

ИЗМЕНЕНИЕ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ВОДЫ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НЕЕ ОКСИДИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЕВОЙ ФОЛЬГИ

С.Н. Новиков, А.И. Ермолаева, С.П. Тимошенко, Е.П. Германов

Между развитой поверхностью анодно-оксидной пленки на алюминиевой фольге, модифицированной 1М раствором и находящейся на расстоянии ~5мм BaCl_2 , поверхностью дистиллированной воды возникает дистанционное взаимодействие, приводящее к изменению надмолекулярной структуры воды, приближая ее к структуре твердого тела модифицирующего Al раствора BaCl_2 .

Ключевые слова: *кинетика испарения воды, граница фаз, структура воды, когерентные домены воды.*

Литература, посвященная структуре жидкой воды, насчитывает более 8 миллионов ссылок. Внимание к этой проблеме особенно возросло после теоретических работ миланской школы, применившей квантово-электродинамический подход к термодинамике жидкой воды (теория когерентной воды ТКВ) [1]. Исследование структуры воды, проводимые в нашей лаборатории, показали, что использованные нами методы – работа выхода электрона (РВЭ) и дериватография (ДТА-ДТЖ) – позволяют получать объективную информацию о надмолекулярной структуре воды [2-4]. При этом в одной из работ наблюдалось интересное явление – дистанционная передача информации о структуре водных растворов хлоридов Zn, Ba, Na и K на дистиллированную воду [2]. Подобные наблюдения отмечены и другими исследователями (см. например, [5]).

Настоящая работа представляет собой попытку выяснения физического механизма дистанционной передачи структурной информации с поверхности твердого тела на воду. В качестве последнего использовалась фольга чистого алюминия, имевшая на поверхности анодно-оксидную пленку (АОП)*, структура которой была подробно изучена авторами ранее [6,7].

При проведении исследований, связанных со структурой воды обычно уделяется особое внимание ее чистоте, т.е. отсутствию примесей. Надо отметить, что получение абсолютно чистой воды представляет собой отдельную проблему**, по-существу, в природе нет абсолютно чистой воды, т.к. даже пребывание ее в том или ином сосуде в атмосферных условиях вносит заметные примеси. Поэтому в данной работе в качестве исследуемой жидкости использовались образцы дистиллированной воды, полученные с помощью стандартного дистиллятора. Наличие примесей в воде не подвергалось специальному контролю. Однако, в каждом эксперименте, связанном с влиянием твердого тела на структуру воды, использовалась строго одна и та же дистиллированная вода, что, по мнению авторов, позволяет производить относительное сравнение данных. В тех случаях, когда в работе использовали растворы KCl и BaCl_2 , их также готовили с помощью той же дистиллированной воды.

Экспериментальная часть.

Исследование проводилось следующим образом. Образец дистиллированной воды (или раствора) помещался в стандартный химический стеклянный кристаллизатор (диаметр 10,5 см и глубина 1,5 см) таким образом, чтобы зеркало жидкости находилось приблизительно на половине высоты кристаллизатора (~6-7 мм). Твердое тело – алюминиевая пластина – представляло крышку («Al-крышка») этого кристаллизатора, размером ~ 11 см. При этом обращалось особое внимание, чтобы жидкость имела свободную связь с атмосферным воздухом (система должна быть открытой). Это условие

* Анодно-окисленные алюминиевые пластины промышленно выпускаются для использования в полиграфии.

** О влиянии тех или иных примесей на свойства воды существует обширная литература (см. например [8]).

всегда выполнялось, поскольку тонкая алюминиевая фольга (0,5 мм толщиной) не позволяет герметизировать пространство над жидкостью. Эксперимент состоял в экспонировании воды (или раствора) в сосуде под Al-крышкой и определении скорости изотермического испарения пробы воды, взятой после экспозиции из сосуда.

Кинетические кривые изотермического испарения проб воды получали с помощью дериватографа по методике, описанной в [3]. Пробу жидкости отбирали стеклянной пипеткой (~0,5 г) и переносили в тигель дериватографа при атмосферных условиях.

Описанная процедура проводилась для выяснения следующих вопросов:

- какова структура дистиллированной воды в исходном состоянии (без Al крышки);
- то же с Al-крышкой, обращенной к воде металлической или оксидированной поверхностью;
- какова структура одномолярных растворов KCl и BaCl₂ (без Al-крышки);
- какова структура воды под Al-крышкой, поверхность которой модифицирована 1M растворами KCl и BaCl₂.

Растворы KCl и BaCl₂ были выбраны в качестве модельных модификаторов АОП потому, что их действие на надмолекулярную структуру воды резко отличается, как это было ранее установлено в работе [3].

Операция модифицирования поверхности Al-крышек проводилась путем выдерживания их в соответствующих растворах (~1-2 суток) с последующей промывкой и сушкой (1 сутки). Контроль за изменением свойств поверхностей Al-крышек при модификации осуществлялся путем измерения изменений работы выхода электрона (РВЭ) [9].

Результаты указанных выше экспериментов приведены на рис. 1а, б, 2 в виде зависимостей веса пробы P от времени испарения τ при постоянной температуре (19-22 °С) в атмосферных условиях, а также в таблице 1.

Зависимость P=f(τ) в каждом эксперименте записывалась автоматически; одновременно проводилась запись температуры тигля с образцом t и разности температур эталона и исследуемого образца (ДТА), характеризующей изменение теплосодержания в образце.

