

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ВОДЫ ПРИ ЕЕ ВЫСЫХАНИИ

Яхно Т.А.^{1,2}, Яхно В.Г.^{1,2}

¹ Институт прикладной физики РАН

ул. Ульянова, 46, г. Нижний Новгород, 603950, РФ

² Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
пр. Гагарина, 23, г. Нижний Новгород, 603022, РФ; e-mail: yakhta13@gmail.com

Поступила в редакцию: 09.07.2019

Аннотация. Рассмотрена динамика формирования текстуры высыхающего осадка дисперсной фазы (ДФ) воды. Ранее было показано, что ДФ, наблюдаемая через оптический микроскоп, представлена агрегатами жидкокристаллических сфер размером ~ 10 мкм, каждая из которых сформирована вокруг микрокристалла NaCl и является его гидратной оболочкой. После испарения свободной воды центральная зона пленки осадка деформируется и растрескивается, приобретая текстуру горного ландшафта. Микросферы, граничащие с трещинами, разрушаются, гидратные оболочки диссоциируют и солевой раствор проникает в трещины. Образование свободной воды обеспечивает продвижение и каскад рекристаллизаций NaCl по ходу трещин (каналов) до их поступления в общий объем – место слияния каналов. Там формируется область скопления кристаллического NaCl. Таким образом обеспечивается пространственное разделение компонентов осадка. По периферии высыхающей пленки образуются радиально расположенные змеевидные цепочечные структуры, описанные ранее для высыхающих коллоидных дисперсий как результат адвекции, диффузии и капиллярного притяжения (Колегов и Бараш, 2019). Обсуждается сходство и различие наблюдаемых процессов с описанием стареющих коллоидных систем, а также с физикой тектонических разломов.

Ключевые слова: вода, дисперсная фаза, высыхание, деформация, разделение компонентов.

Натурфилософы древности воспринимали мир как единое целое, размышляя об источнике и первоначале всего сущего. В частности, Фалес Милетский (VI век до н.э.) таким первоначалом считал воду: «Все образуется из воды путем её затвердевания/замерзания, а также испарения; при сгущении вода становится землей, при испарении становится воздухом» [1]. С течением времени шло развитие технологий, сопровождавшееся разобщением, дроблением и узкой специализацией наук. В наши дни акцент внимания исследователей Природы сместился на наноуровень. Именно в этом масштабе, в частности, принято сейчас рассматривать воду и ее фазовые переходы [2-6]. Однако к настоящему времени с помощью разных физических методов получено доказательство структурной неоднородности воды и в масштабе десятков - сотен микрометров¹ [7-15]. Исследование тонкого слоя дистиллированной воды (~ 8 мкм) через оптический микроскоп позволило обнаружить в ней присутствие микрочастиц дисперсной фазы (ДФ) – прозрачных сферических элементов диаметром ~ 10 мкм с темной частицей в центре [16]. Микрочастицы объединялись в агрегаты размером до нескольких сотен микрометров. Как показали наши исследования, центральная структурообразующая частица представляет собой микрокристалл хлорида натрия, а окружающая его сфера – жидкокристаллическую оболочку гидратной воды. Состав, физические свойства и вероятное происхождение ДФ воды обсуждается в работах [16, 17]. Там же рассмотрена динамика фазовых переходов в высыхающих тонких пленках воды с образованием крупных кристаллов хлорида натрия.

В рамках данной статьи мы хотели бы поделиться своими наблюдениями за физико-химическими превращениями слоя ДФ воды, высыхающей на твердой подложке, а также после воздействия на нее повышенной температуры (60 °C).

В качестве исходного материала использовали дистиллированную воду ТУ 2384-009-48326337-2015, pH 7, удельная электропроводность – 4,5 мкСм/см. Вода испарялась с твердотельной подложки (стекло, пластик) на открытом воздухе при комнатных условиях или из препарата «раздавленная капля», при тех же условиях, через открытые границы между подложкой и покровным стеклом, по периметру препарата. Для образования более толстого слоя осадка увеличивали высоту камеры, заполняемой водой, устанавливая углы покровного стекла на пластилиновые шарики высотой ~ 2 мм или предварительно помещая в сухую камеру стеклянные шарики диаметром ≤ 0,5 мм. Препараты исследовали под микроскопом Levenhuk с видеокамерой, сопряженной с компьютером, при помощи программы TourView. В работе использовали предметные и покровные стекла производства ArxLab (Россия), размерами (25,4 x 72,2 мм x 1 мм) и (24 x 24 x 0,6 мм), соответственно, чашки Петри d = 35 мм (полистирол, стерильные, МиниМед, Россия). Всю стеклянную и пластмассовую посуду использовали новую, без дополнительной обработки.

¹ Во избежание терминологической путаницы, микроструктурой будем называть здесь структуру в масштабе микрометров (но не нанометров).

