

УДК 532.74; 53.098

UDC 532.74; 53.098

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ,  
ОБУСЛАВЛИВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СТРУКТУРУ И  
СВОЙСТВА ВОДЫ**

**ANALYSIS OF THE PROCESSES CAUSED THE  
MAGNETIC FIELD INFLUENCE ON A  
STRUCTURE AND PROPERTIES OF WATER**

Власов Виктор Алексеевич  
д.ф.-м.н., профессор

Vlasov Viktor Alekseevich  
Dr.Sci.Phys.-Math., professor

Мышкин Вячеслав Федорович  
д.ф.-м.н., доцент  
*Томский национальный исследовательский  
политехнический университет, Томск, Россия*

Mishkin Viacheslav Fedorovich  
Dr.Sci.Phys.-Math., associate professor  
*National Research Tomsk Polytechnic University,  
Tomsk, Russia*

Хан Валерий Алексеевич  
д.т.н.  
*Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск,  
Россия*

Khan Valery Alekseevich  
Dr.Sci.Tech.  
*Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia*

Ижойкин Дмитрий Александрович  
инженер

Izhoykin Dmitry Aleksandrovich  
engineer

Гамов Денис Леонидович  
аспирант  
*Томский национальный исследовательский  
политехнический университет, Томск, Россия*

Gamov Denis Leonidovich  
postgraduate student  
*National Research Tomsk Polytechnic University,  
Tomsk, Russia*

Проведен обзор научных публикаций, посвященных влиянию магнитного поля на размеры и концентрацию кластеров. Эти структурные перестройки сопровождаются изменением физико-химических свойств водных систем. Например, изменяется коэффициент поверхностного натяжения. Показано, что в слабом магнитном поле, не обладающей значительной энергией, изменяются проводимость и диэлектрическая проницаемость воды. Установлено, что характеристики активированной магнитным полем воды могут сохраняться значительное время

The scientific publications review about a magnetic field influence on cluster sizes and their concentration was carried out. These structural changes are attended by the water system physicochemical properties changes. For example, the surface tension coefficient changes. It is shown, that the conductivity and the dielectric constant of water change in a weak magnetic field. It is provided, that characteristics of water activated by a magnetic field can save in a significant time

Ключевые слова: ВОДА, ДИПОЛЬ, КЛАСТЕР, МАГНИТНОЕ ПОЛЕ, РАЗБАВЛЕННЫЙ РАСТВОР, СТРУКТУРА КЛАСТЕРА

Keywords: WATER, DIPOLE, CLUSTER, MAGNETIC FIELD, DILUTE SOLUTION, CLUSTER STRUCTURE.

В связи с обострением проблемы питьевой воды, большое внимание уделяется изучению разбавленных водных растворов. Цель работы – анализ научных публикаций по изучению свойств воды в магнитном поле.

В настоящее время признано, что благодаря межмолекулярным водородным связям, вода по своим свойствам отличается от других

гидридов и имеет ассоциативную структуру [1]. Движущей силой кластерообразования является ориентация и поляризация дипольных молекул жидкости [2].

Жидкая вода является в структурном отношении очень чувствительной системой. В воде имеются огромное количество метастабильных состояний. Число возможных способов соединения молекул воды друг с другом и стабильных конфигураций жидких кристаллов на их основе огромно [3].

Активность воды обусловлено не числом водородных связей, а их распределением по структуре [4]. Наличие пространственной структуры в воде впервые показано Берналом [5]. Особенности структурного строения воды и ее метастабильность позволяют последней откликаться на внешнее воздействие любой природы и переходить в активированное состояние [6].

В настоящее время экспериментально установлено существование в воде гигантских гетерофазных кластеров воды (ГГКВ), имеющих размеры 3,5 - 30 мкм. ГГКВ - фрагменты воды с измененными свойствами - это "микрообъемы" воды, в образовании которых принимают участие изотопмеры HDO. ГГКВ содержат  $10^{10}$  -  $10^{13}$  молекул воды [7].