Типичная зависимость P=f(τ) для дистиллированной воды показана на рис.1. Видно, что максимальное изменение веса пробы за выбранное время наблюдения (τ₂=4000 сек) составляет ~18·10⁻⁴ г при точности измерения веса ±0,5·10⁻⁵ г. Характер динамических кривых испарения воды и растворов P=f(τ) был подробно обсужден ранее в [4]. В настоящей работе были использованы те же способы обработки результатов. Как следует из рис.1, зависимость P=f(τ) для образца дистиллированной воды имеет типичный «кусочно-линейный» характер. При этом точка τ₁, в которой изменяется скорость испарения $V = \frac{dP}{d\tau}$ является суперпозицией скоростей испарения когерентных доменов (КД) и молекулярной некогерентной воды, находящейся, согласно [1], между КД. Таким образом,

$$V_1 = V_{КД} = \frac{P_{КД}}{\tau_1}, \text{ а } V_2 = V_{H_2O} = \frac{P - P_{КД}}{\tau_2} \quad [5] \quad (1)$$

Данные расчетов скоростей испарения приведены в таблице 1.

Обсуждение результатов

1. Структура поверхности анодно-оксидированного алюминия («Al-крышек»).

Строение и свойства АОП алюминиевой фольги, использованной для Al-крышек, были исследованы в работах [6,7]. С помощью измерений РВЭ, сканирующей силовой микроскопии (ССМ), а также определения изотерм адсорбции воды весовым методом было показано, что АОП на Al находится в стационарно-поляризованном состоянии, вызванном образованием на поверхности системы ассоциатов молекул воды – когерентных доменов [6]. Дальнейшие исследования в этом направлении [7] с использованием кроме ССМ емкостной микроскопии (СЕМ) показали: а) АОП на фольге Al состоит из дискообразных образований со средним размером 200x200x30 нм; б) пространства между этими «дисками» имеет повышенный электрический потенциал; в) наличие флуктуаций поверхностного потенциала в порах АОП приводит к развитию дальнедействующих

поверхностных сил. Таким образом, система надмолекулярных ассоциатов (КД) сорбированной воды обуславливает электрический микрорельеф поверхности АОП. Характерные геометрические и электрические микроструктуры АОП поверхности Al-крышек показаны на рис.3.

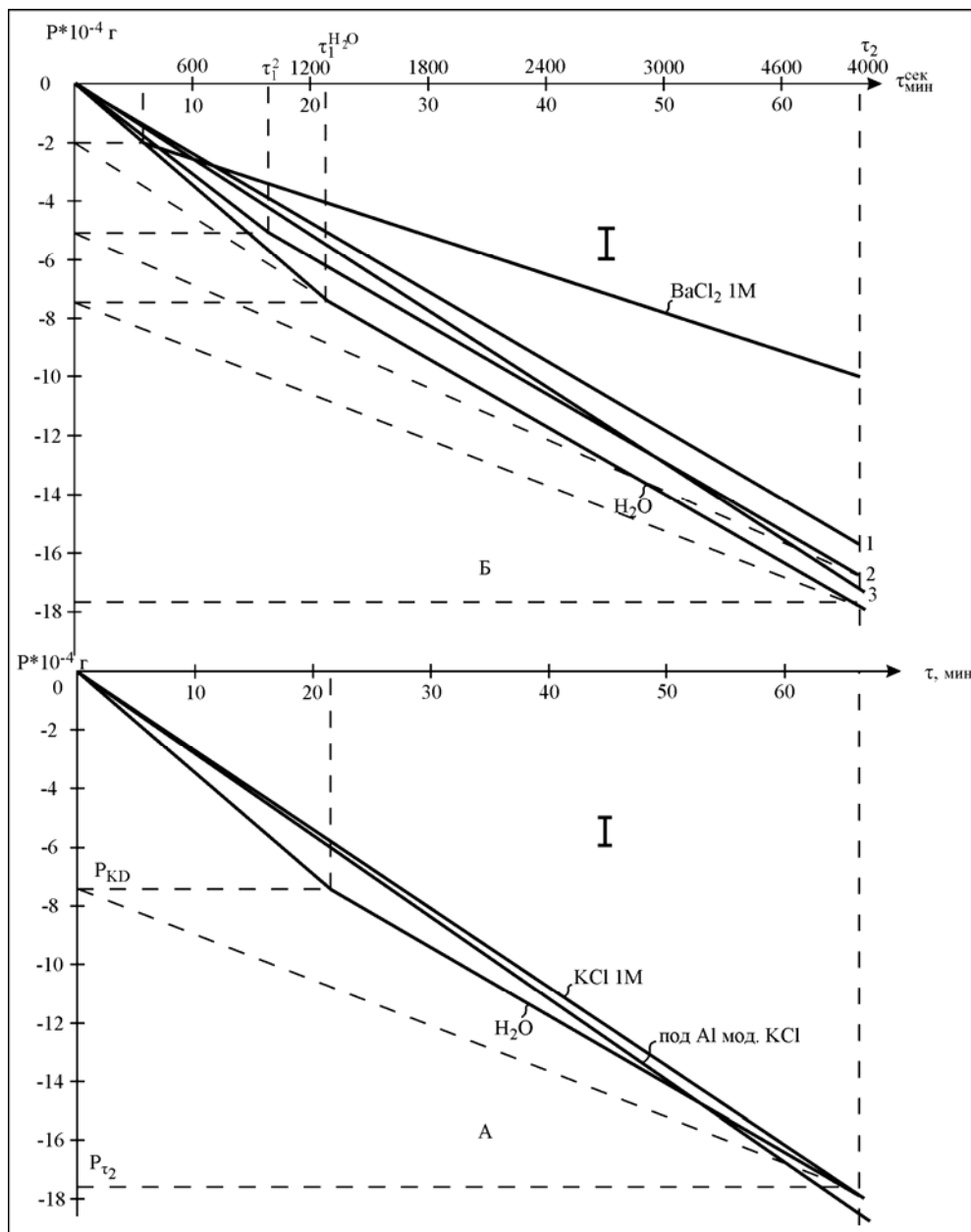


Рис.1. Кинетические кривые изотермического испарения дистиллированной воды при наблюдении $\tau_2=4000$ сек.