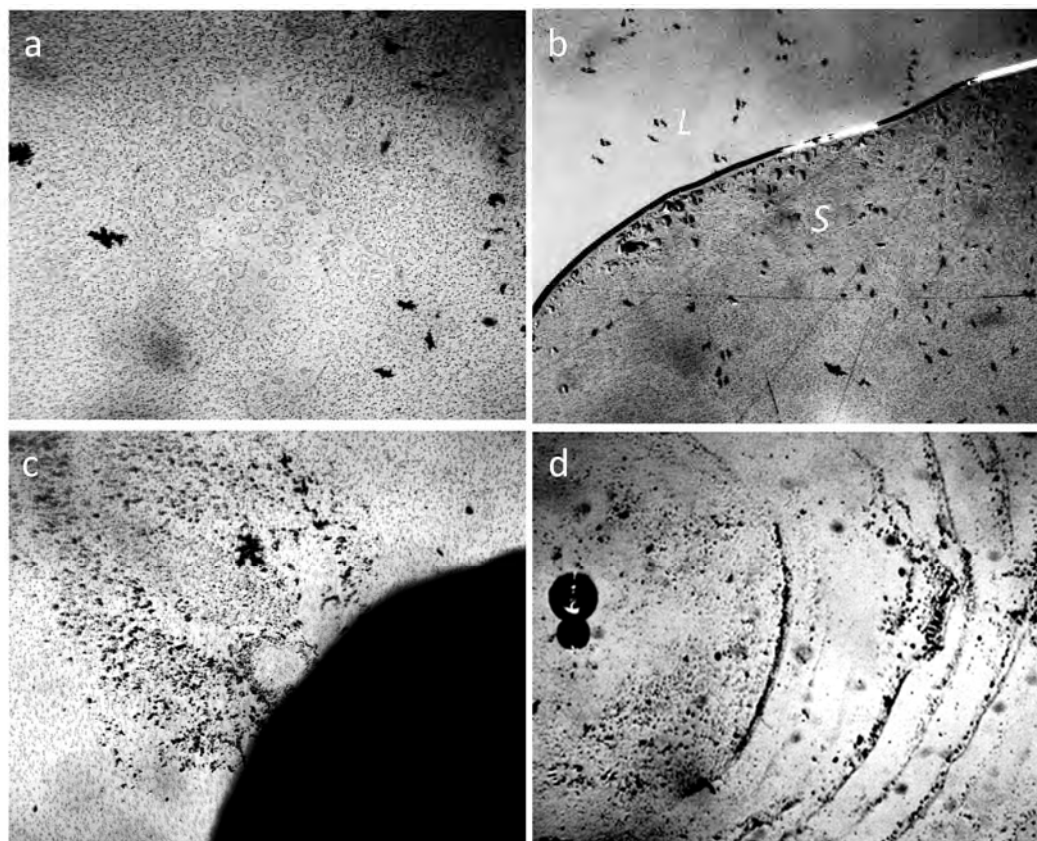


Рисунок 1. ДФ дистиллированной воды между предметным и покровным стеклами: а – в тонком слое воды (8 мкм); б – в процессе испарения жидкой части воды (L) из препарата ДФ остается на подложке (S); с – крупный агрегат дисперсной фазы, образовавшийся возле пластилинового шарика (темный сегмент справа) в процессе испарения жидкой фазы воды; д – концентрические слои дисперсной фазы, образовавшиеся вокруг стеклянного шарика в процессе испарения. Микрофото. Ширина каждого кадра – 3 мм

В тонком слое воды ДФ представлена агрегатами сферических частиц. При испарении свободной воды через края препарата «раздавленная капля», ДФ остается на поверхности подложки (рис. 1 а, в). Формирование толстого слоя ДФ в высыхающих препаратах шло за счет долгого удержания значительного объема жидкости возле введенных внутрь препаратов посторонних предметов (рис. 1 с, д).

Относительная масса неиспаряющегося осадка дистиллированной воды была определена гравиметрически (весы торсионные, до 500 мг) и составила ~ 10%. При высушивании 1 мл дистиллированной воды через открытую поверхность на предметном стекле при 60°C в течение 4-х часов, на подложке оставался небольшой по площади объем ДФ. На рисунке 2 показаны фрагменты остатков ДФ гантелевидной формы, с двумя более толстыми участками по краям, соединенными тонкой перемычкой. Поверхность толстого участка имеет бугристый светорассеивающий микрорельеф (рис. 2 а), а тонкая перемычка выглядит как черное поле с нечетким микрорельефом (рис. 2 с). В поляризованном свете черные тонкие участки содержат мелкие светящиеся объекты – микрокристаллы соли (рис. 2 б, д).

Рассмотрим преобразование ДФ при испарении свободной воды в условиях ограниченного сверху и снизу объема – в препарате «раздавленная капля» - при постепенном повышении температуры до 60°C и выдерживании в этих условиях в течение 4х часов.

