растворения радона в них различна: порядка 2—3 часов для рыбьего жира и не более 1 часа—для всех остальных, т. е. с увеличением вязкости время растворения увеличивается.

Большой разброс точек на графике для рыбьего жира (фиг. 4) можно объяснить следующими вероятными причинами:

- а) разным временем растворения радона в разных опытах;
- б) разными сортами рыбьего жира;
- в) несколькими отличающимися условиями опытов.

Точки, лежащие ближе к пунктиру „аб“, получены при времени растворения, большем одного часа. Их можно считать удовлетворяющими условию динамического равновесия при распределении радона по двум фазам. Точки же, лежащие ближе к пунктиру „вг“, получены при времени растворения 16—30 мин. и они дали значения λ меньшие, чем первые (если учесть на основании других графиков увеличение λ с понижением температуры). Они, повидимому, не удовлетворяют условию равновесия.

Из расположения точек рыбьего жира, между прочим, заметна тенденция ускорения растворения радона при повышении температуры (очевидно, вследствие уменьшения вязкости).

Необходимо указать, что полученные средние значения λ следует считать для комнатной температуры ориентировочными, так как даже в таком небольшом температурном интервале 12—20°C λ в значительной степени зависит от температуры.

Следует также отметить, что в данной работе коэффициент растворимости (вернее коэффициент абсорбции Оствальда) определялся не в условиях насыщения растворителя радоном, а в условиях ничтожно малых количеств радона, а именно — порядка 10^{-17} , — 10^{-18} грамм-молей радона на 100—150 мл растворителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щепотьева Е. С. Вакуумный метод измерения содержания радона в водах и газах, ДАН СССР, т. XII, № 4, стр. 178—180, 1943.
2. Еремина Б. Г. Растворимость одноатомных газов и азота, Ленинград, стр. 27, 1950.
3. Техническая энциклопедия, справочник, т. V, стр. 421—422, 429, 1930.