А. Зависимости $P=f(\tau)$ для Al-крышки, модифицированной KCl.

Б. Зависимости $P=f(\tau)$ для Al-крышки, модифицированной $BaCl_2$.

- 1. Экспозиция 1 суток.
- 2. -//- 2 суток.
- 3. -//- 6 суток.

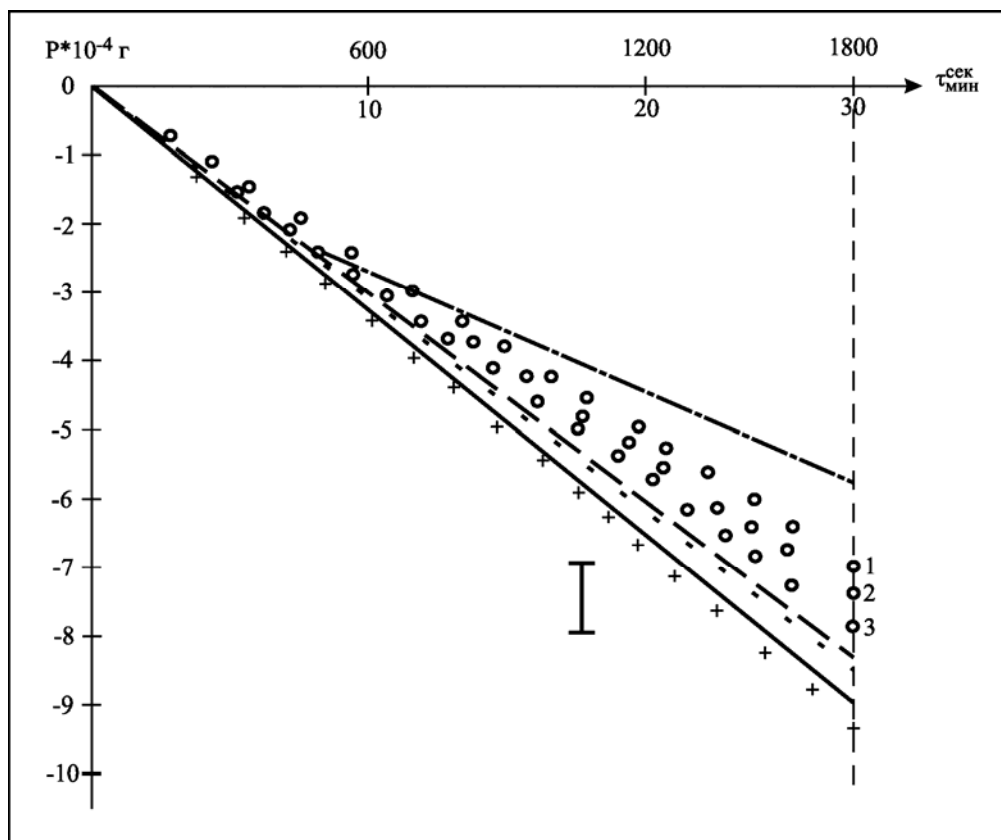


Рис.2. Кинетические кривые изотермического испарения дистиллированной воды и растворов при наблюдении $t_2=1800$ сек.

Обозначения: ----- H_2O ;
 ----- KCl 1M;
 ----- $BaCl_2$ 1M;
 ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ Al-крышка, модифиц. $BaCl_2$
 1-1 сутки
 2-2 суток
 3-6 суток
 ----- Al-крышка, модифиц. KCl .
 + + + + + Al-крышка, не модифицированная

Таблица 1. Средние характеристики кинетических зависимостей изотермического испарения различных образцов воды.

№ № п/п	Образец, время экспозиции	$P \cdot 10^{-4}$, г за 4000 с	$P_{кд} \cdot 10^{-4}$, г	$C = \frac{P_{кд}}{P}$	Скорости испарения, г/сек		$\Delta t, ^\circ C$	Примечания, условия эксперимента
					$V_1 \cdot 10^{-6}$	$V_2 \cdot 10^{-6}$		
1	Вода дистиллированная	18,0	7,5	0,42	0,60	0,46	4	Исходная из колбы
2	То же	18,5	7,5	0,42	0,60	0,46	4	В кристаллизаторе под Al-крышкой не модифицированная
3	Раствор KCl 1M	18,5	-	-	-	0,46	5	Из колбы
4	Раствор $BaCl_2$ 1M	11,2	2,6	0,25	0,47	0,21	8	Из колбы
5	Дистиллированная вода, 1 сутки	18,5	-	-	-	0,46	5	Под Al-крышкой, модифицированной KCl
6	Дистиллированная	15,8	-	-	-	0,39	6	Под Al-крышкой,

