

## ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ МИКРОДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ВОДЫ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ЕЕ В СОСТОЯНИЕ АКТИВАЦИИ

Яхно Т.А.<sup>1,2</sup>, Яхно В.Г.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт прикладной физики РАН

ул. Ульянова, 46, г. Нижний Новгород, 603950, РФ; e-mail: yakhta13@gmail.com

<sup>2</sup> Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

пр. Гагарина, 23, г. Нижний Новгород, 603022, РФ

Поступила в редакцию: 23.06.2020

**Аннотация.** В работе рассматривается известный феномен активации воды посредством воздействия на нее внешних факторов физической природы, приводящий к последствиям одинаковой направленности: повышению рН, снижению ОВП, увеличению удельной электропроводности, снижению вязкости и поверхностного натяжения, и, как следствие – повышению биодоступности. Существующие объяснения феномена сводятся, как правило, к предположению о перестройке структуры воды на молекулярном уровне. Однако данные последних тридцати лет показывают, что вода неоднородна и на микроуровне, что можно наблюдать под обычным оптическим микроскопом. Целью работы являлось выяснение роли агрегатного состояния микродисперсной фазы воды в изменении ряда ее физико-химических показателей при переходе воды в активированное состояние. В качестве модифицирующих воздействий использовали механическое возмущение, облучение низкоинтенсивным светом, нагревание и замораживание - оттаивание. Во всех случаях наблюдали обратимые однонаправленные изменения показателей, характерные для активированной воды. Наблюдения под оптическим микроскопом показали, что все виды воздействия на воду сопровождались диссоциацией агрегатов микродисперсной фазы воды и их повторной ассоциацией через часы (сутки). Обсуждается природа феномена с позиций повышения свободной энергии системы (площади поверхности раздела фаз) под действием вносимой энергии и релаксации воздействия вследствие закона Гиббса. Высказано предположение, что повышение рН и снижение ОВП может быть связано с увеличением площади отрицательно заряженной поверхности и повышением сорбции протонов (ионов гидроксония). Приводится ряд известных аномалий воды, не противоречащих данным наблюдениям.

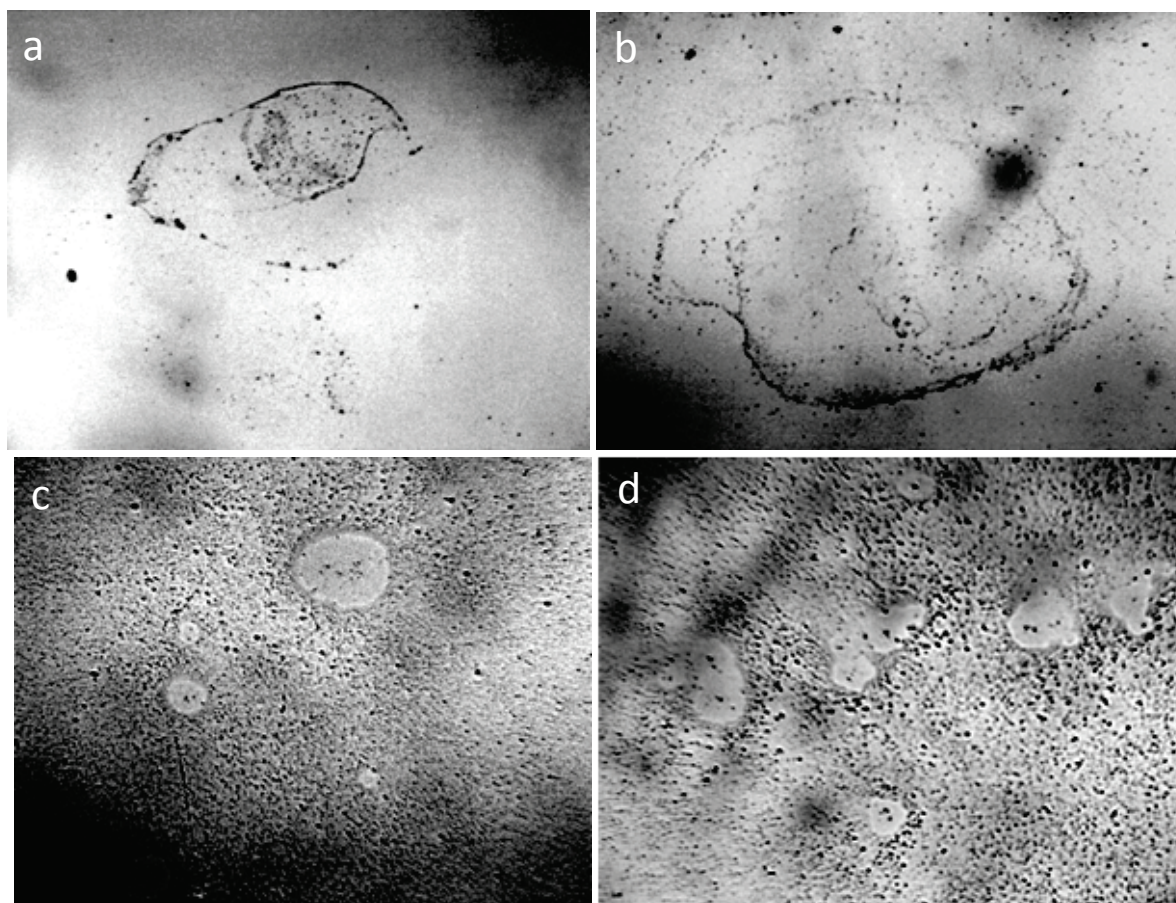
**Ключевые слова:** активация воды, микродисперсные системы, физические воздействия, агрегация, свободная энергия.

Согласно современным определениям, «вода (оксид водорода) это бинарное неорганическое соединение с химической формулой  $H_2O$ : молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного - кислорода, которые соединены между собой ковалентной связью. При нормальных условиях представляет собой прозрачную жидкость, не имеющую цвета (при малой толщине слоя), запаха и вкуса. В твёрдом состоянии называется льдом (кристаллы льда могут образовывать снег или иней), а в газообразном – водяным паром. Вода также может существовать в виде жидких кристаллов (на гидрофильных поверхностях)». Понятие «раствор» подразумевает «однородную (гомогенную) систему, в состав которой входят молекулы (атомы, ионы) двух или более типов, причём доля частиц каждого типа может непрерывно меняться в определённых пределах. От механической смеси раствор отличается однородностью, от химического соединения – непостоянством состава».

