



УДК 591.044., 577.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА НА СТРУКТУРНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

Коваленко Виктор Федорович¹, Кукурудза Вадим Витальевич¹

¹ ХНТУ, Херсон, Украина

Адрес для переписки: Коваленко Виктор Федорович, д.ф.-м.н., профессор

Место работы: Херсонский национальный технический университет

Email: Kovalenko.Viktor@kntu.net.ua

Аннотация. Методом рассеяния лазерного излучения изучено влияние фазового перехода "вода-лед-вода" и его последствий на структурно-информационные свойства воды в зависимости от условий его проведения - скорости размораживания, информационного воздействия перед замораживанием исходной воды.

Обнаружено влияние этих условий на процесс кластерообразования в ней после фазового перехода.

Установлено, что долговременная память воды носителем которой является спиновая конфигурация четырехвалентных атомов кислорода крупномасштабных кластеров, не разрушается переходом "лед-вода". Целостность таких кластеров после размораживания обеспечивается торсионным взаимным притяжением их атомов кислорода с однонаправленной ориентацией их спинов, а также более высокой механической прочностью этих кластеров по сравнению с кластерами меньших размеров.

Кратковременная память воды частично разрушается, а также, предположительно, частично сохраняется за счёт наращивания спиново-ориентированных фрагментов разрушенных фазовым переходом мелких кластеров, предварительно сформированных информационным воздействием.

Ключевые слова: кластерная структура, индикатриса рассеяния, информационные свойства воды, память.

Введение. Известно [1, 2], что вода обладает структурностью, которую она изменяет под влиянием различных энергетических и информационных воздействий. Информация о характере и степени воздействия фиксируется в новой структуре воды в виде соответствующей спиновой конфигурации кластерных атомов кислорода [3]. Изменение структуры независимо от природы воздействующего фактора состоит в частичном разрушении прежнего и формирование нового структурного состояния [3].

К настоящему времени ряд аспектов механизма переструктуризации воды остаются неустановленными. В частности, практически не исследованным является воздействие фазовых переходов воды на ее структурно-информационные свойства. В этой связи изучение влияния фазового перехода "вода-лед-вода" на структурно-информационные свойства воды является актуальным с научной точки зрения, так как оно позволяет расширить и углубить степень понимания физической природы механизма перехода и влияния последнего на характер и степень изменения структурных параметров воды и ее памяти. Кроме этого, это изучение является актуальным с точки зрения более осознанного и оптимального практического применения данного фазового перехода при использовании воды в широком спектре сфер жизнедеятельности человека.

Целью настоящей работы было исследование методом рассеяния лазерного излучения влияния фазового перехода "вода-лед-вода" и его последствий на структурно-информационные свойства воды в зависимости от условий проведения самого перехода - скорости размораживания, информационного воздействия перед замораживанием исходной воды.

Материалы и методы исследования. Измерялись зависимости интенсивности I рассеянного лазерного излучения от угла рассеяния θ - индикатрисы рассеяния из водных проб воды $I(\theta)_{исх}$ и непосредственно после размораживания $I(\theta)_{возд}$, а также в различные последующие промежутки времени $I(\theta)_{exp}$. Из измеренных индикатрис определялись зависимости интенсивности I рассеянного лазерного излучения от угла рассеяния θ - индикатрисы рассеяния из водных проб воды $I(\theta)_{исх}$ и непосредственно после размораживания $I(\theta)_{возд}$, а также в различные последующие промежутки времени $I(\theta)_{exp}$. Из измеренных индикатрис определялись набор и размеры кластеров, их относительные концентрации, а также степень изменения этих параметров структуры воды после воздействия. Методики измерений, обработки данных и определения структурных параметров изложены в [3].

После предварительного измерения $I(\theta)_{исх}$ заморозка образцов воды осуществлялась одинаково во всех экспериментах в морозильной камере холодильника при $T = -18^\circ\text{C}$, в которой кювета с водой выдерживалась в течении ~ 90 минут. бор и размеры кластеров, их относительные

концентрации, а также степень изменения этих параметров структуры воды после воздействия. Методики измерений, обработки данных и определения структурных параметров изложены в [3].

