

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского»

На правах рукописи
УДК [54-145.2:537.612](043.3)

ВЕРХОВ ДМИТРИЙ ГЕННАДИЕВИЧ

**ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛОЖНЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ В
ВОДНОЙ СРЕДЕ**

03.01.02 – биофизика

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель:
доцент, кандидат физ.-мат. наук
Усанов А.Д.

Саратов 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ВОДНУЮ СРЕДУ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ.....	12
1.1 Влияние магнитных полей на различные параметры биологических объектов и биосистем.....	12
1.2 Влияние магнитных полей на физико-химические свойства воды и водных растворов.....	19
1.3 Причины образования органоминералов и способы их удаления и растворения	27
1.4 Влияние магнитных полей на семена растений	34
2. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО НИЗКОЧАСТОТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАСТВОРЯЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ВОДЫ.....	44
3. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАСТВОРЕНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛОВ ЧЕЛОВЕКА IN VITRO.....	55
3.1 Влияние низкочастотного магнитного поля на растворение органоминералов человека оксалатного типа в воде in vitro	55
3.2 Влияние переменного магнитного поля на разрушение органоминералов человека в водных растворах мочевины in vitro.....	65
4. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НА СВЧ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ ..	72
4.1 Влияние переменного магнитного поля на электрофизические параметры на СВЧ водного раствора соли сульфата меди (II)	72
4.2 Влияние переменного магнитного поля на физические параметры на СВЧ различных видов семян	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	96
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	98

ВВЕДЕНИЕ

Среди множества антропогенных факторов, влияющих на биологические системы, особое внимание уделяют переменным магнитным полям (ПМП). Переменные электрические и магнитные поля постоянно сопровождают все природные процессы на Земле. В настоящее время интенсивно ведутся исследования по воздействию слабых электромагнитных полей на живые организмы. При исследовании влияния магнитных полей на биообъекты рассматривается воздействие либо переменной и постоянной его компонент с различными вариациями значений амплитуд и частот воздействия, либо только одной его составляющей, например, переменной компоненты. Особое место среди различных типов электрических и магнитных воздействий занимают низкочастотные магнитные поля, действие которых на биообъекты многие исследователи связывают с изменением характеристик воды и водных растворов [1-4].

Во многих работах в качестве индикатора такого воздействия использовалась пресноводный рачок дафния (*Daphnia magna* Straus), являющаяся признанным биотестом при анализе качества воды [5-7]. В качестве параметра, чувствительного к воздействию ПМП, в ряде исследований авторами выбиралось изменение ритма сердцебиений дафнии [8-10]. Было установлено, что при воздействии переменного магнитного поля происходил сдвиг частоты сердцебиений дафнии [11]. Также показано, что действие переменного магнитного поля на семена однодольных и двудольных растений сопровождалось увеличением от 10 до 30 % их митотической активности [12]. Для измерения результатов воздействия ПМП использовался также резонаторный СВЧ-метод определения изменения характеристик водной среды (диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь) [13]. Однако использование этого метода требует предварительной калибровки, что при

измерении двух параметров: диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь, является дополнительным источником погрешностей. Волноводный СВЧ-метод исследования влияния низкочастотного ПМП на физические характеристики зерновок сорго использовался А.Э. Постельгой, А.Д. Усановым, Ю.А. Беляченко и др. Было установлено, что максимальное изменение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь для этого вида семян происходит на частоте ~ 10 Гц. Представляет интерес выяснение с помощью СВЧ-методов влияния низкочастотного переменного магнитного поля на характеристики широкого набора различных видов семян растений и выяснение специфики влияния частоты магнитного поля.

Исследование действия низкочастотного переменного магнитного поля на одноклеточную водоросль *Scenedesmus* было проведено в диссертационной работе А.В. Рязниной [14]. Также было показано влияние ПМП на выживаемость и плодовитость дафний [15]. Так как все живые объекты содержат воду, то изменения их характеристик, происходящие под действием переменного магнитного поля, могут быть связаны с изменением параметров водной среды. Кроме того, известны соединения, присутствующие в живых организмах в качестве метаболитов, которые способны модифицировать структуру воды. Таким веществом, в частности, является мочевины, для которой любая вода – структурированная или обычная, являются хорошим растворителем [16]. Поэтому представляет интерес провести исследование с использованием мочевины в составе водных растворов, обработанных ПМП, в качестве растворителя веществ. В биологических объектах вода в основном связана с органической (белковой) частью клеток. Так в работе [17] было показано влияние ПМП на структурную организацию воды белками животного и растительного происхождения. После воздействия ПМП на водные растворы белков наблюдалось увеличение в $\sim 1,5$ -2 раза доли связанной воды этими белками относительно необработанных растворов. Также известно отличие связанной воды от обычной, которое заключается в ее сниженной растворяющей способности [18].