Таким образом, оба понятия – вода и раствор - характеризуются как однородная смесь тех или иных молекул. Вместе с тем, уже не менее 30 лет в мировой научной литературе приводятся доказательства неоднородности структуры дистиллированной, бидистиллированной и деионизированной воды и водных растворов на микроуровне, полученные разными физическими методами: статического и динамического светорассеяния [1-3], конфокальной лазерной сканирующей микроскопии [4,5], лазерной интерферометрии [6], атомной трансмиссионной и силовой микроскопии [7,8], а также обычной оптической микроскопии [9,10]. Показано [8], что поверхность этих микроструктур заряжена отрицательно по отношению к окружающей среде.

Несмотря на убедительные факты существования неоднородности воды и водных растворов на микроуровне<sup>1</sup>, природа этого явления остается спорной: от элементарных загрязнений [10,11] до образования «когерентных доменов» [12-14]. Авторы работы [14] наблюдали образование «новой твердой фазы воды» – частиц микронных размеров – после повторных встряхиваний ультрачистой воды над поверхностью нафтона и последующей сублимацией раствора. Физические свойства этой новой фазы воды оказались близки к физическим свойствам EZ (“exclusion zone” [15]) и формирование этой фазы, по мнению авторов, шло через образование «когерентных доменов». Исследование стабильных доменов размером от десятков нанометров до микронов, остающихся на подложке после испарения сильно разбавленных растворов NaCl с помощью ИК- и Рамановской спектроскопии показало их значительное структурное сходство с водой [7]. В работе [16] описаны

<sup>1</sup> Уровень в масштабе микрометров

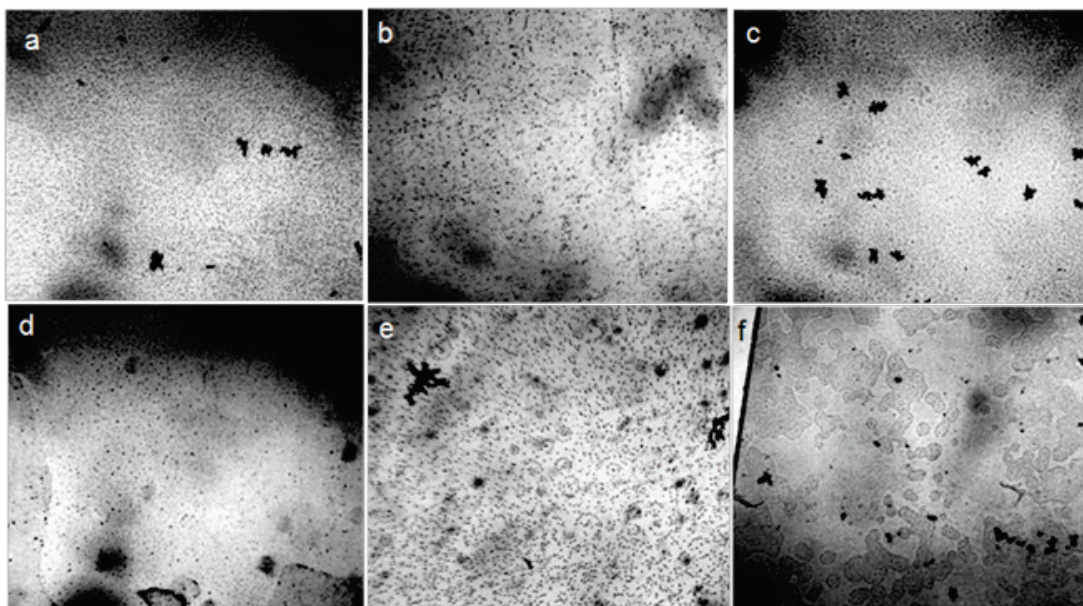


**Рисунок 1.** Агрегаты дисперсной фазы в высохших мазках: а- дистиллированной воды; б – белого сухого вина; с, d - водного раствора сублимированного кофе “Nescafe Gold”. Микрофото. Ширина каждого кадра – 3 мм

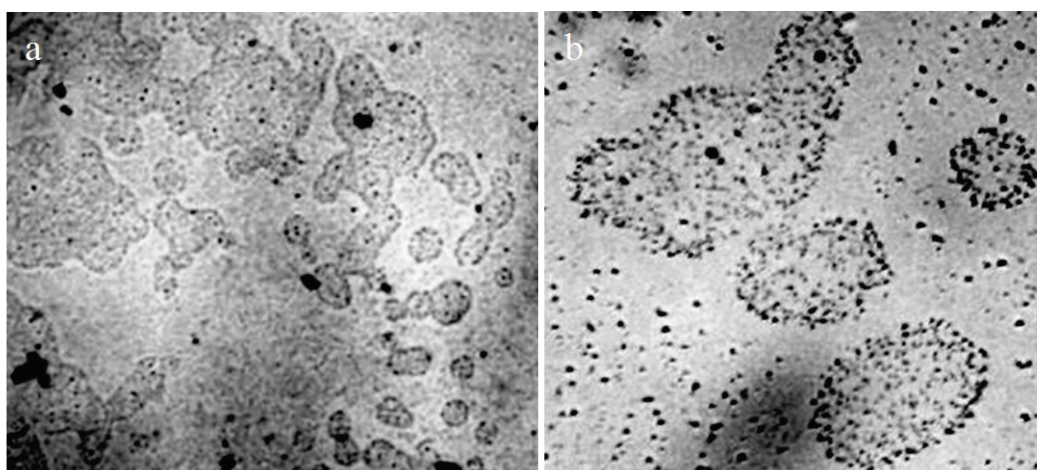
структуры мягкой консистенции нанометровой толщины и микрометровой ширины, образующиеся на границе раздела фаз при погружении тела в воду. По мнению авторов, эти структуры – «микроблинки» [17] – образованы газовыми нанопузырьками. Это долгоживущие структуры, сохраняющиеся в течение нескольких суток. Однако прямых доказательств их газовой природы нет. В наших предыдущих работах показано, что вода и водные растворы являются микродисперсными системами [9,10,18]. При испарении континуальной воды на подложке остаются структуры размером от десяти до сотен микрометров, представляющие собой агрегаты микродисперсной фазы (рис. 1). Агрегаты не испаряются при комнатной температуре, имеют вязкую консистенцию и «расплавляются» при повышении осмотического давления. Единицей микродисперсной фазы являются микрокристаллы NaCl, окруженные толстой гидратной оболочкой – EZ. Вода гидратных оболочек испаряется при температуре  $> 200^{\circ}\text{C}$  и составляет  $\sim 20\%$  от массы сухого осадка [18].

