

О ПЕРЕХОДЕ H_2O В ПРОВОДЯЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЯХ $P \approx 1$ Мбар

Л.Ф.Верещагин, Е.Н.Яковлев, Ю.А.Тимофеев

В работе исследовано электросопротивление воды при $P \approx 1$ Мбар и при температурах от -80 до $-10^\circ C$. Обнаружено уменьшение электросопротивления на шесть порядков. Наблюдаемое "размораживание" проводящего состояния позволяет заключить, что скачок связан с фазовым переходом.

Проводимость воды (H_2O) определяется степенью диссоциации ее молекул. При высоких температурах $T \approx 1000^\circ C$ и давлениях $P \approx 100$ кбар (динамических и статических) сопротивление воды падает от $\rho \approx 10^8$ ом · см ($T = 0^\circ C$, $P = 1$ ат) до значения $\rho \approx 1$ ом · см, т.е. на семь — восемь порядков ($[1 - 5]$). Твердые модификации воды — льды, являются изоляторами.

Большую роль в образовании различных структур льда и воды играет водородная связь. Водородная связь слабее, чем ионная и ковалентная, но сильнее, чем вандерваальсовы силы межмолекулярного притяжения. Необычные свойства H_2O объясняются сильным межмолекулярным притяжением, обусловленным водородной связью [6].

В настоящее время известно 9 кристаллических модификаций H_2O , образующихся при высоких давлениях [7]. Вопрос о существовании метадлической модификации H_2O , насколько нам известно, обсуждался лишь в связи со строением планет солнечной системы, в частности планеты Нептун [8, 9].

Для исследования электрических свойств воды при давлениях $P \sim 1$ Мбар нами была использована методика, развитая ранее для изучения электросопротивления алмаза и других веществ [10, 11]. Согласно разработанному методу [10, 11] диэлектрик помещается между наковальнями из алмазов типа карбонадо. При исследовании льда появляется опасность выдавливания его из зоны высокого давления. Это связано с высокими пластическими свойствами льда. Как обнаружено в последнее вре-

мя пластичность льда при давлении 100 кбар даже выше, чем у такого "мягкого" материала, как NaCl [12].

В наших экспериментах изучалось электросопротивление льда, осажденного из паров воды на охлажденную поверхность наковален. Известно [7], что при конденсации паров воды на холодную подложку в зависимости от температуры последней образуется либо аморфный лед, либо кубическая модификация, либо гексагональная (нормальная) фаза льда I_h .