По краям препарата видны змеевидные цепочечные структуры с «головой», обращенной к краю препарата (рис. 3). Эти структуры расположены на однородном мелкозернистом темном фоне. Подобные цепочечные структуры в высыхающих каплях коллоидных жидкостей отмечены неоднократно, а механизм их формирования был описан недавно [18]. Авторы полагают, что этот эффект вызван капиллярным притяжением частиц, которое происходит в разное время в тех областях капли, где толщина слоя жидкости уменьшается до размера частиц. С помощью математической модели, которая учитывает совместное рассмотрение адвекции, диффузии и капиллярности, справедливость такого предположения была подтверждена для капель, высыхающих на твердой подложке. В нашем случае, при высыхании водной дисперсии, ограниченной сверху и снизу стеклами, испарение происходит через края, по периметру препарата. Там также неизбежно развиваются центробежные течения, увлекающие за собой небольшие фрагменты ДФ с присоединившимися к ним «хвостами» частиц ДФ, скрепленными между собой капиллярными силами. В поляризованном свете в зоне «хвостов» видно свечение микрокристаллов соли (рис. 3 б, д).

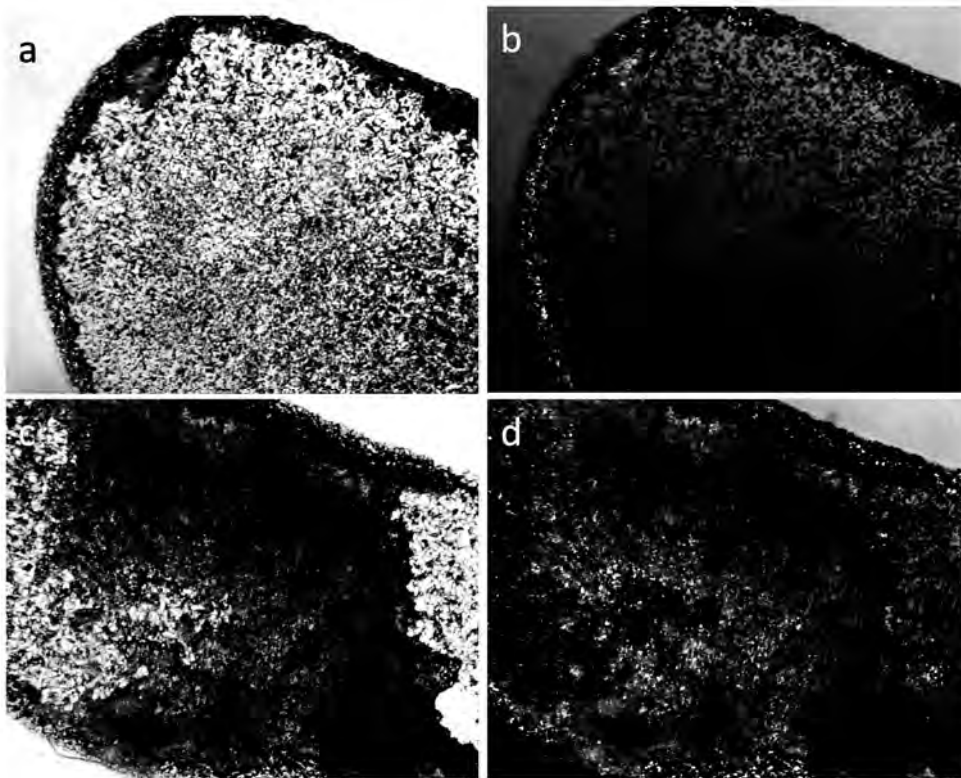


Рисунок 2. Текстура ДФ воды на стеклянной подложке после высушивания препарата в термостате при 60°C в течение 4х часов: а, с – фрагменты препарата; b, d – те же фрагменты в поляризованном свете. Микрофото. Ширина каждого кадра – 3 мм