Дейтерий в воде практически весь связан в HDO. В молекуле HDO атом D связан с кислородом сильнее, чем H. Поэтому межмолекулярные дейтериевые связи молекулы HDO слабее, чем водородные связи молекулы H<sub>2</sub>O. При этом две OH-группы одной молекулы, как правило, возмущены H-связями разной силы, что приводит к её асимметрии. Мерой различия OH-групп может служить разность частот их колебаний, превышающая  $600 \text{ см}^{-1}$  (полная ширина полосы частот  $\nu_{\text{OH}}$  в смеси молекул HOD и D<sub>2</sub>O), что составляет 1/5 средней величины  $\nu_{\text{OH}}$ . На асимметрию молекул воды в жидкости первыми отметили Шиффер и Хорниг [8].

Неравноценность межмолекулярных H- и D-связей обуславливает преимущественно одну из возможных ориентаций соседних молекул HDO

в воде и под влиянием сил ориентационной и миграционной поляризации приводит к образованию цепи из молекул HDO [9].

Все вещества взаимодействуют с магнитным полем. Магнитное поле в веществе изменяет свою величину, по сравнению с вакуумом. В системе СИ:

$$B = \mu \mu_0 H,$$

где  $B$  - магнитная индукция (Тл),  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м - магнитная постоянная,  $\mu$  - магнитная проницаемость вещества,  $H$  - напряженность магнитного поля (А/м).

Существуют несколько гипотез процесса изменения свойств воды в магнитном поле. Например, магнитное поле влияет на структуру сетки водородных связей. Энергия межмолекулярных водородных связей сравнительно невелика, что приводит к постоянному изменению структуры связей. Отмечается, что для изменения водной системы необходима небольшая величина приложенной внешней энергии [10].

Известны результаты исследования изменения показателя преломления бидистиллята после 6 ч действия на нее постоянного магнитного поля. Измерения были выполнены с помощью интерферометра. Максимальная величина изменения показателя преломления  $\Delta n = n - n_0 = 5 \cdot 10^{-5}$ , которые сохранялись в течение часа [11]. Было показано, что после 6 часового выдерживания бидистиллята в геомагнитном поле (вертикальная составляющая  $H_{\text{гео}} \approx 5 \cdot 10^{-5}$  Тл), модулированном низкочастотным магнитным полем  $H_0 \cos 2\pi f$  ( $H_0 = 10^{-7} - 2,7 \cdot 10^{-4}$  Тл,  $f = 10^{-2} - 10^2$  Гц), при определенных соотношениях  $H/f$  появлялись экстремумы изменений тангенса угла диэлектрических потерь ( $\Delta \text{tg} \delta$ ) на частотах 70 кГц и 160 МГц электропроводности ( $\sigma$ ), теплопроводности ( $\chi$ ), температуры переохлаждения воды ( $-\Delta T$ ), светопропускания ( $\Delta D$ ) водного раствора красителя Р6Ж [12, 13]. Было установлено, что изменения макроскопических свойств  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{D}_2\text{O}$ ,

индуцированные переменным магнитным полем, зависят от его величины, частоты, длительности действия и температуры [14].

Эффект действия магнитного поля на лед в несколько раз превосходит аналогичный эффект в жидкой воде. Обнаружена "память" воды и льда при действии магнитного поля, которая сохранялась в течение нескольких часов при 20°C, но исчезала при нагреве воды до 50°C [15]. Причиной обнаруженных эффектов является действие магнитного поля на вероятность переноса протонов по цепочкам водородных связей воды, что и приводит к изменению структуры кластеров. Доказательством протонного механизма действия магнитного поля считают обнаруженный сдвиг частоты резонанса в D<sub>2</sub>O относительно H<sub>2</sub>O при измерениях  $\Delta \text{tg} \delta / \text{tg} \delta$  на частотах 30 и 160 МГц [16].