После предварительного измерения $I(\theta)_{исх}$ заморозка образцов воды осуществлялась одинаково во всех экспериментах в морозильной камере холодильника при $T = -18^\circ\text{C}$, в которой кювета с водой выдерживалась в течении ~ 90 минут..

Результаты исследования и обсуждение полученных данных. В первом эксперименте размораживание образца I осуществлялось в ускоренном режиме (кювета с замороженной водой находилась в закрытый ладони руки). Непосредственно после размораживания и спустя 1 час производилось измерение индикатрисы рассеяния образца.

Из анализа формы индикатрис $I(\theta)$, расчетных зависимостей $\theta^2 I(\theta) = f(\theta)$ и относительных индикатрис рассеяния $R(\theta) = I(\theta)_{возд} \cdot [I(\theta)_{исх}]^{-1}$ были определены наборы и размеры кластеров, а также их относительные суммарные концентрации $N_{\Sigma_{возд}} \approx I_{\Sigma_{возд}} \cdot (I_{\Sigma_{исх}})^{-1} \times 100\%$ (I_{Σ} - интегральная интенсивность рассеянного света, численно равная площади под кривой $I(\theta)$, в приближении однократного рассеяния пропорциональна суммарной концентрации кластеров [3]) в различных состояниях образца воды, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры структуры исходной воды после фазового перехода

№	Состояние воды	r , мкм	N_{Σ} , %
1	Исходная	5,3-7,2; 1,58; 0,95-1,19; 0,59-0,70; 0,43; <0,40	100
2	После размораживания	5,3-6,7↓; 1,58; 0,95-1,19; 0,59-0,70; 0,48; 0,32; <0,30	129
3	После выдержки в течении 1 часа	4,7-6,7↑; 1,58; 0,95; 0,58-0,73; 0,43; 0,32 <0,30	132

Из таблицы 1 видно, что наборы и размеры r кластеров, в наибольшей степени сверхкрупных ($r > 2\text{мкм}$), крупных ($0,9\text{мкм} < r \lesssim 2\text{мкм}$) и в меньшей степени средних кластеров ($0,4\text{мкм} \lesssim r \lesssim 0,9\text{мкм}$) в каждой из этих групп по r совпадали или были близки по размерам во всех стадиях пребывания испытуемого образца. Особенностью протекания процесса фазового перехода

"лед-вода" является возрастание суммарной концентрации кластеров после размораживания и последующей экспозиции по сравнению с исходной, равной $N_{\Sigma_{исх}} = 100\%$ (таблица 1).

Из представленных на рис. 1 относительных индикатрис рассеяния образца после размораживания (кривая 1) и спустя 1 час (кривая 2) следует, что в угловом секторе $25^\circ \leq \theta \leq 65^\circ$ значения $R > 1$, что указывает на возрастание концентрации мелких ($r < 0,40\text{мкм}$) кластеров с размерами $0,38\text{мкм} > r > 0,14\text{мкм}$, рассеивающих в этом интервале углов.