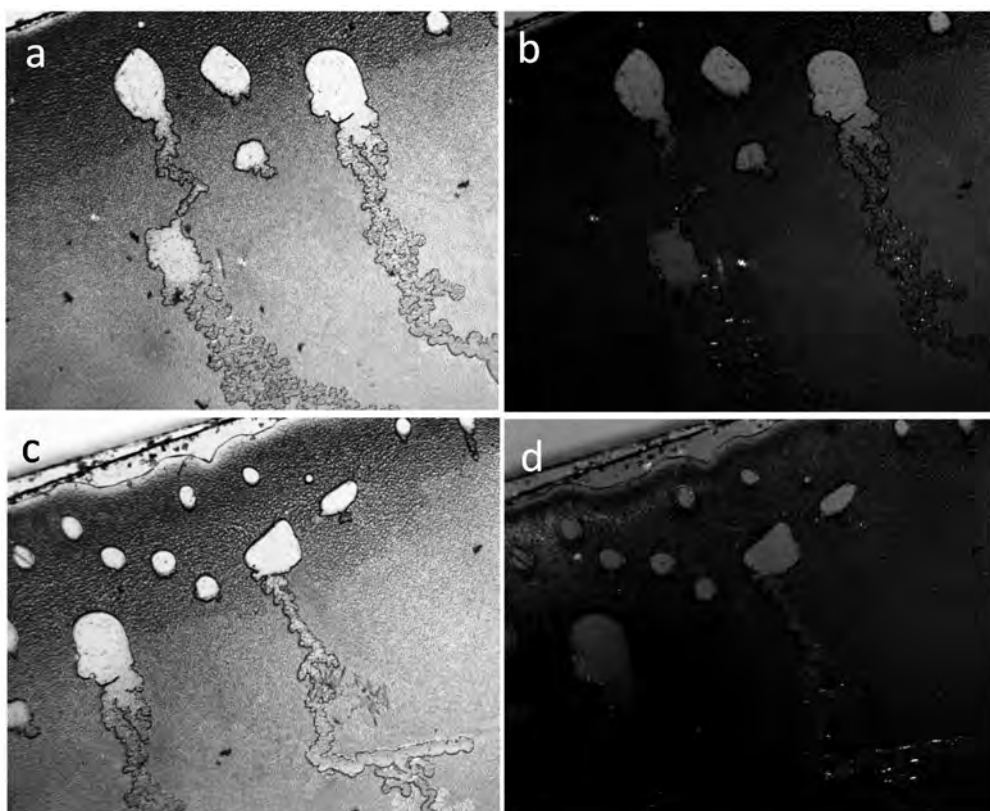


Рисунок 3. Фрагмент краевой зоны препарата: а, с – цепочечные структуры, расположенные поверх темного мелкозернистого адсорбционного слоя; b, d – соответствующие изображения в поляризованном свете. Микрофото. Ширина каждого кадра – 3 мм

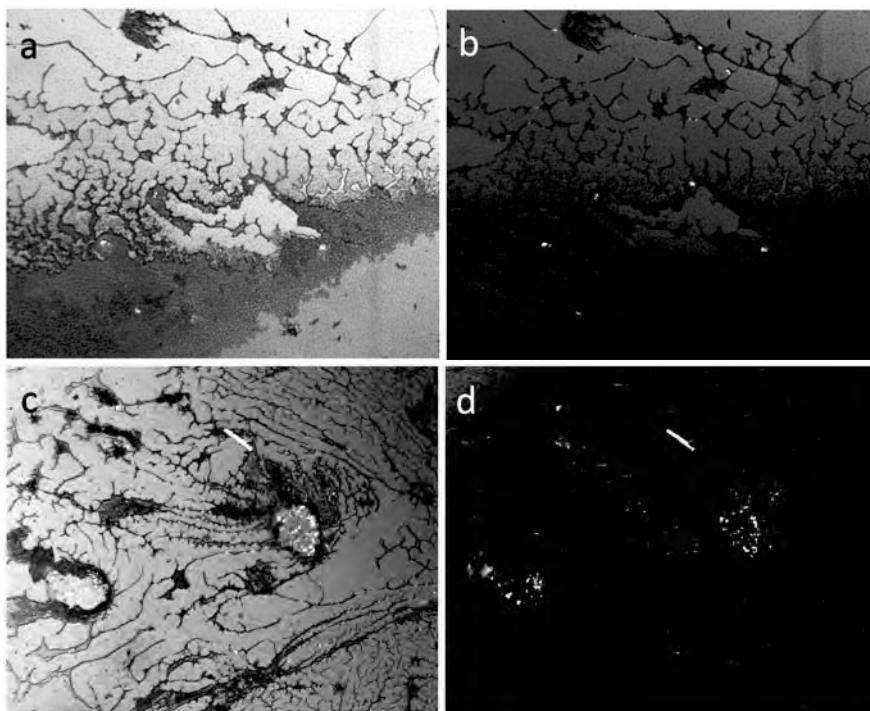


Рисунок 4. Фрагменты центральной зоны препарата: а, с – при обычном освещении, b, d – в поляризованном свете. Микрофото. Ширина каждого кадра – 3 мм

Рельеф основной массы ДФ, расположенной в центральной зоне препарата, сформирован под влиянием растущей энергии деформации. В результате появляются каналные трещины, снижающие эту энергию [19]. При увеличении толщины слоя трещины образуют извилистые линии, которые приводят к частично связанной сети [20]. При еще большей толщине иерархическое образование трещин делит плоскость на многоугольные смежные фрагменты. Средний размер фрагментов увеличивается с толщиной слоя и зависит от его жесткости [20]. В соответствии с разной толщиной слоя ДФ, сформировавшейся в препарате, и разной степенью жесткости отдельных участков, текстура центральной зоны довольно разнообразна (рис. 4).

По ходу трещин (каналов) видны микрокристаллы соли (рис. 4 b, d). Каналы ведут к наиболее низким (темным) участкам поверхности, где видны крупные кристаллические скопления. Учитывая особенности строения элементов ДФ, описанные ранее, логично предположить, что возникающие в слое напряжения и последующее растрескивание приводят к частичному разрушению целостности сфер, диссоциации гидратной воды и растворению солевых микрокристаллов. Солевой раствор постепенно поступает в трещины и стекает в «низины», где вновь кристаллизуется. По мере высыхания препарата в каналы поступает меньше влаги, и микрокристаллы образуются внутри трещин. Таким образом, дегидратация высыхающего массива ДФ сопровождается разделением составляющих ее химических элементов. Аналогичные процессы происходят и в макромире: в частности, геолого-гидродинамические модели показывают, что гидродинамическое поле, возникающее внутри мантийного потока, даже при отсутствии других факторов, способствует перераспределению минеральных фаз в соответствии с их физическими свойствами [21]. В течение 3х месяцев хранения препарата морфологическая картина его существенно не изменилась.