К настоящему времени накоплены экспериментальные данные, доказывающие эффективность применения магнитного поля при осуществлении различных физико-химических процессов. Зафиксированы изменения структурных, оптических, кинетических, магнитных свойств. Молекулы воды, их ассоциаты, гидратированные ионы совершают тепловые колебания. При воздействии на эту систему переменным полем возможен резонанс с определенной группой молекул (ассоциатов), сопровождаемый деформацией связи, изменением структурной характеристики системы [17].

Обработка магнитным полем (0,3 Тл) проточной высокоомной воды приводит к ее более плотной структурной упаковке [18]. Предполагается, что образование ассоциатов воды, упорядочение объемной трехмерной сетки водородных связей происходит за счет преимущественного образования более сильных водородных связей и упорядочения их трехмерной сетки.

Действие магнитного поля на поток воды может быть связано с действием поля на заряды. Экспериментальные исследования показали,

что кластеры, содержащие 3 - 18 молекул воды, имеют большой дипольный момент, создавая вокруг электрическое поле [20]. В магнитном поле, под действием силы Лоренца, образуются пластинчатые домены ориентированных молекул воды, стабилизированные ионами, а непрочные соединения распадаются на мономолекулы (плоские слои диполей воды).

Методом малоуглового лазерного рассеяния (0,6328 мкм) определены типичные функции распределения неоднородностей по размерам. Измерения проводились с бидистиллированной водой и после воздействия на неё в течение 30 минут полем 1,5 Тл. После воздействия число частиц малых размеров уменьшилось. Причины этого изменения могут быть обусловлены влиянием поля непосредственно на воду и действием на ионы в воде [21]. Измерения функции распределения частиц показали наличие в воде без воздействия магнитного поля кластеров размерами 1,5-6,0 мкм (среднеарифметический радиус – 2,3 мкм). При воздействии постоянного магнитного поля среднеарифметический радиус составил 2,5 мкм [22].

Оценка трехмерной формы крупных кластеров воды проводилась методом полных индикатрис рассеяния лазерного излучения после воздействия магнитным полем, ориентирующим кластеры. Магнитное поле создавалось стержневыми магнитами ( $d = 5$  мм,  $l = 25$  мм), один из которых помещался торцом под кюветой, а другой опускался в кювету на нити (вертикальная ориентация моментов). Кювета облучалась лазерным диодом (0,65 мкм,  $< 1$  мВт) и поворачивалась с дискретностью по углу  $15^\circ$  [23].

Движущаяся вода с дипольными структурами во внешнем магнитном поле подобна проводнику. Для получения эффекта активации необходимо либо проточное движение воды в постоянном магнитном поле, либо импульсное электромагнитное поле. Для наложения эффекта необходимо увязывать скорость потока воды и частоту поля, иначе поле может не успевать образовывать кластерные структуры в воде [24, 25].

Таблица 1 Радиусы и среднеквадратичные отклонения кластеров воды (горизонтальная и вертикальная ориентация магнитных моментов) [23].

| Вода                     | $\bar{r}_{\parallel}$ , мкм | $d_{\parallel}$ , % | $\bar{r}_{\perp}$ , мкм | $d_{\perp}$ , % | $\Delta\bar{r}$ , % |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|
| из артезианской скважины | 0,89                        | 8,7                 | 0,90                    | 10,5            | -0,89               |
| водопроводная            | 1,805                       | 10,91               | 1,943                   | 9,71            | -7,62               |
|                          | 0,299                       | 10,13               | 0,302                   | 6,8             | -1                  |
| дистиллированная         | 1,341                       | 12,7                | 1,458                   | 12,5            | -8,72               |
|                          | 0,43                        | 8,5                 | 0,437                   | 9,6             | -1,63               |
|                          | 0,285                       | 9,05                | 0,272                   | 10,6            | 4,56                |
| ключевая                 | 0,577                       | 12,8                | 0,547                   | 6,8             | 5,2                 |
|                          | 0,918                       | 9,21                | 0,97                    | 12,74           | -5,66               |