При рассмотрении в микроскоп воды и водных растворов в тонком слое жидкой фазы между предметным и покровным стеклом можно заметить, что в принципе их структура однотипна, так как содержит агрегаты одинаковых структур – светлых сфер с темной частицей в центре (рис. 2). Однотипность таких структур лучше видна при большем увеличении (рис. 3). Неоднородная структура воды явно проявляется и при ее прямой микроскопии в препарате «висящая капля» (рис. 4). Массовая доля сухого остатка после испарения свободной воды из дистиллированной, водопроводной и морской воды составила 0,23:0,45:2,5%, соответственно. Это соотношение, на первый взгляд, обратно пропорционально размеру структур и прямо пропорционально их концентрации [19] (рис. 4). Вопрос требует дальнейшей проработки.

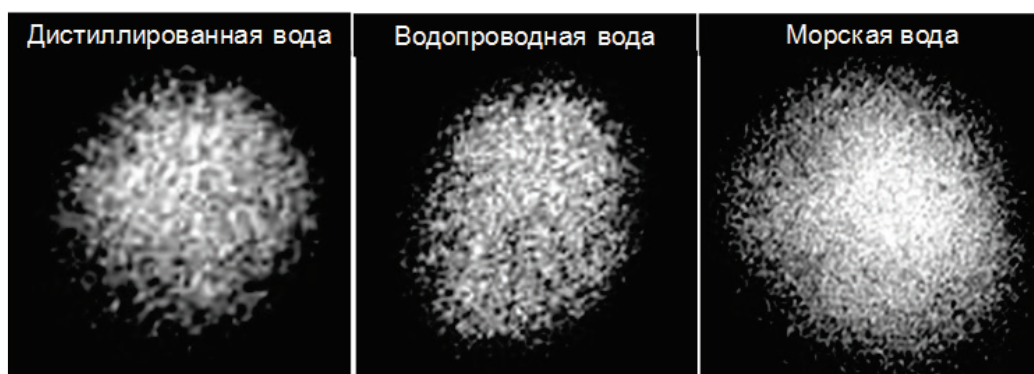
Таким образом, данные литературы и собственные наблюдения показывают, что вода и водные растворы являются микродисперсными системами, в которых вода присутствует в двух фазах – свободной (континуальной) и связанной - жидкокристаллической воды гидратных оболочек гидрофильных микрочастиц. Фотографии, размеры и физические свойства «микроблинков» [16,17], по нашему впечатлению, сильно напоминают наблюдаемые нами агрегаты микродисперсной фазы, присутствующие в жидких средах. А если эти агрегаты – неотъемлемая часть воды, то эта дополнительная фаза не может не участвовать в реакциях воды на внешние воздействия. Исследованию этого вопроса и посвящена данная работа.



**Рисунок 2.** Микроструктура жидкостей в слое толщиной  $\sim 8$  мкм, заключенных между предметным и покровным стеклами: а – дистиллированная вода; б – водопроводная вода; с – вода Черного моря; д – молоко; е – водный раствор кофе “Nescafe Gold (250 мг/100 мл); ф – белое сухое вино. Микрофото. Ширина каждого кадра – 3 мм



**Рисунок 3.** Фрагменты агрегатов микроструктур: а – белое сухое вино, в тонком слое жидкости (8 мкм), ширина кадра – 2,4 мм; б – в осадке раствора NaCl на подложке после испарения свободной воды, ширина кадра – 1мм



**Рисунок 4** [21]. Микроструктура жидкостей в препарате «висящая капля». Жидкость, помещенная в отверстие в пластиковой пластине диаметром 0,5 мм. Микроскопия «напросвет»

Обзор доступной литературы по результатам воздействия на воду самых разных возмущающих факторов физической природы позволяет заключить, что все они приводят к одним и тем же последствиям – повышению рН, снижению ОВП, повышению электропроводности, снижению вязкости. Все это в сумме повышает биодоступность воды для растений и животных. Проиллюстрируем это на конкретных примерах.

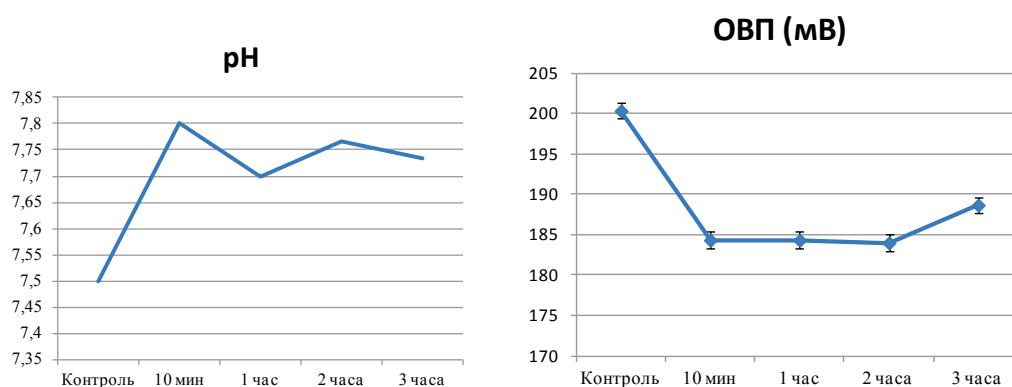
В работе [20] бидистиллированная вода подвергалась воздействию сильных пространственно-неоднородных полей. В результате она становилась лучшим растворителем, чем дистиллированная вода, при этом обладала меньшей вязкостью, меньшим поверхностным натяжением и большим коэффициентом смачивания. Показано, что такая модифицированная вода приобретала повышенную биологическую активность. Механизм этих изменений авторы связывают с дополнительной диссоциацией молекул воды и образованием протонифильных  $H+(H_2O)_n$  и отрицательных  $OH-(H_2O)_n$  кластерных ионов.

Принципиально те же изменения (повышение рН, снижение ОВП и повышение электропроводности) происходят в воде после кавитационного воздействия [21]. Показано, что после обработки активированная вода в течение 200 мин по всем измеряемым параметрам не возвращается в исходное состояние. В работе [22] проведена оценка изменений физико-химических свойств деионизованной воды в результате электромагнитного воздействия и различных способов дегазации. Установлено, что при любом способе воздействия на деионизованную воду происходит увеличение ее электропроводности и рН, а также снижение ОВП. Дегазация путем вакуумирования и продувания инертным газом приводит практически к одинаковому результату. В наибольшей степени изменение свойств воды было выражено в результате воздействия высокочастотного электромагнитного поля. Проведено исследование влияния физических полей на физико-химические свойства воды [23]. Исследовано влияние излучения He-Ne лазера, постоянного магнитного поля и ультразвукового излучения на водородный показатель рН и удельную электропроводность водопроводной воды. Наблюдался незначительный рост рН для всех 3 видов физического воздействия на воду (3,8%-5,8%). Наибольшее влияние на рН воды оказывало ультразвуковое воздействие [23]. Увеличение рН контрольного образца воды, по мнению авторов, связано с дегазацией воды с течением времени. При облучении лазером удельная электропроводность воды возрастала на 21%. Электропроводность воды под действием ультразвукового излучения существенно увеличивалась (на 46%). Под действием магнитного поля электропроводность воды изменялась слабо (4%). Обнаружено [24], что вода, предварительно активированная магнитным векторным потенциалом, изменяет подвижность внесенных в нее инфузорий, скорость сбраживания сахара дрожжами и предпочтительное потребление мышами. Показано также изменение некоторых физических параметров после активации воды: УФ-спектра поглощения и состояния примеси кремнезема в воде. Высказано предположение, что вода является первичной мишенью при воздействии многих слабых электромагнитных полей на биологические объекты.