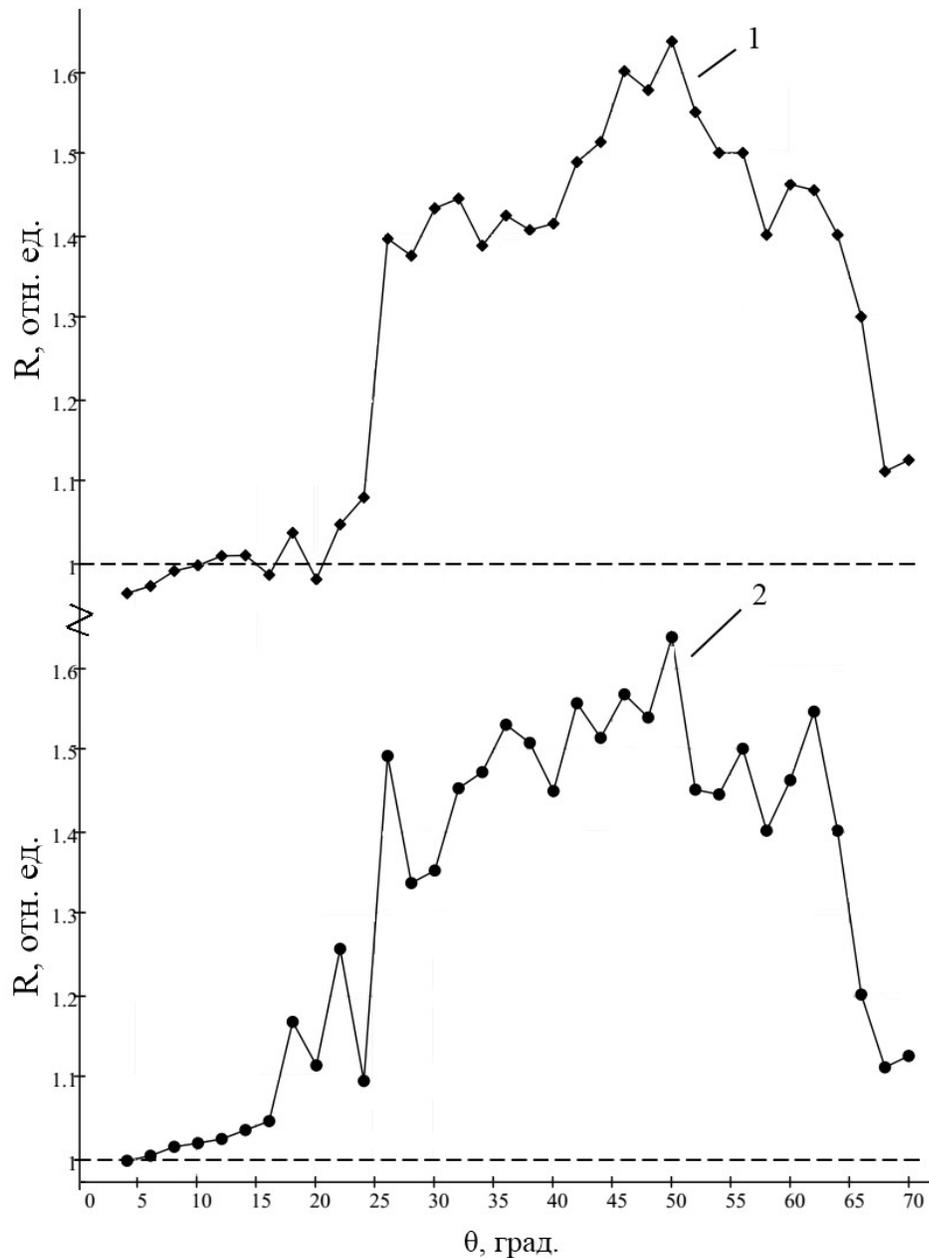


Рис. 1. Относительные индикатрисы рассеяния образца I непосредственно после размораживания (кривая 1) и спустя 1 час (кривая 2)

Наличие периодических флуктуаций $R(\theta)$ в указанном угловом интервале обусловлено интерференцией дифрагированных на сверхкрупных кластерах и преломленных ими лучей [4]. Из рис.1 видно, что в течение экспозиции имело место улучшение характеристик интерференционной картины (амплитуд максимумов, их углового разрешения, регулярности флуктуаций). Это обстоятельство указывает на продолжение формирования структуры после фазового перехода.

Неизменность или подобие набора и размеров кластеров в крупнодисперсной фракции структуры до и после перехода свидетельствуют о том, что они в процессе всего перехода не разрушались. При замораживании воды в твердую фазу переходила только жидкая фракция воды, состоящая из несвязанных в кластеры молекул воды, а кластеры исходной структуры оказываются встроенными в эту монолитную кристаллическую фазу, сохраняя каждый свою индивидуальную форму и внутреннюю конструкцию.

