

Структурные изменения воды под действием аппарата УВЧ-терапии

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Обнаружены изменения структуры воды, вызванные аппаратом УВЧ-терапии. Этот эффект, как предполагается, является новым видом нетепловых эффектов при УВЧ-терапии.

Ключевые слова: УВЧ-терапия, нетепловые эффекты, структура воды.

В аппаратах УВЧ-терапии, которые широко применяются в медицине для физиотерапевтического лечения различных заболеваний, в качестве действующего фактора используется переменное электрическое поле ультравысокой частоты (УВЧ). В основном эти аппараты используются для преодоления теплового барьера кожи и прогревания тканей на определенной глубине. Вместе с тем известно, что помимо теплового эффекта при УВЧ-терапии существует так называемые нетепловые эффекты, которые, как предполагается, могут быть обусловлены резонансным поглощением энергии, ориентационными и осцилляторными явлениями. Однако до сих пор точный механизм нетеплового влияния поля УВЧ не установлен. Кроме того, нетепловые эффекты относятся к растворенным в воде веществам, включая макромолекулы. А как при этом меняется структура (свойства) самого растворителя (воды) – неизвестно.

С другой стороны, имеются сведения [1], согласно которым молекулы воды могут формировать устойчивые ассоциации друг с другом или кластеры, которые способны оказывать влияние на текстуру льда, образующегося на поверхности воды при ее замерзании [2].

В связи с этим целью данной работы является обнаружение изменений структуры воды под воздействием аппарата УВЧ-терапии.

Методика.

Для обнаружения и визуализации структурных изменений воды, налитой в чашки Петри, использовался метод замораживания с последующим микрофотографированием [2] и измерением образующихся структур при помощи объектного микрометра. Эта методика была нами усовершенствована: чашки Петри закрывались крышками, на внутренних поверхностях которых проходила конденсация и замерзание паров воды. При этом предполагалось, что энергии, выделяющейся при кристаллизации воды в чашках Петри ($E = 330$ Дж/г), будет достаточно для преодоления сил поверхностного натяжения и силы тяжести на небольшом расстоянии не только отдельными молекулами воды, но и их ассоциациями, которые затем осаждались на крышках чашках Петри.

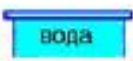
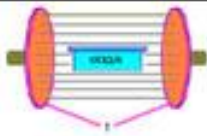
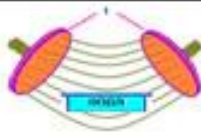
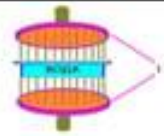
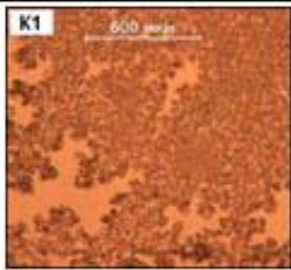
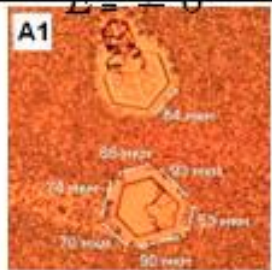

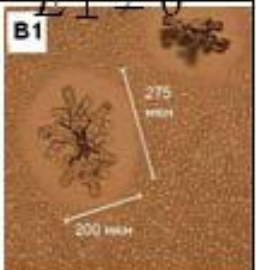
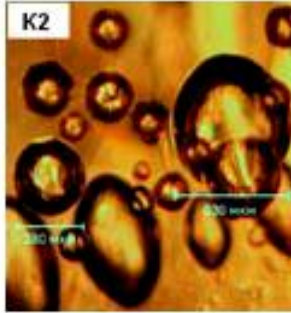
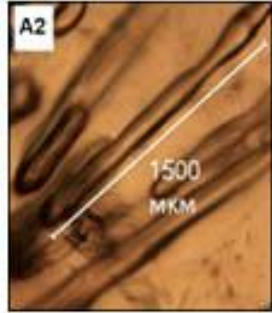


Предварительные эксперименты подтвердили это предположение.