Тем не менее, влияние низкочастотного переменного магнитного поля на структурную организацию воды в биологических объектах в настоящее время недостаточно изучено. Проведение таких исследований актуально, так как в результате могут быть определены частоты ПМП, на которых эффект воздействия проявляется наибольшим образом. Это может послужить основой для объяснения влияния низкочастотного переменного магнитного поля на процессы растворения солей и органоминералов, а также на изменения физических характеристик семян, связанных с изменением свойств воды.

Вышесказанное в качестве актуальных задач, которые необходимо решить в диссертационной работе, позволяет сформулировать следующее:

1. Исследовать влияние низкочастотного переменного магнитного поля на изменение физических характеристик водных растворов на примерах растворения солей сульфата меди (II) и органоминералов человека *in vitro*;
2. Исследовать влияние ПМП на электрофизические параметры на СВЧ водных растворов на примере водного раствора соли сульфата меди (II) и различных видов семян.

На основании вышеизложенного была сформулирована цель диссертационной работы: выявить закономерности изменения физических характеристик водных растворов многокомпонентных органоминеральных и сложных биофизических систем при воздействии переменного магнитного поля.

Новизна исследований, проведенных в ходе выполнения диссертационной работы, состоит в следующем:

1. Исследованы зависимости изменения пропускания света и плотности водных растворов соли от частоты воздействия низкочастотного ПМП на примере хорошо растворимой соли сульфата меди (II) CuSO_4 .
2. Установлено, что максимальное количество растворенного вещества органоминералов наблюдается при частоте воздействующего ПМП ~ 2 Гц.
3. Показано, что под действием переменного магнитного поля на насыщенные растворы соли сульфата меди (II) происходит изменение величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла

диэлектрических потерь на СВЧ этих растворов. Максимальные изменения данных электрофизических параметров наблюдаются при воздействии переменного магнитного поля с частотой ~ 2 Гц.

4. Показано влияние низкочастотного ПМП на диэлектрическую проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь на СВЧ семян различных видов растений. Установлено, что максимальные изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь сухих и предварительно замоченных семян в большинстве случаев происходят при воздействии низкочастотного ПМП в окрестности частоты 10 Гц.

Достоверность полученных экспериментальных результатов обеспечивается использованием стандартной измерительной аппаратуры, а также высокой степенью автоматизации процесса регистрации экспериментальных данных. При проведении измерений предпринимались меры по обеспечению постоянства температуры с целью нивелирования влияния данного физического фактора на результаты экспериментов.

Практическая значимость полученных результатов заключается в следующем:

1. Воздействие переменного магнитного поля на воду можно использовать при регулировании процессов растворения веществ в воде, либо увеличивая, либо уменьшая ее растворяющую способность в зависимости от требуемых условий.
2. Влияние переменного магнитного поля с максимально эффективной частотой на воду и растворы мочевины, в которых происходит растворение органоминералов из организма человека, позволяет увеличить их растворение, что представляет интерес для терапии мочекаменной болезни.
3. В случае использования в качестве растворителя водных растворов мочевины наблюдается более эффективное растворение и разрушение мочевых камней человека *in vitro* по сравнению с использованием

обычной воды, что также может быть использовано в процессах растворения патоминералов *in vivo*.

4. Влияние переменного магнитного поля на изменения электрофизических параметров на СВЧ семян, связанные с повышением митотической активности семян, позволяют судить о стимулирующем эффекте действия магнитного поля на семена, что в итоге может привести к повышению урожайности.
5. Результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, использованы в учебном процессе для подготовки магистров, обучающихся по направлению «Физика» профиль подготовки «Медицинская физика», в учебных курсах «Биофизические аспекты воздействия электромагнитных полей» и «Биофизические аспекты действия электромагнитного излучения на клетку», изучаемых студентами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ.