Есть основание полагать, что после размораживания сверхкрупные крупные кластеры не подвергаются разрушению по двум причинам. Одной из них является более высокая механическая прочность этих кластеров по сравнению со средними и мелкими вследствие наличия многочисленных внутренних плоскостей, "скрепляющих" их конструкцию множеством водородных связей [3]. Второй причиной в обеспечении целостности кластеров является торсионное взаимное притяжение четырехвалентных атомов кислорода кластеров с однонаправленной ориентацией их спинов [5].

Согласно [5], сверхкрупные и крупные кластеры являются хранителями и накопителями долговременной памяти воды. Поэтому сохранение их целостности при фазовом переходе свидетельствует о сохранении в них памяти об информации, содержащейся в исходной структуре воды.

Интерференционная составляющая на рис.1 указывает на увеличение концентрации сверхкрупных кластеров после размораживания за счёт сращивания спиново-ориентированных их торсионным полем мелких кластеров, генерируемых в течение экспозиции. Это приводит в данном эксперименте к усилению памяти исходной структуры за счёт увеличения числа "ячеек" хранения.

На рис. 2 представлены относительные индикатрисы рассеяния образца II после размораживания и в различные периоды экспозиции, а в таблице 2 - соответствующие параметры структуры этого образца воды.

В отличие от предыдущего эксперимента образец II размораживался естественным нагреванием воздухом при комнатной температуре, равной 20°C , что занимало существенно больший промежуток времени на этом этапе фазового перехода. Последующее изучение временной

зависимости структурных свойств воды производилось при аддитивном увеличении времени экспозиции.