Замораживание проходило при температуре -23°C , а предварительное воздействие переменным электрическим полем осуществлялось на стандартном аппарате УВЧ-30 ($f = 40.68$ МГц) в течении 5 минут при выходной мощности 30 Вт. При этом полевое воздействие проводилось по трем направлениям: линии напряженности электрического поля располагались а) параллельно поверхности

воды, б) под углом 45° к поверхности воды и в) перпендикулярно поверхности воды. В каждом эксперименте использовались по 5 чашек Петри диаметром 35 мм. Было сделано 300 снимков льда, образовавшегося: 1) на крышках чашек Петри, 2) в глубине воды в чашках Петри и 3) на ее поверхности.

Результаты и их обсуждение

В сводной таблице приведены результаты экспериментов по исследованию структуры льда, образовавшегося при замораживании воды, прошедшей предварительную обработку переменным электрическим полем ультравысокой частоты. Столбцы таблицы А, Б, В содержат фотоснимки замерзших структурных образований воды, подвергается предварительному полемому воздействию ($E \neq 0$) по различным направлениям (соответствующее геометрия опытов показана на рисунках в верхней части столбцов).

	К	А	Б	В
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: 8px; margin-right: 5px;">Режим воздействия</div> <div style="text-align: center;">  <p>вода</p> </div> </div>				
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: 8px; margin-right: 5px;">Объект исследования</div> <div style="text-align: center;"> $E = 0$ </div> </div>		$\vec{E}_{\parallel} \neq 0$	$\vec{E}_{\angle} \neq 0$	$\vec{E}_{\perp} \neq 0$
1 Лёд на крышке чашки Петри				
2 Толща льда в чашке Петри				

Сводная таблица геометрии опытов и соответствующих фотоснимков полученных результатов (структуры льда)

В столбце К показаны снимки контрольных образцов льда, полученных без предварительного полевого воздействия ($E = 0$). Строки таблицы 1 и 2 содержат информацию о местоположении объекта исследования: на крышке чашки Петри (строка 1), в толще льда в чашке Петри (строка 2).

Так, например, в таблице на пересечении столбца А и строки 1 помещен снимок А1 структурных образований воды, замерзшей на крышке чашки Петри после воздействия электрическим полем, силовые линии которого были направлены параллельно поверхности воды ($E \neq 0$).

Рассмотрим подробнее в увеличенном масштабе результаты эксперимента

А) при локализации льда на крышке чашки Петри (квадрат А1 таблицы). Анализ снимка А1 показал, что в этом случае формируется ассоциация молекул воды, представляющая собой пирамиду с шестигранным основанием, которая возвышается над поверхностью окружающего льда (рис.1). Изменяя фокусировку фотоаппарата, можно отдельно получить изображение основания пирамиды (рис.1а) и ее вершины (рис.1б). Видно, что в отличие от основания вершина пирамиды не имеет шестигранной формы. Последнее, по нашему мнению, обусловлено незавершенностью достройки пирамиды по методу газовой эпитаксии из паровой фазы воды.