Для активации воды использовали систему постоянных магнитов, установленных на пьезоэлектрическую пластину, для модуляции магнитного поля. Переменное магнитное поле (<1 эрстед, 7,2-8,2 Гц) исключает возможность прямого изменения химического состава воды. Экспериментально исследована проводимость и диэлектрическая проницаемость воды, активированной этим источником. Установлено, что характеристики активированной воды дольше сохраняются при пониженной температуре (5-7 дней при 5°C, 10-15 часов при 20°C, 4-6 часов при 40°C). Вязкость активированной в течение 30 минут воды снижается в 50-300 раз по сравнению не активированной в области малых сдвиговых напряжений [26]. Действие магнитного поля на бидистиллят ( $0,84 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$ ) приводит к увеличению поверхностного натяжения с ростом величины напряженности.

Таблица 2 Параметры бидистиллята в магнитном поле [26]

| Напряженность магнитного поля, Тл | рН           |     | Поверхностное натяжение |     | Диэлектрическая постоянная |     |
|-----------------------------------|--------------|-----|-------------------------|-----|----------------------------|-----|
|                                   | доли единицы | %   | $10^{-3} \text{ Н/м}$   | %   | Ф/м                        | %   |
| 0,19                              | 0,35         | 5,1 | 1,6                     | 2,2 | 1,5                        | 1,8 |
| 0,35                              | 0,44         | 6,4 | 3,7                     | 5,1 | 1,4                        | 1,7 |
| 0,48                              | 0,62         | 9,1 | 4,7                     | 6,4 | 1,4                        | 1,7 |
| 0,57                              | 0,62         | 9,1 | 5,3                     | 7,3 | 1,4                        | 1,7 |

Исследования влияния магнитного поля на воду, протекающую (4 л/с)

через область постоянного магнитного поля ( $10^5$  А/м), показали, что рост времени релаксации связан с образованием тяжелых кластеров [27].

Действие постоянного магнитного поля (0,02-0,11 Гс) на электрическое сопротивление воды носит инерционный характер. Эффект воздействия постоянного магнита складывался с эффектом, продуцируемым магнитным полем Земли (0,59 Гс). Постоянный магнит помещался на расстоянии 4,5 см от центра диэлектрической цилиндрической ячейки с плоскими электродами (при постоянной разности потенциалов 1,5 В плотность тока равна  $0,83 \text{ мкА/см}^2$ ). Сопротивление ячейки с дистиллированной водой увеличивается до максимального значения после включения магнитного поля. При выключении поля сопротивление возвращается до первоначального значения. Магнитное поле увеличивало сопротивление ячейки с водой на 1% за 20 мин. Время инерции составляло 5 мин [28].

Таблица 3 - Изменение сопротивления воды в магнитном поле [28]

|                    |       |       |       |      |      |
|--------------------|-------|-------|-------|------|------|
| <i>B</i> , Гс      | 0,022 | 0,045 | 0,068 | 0,09 | 0,11 |
| $\Delta R / R$ , % | 0,038 | 0,07  | 0,11  | 0,3  | 0,78 |

Инерционность изменения электрического сопротивления воды при наложении магнитного поля может быть связана с изменением степени гидратации ионов примесей из-за изменения структуры воды.

Показано изменение характеристик воды в слабом низкочастотном магнитном поле, после длительного хранения. Слабые магнитные поля, не обладая значительной энергией, не могут непосредственно стимулировать электронные переходы молекул воды. Такой эффект (эффект Джозефсона) заключается во влиянии векторного потенциала на фазу волновой функции заряженной частицы. Это может приводить как к изменению скорости химических реакций с участием таких молекул, так и к изменению скорости релаксации состояния водной системы. При векторном потенциале  $A \geq 5 \cdot 10^{-5}$  Тл м эффект может превосходить тепловые

флуктуации при 20°C [29]. Магнитное поле с напряженностью  $10^5 - 10^6$  А/м эквивалентно энергии воздействия  $10^{-8} - 10^{-9}$  Дж [19].