Представляло также интерес проследить за поведением системы при добавлении к ней той же дистиллированной воды. С этой целью препарат погружали в чашку Петри с водой на ночь. Покровное стекло при этом не отделилось благодаря прочной адгезии к подлежащему материалу.

Темный мелкозернистый адсорбционный слой по периферии препарата под действием воды приобрел грубодисперсную структуру (рис. 5 a, b). По-видимому, его мелкие пересохшие гранулы агрегировали под действием капиллярных сил. Островки ДФ начали диссоциировать. Змеевидные цепочечные структуры оставили свои отпечатки в адсорбционном слое, дезагрегировали и были унесены течением (рис. 5 c, d).

Текстуры центральной зоны, как мелкокладчатые (рис. 6 a, b), так и крупнотрещинные (рис. 6 c, d), начали расплавляться, превращаясь снова в водную дисперсию. Таким образом, процесс высушивания ДФ был во многом обратим, исключая восстановление ее разрушенных элементов. Мы предполагаем, что солевой раствор, скапливаясь в наиболее низких участках препарата, может приводить к локальным необратимым изменениям за счет более сильной дегидратации подлежащего субстрата и появлению новой темной крошковатой фазы. Природа этой фазы требует дополнительных исследований.

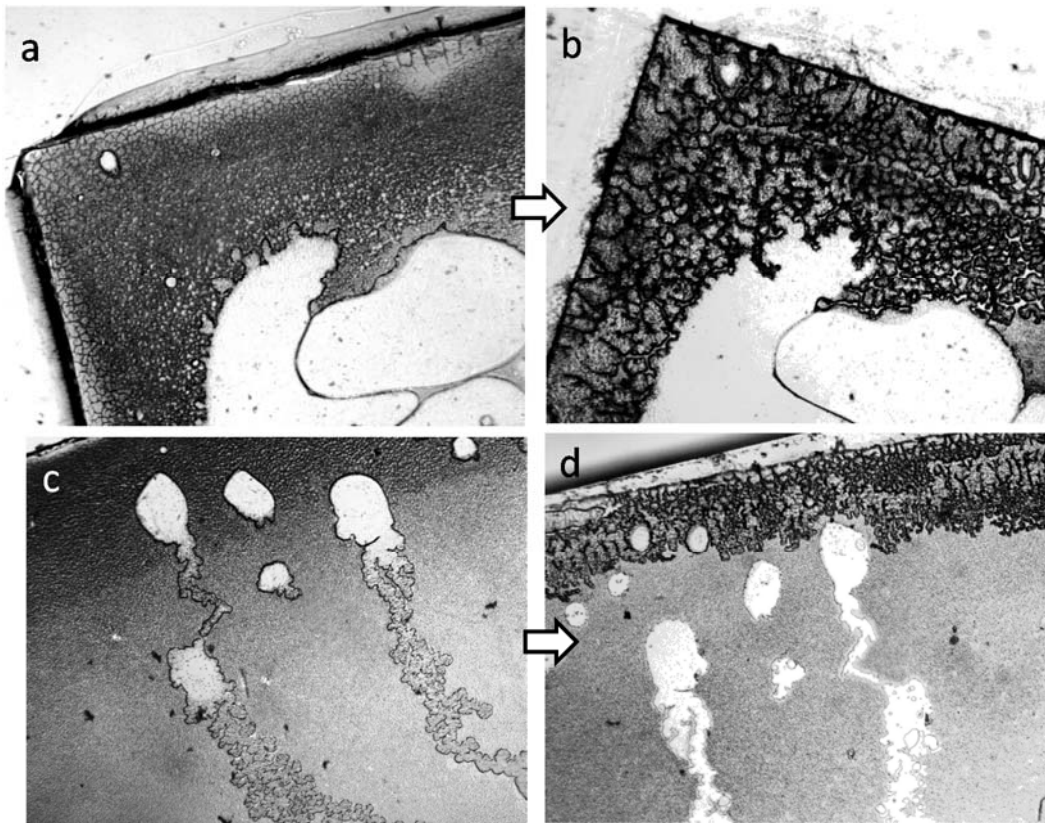


Рисунок 5. Фрагменты краевой зоны препарата до (а, с) и после добавления воды (b, d). Микрофото. Ширина каждого кадра – 3 мм