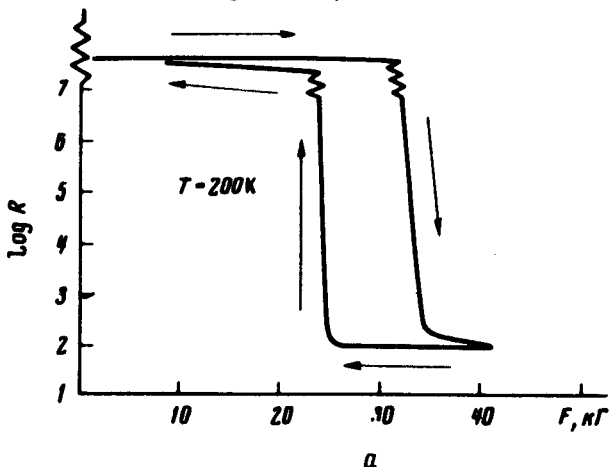


Рис. 1. Электросопротивление льда (H_2O) от усилия, приложенного к наковальням

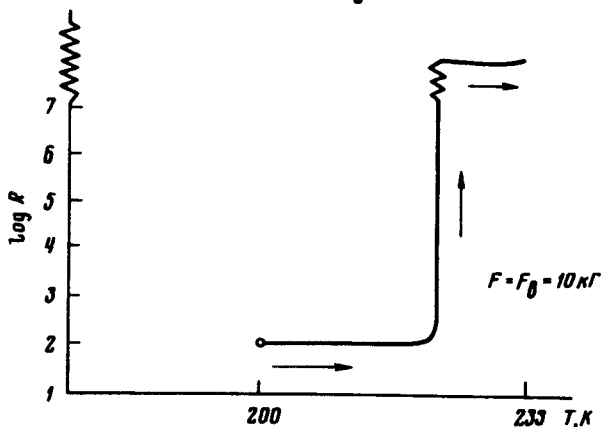
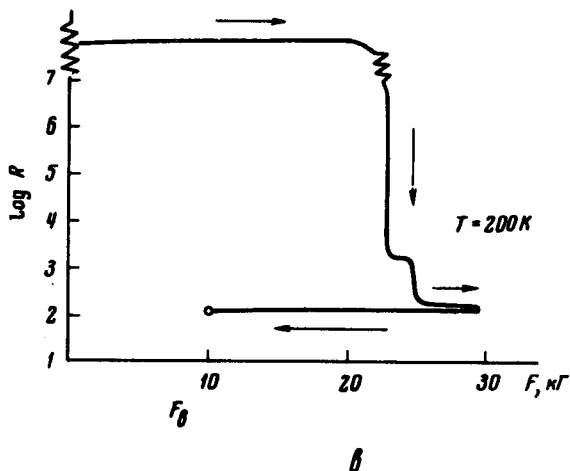


Рис. 2. а — Электросопротивление льда (H_2O) при фиксированной температуре $T = 200K$. На обратном ходу усилие зафиксировано $F = F_0$; б — зависимость электросопротивления льда (H_2O) при фиксированном усилии $F = F_0$ от температуры

Наши опыты проводились при температурах в пределах $-80^{\circ}\text{C} < T < -10^{\circ}\text{C}$. В данном диапазоне температур на наковальнях образуется нормальный лед I_h .

Заметим, что вода обладает повышенной способностью растворять в себе различные вещества. Получение особо чистой воды представляет самостоятельную задачу [6]. В настоящей работе специального контроля за содержанием примесей в исследуемых льдах не производилось.

Результаты одного из экспериментов при $T = 200\text{ K}$ представлены на рис. 1.

С целью подтверждения фазового перехода, как и в более ранних работах [11], было произведено "размораживание" метастабильной модификации. На рис. 2, а представлена запись электросопротивления льда от усилия $R(F)$ при возрастании и снижении нагрузки F , прикладываемой к наковальням. При $F = F_b$ вблизи ожидаемого обратного перехода в исходную диэлектрическую фазу был произведен нагрев. Зависимость сопротивления от температуры при $F = F_b$ представлена на рис. 2, б. Нагревание образца всего на 20° приводит к возрастанию сопротивления до значения, соответствующего сопротивлению исходной диэлектрической фазы. Наблюдаемая совокупность явлений подтверждает наличие метастабильного проводящего состояния и, следовательно, наличие фазового перехода H_2O .

Авторы благодарны В.А.Родионову и В.С.Усову за помощь в постановке экспериментов.

Институт физики высоких давлений
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
17 апреля 1975 г.

Литература

- [1] H.D.David, S.D.Hamann. Trans.Farad.Soc., 55, 72, 1959; 56, 1043, 1960.
- [2] S.D.Hamann, M.Linton. Trans. Farad. Soc., 62, 2234, 1966.
- [3] А.А.Бриш, М.С.Тарасов, В.А.Цукерман. ЖЭТФ, 11, 15, 1960.
- [4] W. Holzapfel, E.U.Franck. Ber.Bunsenges.Phys.Chem., 70, 1105, 1966.
- [5] W.Holzapfel. Jour.Chem.Phys., 50, 4424, 1969.
- [6] А.Полинг. Общая химия (Перевод с англ. 1074).
- [7] N.H.Fletcher. Rep. progr. Phys., 34, № 10, 1971.
- [8] W.H.Ramsey. Planet.Space Sci., 5, 1609, 1967.
- [9] В.Н.Жарков, В.П.Трубицын, Л.В.Самсоненко. Физика земли и планет. М., изд. Наука, 1971.
- [10] Л.Ф.Верещагин, Е.Н.Яковлев, Г.Н.Степанов, Б.В.Виноградов. Письма в ЖЭТФ, 16, 382, 1972.
- [11] Л.Ф.Верещагин, Е.Н.Яковлев, Б.В.Виноградов, В.П.Сакун, Г.Н.Степанов. Письма в ЖЭТФ, 17, 422, 1973.
- [12] G.J.Piermarini, S.Block, J.D.Barnett. J.Appl. Phys., 44, 5377, 1973.