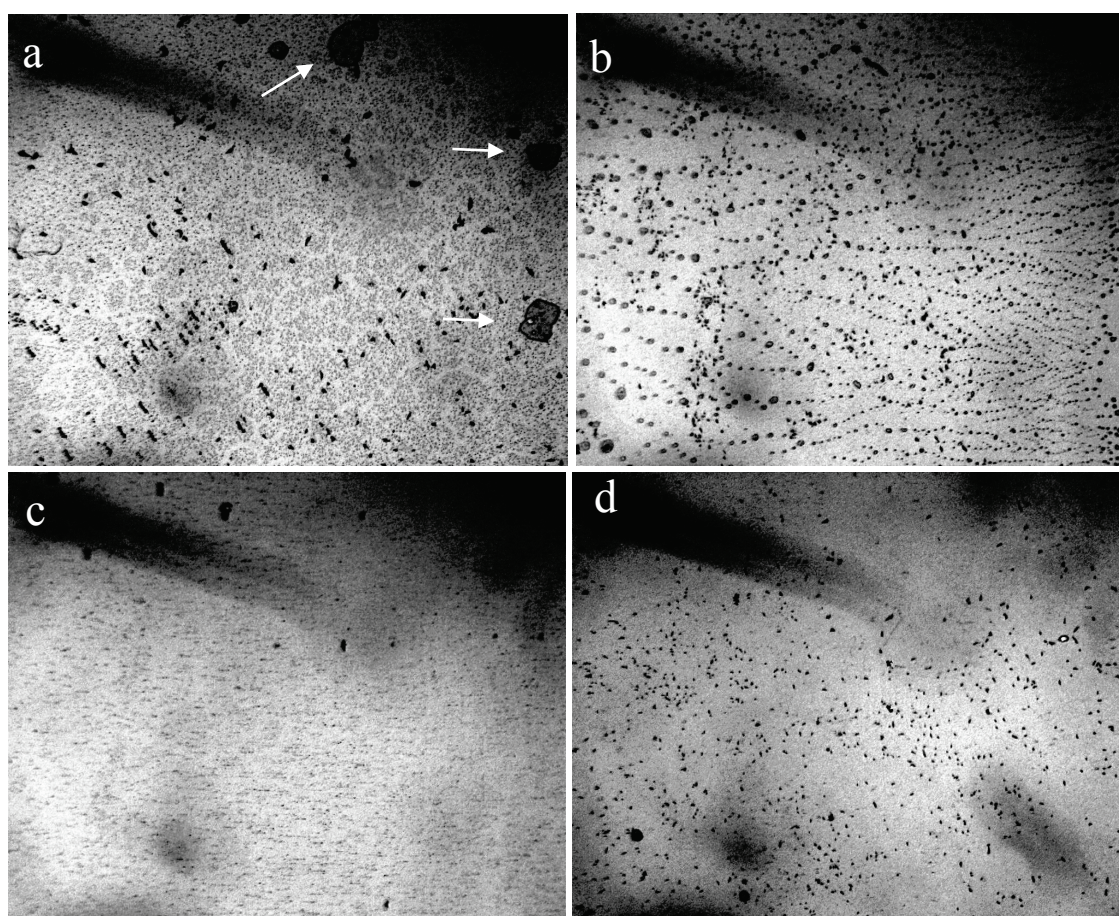
В нашей работе [26] было проведено исследование влияния на водопроводную воду гидроударно – кавитационного воздействия (ГКВ). Установка представляла собой настольный аппарат, состоящий из роторно-статорного модуля из нержавеющей стали, закрепленного на штативе и погружаемого в пластиковый сосуд. Обрабатываемый объем воды составлял 5 л. При включении в сеть (220 в) ротор начинал вращение с частотой 2750 об/мин. Вода, поступающая в модуль через специальные окна, подвергалась ГКВ. При этом в сосуде создавалась вихревая воронка. После обработки воды в течение часа отмечались достоверные изменения ее физико-химических показателей: повышение рН на 14%, повышение удельной электропроводности на 5,6%, повышение скорости звука на 0,3%, снижение поверхностного натяжения на 17%. Кипячение водопроводной воды приводило к изменениям данных показателей примерно той же величины и направленности. В то время (6 лет назад) нам ничего не было известно о существовании микроструктуры воды, и вопрос «куда деваются протоны?» не получил вразумительного ответа. Интересно, что в начале 20 века австрийский естествоиспытатель Victor Schauberg изобрел способ превращения обычной воды в «живую» путем вихреобразного закручивания ее; другой австриец – Rudolf Steiner – изобрел «технику биодинамического земледелия», основанную на завихрении потока воды. «Урожай повышался колоссально без использования удобрений» ([15], стр. 179). Явление не имело научного объяснения.

Мы провели небольшой эксперимент по закручиванию воды с помощью пеневзбивателя «ИКЕА Продакт, вспениватель молока», работающего от 2-х батареек по 1,5 В каждая и рассчитанного на объем жидкости не более чайной чашки. Использовали бутилированную природную воду “Aguanica” с общей минерализацией 200-500 мг/л. Вода была разлита в 4 стеклянных стакана объемом 100 мл (1 – контроль и 3 – опыт), по 60 мл в каждый стакан. Эксперимент проводили при комнатных условиях в течение одного дня. Измеряли рН (рН-метр РН-009(1)) и ОВП (ОВП-метр 169В) до и после 10 – минутного воздействия на воду, а также через 1, 2 и 3 часа после взбивания. Микроструктуру воды контролировали под микроскопом Levenhuk с видеокамерой Levenhuk С1400NG, сопряженной с компьютером. Фотографировали по 10 полей зрения для каждого случая.

Десятиминутное взбивание воды вращающимся венчиком приводило к возрастанию рН на 4% и снижению ОВП на 8% (рис. 5). Изменения сохранялись в течение времени наблюдения (3 часа). Микроскопическая картина воды на разных этапах эксперимента представлена на рисунке 6.