Экспериментально исследовано влияние постоянного кольцевого магнита с индукцией 1,3 Тл на воду, расположенной внутри кольца. Расчетная величина векторного потенциала по оси кольца составляла не менее  $10^{-4}$  Тл м [29].

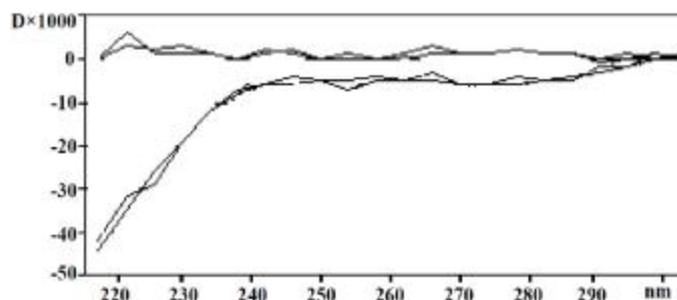


Рис. 1. Спектры поглощения кюветы с раствором 0,9% NaCl (верхние кривые – до воздействия, нижние – после воздействия) [29].

Выявлено увеличение оптической плотности в УФ области для деионизованной воды (18,2 МОм см) после 20 часового облучения магнитным полем. Исследования 0,9% раствора NaCl показали значительный эффект после 20 мин облучения (рис. 1).

Экспериментально исследовано влияние магнитного поля на спектры водных растворов. Статистически достоверно установлено изменение спектра в областях валентных и деформационных колебаний [30, 31].

Более поздние экспериментальные исследования влияния магнитного поля на бидистиллят показали, что магнитное поле способствует изменению интенсивностей вращательных спектров паров воды в диапазонах 328-323, 282-276, 111-60  $\text{см}^{-1}$ . Время релаксации воды после воздействия около 4 с. Спектры регистрировали через 1,5 часа после воздействия. Таким образом, эффект объясняется внутримолекулярными изменениями в структуре воды. Изменения ориентации ядерных спинов атомов водорода приводит к изменению моментов инерции молекул воды.

Энергия, необходимая для переориентации спинов значительно меньше, чем для разрыва связей [34].

При объяснении изменения свойств воды в магнитном поле с помощью кластеров очевидно, что энергия образования этих структур сопоставима с энергией теплового движения. Поэтому при снятии магнитного поля тепловое движение молекул приведет систему к начальному состоянию [35].

Экспериментально показано влияние магнитного поля 30-50 мТл на структуру льда, образованного из обработанной воды. Для льда, полученного из обработанной воды, характерна непрозрачность [36].

С помощью акустооптического метода изучалось влияние магнитного поля на воду и водные растворы. Установлено, что магнитное поле способствует изменению коэффициента преломления воды ( $\Delta n/n < 10^{-3}$ ,  $B \leq 10$  Тл), вязкости ( $\Delta \eta/\eta < 10^{-3}$ ,  $B \leq 1$  Тл). В магнитном поле  $B < 15$  Тл происходит увеличение стабильности структуры водородных связей [37].

Отмечалась связь между магнитным воздействием и растворённым в воде кислородом [32]. С помощью дифференциального метода подтверждено изменение поглощения у бидистиллированной воды после магнитного воздействия и показана важная роль растворенного в воде кислорода [33].

Струю воды пропускали со скоростью 3-4 м/с через магнитное поле 0,2 Тл. В результате воздействия рН воды смещался в щелочную сторону, а растворимость газов  $O_2$  и  $CO_2$  уменьшались [38].

Действие переменным магнитным полем (25 мкТл, 8 Гц) показало увеличение критического количества мицеллообразования на 15-25%. Разные соли приводят как к уменьшению, так и к увеличению эффекта [39].

Обработка магнитным полем водных эмульсий показала снижение скорости коррозии нефтегазопроводов на 40%, уменьшение отложений

солей до 50%, понижение температуры замерзания на 5-10°C, сдвиг pH в щелочную сторону на 0,5-1 единицу [40]. Для водопроводной воды скорость коррозии трубопроводов из стали марки 20 уменьшается до 33%. При этом снижение скорости коррозии пропорционально величине магнитного поля [41].