На защиту выносятся следующие положения:

1. При растворении соли CuSO_4 в дистиллированной воде, обработанной низкочастотным ПМП с частотой из диапазона 11-25 Гц в течение 1 часа, пропускание света в опытных растворах было меньше, а их плотность – больше по сравнению с контрольным раствором, тогда как при аналогичной обработке с частотой из диапазона 1-10 Гц пропускание в опытных растворах было больше, а их плотность – меньше, чем в контроле. При воздействии низкочастотного ПМП на готовые водные растворы соли наблюдается противоположный эффект действия ПМП на тех же частотах.
2. Максимальное количество растворенного вещества при растворении органоминералов оксалатного типа из организма человека наблюдается при воздействии переменного магнитного поля с частотой ~ 2 Гц на воду, в которой находился патоминерал, и было выше, чем количество растворенного вещества патоминералов в контрольных растворах (без

воздействия ПМП). Эффективность разрушения образцов, сопровождающееся выходом растворимых компонентов в растворы, повышалась, если вместо воды использовали водный раствор мочевины.

3. Максимальные изменения величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь водных растворов соли CuSO_4 в СВЧ диапазоне происходят при воздействии переменного магнитного поля с частотой в районе 2 Гц, на которой наблюдаются максимальные изменения растворяющей способности воды.
4. При воздействии ПМП с частотой около 10 Гц на семена различных видов растений происходят максимальные изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь на СВЧ семян, что соответствует максимальному увеличению концентрации растворенного в воде кислорода, являющимся одним из факторов, стимулирующих клеточное деление.

Апробация работы. Работа выполнена на кафедре медицинской физики Саратовского государственного университета в 2010-2015 годы. Основные положения и результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, докладывались и обсуждались на:

- Всероссийском конкурсе научных работ бакалавров и магистрантов «Биосовместимые материалы и покрытия», проводимом в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (г. Саратов, 2010);
- научно-практической Всероссийской конференции (школе-семинаре) молодых ученых «Современные исследования в области естественных и технических наук: междисциплинарный поиск и интеграция» (г. Тольятти, 2012);
- Всероссийской молодежной научной конференции «Актуальные вопросы биомедицинской инженерии» (г. Саратов, 2013);

- Ежегодной Всероссийской научной школе-семинаре «Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине - 2013» (г. Саратов, 2013);
- Всероссийской научной школе-семинаре «Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами» (г. Саратов, 2014, 2015).

По результатам исследований, выполненных при работе над диссертацией, опубликовано 13 работ, в том числе 5 статей в журналах, входящих в перечень ВАК, тезисы 8 докладов на всероссийских конференциях.

Личное участие автора заключалось в проведении критического анализа литературных данных по теме диссертации, выполнении экспериментальных исследований по влиянию переменного магнитного поля на исследуемые объекты, установлении зависимостей изменения измеряемых величин от частоты переменного магнитного поля, разработке и применении нового методического подхода в проведении процесса растворения органоминералов из организма человека посредством действия на водные растворы ПМП на заданной частоте, а также использования мочевины в целях увеличения эффективности разрушения мочевых камней, обработке и анализе полученных результатов и участии в формулировании научных положений и выводов.

Диссертация состоит из введения, 4 разделов, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 116 страниц машинописного текста, включая 26 рисунков и 2 таблицы. Список литературы содержит 171 наименование и изложен на 19 страницах.

Во введении обоснована актуальность темы исследований, сформулирована цель диссертационной работы, определена новизна исследований, обсуждена практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту, изложено краткое содержание диссертации.

В первом разделе приведен критический анализ исследований влияния переменных магнитных полей на различные параметры водной среды и

биологических объектов. Обоснована актуальность исследования влияния переменных магнитных полей на изменение растворяющих свойств воды, приводящих к регулированию процесса растворения различных веществ. Также показана актуальность поиска новых методических подходов в терапии мочекаменной болезни человека, основанных на более эффективных способах растворения патогенных минералов посредством увеличения растворяющих свойств растворителя. Рассмотрено влияние магнитных полей на семена растений. Отмечено, что влияние ПМП может стимулировать процесс набухания при проращивании семян, что способствует активации роста и развития растений.

Во втором разделе приведены результаты исследований по влиянию низкочастотного переменного магнитного поля с частотами из диапазона 1-30 Гц на изменение физических характеристик водного раствора на примере растворения соли сульфата меди (II). Показано, что в случае обработки дистиллированной воды, используемой в дальнейшем как растворитель соли, ПМП с частотой из диапазона ~11-25 Гц, происходило уменьшение пропускания света в водных растворах соли и увеличение их плотности, а при частотах из диапазона ~1-10 Гц – увеличение пропускания и уменьшение плотности. При использовании готовых водных растворов соли сульфата меди (II) наблюдался противоположный эффект действия ПМП на тех же частотах.