**Рисунок 5.** Динамика pH и ОВП до и после взбивания минеральной воды «Aquanika» в течение 10 минут с помощью пеновзбивателя

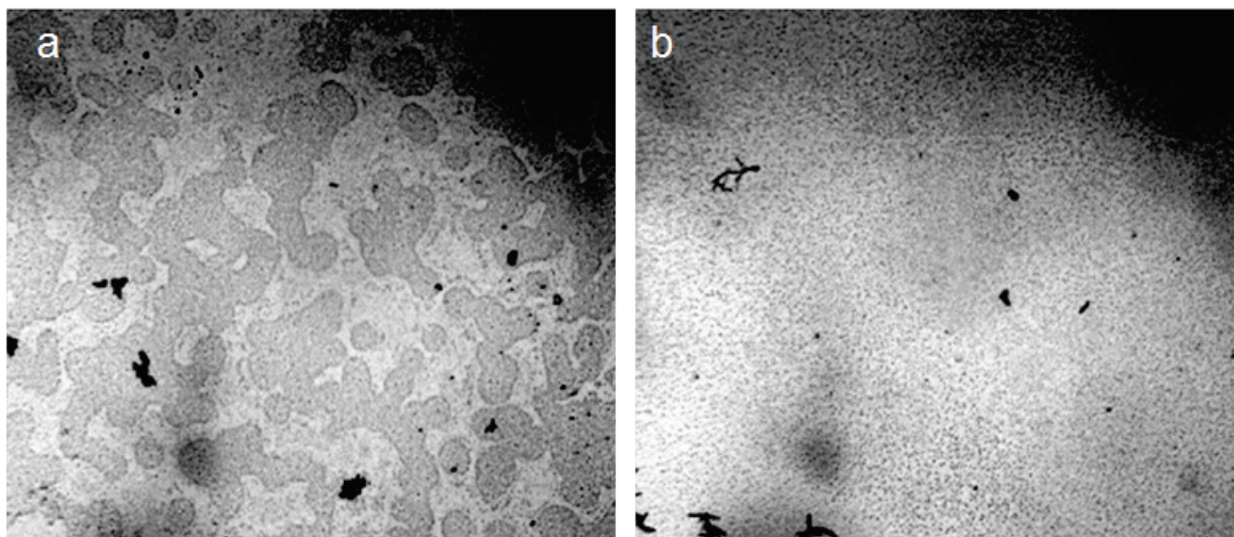


**Рисунок 6.** Микроструктура минеральной воды «Aquanika» в тонком слое (~ 8 мкм) между предметным и покровным стеклами: а – контроль; б – сразу же после 10 – минутного взбивания; с – через 2 часа; д – через 3 часа. Стрелки указывают на крупные пузыри воздуха. Ширина каждого кадра – 3 мм

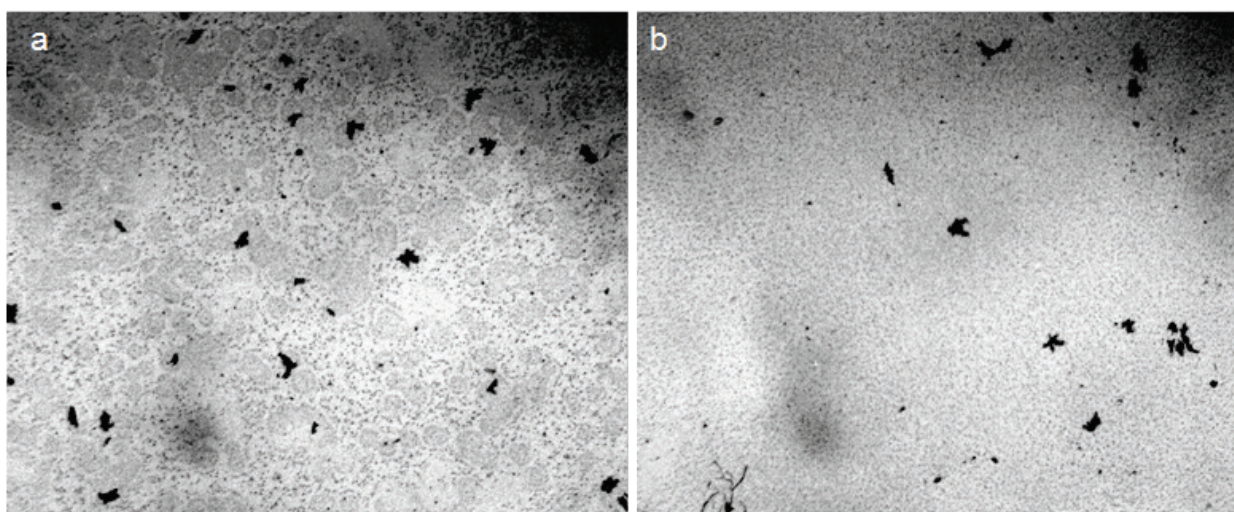
Микрофаза воды в контрольном образце представлена агрегатами округлой формы. В препарате присутствуют крупные воздушные пузыри. Сразу после взбивания агрегаты разрушены, видны мелкие воздушные пузыри. Через 2 часа микроструктура остается гомогенной, а через 3 часа начинается организация микрофазы в агрегаты.

Таким образом, обработка воды бытовым пеновзбивателем в течение 10 минут сопровождалась разрушением агрегатов микродисперсной фазы, повышением pH и снижением ОВП. Динамика двух последних показателей характерна для активированной воды.

Разрушение агрегатов с помощью механического воздействия не вызывает вопросов. Оказалось, что низкоинтенсивный свет также приводит к диссоциации микродисперсной фазы воды. На рис. 7 показан результат облучения воды зеленым светодиодным лазером мощностью 20 мВт в течение 10 минут. В эксперименте использовали природную минеральную питьевую воду «Серафимов дар». Воду наливали в стеклянный стакан



**Рисунок 7.** Микроструктура минеральной природной питьевой воды «Серафимов дар». Микроскопия слоя жидкости толщиной ~ 16 мкм до (а) и после (б) облучения стакана с водой зеленым лазером мощностью 20 мВт в течение 10 минут



**Рисунок 8.** Микроскопия дистиллированной воды между предметным и покровным стеклами. Толщина слоя воды – 16 мкм, ширина каждого кадра – 3 мм; а – исходный образец до кипячения; б – вода после нагревания до кипения в микроволновой печи и последующего охлаждения до комнатной температуры