	вода, 1 сутки							модифицированной BaCl ₂
7	То же, 2 суток	17,4	2,7	0,15	0,60	0,37	6	То же
8	То же, 6 суток	16,5	5,0	0,30	0,50	0,29	4	То же

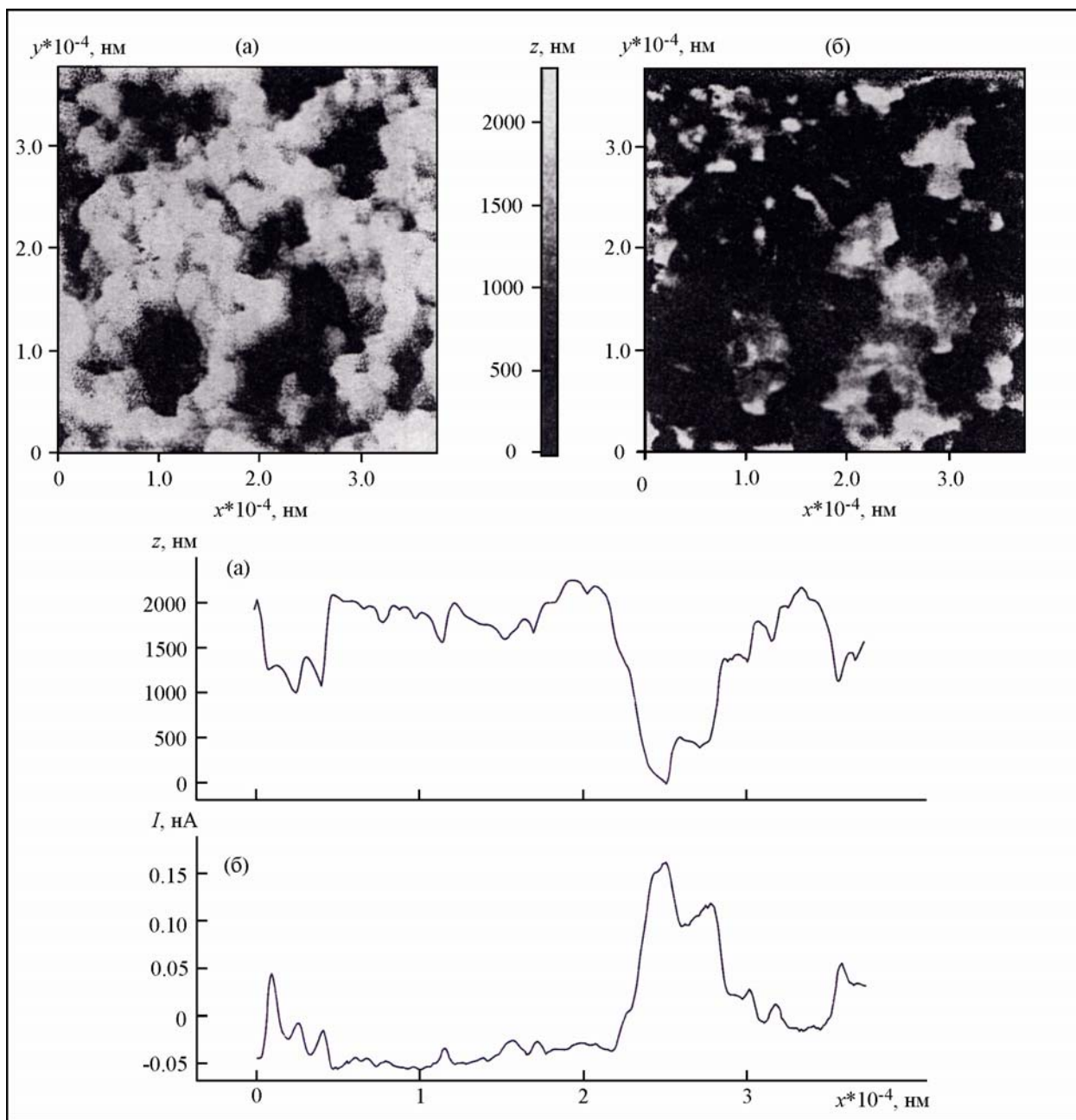


Рис.3. Микроструктура и микропрофилограммы АОП
а) сканирующая силовая микроскопия (ССМ)
б) сканирующая емкостная микроскопия (СЕМ)

Естественно, модификация поверхности АОП должна отразиться на ее электрическом рельефе и изменить потенциал поверхности ψ . Об этом свидетельствуют данные измерений ψ и ϕ (работ выхода электрона) на двух Al-крышках, приведенные в таблице 2

Таблица 2. Работа выхода электрона ϕ и потенциал поверхности ψ исходных и модифицированных Al-крышек.

№№ п/п	Поверхность без АОП		Поверхность с АОП		Примечание
	ψ , мВ	ϕ , эВ	ψ , мВ	ϕ , эВ	

1	668	5,17	-140	4,36	Al фольга в исходном состоянии
2	590	5,09	-119	4,35	
1a	482	4,98	-184	4,32	Пребывание над дист. водой 1 сутки
2a	618	5,12	-570	4,06	
16	830	5,33	10	4,51	Обработка в 1М раствора KCl 1 сутки
26	1400	5,64	608	5,11	Обработка в 1М раствора BaCl ₂ 1 сутки

Из таблицы 2 видно, что поверхность Al-крышек, не имеющая АОП, слабо изменяет свою электронную структуру, т.е. имеет значения ψ и ϕ , согласующиеся с данными, полученными в [6] для первичного барьерного слоя «гладкой» поверхности Al и слабо изменяет свои электронные свойства в результате модификации водой и растворами KCl и BaCl₂.