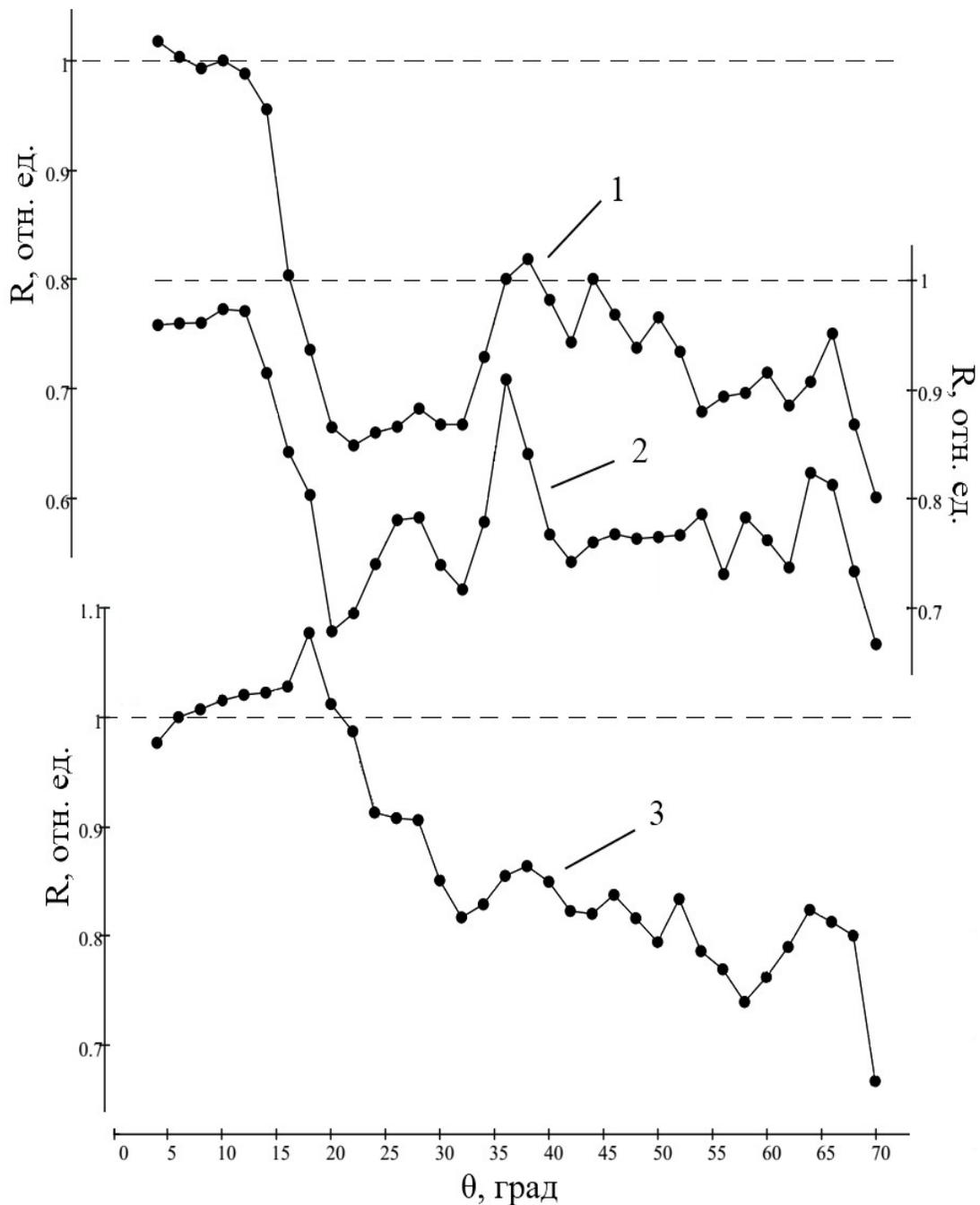


Рис. 2. Относительные индикатрисы рассеяния образца II после размораживания (кривая 1), после экспозиции 0,5 часа (кривая 2) и 14,5 часов (кривая 3)

Из приведенных данных следует, что наборы и размер кластеров после размораживания на некоторых этапах экспозиции претерпевали незначительные изменения, обусловленные продолжением формирования структуры в течении всего периода наблюдения. Наименьшие

изменения этих параметров были характерны для сверхкрупных и крупных кластеров и в большей степени для средних и мелких кластеров (таблица 2). Следует отметить, что в большинстве случаев изменения размеров кластеров не выходили за пределы ошибки их измерения [6].

Таблица 2

Временная зависимость структуры воды после фазового перехода

№	Состояние воды	Время экспозиции t_{exp} , часы	r , мкм	N_{Σ} , %
1	Исходное	-	4,7-7,2↓; 3,5↓; 1,58↓; 0,95; 0,61; 0,32; <0,30	100
2	После разморозки	-	4,7-7,2; 1,60; 0,95; 0,68; 0,26; <0,26	76,4
3	После экспозиции	0,5	4,7-7,2; 3,5; 1,60; 0,86; 0,66; 0,34; <0,34	81
4	— —	1,5	4,7-6,7; 3,5; 1,58; 0,79; 0,63; 0,32; <0,30	77
5	— —	3,5	4,7-7,2; 1,56; 0,80; 0,63; 0,32; <0,30	82,4
6	— —	14,5	4,5; 7,2↓; 3,5↓; 1,58; 0,80; 0,61-0,53; 0,32; <0,30	87,5

Наиболее существенное подобие по набору и размерам кластеров имело место между исходной структурой и наблюдаемой после заключительного этапа экспозиции (таблица 2).

Особенностью этого эксперимента по сравнению с предыдущим были отсутствие генерации мелких кластеров и более низкие значения N_{Σ} на всех этапах наблюдения после разморозки по сравнению с исходным значением $N_{\Sigma_{исх}} = 100\%$ (таблица 2). Значения $R < 1$ в угловом интервале $\theta \geq 10^\circ$ всех зависимостей $R(\theta)$ (рис. 2) свидетельствуют об уменьшении после разморозки концентрации средних и в наибольшей степени мелких кластеров за счёт их взаимного срачивания и формирования новых сверхкрупных кластеров, на что указывает интерференционная составляющая всех кривых (рис. 2). В течение экспозиции происходило постепенное восстановление концентрации мелкодисперсной фракции структуры, о чём свидетельствует смещение кривой 3 вверх по оси R (рис. 2) и увеличение $N_{\Sigma_{exp}}$ (таблица 2).