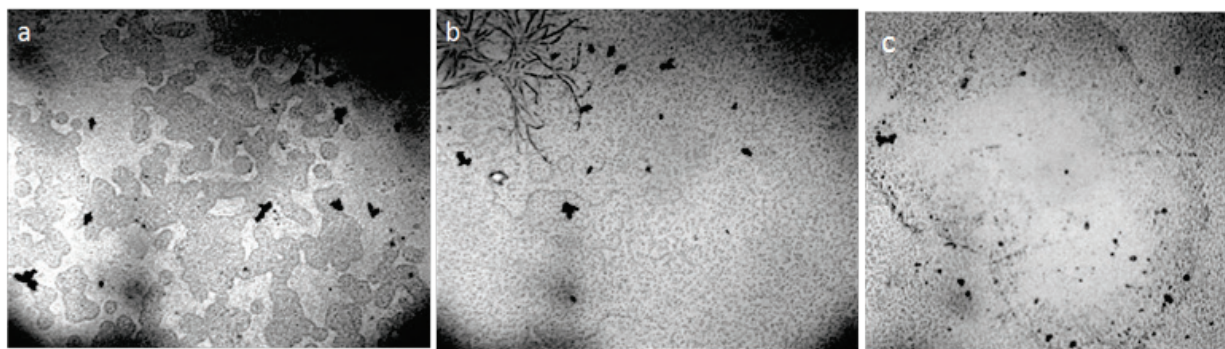
объемом 100 мл, источник света располагали вертикально непосредственно над поверхностью воды в центральной зоне, равноудаленной от стенок стакана. Микродисперсную фазу воды исследовали под микроскопом до и после облучения. Очевидно, что облучение привело к диссоциации крупных агрегатов микродисперсной фазы. При этом отмечалось также снижение электрической емкости жидкости ~ на 1 пФ [26]. Изменения были обратимы и возвращались к исходному уровню в течение часа.

Интересно, что точно такие же последствия отмечаются и после доведения воды до кипения в микроволновой печи и последующего охлаждения ее до комнатной температуры (рис. 8).

Мы уже приводили примеры, что кипячение воды сопровождается повышением pH и скорости звука [25], что характерно и для других способов воздействия на воду.

В вводной части работы [27] собраны литературные данные о том, что при нагревании воды в диапазоне 50°-60°С закономерно изменяется ряд ее физических характеристик: теплопроводность, коэффициент преломления, электропроводность, поверхностное натяжение, пьезо-оптический коэффициент. По нашему мнению, это может быть следствием разукрупнения агрегатов микродисперсной фазы и переходом ее в гомогенное состояние. Этот же механизм действует и при других разнообразных способах воздействия на воду. Микродисперсная фаза в воде образует крупномасштабные (от десятков до сотен мкм) агрегаты в соответствии с законом Гиббса - стремлением системы к уменьшению своей свободной энергии за счет сокращения суммарной площади поверхности:

$$\sigma S \rightarrow \min, \quad (1)$$



**Рисунок 9.** Микроскопия тонкого слоя (~ 16 мкм) дистиллированной воды до замораживания (а) и после замораживания – оттаивания (b); с – сгусток дисперсной фазы в размороженной воде. Ширина каждого кадра – 3 мм.

где  $\sigma$  – удельное значение свободной энергии поверхности;  $S$  – суммарная площадь поверхности дисперсной фазы.

Если  $\sigma$  постоянно, то самопроизвольно происходят процессы, снижающие дисперсность системы. При этом снижается суммарная поверхность ( $S$ ) и выделяется энергия (уравнение Гиббса – Гельмгольца [28]):

$$U_s = \sigma + q_s = \sigma - T(d\sigma/dT)p, \quad (2)$$

где  $U_s$  – полная поверхностная энергия системы;  $\sigma$  – поверхностное натяжение;  $q_s$  – теплота образования единицы площади поверхности.

В лиофильных системах энергия коагуляционных связей невелика (сравнима с энергией Броуновского движения  $kT$ ), поэтому для диспергирования агрегатов не требуется высокоэнергетических воздействий.

В рамках данного исследования представляло интерес посмотреть также талую воду, которую широко рекламируют как средство оздоровления. Согласно информации [29], свежая талая вода способствует ускорению восстановительных процессов, повышает сопротивляемость организма инфекциям, снижает чувствительность слизистой оболочки, нормализует тонус бронхиальной мускулатуры. Мы посмотрели микроструктуру дистиллированной воды до и после ее замораживания в бытовом холодильнике при  $-20^\circ\text{C}$  и последующего размораживания при комнатной температуре. Оказалось, что талая вода также имеет более гомогенную структуру по сравнению с исходной водой. Часть крупных агрегатов не диссоциировала после размораживания и отделилась от основного объема воды (рис. 9).

Таким образом, в соответствии с нашими наблюдениями, при воздействии на воду факторов физической природы, прежде всего, происходит диссоциация крупных комплексов микродисперсной фазы. Так как это требует небольших энергетических затрат, то, по-видимому, именно микродисперсная фаза является первичной мишенью для физических воздействий.

Существует мнение, подкрепленное физическими расчетами и экспериментальными свидетельствами, что каскад изменений физико-химических свойств воды, характерный для ее активированной формы, связан с дегазацией жидкостей [29,30]. Подчеркивается, что «длительное воздействие слабых ЭМП (электромагнитных полей) приводит к росту микропузырьков и дегазации биожидакости – таким путем происходит накопление воздействия» ([29], с. 1). Этот процесс занимает часы или даже дни ([30, с. 253]. Дегазация, в свою очередь, изменяет физико-химические свойства жидкости.

Если взглянуть на вышеприведенные данные и результаты, представленные в данной статье, шире, то можно заметить отсутствие противоречий: процессы рассматриваются на разных уровнях иерархии – нанометровом и микрометровом. Рост микропузырьков сопровождается ростом площади межфазной поверхности, несущей отрицательный заряд. То же происходит и на микроуровне – увеличение площади отрицательно заряженной поверхности в результате диссоциации агрегатов микродисперсной фазы. Оба процесса приводят к увеличению «посадочных мест» для ионов гидроксония, следствием чего является повышение pH. То есть, площадь межфазной поверхности является регулятором кислотно-щелочного баланса в жидких средах. Это, в частности, показано в экспериментах Джералда Поллака на пластиковых микросферах ([15], с. 105) и на эритроцитах крови в монографии [31]. Надеемся, что приведенные результаты будут полезны для дальнейшего осмысления структуры и динамики жидких сред.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (грант № 14.Y26.31.0022).*

#### **Список литературы / References:**

1. Черников Ф.Р. Сверхмедленные колебания светорассеяния в жидкостях разного типа. *Биофизика*, 1990, т. 35, № 5, с. 711-715. [Chernikov F.R. Superslow fluctuations of light scattering in liquids of different types. *Biofizika*, 1990, vol. 35, no. 5, p. 711-715. (In Russ.)]
2. Sedláček M. Large-scale supramolecular structure in solutions of low molar mass compounds and mixtures of liquids: I. Light scattering characterization. *J. Phys. Chem. B*, 2006, vol. 110, no 9, p. 4329-4338.