Обработка водонефтяной эмульсии переменным магнитным полем приводит к поляризации микрокапель воды, их коагуляции и увеличению размеров. Скорость расслоения водонефтяной эмульсии после обработки магнитным полем увеличивается до 50% [43].

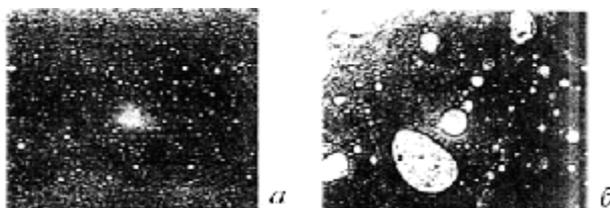


Рис. 3. Водонефтяная эмульсия. *а* – до, *б* – после магнитной обработки

Магнитная обработка (32 кА/м) пластовых вод, содержащих CaCO<sub>3</sub>, увеличивает выпадение осадка до 1,5 раза. Влияние постоянного магнитного поля в 1,5 раза больше, чем переменного. Значительное увеличение интенсивности выпадения соли в осадок происходит при напряженности магнитного поля 12-28 кА/м. Скорость образования осадка в воде, прошедшей магнитную обработку, практически не меняется с температурой, в отличие от контрольного образца. Воздействие магнитного поля на водно-солевой раствор приводит к интенсивному образованию микрокристаллов, но дальнейшего увеличения их размеров не происходит [44].

Таблица 4 Количество осадка CaCO<sub>3</sub> в магнитном поле [44].

|   |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|
| количество выпадения CaCO <sub>3</sub> , %      | 42 | 47 | 61 | 62 |
| напряженность постоянного магнитного поля, кА/м | 0  | 12 | 28 | 42 |

Керамика на основе активированной воды имеет лучшие свойства [42]. Прочность композитов на основе цемента значительно изменяются

при использовании в качестве затворяющего компонента воды, обработанной магнитным полем. Достигнуто улучшение показателя качества до 1,21 после 1 минуты воздействия и до 1,26 после 20 минут воздействия на водный поток. Уменьшение показателя качества цемента по прочности на основе воды, прошедшей обработку магнитным полем в стационарном состоянии связано с ростом поверхностного натяжения, что приводит к ухудшению смачивания и слипания жидкой и твердой фаз [45].

В настоящее время промышленностью выпускается разнообразные аппараты для омагничивания воды, как на электрических, так и на постоянных магнитах, применяемых для различных расходов воды [46]. Например, аппарат «Максимир» для обработки воды с помощью магнитного поля. При этом изменения сохраняются до 12 часов, а степень активации достигает до 30%. Отмечается дегазирующее действие магнитного поля [47].

**ВЫВОД.** Обзор научных публикаций показывает, что магнитное поле оказывает значительное влияние на водные растворы и эмульсии. Магнитное поле приводит к изменению количества и структуры водных кластеров, что сказывается на свойствах разбавленных водных растворов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Минобрнауки РФ №3.3734.2011 от 24.11.2011г.*

#### Список использованной литературы

1. Зацепина Г.Н. Физические свойства и структура воды. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. - 184 с.
2. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей.- Л.: Наука, 1975. -592с.
3. Самойлов О.Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. - М.: Изд-во АН СССР, 1957.
4. Захаров С.Д., Иванов А.В. Светоокислородный эффект - физический механизм активации биосистем квазимонохроматическим излучением. М., 2006. - 50с.
5. Bernal J.D., Fowler R.H. // J.Chem.Phys. 1933. – V.1. – P.513.
6. Классен В.И. Омагничивание водных систем. М.: Химия. - 1973. - 239с.
7. Смирнов А.Н., Лапшин В.Б., Балышев А.Б. и др. // Химия и технология воды.- 2005. - 27, № 2. - С. 111 - 137.
8. Schiffer J., Hornig D.F. // J.Chem.Phys., 49, 4150-4160, 1968.