Различия в процессах при переструктуризации воды после фазового перехода I и II образцов, предположительно, могут быть обусловлены различными режимами размораживания и значениями тепловой энергии, подводимой для его осуществления. В первом эксперименте количество подведенной к образцу I энергии, по-видимому, превышало значение теплоты плавления $E_{пл} = 6$ кДж/моль, необходимой для фазового перехода "лед-вода" [1]. Избыточная энергия обеспечила быстрое разрушение монолитной кристаллической структуры льда в мелкодисперсную фазу, представляющую собой смесь молекулярной структуры льда и свободных молекул воды [1].

Во втором эксперименте необходимое количество энергии накапливалось постепенно и процесс разрушения сплошного льда происходил за счет его дробления на крупноразмерные блоки с медленным их разрушением в более мелкодисперсную фазу.

На образец III после предварительного измерения его исходной индикатрисы рассеяния $I(\theta)_{исх}$ было оказано информационное воздействие мысленным повторением фразы: "Вода - основа жизни на земле. Вода обладает памятью" в течение 5 минут оператором у находящейся перед ним на расстоянии $\sim 0,5$ метра кюветы с водой. По окончании этого воздействия производилось измерение индикатрисы рассеяния $I(\theta)_{инф}$ и последующее замораживание образца III на $\sim 1,5$ часа. Процесс размораживания осуществлялся естественным образом, аналогично описанному для образца II, после чего измерялась его индикатриса рассеяния $I(\theta)_{разм}$. Последующие измерения $I(\theta)_{exp}$ производились при аддитивном увеличении времени экспозиции t_{exp} .

На рис. 3 приведены соответствующие относительные индикатрисы рассеяния, а в таблице 3 - параметры структуры этого образца воды. Как видно из представленных данных, информационное воздействие увеличивало суммарную концентрацию кластеров $N_{\Sigma_{инф}}$ за счёт возрастания концентрации средних и в наибольшей степени мелких кластеров, о чём свидетельствует значение $R > 1$ в угловом интервале $\theta > 15^\circ$ на кривой 1 рис. 3, изменение их размеров (таблица 3). Наличие интерференционной составляющей кривой I в угловом секторе равном $20^\circ \leq \theta \leq 65^\circ$ указывает на формирование сверхкрупных кластеров с $r = 4,7 - 6,7$ мкм дополнительно к имевшимся в исходной воде.

Непосредственно после размораживания (кривая 2) наблюдалось существенное уменьшение значений $R < 1$ в угловом интервале $\theta > 10^\circ$, а также наличие широкого минимума при $\theta \simeq 25^\circ$ в распределении и немонотонное возрастание значений $R < 1$ с дальнейшим увеличением угла рассеяния. Суммарная концентрация кластеров уменьшалась до $N_{\Sigma_{разм}} \simeq 67\%$, в основном, за счёт снижения концентрации средних и мелких кластеров. Характер последующих кривых 3 и 4 подобен кривой 2, но с уменьшающимся минимумом в распределении $R(\theta)$ с

постепенным повышением $N_{\Sigma exp}$ с увеличением t_{exp} , оставаясь при этом $N_{\Sigma exp} < N_{\Sigma иск}$ по окончании эксперимента.