3. Букатый В.И., Нестерюк П.И. Исследование оптических неоднородностей (кластеров) в бидистиллированной воде оптическим методом малых углов. *Ползуновский вестник*, 2011, № 3/1, с. 106-108. [Bukaty V.I., Nesteryuk P.I. The study of optical inhomogeneities (clusters) in bidistilled water by the optical method of small angles. *Polzunovsky Bulletin*, 2011, no. 3/1, pp. 106-108. (In Russ.)]
4. Ito K., Yoshida H., Ise N. Void Structure in colloidal dispersions. *Science*, 1994, vol. 263, no 7, p. 66-68.
5. Yoshida H., Ise N., Hashimoto T. Restricted motion of a particle trapped inside a void in a colloidal dispersion. *Langmuir* 1995, vol. 11, no 8, p. 2853-2855, DOI: 10.1021/la00008a002.
6. Смирнов А.Н., Сыроешкин А.В. Супранадмолекулярные комплексы воды. *Рос. Хим. Ж.*, 2004, т. XLVIII, № 2, с. 125-135. [Smirnov A.N., Syroeshkin A.V. Supranadmolecular complexes of water. *Russian Chemical Journal*, 2004, vol. XLVIII, no. 2, p. 125-135. (In Russ.)]
7. Shui Yin Lo, Xu Geng, David Gann. Evidence for the existence of stable-water-clusters at room temperature and normal pressure. *Physics Letters A*, 2009, vol. 373, pp. 3872-3876, DOI: 10.1016/j.physleta.2009.08.061.
8. Ho M-W. Large Supramolecular Water Clusters Caught on Camera – A Review. DOI: 10.14294/WATER.2013.12
9. Yakhno T., Yakhno V. A study of structural organization of water and aqueous solutions by means of optical microscopy. *Crystals*, 2019, vol. 9, no. 1, p. 52, DOI: 10.3390/cryst9010052.
10. Yakhno T., Drozdov M., Yakhno V. Giant Water Clusters: Where Are They From? *Int. J. Mol. Sci.*, 2019, vol. 20, p. 1582, DOI: 10.3390/ijms20071582.
11. *Laboratory Water. Its Importance and Application*. National Institutions of Health, 2013, 22 p.
12. Del Giudice E., Spinetti P.R., Tedeschi A. Water Dynamics at the Root of Metamorphosis in Living Organisms. *Water*, 2010, vol. 2, p. 566-586, DOI: 10.3390/w2030566.
13. Ho M-W. *Large Supramolecular Water Clusters Caught on Camera – A Review*. DOI: 10.14294/WATER.2013.12.
14. Yinnon T.A., Elia V., Napoli E., Germano R., Liu Z.Q. Water Ordering Induced by Interfaces: Experimental and Theoretical Study. *Water*, 2015, DOI: 10.14294/WATER.2015.3.
15. Pollack G. *The fourth phase of water: beyond solid, liquid, and vapor*. Ebner and Sons Publishers, 2013, 320 p.
16. James R., Seddon T., Lohse D. Nanobubbles and micropancakes: gaseous domains on immersed substrates. *J. Phys.: Condens. Matter*, 2011, vol. 23, p. 133001, DOI: 10.1088/0953-8984/23/13/133001.
17. Zhang L, Zhang X, Fan C, Zhang Y and Hu J. Nanoscale multiple gaseous layers on a hydrophobic surface. *Langmuir*, 2009, vol. 25, no. 16, pp. 8860-8864, DOI: 10.1021/la901620e.
18. Яхно Т.А., Яхно В.Г. Микроструктура и фазовые переходы воды по данным оптической микроскопии. *Сборник трудов второй всероссийской конференции «Физика водных растворов»*, 17-18 октября 2019, г. Москва, 2019, с. 44-45. [Yakhno T.A., Yakhno V.G. Microstructure and phase transitions of water according to optical microscopy. «Proceedings of the second all-Russian conference "Physics of aqueous solutions"», October 17-18, 2019, Moscow, 2019, p. 44-45, URL: [https://www.researchgate.net/publication/336678616\\_Mikrostruktura\\_i\\_fazovye\\_perehody\\_vody\\_po\\_dannym\\_opticeskoj\\_mikroskopii](https://www.researchgate.net/publication/336678616_Mikrostruktura_i_fazovye_perehody_vody_po_dannym_opticeskoj_mikroskopii) (in Russ.)]
19. Яхно Т.А., Яхно В.Г., Занозина В.Ф. Фазовые переходы воды как источник медленных колебательных процессов в жидких средах. *Актуальные вопросы биологической физики и химии. БФФХ-2017: материалы XII международной научно-технической конференции*, г. Севастополь, 2-6 октября 2017 г., с. 23-27. [Yakhno T.A., Yakhno V.G., Zanozina V.F. Phase transitions of water as a source of slow oscillatory processes in liquid media. *Actual problems of biological physics and chemistry. BFFC-2017: materials of the XII international scientific and technical conference*, Sevastopol, October 2-6, 2017, p. 23-27 (in Russ.)]
20. Гуляев Ю.В., Еремин С.М., Марков И.А., Новоселова Е.Г., Новиков В.В., Тен Ю.А., Фесенко Е.Е. Физико-химические свойства безреагентно-модифицированной воды и ее биологическая активность. *Журнал радиоэлектроники*, 2005, т. 11. [Gulyaev Yu.V., Eremin S.M., Markov I.A., Novoselova E.G., Novikov V.V., Ten Yu.A., Fesenko E.E. Physico-chemical properties of reagent-free water and its biological activity. *Journal of Radioelectronics*, 2005, vol. 11. (in Russ.)]
21. Кулагина В.А., Сапожникова Е.С., Стебелева О.П., Кашкина Л.В., Чжэн Ч.-И., Ли Ц., Ли Ф.-Ч. Особенности влияния эффектов кавитации на физико-химические свойства воды и стоков. *Журнал Сибирского федерального университета. Техника и Технологии*, 2014, т. 5, № 7, с. 605-614. [Kulagina V.A., Sapozhnikova E.S., Stebeleva O.P., Kashkina L.V., Zheng Ch.-I., Li Ts., Lee F.-Ch. Features of the effect of cavitation on the physicochemical properties of water and effluents. *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*, 2014, vol. 5, no. 7, p. 605-614 (in Russ.)]
22. Чиркова В.Ю., Стась И.Е. Оценка изменений физико-химических свойств деионизованной воды в результате электромагнитного воздействия и различных способов дегазации. *Известия алтайского государственного университета*, 2014, DOI: 10.14258/izvasu(2014)3.1-44. [Chirkova V.Yu., Stas I.E. Diagnosis of changes in physico-chemical characteristics of deionized water due to electromagnetic field effect and various methods of degasation. *News of Altai State University*, 2014, DOI: 10.14258/izvasu(2014)3.1-44. (In Russ.)]
23. Мусиенко К.С., Игнатова Т.М., Глазкова В.В. Изучение влияния физических полей на физико-химические свойства воды. *Биомедицинская инженерия и электроника*, 2014, № 2, URL: [biofbe.esrae.ru/199-963](http://biofbe.esrae.ru/199-963). [Musienko K.S., Ignatova T.M., Glazkova V.V. Studying the influence of physical fields on the physicochemical properties of water. *Biomedical Engineering and Electronics*, 2014, no. 2, URL: [biofbe.esrae.ru/199-963](http://biofbe.esrae.ru/199-963). (In Russ.)]