В третьем разделе приведены результаты экспериментальных исследований по влиянию переменного магнитного поля на растворение органоминералов человека *in vitro*. Показано, что в опытных растворах, обработанных ПМП с частотой из диапазона 2-9 Гц, происходит уменьшение пропускания света в этих растворах в процессе растворения мочевых камней по сравнению с контрольными растворами. При воздействии на растворы ПМП с частотами 11 и 22 Гц напротив, наблюдается увеличение пропускания света в опытных растворах относительно контроля. Кроме того, показано, что эффективность разрушения мочевых камней *in vitro* можно увеличить, используя для этого водные растворы мочевины, обработанные ПМП с частотой 2 Гц.

В четвертом разделе приведены результаты экспериментальных исследований по влиянию переменного магнитного поля на электрофизические параметры на СВЧ различных объектов. Получены зависимости изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь растворов соли сульфата меди (II) от частоты воздействия переменного магнитного поля, а также обнаружена взаимосвязь изменения этих параметров с изменением пропускания света в водном растворе соли CuSO_4 . Кроме того, показано влияние переменного магнитного поля на диэлектрическую проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь на СВЧ различных видов семян растений.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ВОДНУЮ СРЕДУ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

1.1 Влияние магнитных полей на различные параметры биологических объектов и биосистем

Действие электромагнитных полей различной интенсивности является экологически значимым фактором внешней среды, влияющим на многие биологические процессы. Определение механизмов биологического действия слабых и сверхслабых электромагнитных полей является на сегодняшний день одним из главных вопросов, который ставит перед собой современная наука. Данный вопрос охватывает различные области знания и затрагивает определенные аспекты, связанные с влиянием магнитных полей на биосистемы, что, в свою очередь, является предметом исследований биофизики, биохимии, биологии и медицины. В настоящее время не вызывает сомнения тот факт, что электромагнитное поле искусственного происхождения может способствовать активному изменению хода различных биологических процессов. Имеются сообщения, что магнитные поля влияют на живые существа любой степени организации - от простейших до высших. Так, например, в работе [19], приводятся свидетельства того, что слабые постоянные и низкочастотные магнитные поля вызывают разнообразные биологические эффекты. Также известно, что влияние магнитных полей проявляется как на уровне целого организма, так и на клеточном уровне. Например, магнитные поля в диапазоне низких и инфранизких частот влияют на цитоскелет [20, 21], экспрессию генов [22, 23], ионную проницаемость [24-27], конформацию макромолекул [28-32], эмбриогенез [33, 34]. В работе [31] показано, что воздействие слабым комбинированным постоянным (42 мкТл) и низкочастотным переменным (40 нТл,

3-5 Гц) магнитными полями изменяет интенсивность собственной флуоресценции ряда ферментов. Была обнаружена сопряженность этих изменений с функциональной активностью ферментов и возможность передачи эффекта через обработанную магнитным полем воду. Также имеются сведения, что вода, содержащая ионы Ca^{2+} , Na^+ , K^+ и Cl^- , предварительно обработанная слабым комбинированным постоянным (42 мкТл) и переменным (0,06 мкТл) магнитными полями, вызывала флуоресценцию бычьего сывороточного альбумина, причем величина эффекта зависела от частоты переменного магнитного поля и комбинации ионов [35]. В работах [36-40] сообщалось об изменениях стимуляции и подавлении различных репарационных процессов в биосистемах под действием слабых магнитных полей, а также об изменении подвижности диатомовых водорослей при действии магнитных полей в различных режимах, отвечающих частоте циклотронного резонанса ионов кальция Ca^{2+} [41, 42]. Clarkson N. с соавторами в работе [43] также наблюдали изменение подвижности диатомовых водорослей *Amphora coffeaeformis* под действием переменного низкочастотного магнитного поля (частота 50 Гц). Была обнаружена положительная корреляция между подвижностью водорослей и концентрацией ионов внеклеточного кальция Ca^{2+} . В этой работе было показано, что переменное низкочастотное магнитное поле увеличивает подвижность диатомовых водорослей. Но в работе не указано, в течение какого времени действовало магнитное поле.