Иная картина наблюдается для поверхности Al-крышек, имеющей АОП. Здесь поверхность существенно изменяет свою электрическую микроструктуру, как от присутствия воды, так и от воздействия растворов. Особенно сильно изменяются свойства поверхности АОП Al-крышек, модифицированных раствором BaCl₂, приближая ψ и ϕ к значениям, характерным для барьерного слоя. Это, по-видимому, объясняется связыванием (фиксированием) КД воды сорбированными ионами Ba²⁺ [10].

Таким образом, КД воды, присутствующие на поверхности и приводящие при сорбции к понижению ϕ_{Al} [11], при сорбции BaCl₂ прочно связываются и поэтому приводят к экранированию, т.е. не к понижению ϕ , а к его росту. Прочность связей КД сорбированным Ba²⁺, отражается также на кинетике испарения H₂O из раствора BaCl₂ (1М), уменьшая скорость испарения растворителя (см. рис.1, таблицу 1) [3].

2. Надмолекулярная структура дистиллированной воды и растворов KCl и BaCl₂.

Предыдущие работы авторов [3,4] показали, что дистиллированная вода при атмосферных условиях является конденсированной негомогенной средой, состоящей из нескольких, взаимодействующих между собой фаз. Эти экспериментальные данные разумно согласуются с теорией когерентной воды, развитой в работе [1]. Процесс изотермического испарения поверхностного слоя воды является весьма чувствительным к надмолекулярной структуре воды и разбавленных растворов на ее основе. Было показано [4], что кинетические кривые испарения $P=f(t)$ при температурах, близких к комнатной для дистиллированной воды, имеют кусочно-линейную форму с характерным изломом в точке при t_1 , до которой скорость испарения V_1 связана с распадом и испарением когерентных доменов (см. рис.1). Положение этой точки на оси t зависит от ряда факторов, которые определяют характер кинетики $P=f(t)$.

Учитывая изложенное, рассмотрим зависимости $P=f(t)$ для одномолярных KCl и BaCl₂, которые согласуются с результатами, полученными в работе [3], а именно: в первом случае наличие иона K⁺ практически не изменяло скорость испарения растворителя (дистиллированной воды), тогда как ионы Ba²⁺ существенно тормозили процесс испарения воды из раствора BaCl₂ (рис.1).

Таким образом, зависимости $P=f(t)$ полученные для воды, растворов KCl (1М) и BaCl₂ (1М) (при отсутствии на кристаллизаторах Al-крышек) подтвердили, более ранние результаты, характерные для этих жидкостей.

Не изменило также зависимости $P=f(t)$ и наличие над поверхностью воды и растворов Al-крышек, на подвергавшихся модифицированию поверхности (рис.2).

3. Дистанционное влияние Al-крышек, модифицированных BaCl₂, на надмолекулярную структуру дистиллированной воды.

Результаты, показанные на рис. 1,2, позволяют утверждать, что модифицированные BaCl₂ Al-крышки не находящиеся в контакте с дистиллированной водой (расстояние 5-7 мм), оказывают влияние на скорость испарения, т.е. на надмолекулярную структуру воды.

Действительно, как видно на рис.1,2, зависимости $P=f(t)$, полученные после дистанционного воздействия на воду Al-крышки, модифицированной BaCl₂, существенно приблизились к аналогичной зависимости для 1М раствора BaCl₂ (скорость испарения значительно уменьшилась).

Использование Al-крышки, модифицированной KCl, как можно было ожидать, не изменило скорость испарения, которая и ранее для раствора KCl была близка к кинетике

испарения дистиллированной воды. Необходимо отметить, что специально проведенные химические анализы дистиллированной воды, находящейся под модифицированной $BaCl_2$ Al-крышкой, не обнаружили следов Ва.

Таким образом, обсужденные выше результаты позволяют сделать заключение, что присутствие на расстоянии 5-7 мм от зеркала воды поверхности Al-крышки, модифицированной $BaCl_2$, индуцирует в воде надмолекулярную структуру, аналогичную раствору $BaCl_2$. По-видимому, эта структура представляет собой своеобразную «информационную копию» структуры раствора $BaCl_2$. Из полученных результатов следует, что эта «копия» с увеличением времени экспозиции релаксирует и надмолекулярная структура вновь приближается к характерной для исходной дистиллированной воды.

Характер изменений скорости испарения дистиллированной воды при экспозиции ее под Al-крышкой, модифицированной $BaCl_2$, наглядно виден из таблицы 1 и диаграмм $V=f(\tau)$, приведенных на рис.4.