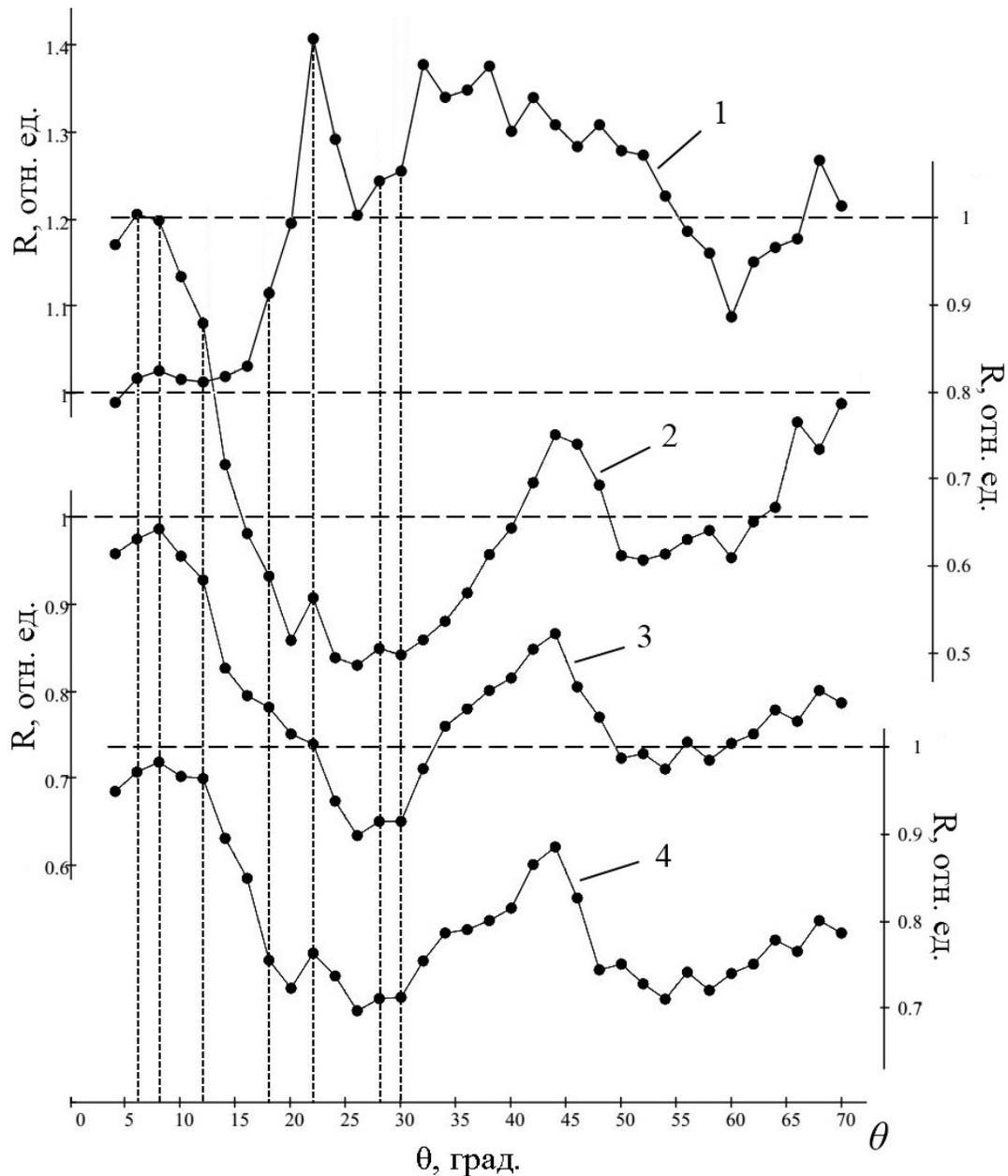


Рис. 3. Относительные индикатрисы образца III после информационного воздействия (кривая 1), после размораживания (кривая 2) и в течение экспозиции 4 часа (кривая 3) и 25 часов (кривая 4)

Из детального сравнения зависимостей $R(\theta)$ (1-4) рис. 3 следует то, что в интервале углов $\theta \leq 30^\circ$ участки всех кривых качественно идентичны, а количественные различия незначительны или отсутствуют. Качественная идентичность иллюстрируется вертикальными штриховыми

линиями, проведенными по экспериментальным точкам, соответствующим максимумам или перегибам (неразрешенным максимумам), характерным для всех кривых.