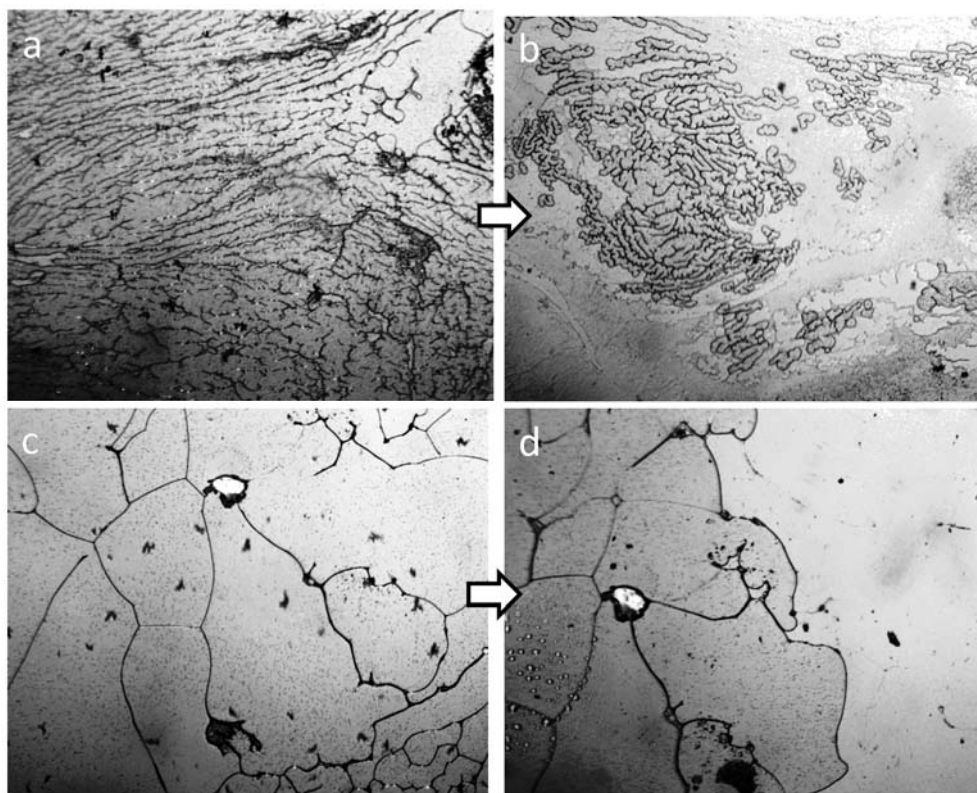
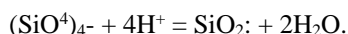


Рисунок 6. Фрагменты центральной зоны препарата до (а,с) и после добавления воды (b,d). Микрофото. Ширина каждого кадра – 3 мм

Возвращаясь к размышлениям древних философов о Воде и Земле, следует отметить, что за последнее десятилетие традиционное противопоставление этих стихий стало меняться в сторону их близкого родства.

Так, в 1998 году советский геолог Ю.А. Калясников высказал мнение, что обычная вода является, скорее всего, неизбежным продуктом главного процесса в рождении силикатной оболочки Земли - полимеризации кремнекислородных тетраэдров [22]. Схематически процесс образования воды автором представлен так:



Суть действия здесь сводится к отрыву протоном иона кислорода от кремнекислородного тетраэдра и вынужденное соединение последнего с соседним, что и есть собственно поликонденсация. Надо только уточнить, что сначала вода появляется в виде гидроксильной группы, поскольку синтез молекулярной воды из H^+ и $(\text{OH})^-$ имеет место лишь при снижении температуры расплавов до 700-600 °С, то есть, при образовании уже конечного продукта литосферы - гранитной магмы [22].

В 2014 году появилось экспериментальное подтверждение предположения Ю.А. Калясникова. Группа японских исследователей подтвердила, что химическая реакция между SiO_2 и жидким H_2 вызывала образование H_2O и SiH_4 . Результаты показали, что часть H_2 окисляется с образованием H_2O , когда компоненты SiO_2 в мантийных минералах растворяются в жидком водороде [23]. Эти данные впоследствии были подтверждены и международной командой исследователей [24]. Моделирование показало, что вода образуется внутри силикатной оболочки, но затем не может оттуда вырваться, и поэтому давление там возрастает. Были проанализированы плотность и структура захваченной воды. Оказалось, что она находится под высоким давлением. Образование и сброс избыточного давления воды может быть реальным спусковым механизмом в глубокой литосфере для сверхглубоких землетрясений, иногда расположенных значительно ниже коры и в более жестких частях глубоких континентальных плит. Вода, образующаяся в мантии, может достигать поверхности несколькими путями, например, переноситься магмой при вулканической активности [25].

В нашем лабораторном эксперименте показано, что ДФ воды при высыхании ведет себя как типичная коллоидная жидкость: образует твердофазные отложения, подвергается старению и растрескиванию. Ранее подобные процессы в коллоидных системах были рассмотрены в работе [20]. Там же отмечено их сходство в микро- и макромире, включая живописные полотна и геофизические явления. Нами показано, что сила деформации высыхающего слоя ДФ воды, ведущая к его повреждению, стимулирует пространственное разделение компонентов осадка. Это воздействие, по сути, является механохимическим. Не все процессы, наблюдавшиеся в условиях нашего эксперимента, были обратимы при добавлении воды. Этот вопрос требует дальнейшего исследования. Приведенная литература свидетельствует о том, что мир, в котором мы живем, един и самоподобен на разных уровнях иерархии. Гениальные догадки натурфилософов вдохновляют на новые исследования.