Существует также множество других биологических процессов, где регуляторная функция электромагнитного поля важна, хотя и не столь хорошо изучена. В качестве примера можно привести влияние электромагнитного поля на процессы клеточной пролиферации и дифференцировки, на рост нервных волокон, миграцию клеток, пространственную ориентацию делящихся клеток и интенсивность процессов деления [44-51], от чего зависит активность репаративных процессов [52]. Все эти работы свидетельствуют о существовании различных эффектов воздействия магнитных полей на протекание биологических процессов в различных исследуемых системах. Однако авторы работы [53] отмечают, что, несмотря на все возрастающее количество исследований по

проблеме действия слабых магнитных полей на биологические системы, до сих пор не существует общепризнанной теории таких воздействий, что объясняется недостатком экспериментальных исследований на более простых модельных системах. Отсутствие единого теоретического объяснения является следствием сложности изучаемых биологических объектов и систем, а также многообразия возможных биофизических механизмов действия слабых магнитных полей [54].

Так, согласно работам [55, 56], основным воздействующим на биологические объекты фактором считается магнитная компонента электромагнитного поля. По мнению многих авторов [57-63] большинство биологических объектов реагирует на электромагнитные поля в широком диапазоне частот и напряженностей. Так в работе [64] отмечено наличие так называемых амплитудных и частотных «окон», т.е. существование таких интервалов частот и интервалов амплитуд магнитного поля, на которых эффекты регистрируются четко, в то время как вне этих «окон» эффект может отсутствовать. Таким образом, частота как независимый параметр воздействия может в некотором смысле играть роль «дозы»: при изменении частоты магнитного поля величина эффекта может сильно измениться. Имеющиеся различные экспериментальные данные показывают, что наибольшее воздействие оказывают поля на низких частотах в диапазоне от долей до десятков герц [65, 66], причем, согласно данным работы [67], например, для различной поляризации поля наблюдалась различная эффективность его действия на содержание мелатонина в плазме и эпифизе крыс.

На основе обширных экспериментов в работе [68] показано, что ПМП частотой 0,01 Гц и амплитудой 10 нТл способно сократить размножение бактерий *E. coli* на 37,7 %, а в работе [69] показано, что ПМП амплитудой 5,1 нТл и с частотами 0,01; 0,04; 0,08; 0,6; 1; 6; 10; 11; 26 Гц оказывают значимое воздействие на систему крови белых крыс. Объясняется это одним из основных эффектов действия слабого магнитного поля, который проявляется в двукратном увеличении концентрации ионов кальция во вне- и внутриклеточных средах.

Действием этого механизма целый ряд авторов объясняет различные эффекты слабых магнитных полей в биосистемах.

Предполагалось, что в биологических объектах основными мишенями действия слабых магнитных полей являются неорганические ионы, преимущественно ионы свободного, либо связанного белками кальция. Однако по поводу механизма столь высокой чувствительности биообъектов к магнитным полям у исследователей пока нет единого мнения. Например, в работе Леднева В.В. [70] предложена модель, согласно которой слабые магнитные поля влияют на ионы Ca^{2+} и таким образом на скорость связанных с ним биохимических реакций. Эта гипотеза получила экспериментальное подтверждение [39], но не объясняет влияние на биообъекты ПМП с частотами ниже 1 Гц и при малых его амплитудах. В работах [71, 72] развивается иная концепция, а именно, влияние слабого магнитного поля на воду и водные растворы. Таким образом, предполагается, что рецептором ПМП является вода, но сам физический механизм воздействия на воду не обсуждается.

Так, например, в работах Новикова В.В. с соавторами [72, 73] было показано, что воздействие комбинированными слабыми и сверхслабыми магнитными полями увеличивало интенсивность бесполого размножения планарий *Dugesia tigrina*. Проведение таких исследований было обусловлено тем, что процессы регенерации у планарий обладают высокой чувствительностью к действию слабых магнитных полей. Сначала в работе [73] рассматривалось воздействие комбинированными слабыми и сверхслабыми магнитными полями, значение индукции постоянного магнитного поля составляло 42 мкТл, а переменного – 100 нТл с частотами 1-60 Гц. Как сообщают сами авторы, в опытах изменялась частота переменного поля при фиксированной величине постоянного поля (42 мкТл), и для этого использовался только лишь определенный ряд частот (1; 3; 3,7; 4,5; 7; 10; 15; 32; 60 Гц), а не весь диапазон, указанный для исследования. При этом не приводится физического обоснования выбора именно такого набора частот переменного поля. По данным авторов работы, эффект комбинированных магнитных полей был наиболее выражен на частотах 1; 3,7; 32