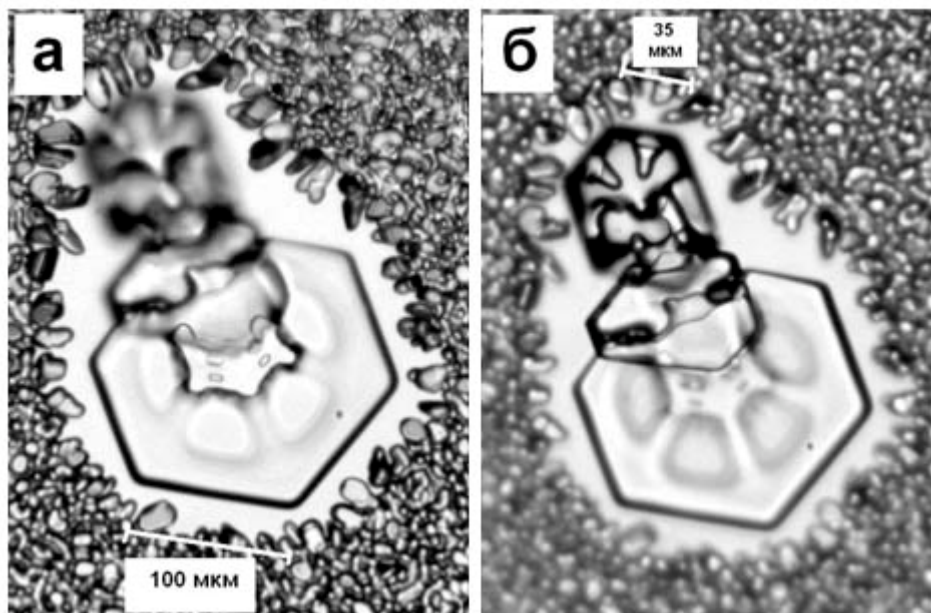


Рис.1 Снимки льда, образовавшегося на крышке чашки Петри в эксперименте с линиями электрического поля, параллельными поверхности воды.

- а) Микроскоп сфокусирован на основании пирамиды
- б) Микроскоп сфокусирован на вершине пирамиды

Здесь же необходимо отметить, что шестигранные пирамидальные образования не являются единственными крупноразмерными структурами, которые наблюдаются на крышке чашки Петри в этом случае. Наряду с ними, но с большей в два-три раза поверхностной плотностью, присутствуют образования, имеющие вид прямоугольников, похожих на «конверты» или «сундуки». Увеличенное их изображение и максимальные размеры приведены на рис.2.

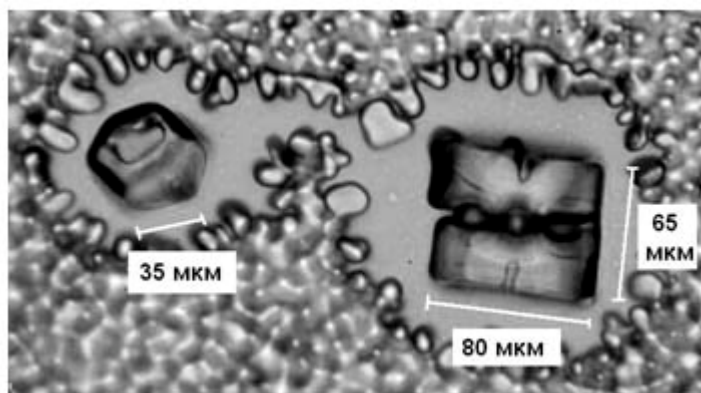


Рис.2 Снимки льда, образовавшегося на крышке чашки Петри в эксперименте с

линиями электрического поля, параллельными поверхности воды. Другой вид крупноразмерных дефектов в эксперименте А1.

Другими словами, в эксперименте А1 (электрическое поле параллельно поверхности воды) одновременно формируются шестиугольные (рис.1) и прямоугольные (рис.2) структурные ассоциации молекул воды.

Во всех других экспериментах все более однозначно и выглядит так, как показано в таблице.

В результате сравнительного анализа контрольных (столбец К) и исследуемых (столбцы А, Б и В) образцов воды (льда) выявлены следующие различия.

1. На внутренней поверхности крышки чашки Петри (строка 1 таблицы). В отличие от контрольных опытов, в которых имеет место практически однородное распределения мелких кристаллов льда (фото К1), при замораживании воды, прошедшей предварительную обработку электрическим полем, образуются крупные (от 140 мкм до 275 мкм) трехмерные кристаллические ассоциации, состоящие из более мелких гексагональных структур (снимки А1, Б1, В1).

2. В глубине льда (строка 2 таблицы) в чашке Петри.

Однородное распределение пузырьков воздуха правильной формы в контрольных образцах (фото К2) сменяется в исследуемых образцах ориентированным вдоль поля вытягиванием воздушных пузырей и /или образованием из них «гроздей» размерами от 950 мкм до 1500 мкм (снимки А2, Б2, В2). На наш взгляд, это связано с декорированием внутренних структурных ассоциаций большого размера всплывающими пузырьками воздуха (см., например, снимок Б2).