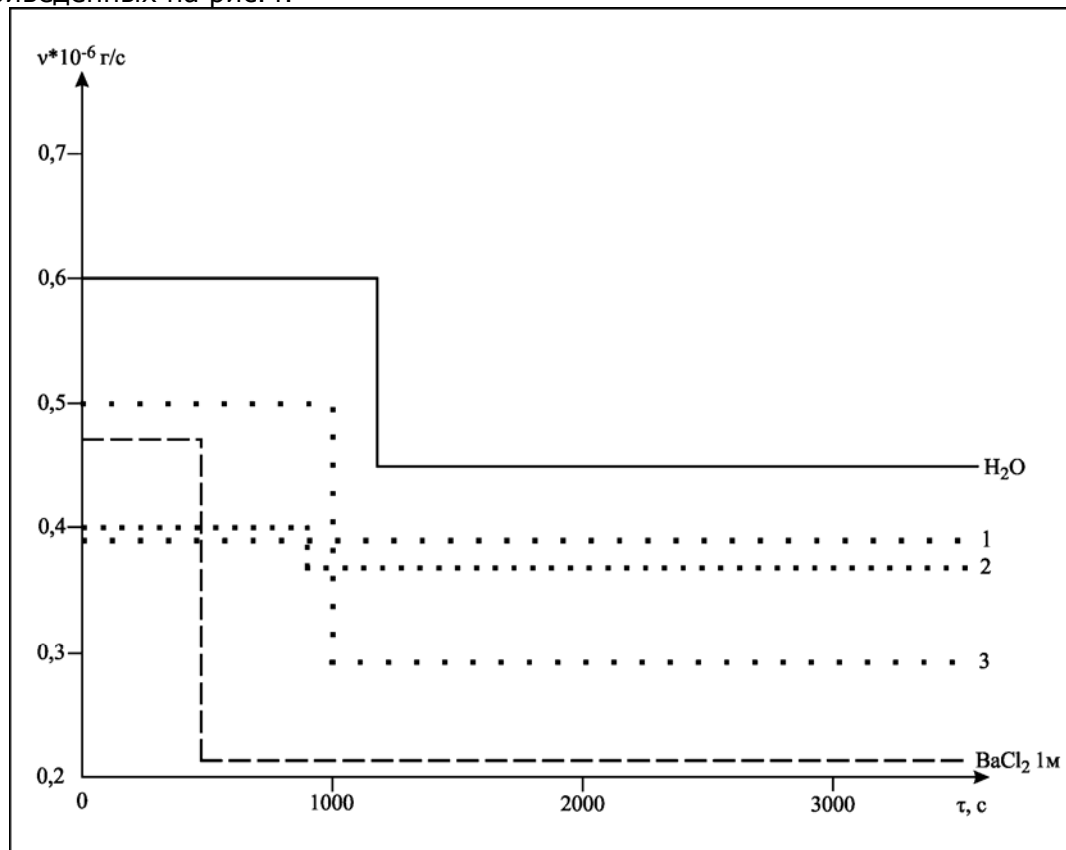


Рис.4. Диаграммы скоростей изотермического испарения воды $V=f(\tau)$

Обозначения: ----- H_2O дистиллированная;

----- раствор $BaCl_2$ 1M;

..... H_2O дистиллированная под Al-крышкой, модифицированной $BaCl_2$;

1 - экспозиция 1 сутки

2 - -//- 2 -//-

3 - -//- 6 -//-

Как следует из этих данных, общая скорость испарения при экспозиции под модифицированной Al-крышкой 1 сутки несколько снижается, однако зависимость $P=f(\tau)$ становится линейной.

Увеличение времени экспозиции до 2 суток приводит к повышению скорости испарения и к появлению точки τ_1 на зависимости $P=f(\tau)$, характерной для дистиллированной воды, но количество КД, обуславливающее возрастание скорости испарения V_1 при $\tau < \tau_1$, еще мало.

Наконец, при дальнейшем увеличении экспозиции до 6 суток увеличивается количество КД и, соответственно, скорость V_1 , при этом уменьшается скорость испарения молекулярной воды V_2 . В целом, диаграмма $V=f(\tau)$ по характеру приближается к типичной

для исходной дистиллированной воды, однако скорости испарения V_1 и V_2 остаются пониженными.

Таким образом, можно предположить, что образованная под влиянием модифицированной $BaCl_2$ Al-крышки «информационная копия» надмолекулярной структуры $BaCl_2$ вначале экранирует испарение воды, а затем релаксирует (исчезает) и дистиллированная вода приобретает типичную надмолекулярную структуру.

Одновременно с обсужденными выше изменениями $P=f(\tau)$ следует отметить интересные изменения температуры тигля, содержащего пробу t от времени τ (рис.5) имеют место при воздействии Al-крышек, модифицированных $BaCl_2$. При испарении воды величина Δt существенно отличается для различных экспозиций под Al-крышкой.