9. Hillinger F.H. // Science. - 1980. - 209, N4455. - P.451- 457.
10. Бульенков Н.А. "Самоорганизующиеся триплетные структуры идеальных фракталов связанной воды с симметрией D3 и T" // Кристаллография, 1990. - Т.35(1). - С.147-154.
11. Семихина Л.П. Изменение показателя преломления воды после магнитной обработки // Коллоидный журнал.-1981.-Т.43.-№2.-С.401-404.
12. Киселев В.Ф., Салецкий А.М., Семихина Л.П. О влиянии слабых магнитных полей и СВЧ-излучения на некоторые диэлектрические и оптические свойства воды и водных растворов // Теоретическая и экспериментальная химия. 1988. - Т.3. - №2. - С.330-334.
13. Семихина Л.П., Киселев В.Ф. Влияние слабых магнитных полей на свойства воды и льда // Известия вузов. Физика.- 1988. - №5. - С.12-17.
14. Семихина Л.П. Влияние гипомангнитных полей на диэлектрические потери воды и льда // ЖФХ. - 1989. - Т.63. - №1. - С.274.
15. Киселев В.Ф., Салецкий А.М., Семихина Л.П. Структурные изменения в воде после воздействия слабых переменных магнитных полей // Вестник МГУ. Сер. физ., астрон.-1990. - Т.31. - №2. - С.53-58.
16. Березин М.В., Зицепина Г.Н., Киселев В.Ф. и др. Вода и лед как реверсивные информационные среды // ЖФХ. - 1991.- Т.65. - №5. - С.1338-1344.
17. Гапочка Л.Д., Гапочка М.Д., Королев А.Ф. и др. Воздействие электромагнитного излучения КВЧ - и СВЧ - диапазонов на жидкую воду // Вестник МГУ. – Сер. - Физ. астрон. – 1994. – Т. 35, № 4. – С. 71 – 76.
18. Караваева А.П., Маршаков И.К., Жидко-ножкина А.А. Некоторые свойства омагниченной глубокообессоленной воды // Теория и практика сорбционных процессов. – Воронеж. – 1976. – Вып. 11. – С. 78 – 83.
19. Миненко В.И. Электромагнитная обработка воды в теплоэнергетике. – Харьков: ХГУ, 1981. – 96 с.
20. R. Moro et al. // Physical Review Letters, 97, 123401 (18 September 2006)
21. Мокроусов Г.М., Горленко Н.П. Физико-химические процессы в магнитном поле // Томск. 1988. – 128 с.
22. Букатый В.И., Нестерюк П.И. Разработка измерительно-вычислительного комплекса и метода малых углов рассеяния для контроля оптических неоднородностей (кластеров) в бидистиллированной воде после действия магнитного поля // ЭФТЖ. - 2012. – №7. - С.6-11.
23. Коваленко В.Ф., Бордюк А.Ю., Шутов СВ. Определение формы кластеров воды // Оптика атмосферы и океана, 2011. – Т.24. - №7. – С.601-607.
24. Уманский Д.И. Влияние магнитного поля на диэлектрическую проницаемость технической воды // ЖТФ. - 1965. - Вып.2. - С.2245-2248.
25. Миненко В.И. Магнитная обработка водно-дисперсных систем. - К.: Техника, 1970.- 165с.
26. Высоцкий В.И., Корнилова А.А. Физические основы долговременной памяти воды // Вестник МГУ. Серия физ. и астр., 2004. - №3. – С.58-62.
27. Суляев В.И., Монголина Н.А., Павлова А.А. Изменение удельной проводимости дистиллированной воды при воздействии постоянным магнитным полем // Известия вузов. Физика. – 2006. – № 9. – Приложение. – С.127–128.
28. Санкин Г.Н., Тесленко В.С. Инерционность изменения электропроводности воды в слабых постоянных магнитных полях // ЖТФ. – 2000. – Т.70. - Вып. 3. – С.64-65.
29. Трухан Э.М., Пилипенко П.Н. Некоторые физико-химические характеристики слабых электромагнитных воздействий на водную среду // Экологический вестник. 2010. - №2(12). - С.66-72