3. На поверхности льда в чашке Петри (экспериментальные данные в таблице не приводятся для того, чтобы увеличить масштаб остальных снимков).

По сравнению с контрольными образцами, где наблюдаются пентагональные кластеры, в исследуемых образцах поверхность льда становится бугристой и шероховатой с размерами неоднородностей неправильной геометрической формы от 270 мкм до 700 мкм, что, по-видимому, обусловлено ориентационными поворотами и замерзанием кластеров воды на ее поверхности. Таким образом, независимо от объекта исследования (его местоположения) выявлено влияние переменного электрического поля ультравысокой частоты на структуру воды.

На наш взгляд, это влияние вызвано взаимодействием электрических дипольных моментов, которыми обладают молекулы воды и их кластеры [3], с электрическим полем (точнее его градиентом), генерируемым аппаратом УВЧ-терапии.

Кроме того, в таблице (строки 1 и 2) явно прослеживается зависимость форм и размеров образующихся структурных ассоциаций от геометрии опыта (направления полевого воздействия (столбцы К, А, Б и В). Последнее связано, по нашему мнению, с соотношением направлений действующих на воду сил (рис.3): силы тяжести (F_t), силы поверхностного натяжения (F_n) и силы электрического поля ($F_э$).

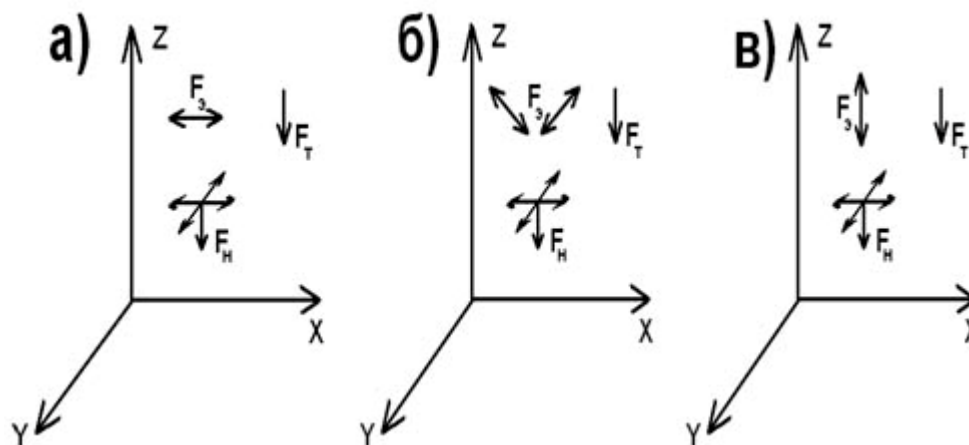


Рис.3 Взаимное расположение векторов сил, действующих на воду в опытах А, Б и В.

Выводы:

Таким образом, установлено влияние генерируемого аппаратом УВЧ-терапии переменного электрического поля ультравысокой частоты на структуру воды, которая наряду с кровью является интегрирующей средой организма человека. При этом выявлена зависимость формы и размеров образующихся структурных ассоциаций молекул воды от направления полевого воздействия, точнее от соотношений направлений векторов сил электрического поля, поверхностного натяжения и тяжести.

На наш взгляд, обнаруженное влияние электрического поля ультравысокой частоты на структуру основного растворителя (воды) веществ в организме человека можно в определенном смысле позиционировать как новый нетепловой эффект, сопутствующий УВЧ-терапии, и, по-видимому, способный изменять транспорт веществ через мембраны клеток.

Благодарности:

автор благодарит старшего преподавателя кафедры гистологии БГМУ И.А.Мельникова за проведение микросъемки.

Литература

1. Зацепина, Г. Н. Свойства и структура воды / Г. Н. Зацепина. М.: Издательство Московского университета, 1974.
2. Эмото, М. Послания воды: тайные коды кристаллов льда / М. Эмото. София, 2005.
3. Востриков, А. А. Дипольный момент кластеров воды и парниковый / А. А. Востриков, Д. Ю. Дубов, С. В. Дроздов // Письма ЖТФ. 2008. Вып. 5. С. 87–93.