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

Список литературы / References:

1. Рожанский И.Д. *Развитие естествознания в эпоху античности: ранняя греческая наука «о природе»*. М.: Наука, 1979, 124 с. [Rozhansky I.D. *The development of science in the era of antiquity: the early Greek science "about nature"*. Moscow: Nauka, 1979, 124 p. (In Russ.)]
2. Маленков Г.Г. Структура и динамика жидкой воды. *Журнал структурной химии*, 2006, т. 47, с. 5-35. [Malenkov G.G. Structure and dynamics of liquid water. *Journal of structural chemistry*, 2006, vol. 47, pp. 5-35. (In Russ.)]
3. Саркисов Г.Н. Структурные модели воды. *УФН*, 2006, т. 176, № 8, с. 833-845 [Sarkisov G.N. Structural models of water. *Physics-Uspekhi*, 2006, vol. 176, no. 8, pp. 833-845. (In Russ.)]
4. Nilsson A., Pettersson L.G.M. Perspective on the structure of liquid water. *Chemical Physics*, 2011, vol. 389, pp. 1-34.
5. Мельниченко Н.А. Структура и динамические свойства жидкой воды. *Вестник ДВО РАН*, 2010, т. 1, с. 65-74. [Melnichenko N.A. Structure and dynamic properties of liquid water. *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2010, vol. 1, pp. 65-74. (In Russ.)]
6. Захаров С.Д., Зюзин М.В., Мосягина И.В. Вода: микроструктура и флуктуации. URL: <http://www.biophys.ru/archive/h2o-00027.pdf>. [Zakharov S.D., Zyuzin M.V., Mosyagina I.V. Water: microstructure and fluctuations. URL: <http://www.biophys.ru/archive/h2o-00027.pdf>. (In Russ.)]
7. Ito K., Yoshida H., Ise N. Void Structure in colloidal dispersions. *Science*, 1994, vol. 263, no. 7, pp. 66-68.
8. Ise N., Matsuoka H., Ito K., Yoshida H., Yamanaka J. Ordering of latex particles and ionic polymers in solutions. *Langmuir*, 1990, vol. 6, pp. 296-302.
9. Bunkin N.F., Shkirin A.V., Kozlov V.A., Starosvetskij A.V. Laser scattering in water and aqueous solutions of salts. *Proc. of SPIE*, 2010, p. 7376, Article Number: 73761D.
10. Фесенко Е.Е., Терпугов Е.Л. О необычных спектральных свойствах воды в тонком слое. *Биофизика*, 1999, т. 44, № 1, с. 5-9. [Fesenko E.E., Terpugov E.L. On the unusual spectral properties of water in a thin layer. *Biofizika*, 1999, vol. 44, no. 1, pp. 5-9. (In Russ.)]