30. Классен В.И., Орел М.А., Саруханов М.А. и др. Вода и магнит // Известия Сибирского отделения, Докл. АН России, Сер. хим. наук, 1971. – 197с.
31. Мирумьянц С.О., Вандрюков Е.В., Тухватуллин Р.С. Экспериментальное исследование воды в динамической магнитной системе // ЖФХ. – 1972. – № 1. – С. 74 – 81.
32. Классен В.И., Шафеев Р.Ш., Хажинская Г.Н. О влиянии магнитной обработки воды на концентрацию растворенного  $O_2$  // Известия Сибирского отделения, Докл. АН России, Сер. хим. наук, 1970. – 190 с.
33. Карякин А.В., Кривенцова Г.А., Соболева Н.В. Магнитная обработка воды // Доклады РАН, Сер. Хим. наук, 1975. – 221 с.
34. Морозова И.В., Морозов В.И. Влияние электрофизического воздействия на вращательные спектры паров молекул воды // Электроника та системи управління. 2010. - №3(25). - С.5-9.
35. Глебов А.Н., Буданов А.Р. Магнетохимия: магнитные свойства и строение веществ // Соросовский образовательный журнал, 1997. – №7. - С.44-51.
36. R. Moro et al. // Physical Review Letters, 97, 123401 (18 September 2006)
37. Лаврухин Д.В., Мелехов А.П., Ошурко В.Б. // Научн. сессия МИФИ-2006 / Сб. науч. тр. - Т.4. М.: МИФИ, 2006. - С.228.
38. Пасько О.А. Физико-химические изменения в водопроводной воде при ее обработке различными способами // Вода: химия и экология. – 2010. – № 7. – С.40-45.
39. Мартынюк В.С., Панов Д.А., Цейслер Ю.В. Влияние магнитного поля крайне низкой частоты на критическую концентрацию мицеллообразования в воде и водных растворах электролитов // Физика живого, 2008. - Т.16. - №2. - С.78-84.
40. Чернова К.В. Магнитная обработка промышленных жидкостей как способ решения экологических проблем в нефтегазодобыче // Успехи современного естествознания. - 2004. – № 12. - С.104-105.
41. Инюшин Н.В., Ишемгужин Е.И., Каштанова Л.Е., Лаптев А.Б., Максимочкин В.И., Хайдаров Ф.Р., Шайдаков В.В. Аппараты для магнитной обработки жидкостей. – Уфа: Государственное издательство научно-технической литературы «Реактив», 2000. - 147с.
42. Гурьева В.А., Помазкин В.А., Редько Л.Т. О целесообразности использования физической активации воды в технологии изделий строительной керамики // Вестник ОГУ, 2006. - №2. - С.113-116.
43. Мурсалов Е.Г. Аналитическое исследование воздействия переменного электромагнитного поля на процесс коагуляции воды в водородных эмульсиях // Вестник АГТУ, 2009. - №1. – С.51-55.
44. Инюшин Н.В., Ишемгужин Е.И., Каштанова Л.Е. и др. Аппараты для магнитной обработки жидкостей. - М: «Недра-Бизнесцентр», 2001. - 144с.
45. Сафронов В.Н. Электрофизические технологии активации строительных материалов. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2005. – 140 с.
46. Мосин О.В. Магнитные системы обработки воды. Основные перспективы и направления // Сантехника. - № 1. - 2011. – С.28-31.
47. Матвиевский А.А., Овчинников В.Г. Аппаратный комплекс «МАКСМИР» - новый этап в развитии безреагентных методов водоподготовки в теплоэнергетике // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение, 2011. - №12. - С.42-45.