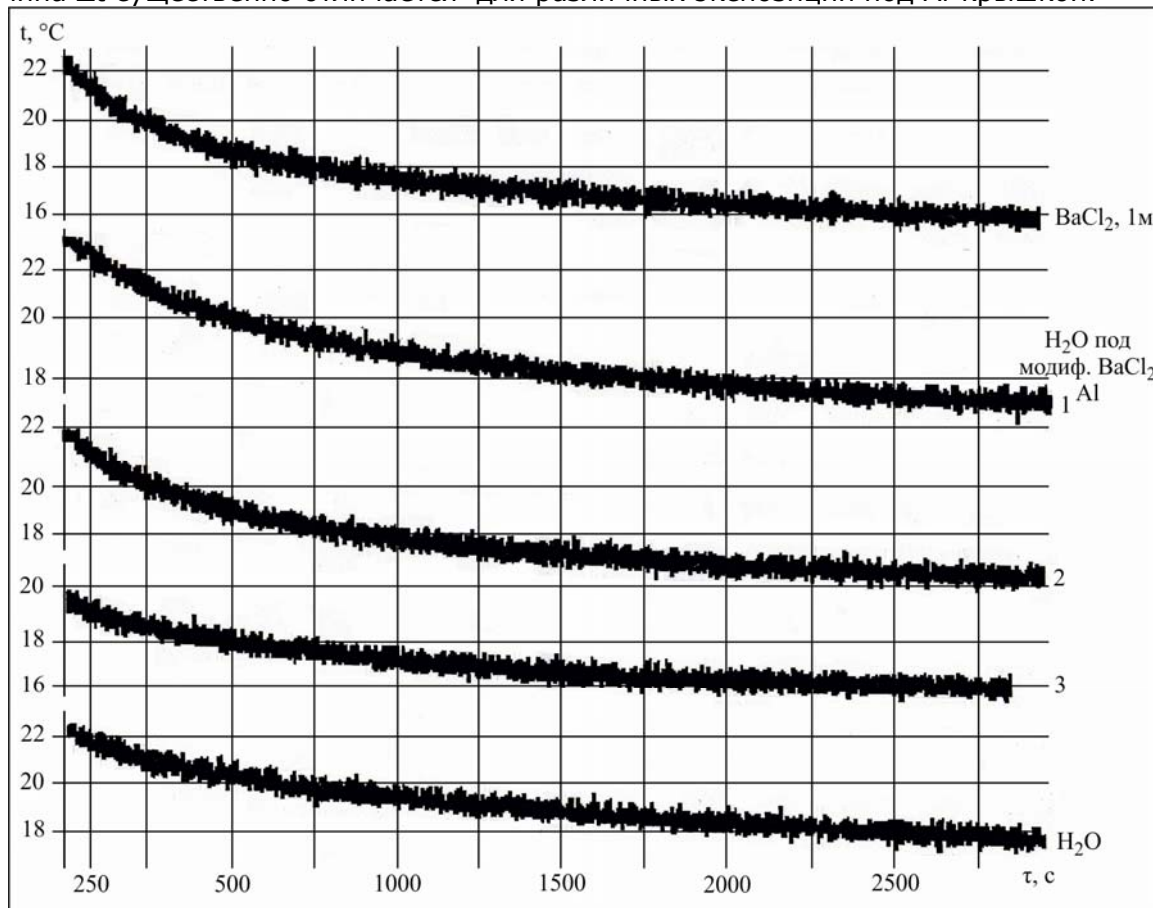


Рис.5. Изменение температуры в тигле при испарении пробы дистиллированной воды под Al-крышкой модифиц. $BaCl_2$.

Обозначения:

- 1 - экспозиция 1 сутки
- 2 - -//- 2 -//-
- 3 - -//- 6 -//-

Для объяснения этого эффекта вновь обратимся к зависимости $P=f(\tau)$ (рис.1). Как указывалось выше, для дистиллированной воды на кривой $P=f(\tau)$ имеет место точка перегиба τ_1 . Такой характер зависимости $P=f(\tau)$ был подробно обсужден в работах [3,4] и связан с неомогенностью воды.

В таблице 1 приведены соответствующие значения скоростей испарения V_1 и V_2 . Обращает на себя внимание то, что если скорость V_2 для дистиллированной воды находится в пределах $0,29-0,46 \cdot 10^{-6}$ г/с и близка к скорости испарения $BaCl_2$, то значения V_1 для этих случаев различны ($0,47 \div 0,60 \cdot 10^{-6}$ г/с). Исходя из представлений ТКВ [1] можно полагать, что величина V_2 характеризует испарение «молекулярной» (не когерентной) фазы воды, тогда как значения V_1 определяет испарение фазы когерентной (КД).

Таким образом, чтобы понять зависимость $\Delta t=f(\tau)$ (рис.5), необходимо рассмотреть процесс испарения с учетом надмолекулярной структуры воды. Естественно предположить,

что при переходе воды из жидкой в газовую фазу, вначале происходит распад КД, т.е. процесс декогерентизации воды [12]. Следовательно, в этом случае имеют место два энергетических эффекта: переход молекул H_2O в газовую фазу (собственно, испарение) и переход метастабильных КД в стабильную H_2O . Эти энергетические эффекты имеют противоположный знак: если в первом случае энергия поглощается из окружающей среды, охлаждая пробу, то во втором случае – энергия метастабильного перехода нагревает пробу воды. Конкуренция этих эффектов определяет измеряемую в эксперименте температуру t .

Проведем качественную оценку этих эффектов (экзо- и эндотермического), используя полученные экспериментальные результаты. Предположим, что КД состоят из 10 молекул H_2O [13]. Тогда в дистиллированной воде (см. табл.1), вес когерентной фазы которой равен $7,5 \cdot 10^{-4}$ г, число КД составит $0,25 \cdot 10^{19}$ (или $2,5 \cdot 10^{19}$ молекул H_2O). Поскольку, при переходе 1 КД из метастабильного состояния в стабильное выделяется энергия 12,06 эВ [1], то в нашем случае - $3,01 \cdot 10^{19}$ эВ = 1,87 Дж.

С другой стороны известно [14], что для испарения одного моля воды в атмосферных условиях необходима теплота 2258,5 Дж, следовательно, в нашем случае, для испарения $18 \cdot 10^{-4}$ г H_2O необходимо из окружающего пространства поглотить 4,06 Дж. Таким образом, с учетом выделившейся энергии распада КД общее поглощение энергии из атмосферы при испарении дистиллированной воды в наших опытах составит $4,06 - 1,87 = 2,19$ Дж.