11. Смирнов А.Н., Лапшин В.Б., Балышев А.В., Лебедев И.М., Сыроешкин А.В. Супранадмолекулярные комплексы воды. *Электронный журнал «Исследовано в России»*, 2004. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/038.pdf>. [Smirnov AN, Lapshin V.B., Balyshev A.V., Lebedev I.M., Syroeshkin A.V. Supranadmolecular complexes of water. *Electronic Journal "Investigated in Russia"*, 2004. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/038.pdf>. (In Russ.)]
12. Гончарук В.В., Смирнов В.Н., Сыроешкин А.В., Маляренко В.В. Кластеры и гигантские гетерофазные кластеры воды. *Химия и технология воды*, 2007, т. 29, № 1, с. 3-17. [Goncharuk V.V., Smirnov V.N., Syroeshkin A.V., Malyarenko V.V. Clusters and giant heterophase clusters of water. *Chemistry and Technology of Water*, 2007, vol. 29, no. 1, pp. 3-17. (In Russ.)]
13. Sedláč 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, pp. 4329-4338.
14. Букатый В.И., Нестерук П.И. Разработка измерительно-вычислительного комплекса и метода малых углов рассеяния для контроля оптических неоднородностей (кластеров) в бидистиллированной воде после действия магнитного поля. *Электронный физико-технический журнал*, 2012, т. 7. URL: <http://eftj.secna.ru/vol7/120702.pdf> [Bukaty V.I., Nesteruk P.I. Development of a measuring and computing complex and a method of small scattering angles to control optical inhomogeneities (clusters) in bidistilled water after the action of a magnetic field. *Electronic Physics and Technology Journal*, 2012, vol. 7. URL: <http://eftj.secna.ru/vol7/120702.pdf>. (In Russ.)]
15. Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П., Кульченко А.К., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В. Оценка структуры воды и водных растворов хлорида натрия с использованием диэлектromетрии и резонансного метода. *Вестник ТГАСУ*, 2013, т. 2, с. 235-244. [Laptev B.I., Sidorenko G.N., Gorlenko N.P., Kulchenko A.K., Sarkisov Yu.S., Antoshkin L.V. Evaluation of the structure of water and aqueous solutions of sodium chloride using dielectrometry and resonance method. *Vestnik of TSUAB*, 2013, vol. 2, pp. 235-244. (In Russ.)]
16. 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. URL: <http://www.mdpi.com/2073-4352/9/1/52>.
17. 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. URL: <https://www.mdpi.com/1422-0067/20/7/1582>.
18. Kolegov K.S. and Barash L.Yu. Joint effect of advection, diffusion and capillary attraction on a spatial structure of particle depositions from evaporating droplets. *arXiv:1903.06003 v1 [cond-mat.soft]* 14 Mar 2019
19. Hutchinson J.W., Suo Z. Mixed mode cracking in layered materials. *Advances in Applied Mechanics*, 1991, vol. 29, pp. 63-191. DOI: 10.1016/S0065-2156(08)70164-9.
20. Vacchin P., Brutin D., Davaille A., Giuseppe E., Chen X.D., Gergianakis I., Giorgiutti-Dauphin'e F., Goehring L., Hallez Y., Heyd R., Jeantet R., Floch-Fouere C., Meireles M., Mittelstaedt E., Nicloux C., Pauchard L., Saboungi M.-L. Drying colloidal systems: Laboratory models for a wide range of applications. *Eur. Phys. J. E*, 2018, vol. 4, p. 94. DOI: 10.1140/epje/i2018-11712-x.
21. Савельев Д.Е., Федосеев В.Б. Твёрдофазное перераспределение минеральных частиц в восходящем мантийном потоке как механизм концентрации хромита в офиолитовых ультрамафитах (на примере офиолитов Крака, Южный Урал). *Георесурсы*, 2019, т. 21, № 1, с. 31-46. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.1.31-46>. [Saveliev D.E., Fedoseev V.B. Solid-phase redistribution of mineral particles in the ascending mantle flow as a mechanism for the concentration of chromite in ophiolite ultramafites (using the example of Kraka ophiolites, the South Urals). *Georesources*, 2019, vol. 21, no. 1, pp. 31-46. DOI: 10.18599/grs.2019.1.31-46. (In Russ.)]
22. Калясников Ю.А. *Наноминералогия воды и биосферные процессы: 2-е изд., перераб. и доп.* Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2000. 64 с. URL: <http://ukhtoma.ru/koljasnikov1.htm> [Kalyasnikov Yu.A. *Nano-mineralogy of water and biospheric processes: 2nd ed., Pererab. and add.* Magadan: SVNTS FED RAS, 2000, 64 p. URL: <http://ukhtoma.ru/koljasnikov1.htm>. (In Russ.)]
23. Shinozaki A., Kagi H., Noguchi N., Hirai H., Ohfuji H., Okada T., Nakano S., Yagi T. Formation of SiH₄ and H₂O by the dissolution of quartz in H₂ fluid under high pressure and temperature. *American Mineralogist*, 2014, vol. 99, no. 7, pp. 1265-1269. DOI: 10.2138/am.2014.4798.
24. Futera Z., Yong X., Pan Y., Tse J.S., English N.J. Formation and properties of water from quartz and hydrogen at high pressure and temperature. *Earth and Planetary Science Letters*, 2017, vol. 461, pp. 54-60. DOI: 10.1016/j.epsl.2016.12.031.
25. Coghlan A. Deepest water found 1000km down, a third of way to Earth's core. *New Scientist*, 27 January 2017. <https://www.newscientist.com/article/2119475-planet-earth-makes-its-own-water-from-scratch-deep-in-the-mantle>.

PHYSICAL-CHEMICAL EVOLUTION OF THE DISPERSED PHASE OF WATER WHEN IT DRYES

Yakhno T.A.^{1,2}, Yakhno V.G.^{1,2}¹Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences

Ulyanova str., 46, Nizhny Novgorod, 603950, Russia

²N.I. Lobachevsky Nizhny Novgorod State University

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

Abstract. The dynamics of the formation of the texture of the drying precipitate of the dispersed phase (DP) of water is considered. It was previously shown that DP observed through an optical microscope is represented by aggregates of liquid crystal spheres of $\sim 10 \mu\text{m}$ in size, each of which is formed around a NaCl microcrystal and is its hydration shell. After evaporation of free water, the central zone of the sediment film is deformed and cracks, acquiring the texture of the mountain landscape. The microspheres bordering the cracks are destroyed, the hydrated shells dissociate and the salt solution penetrates the cracks. The formation of free water ensures the advancement and cascade of NaCl recrystallizations along the cracks (channels) before they enter the total volume - the place where the channels merge. A cluster of crystalline NaCl is formed there. This ensures spatial separation of sediment components. On the periphery of the drying film, radially arranged serpentine chain structures are formed, described earlier for drying colloidal dispersions as a result of advection, diffusion, and capillary attraction (Colegov and Barash, 2019). The similarities and differences in the observed processes with the description of aging colloidal systems, as well as with the physics of tectonic faults, are discussed.

Key words: water, dispersed phase, drying, deformation, separation of components.