24. Аносов А.В., Трухан Э.М. Вариация векторного потенциала в лабораторных условиях изменяет биологические свойства воды. *Биофизика*, 2012, т. 57, № 3, с. 389-394. [Anosov A.V., Trukhan E.M. The variation of the vector potential in the laboratory changes the biological properties of water. *Biophysics*, 2012, vol. 57, no. 3, pp. 389-394. (in Russ.)].

25. Яхно Т.А., Уваров В.М., Санин А.Г., Казаков В.В. Гидроударно-кавитационное воздействие на воду, или куда деваются протоны? *Материалы докладов V Съезда Биофизиков России*, 4-11 октября 2015, Ростов-на-Дону, т. 2, с. 339. [Yakhno T.A., Uvarov V.M., Sanin A.G., Kazakov V.V. Hydro-shock-cavitation effect on water, or where do protons disappear? *Materials of reports of the V Congress of Biophysicists of Russia*, October 4-11, 2015, Rostov-on-Don, vol. 2, p. 339. (in Russ.)].

26. Яхно Т.А., Пахомов А.М., Санин А.Г., Яхно В.Г. Влияние низкоинтенсивного света на структурные и динамические параметры воды. *Научные труды VIII Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине»*, 2018, СПб, т. 8, с. 99, URL: [www.biophys.ru/archive/congress-2018.pdf#page=99](http://www.biophys.ru/archive/congress-2018.pdf#page=99). [Yakhno T.A., Pakhomov A.M., Sanin A.G., Yakhno V.G. The effect of low-intensity light on the structural and dynamic parameters of water. *Scientific works of the VIII International Congress "Weak and Superweak Fields and Radiations in Biology and Medicine"*, 2018, St. Petersburg, vol. 8, p. 99. (in Russ.)].

27. Maestro, L.M.; Marqués, M.I.; Camarillo, E.; Jaque, D.; García Solé, J.; Gonzalo, J.A.; Jaque, F.; del Valle, J.C.; Mallamace, F.; Stanley, H.E. On the existence of two states in liquid water: Impact on biological and nanoscopic systems. *Int. J. Nanotechnol.* 2016, vol. 13, no. 8-9, pp. 667-677.

28. *Основные понятия и уравнения коллоидной химии* (ред. К.И. Гродский, Н.Н. Киенская, В.В. Гаврилова, В.В. Назаров). М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013, 40 с. [*Basic concepts and equations of colloid chemistry* (ed. by K.I. Grodsky, N.N. Kienska, V.V. Gavrilova, V.V. Nazarov). M.: DI. Mendeleev RCTU, 2013, 40 p. (in Russ.)].

29. Шаталов В.М. Дегазация как механизм биологического действия слабых электромагнитных полей. URL: [www.biophys.ru/archive/congress2012/proc-p37-d.pdf](http://www.biophys.ru/archive/congress2012/proc-p37-d.pdf) [Shatalov V.M. Degassing as a mechanism of biological action of weak electromagnetic fields. URL: [www.biophys.ru/archive/congress2012/proc-p37-d.pdf](http://www.biophys.ru/archive/congress2012/proc-p37-d.pdf) (in Russ.)].

30. Шаталов В.М., Нога И.В., Зинченко А.А., Бункин Н.Ф. Влияние газовых нанопузырьков на электропроводность чистой воды. *Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона*. Донецк: ДонНУ, 2010, т. 1, № 10, с. 252-257. [Shatalov V.M., Noga I.V., Zinchenko A.A., Bunkin N.F. The effect of gas nanobubbles on the conductivity of pure water. *Problems of ecology and nature conservation of the technogenic region*. Donetsk: DonNU, 2010, vol. 1, no. 10, pp. 252-257 (in Russ.)].

31. Яхно Т. *Кровь как полидисперсная система*. Lambert Academic Publishing GmbH & Co, Germany, 2011, 313 с. [Yakhno T. *Blood as a polydisperse system*. Lambert Academic Publishing GmbH & Co, Germany, 2011, 313 p. (in Russ.)].

## STUDY OF THE ROLE OF MICRODISPERSED PHASE OF WATER DURING ITS TRANSITION TO ACTIVATED STATE

Yakhno T.A.<sup>1,2</sup>, Yakhno V.G.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Applied Physics RAS

*Ulyanov str., 46, Nizhny Novgorod, 603950, Russia*

<sup>2</sup>N.I. Lobachevsky Nizhny Novgorod State University

*23 Gagarin Ave., 603022, Nizhny Novgorod, Russia; e-mail: yakhta13@gmail.com*

**Abstract.** The paper considers the well-known phenomenon of water activation through the influence of external factors of a physical nature on it, leading to the consequences of the same orientation: increasing pH, lowering ORP, increasing electrical conductivity, lowering viscosity and surface tension, and, as a result, increasing bioavailability. Existing explanations of the phenomenon are reduced, as a rule, to the assumption of the restructuring of the water structure at the molecular level. However, the data of the last thirty years show that the water is heterogeneous at the micro level, which can be observed under a conventional optical microscope. The aim of the work was to clarify the role of the state of aggregation of the microdispersed phase of water in changing a number of its physicochemical parameters during the transition of water to an activated state. As modifying effects, mechanical disturbance, low-intensity light irradiation, heating and freezing - thawing were used. In all cases, reversible unidirectional changes in indicators characteristic of activated water were observed. Observations under an optical microscope showed that all types of exposure to water were accompanied by the dissociation of aggregates of the microdispersed phase of water and their reassociation after hours (days). The nature of the phenomenon is discussed from the standpoint of increasing the free energy of the system (the surface area of the interface) under the influence of the introduced energy and relaxation of the effect due to the Gibbs law. It was suggested that an increase in pH and a decrease in redox potential can be associated with an increase in the area of the negatively charged surface and an increase in the sorption of protons (hydroxonium ions). A number of known water anomalies are presented that do not contradict these observations.

**Key words:** *water activation, microdispersed systems, physical effects, aggregation, free energy.*