Таблица 3

Параметры структуры воды после информационного воздействия и фазового перехода

№	Состояние воды	Время экспозиции t_{exp} , часы	r , мкм	N_{Σ} , %
1	Исходное	-	4,5-6,7; 1,58; 0,63; 0,53; <0,40	100
2	После информационного воздействия	$t_{возд} = 5$ мин	4,5-6,7; 1,19; 0,80; 0,63; 0,53; <0,40↑	120,6
3	После разморозки	-	4,5-7,2; 1,46; 0,73; 0,53; 0,34; 0,28; 0,21; <0,20	67
4	После экспозиции	4	4,7-7,2; 1,19; 0,80; 0,68; 0,53; 0,28; 0,21; <0,20	80
5	— —	16	4,7-7,2; 1,19; 0,80; 0,68; 0,53; 0,28; 0,21; <0,20	80
6	— —	25	4,7-7,2; 1,19; 0,80; 0,65; 0,28; 0,21; <0,20	81,4

Другими деталями приведённых данных, важных для понимания механизма сохранения памяти при фазовом переходе "лёд-вода" являются:

1. Корреляция кривых I и II рис. 3 в угловом интервале $\theta > 50^\circ$ свидетельствует о сохранении сверхкрупных кластеров, по крайней мере их доли, сформированных информационным воздействием, после фазового перехода;
2. Увеличение размеров всех крупных кластеров после размораживания может быть связано с наращиванием на их поверхности спиново-ориентированных фрагментов и гексагональных колец, разрушенных фазовым переходом мелких кластеров, сформированных информационным воздействием.

Из данных таблицы 3 следует, что изменение параметров структуры после фазового перехода с увеличением t_{exp} приближает их к исходным.

Проанализировав полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Обнаружено влияние условий размораживания воды на процесс кластерообразования в ней после фазового перехода "лед-вода";
2. Долговременная память воды, носителем которой является спиновая конфигурация четырехвалентных атомов кислорода крупномасштабных кластеров, не разрушается фазовым переходом "лед-вода";
3. Целостность крупномасштабных кластеров после размораживания обеспечивается торсионным взаимным притяжением четырехвалентных атомов кислорода с однонаправленной ориентацией их спинов, а также их более высокой механической прочностью по сравнению с кластерами меньших размеров;
4. Кратковременная память воды частично разрушается фазовым переходом "лед-вода", а также, предположительно, частично сохраняется за счёт наращивания спиново-ориентированных фрагментов, разрушенных фазовым переходом мелких кластеров, сформированных информационным воздействием и восстановлением концентрации мелких кластеров после перехода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Особая роль системы "миллиметровые волны - водная среда" в природе / [Н. И. Синицын, В. И. Петросян, В. А. Елкин та ін.]. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1999. – №1. – С. 3–21.
2. Эмото М. Послания воды: тайные коды кристаллов льда / М. Эмото. – Москва: София, 2005. – 96 с.
- 3 Kovalenko Viktor Fedorovich. Spin Nature of Water Memory. // Science Journal of Physics. Volume 2013 Article ID sjp-206, 11 Pages, 2012. doi:10.7237/sjp/206
4. Коваленко В. Ф. Интерференционные эффекты в светорассеянии биологических жидкостей / В. Ф. Коваленко, С. В. Шутов, А. Ю. Бордюк. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – №8. – С. 71–78.
5. Kovalenko Viktor Fedorovich. Analogy of Memory Properties of the Ones of the Brain. // Science Journal of Physics. Volume 2013 Article ID sjp-261, 8 Pages, 2013. doi:10.7237/sjp/261
6. Kovalenko V, Levchenko P, Shutov S, Bordiuk A. Investigation of the nature of light scattering by water. Ukrainian Journal of Physical Optics. 2009;10(1):38.