Рассмотрим теперь случай испарения дистиллированной воды при наличии Al-крышки, модифицированной $BaCl_2$. Вес когерентной фазы при этом (см. таблицу 2) составляет $\sim 2 \cdot 10^{-4}$ г, т.е. энергия декогерентизации равна $\sim 0,5$ Дж. Теплота испарения воды в этом случае составляет 3,57 Дж. Следовательно, в этом случае необходимо подвести энергию извне 3,08 Дж. Таким образом, грубый расчет показывает, что наблюдаемое в эксперименте уменьшение температуры t в тигле с пробой дистиллированной воды (несмотря на большее значение P) можно объяснить появлением дополнительной энергии излучения, возникающего при распаде КД.

Это когерентное диполь-дипольное излучение (сверхизлучение Дике [15]), по-видимому, не только снижает температуру испарения воды, как было показано выше, но также является причиной появления «информационной копии» в воде. Условия формирования сверхизлучения рассмотрены в работе [6]. Излучение взаимодействует с модифицированной поверхностью Al-крышки, копируя ее электрическую микроструктуру. В этом смысле, вода играет роль своеобразного считывающего информацию лазера. Возможность использования воды в качестве диполь-дипольного лазера предположили авторы КТВ в работе [17].

Таким образом, в результате обсуждения полученных экспериментальных результатов можно сделать следующие заключения.

1. Между развитой поверхностью АОП твердого тела («Al-крышкой») и поверхностью дистиллированной воды возникает дистанционное взаимодействие, приводящее к образованию в воде «информационной копии» поверхности твердого тела.

2. Возникновение «информационной копии» происходит в результате взаимодействия между электрической микроструктурой поверхности твердого тела и диполь-дипольным когерентным излучением, возникающим при испарении воды.

3. «Информационная копия» модифицированной $BaCl_2$ поверхности в надмолекулярной структуре воды имеет ограниченное «время жизни»; в результате процесса релаксации происходит возврат к надмолекулярной структуре, близкой к характерной для дистиллированной воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Arani R., Bono J., Del Giudice E., Preparata G. QED Coherence and Thermodynamics of water. - Int. Jour. Mod. Phys. B., 1995, v.9, №15, p.1813-1841.
2. Новиков С.Н., Ермолаева А.И., Тимошенков С.П. Дистанционная передача информации о надмолекулярной структуре воды. – Квантовая магия, 2009, т.6, вып.4, с.4169-4178.
3. Новиков С.Н., Ермолаева А.И., Тимошенков С.П., Минаев В.С. Влияние надмолекулярной структуры воды на кинетику процесса испарения – Ж.Ф.Х., 2010, т.84, №4, с.614-617.

4. Новиков С.Н., Ермолаева А.И., Тимошенков С.П., Минаев В.С. Влияние надмолекулярной структуры воды на кинетику изотермического испарения поверхностного слоя., Ч.1, Термографическое исследование кинетики изотермического испарения воды. - Биомедицинская радиоэлектроника, 2012, №3, с.23-29.
5. Рассадкин Ю.П. Вода обыкновенная и необыкновенная. 2008, М., с.126.
6. Новиков С.Н., Сулакова Л.И., Корункова О.В, Фомкин А.А. Формирование стационарного поляризационного состояния поверхности анодно-оксидных пленок различной структуры на алюминии при адсорбции молекул воды. - Ж.Ф.Х., 200, т.74, №9, с. 1648-1656.
7. Novikov S., Timoshenkov S. Long-range forces on the surfaces of aluminium oxide and silica oxide. - Advances in colloid and interface science, 2003, v.105, p.341-353.
8. Пилипенко П.Н., Трухан Э.М. Изменение состояния кремнезема в воде, как индикатор внешних воздействий. - Экологический вестник, 2010, №3(13), с.23-72.
9. Новиков С.Н., Тимошенков С.П. Использование метода статического ионизированного конденсатора для измерения работы выхода электрона. - Изв.вузов., Электроника, 2002, №5, с.81.
10. Химия привитых поверхностных соединений, Ред. Лисичкин Г.В., М., Физматлит, 2003, с.56.
11. Новиков С.Н., Тимошенков С.П. О механизме изменений работы выхода электрона при хемосорбции воды на поверхности Si(100). - Журн.Физ.хим, 2010, Т84, №7, с.1394-1397.
12. Новиков С.Н., Ермолаева А.И., Тимошенков С.П., Минаев В.С. Влияние надмолекулярной структуры воды на кинетику изотермического испарения поверхностного слоя., Ч.2, Энергия распада когерентных доменов воды и ее роль в процессе изотермического испарения. - Биомедицинская радиоэлектроника, 2012, №5, в печати.
13. Moro R., Rabinovith, Chunlei Xia, Kresin V. Electric dipole moments of water clusters from a beam deflection measurement. - Phys.Rev.Lett, 2006, PRL 97, p.123401-04.
14. Алексеев А.И., Алексеев А.А. Химия воды. - Химидат, СПб, 2007, к.1, с.187.
15. Андреев А.В., Емельянов В.И., Ильинский Ю.А. Коллективное спонтанное излучение (сверхизлучение Дике). - УФН, 1980, т.131, в.4, с.653-693.
16. Савельев А.В., Карачинский Л.А., Новиков И.И., Гордеев Н.Ю., Сейсян Р.П., Зегря Г.Г. Формирование сверхизлучения в наногетероструктурах с квантовыми точками. Физика и техника полупроводников 2008, т.42, в.6, с.730-735.
17. Del Giudice E., Preparata G., Vitello G. Water as a free electric dipole laser. - Phys.Rev.Lett., 1988, v.61, №9, p.1085-1088.