Гц. Эффект, полученный на частотах 3,7 и 32 Гц, объясняется отчасти тем, что именно на этих же частотах наблюдалась более активная флуоресценция белков, происходящая при действии на эти белки воды и водно-солевых растворов CaCl_2 и NaCl , предварительно обработанных магнитным полем [30, 56], отчасти лишь для случая 32 Гц тем, что эта частота соответствует циклотронной частоте ионов Ca^{2+} . Этим аргументируется предположение о важной роли водной среды в реализации биологического эффекта воздействия слабых магнитных полей. В работе отмечается, что существенное значение имели обе компоненты магнитного поля, так как отсутствие постоянной компоненты приводило к смене знака эффекта на противоположный. Таким образом, был сделан вывод, что процесс бесполого размножения планарий оказался чувствительным к действию слабых магнитных полей. Приведенные в работе [73] данные также свидетельствуют о возможности эффективного управления таким биологическим процессом, как процесс деления планарий, с помощью слабых магнитных полей с переменной компонентой порядка десятков нТл. Однако не объясняется, почему амплитуда переменного магнитного поля именно порядка десятков нТл была выбрана для воздействия на планарий. Также отсутствуют какие-либо данные об эффективном воздействии слабого магнитного поля с тем же значением амплитуды переменной компоненты и тем же набором частот на протекание биологических процессов, но на других тест-объектах. В работе [72] проводилось аналогичное исследование влияния слабых комбинированных низкочастотных переменных и постоянных магнитных полей на процесс деления планарий, но только уже в зависимости от амплитуды переменной компоненты поля. Для этого авторами использовался ряд амплитуд магнитного поля: 0,1; 1; 10; 20; 40; 80; 120; 160; 320; 640 нТл. Величина постоянного поля при этом была фиксирована и составляла 42 мкТл, а частота переменной компоненты магнитного поля – 3,7 Гц. В результате были получены данные, свидетельствующие о зависимости эффектов воздействия комбинированных магнитных полей на интенсивность деления планарий от величины индукции переменного магнитного поля. Но в силу того, что использовался лишь ряд амплитуд переменного магнитного поля так же, как и

ранее в [73] лишь определенный набор частот, невозможно точно определить характер зависимостей полученных эффектов, так как отсутствуют экспериментальные данные непосредственно для каждого значения частоты переменного магнитного поля из указанного диапазона частот 1-60 Гц в работе [73], а также индукций магнитного поля в диапазоне 0,1-640 мТл в работе [72].

В работе [74] проводилось исследование, в котором наблюдалась видовая специфичность откликов при помещении бактерий в магнитное поле. В работе исследовали рост культур бактерий с различным липидным составом клеточных мембран, которые экспонировались в магнитном поле частотой 50 Гц с индукцией 18 мТл в течение 40 мин. Был установлен различный характер воздействия переменного магнитного поля на кинетику роста исследованных бактериальных культур. У одних видов бактерий их экспозиция в переменном магнитном поле приводила к ингибированию роста, причем этот эффект был более выражен в случае предварительного экспонирования воды в магнитном поле. У других видов бактерий была обнаружена активация роста после экспозиции в магнитном поле. Но независимо от видов бактерий, эффект также был более выражен в случае предварительного экспонирования воды в магнитном поле. Однако остается неизвестным, почему у разных видов бактерий (морские и пресноводные), культивируемых в соответствующих средах их обитания, наблюдалась как активация, так и ингибирование роста после воздействия магнитного поля. Авторы поясняют только лишь, что наблюдаемый характер изменений кинетики роста бактериальных культур коррелирует с различным типом строения мембранного липидного комплекса, а затем делают вывод, что воздействие внешнего магнитного поля на клетки микроорганизмов связано как со свойствами собственно мембран, так и воды. Это объясняется тем, что изменения свойств воды после длительной экспозиции в магнитном поле неизбежно приводят к изменению взаимодействия с мембраной, что, в дальнейшем, приводит к изменению свойств мембраны и функции мембранных белков. Также авторами не уточняется, почему для исследований роста бактерий было выбрано время экспозиции, которое составило 40 мин.

В работе [75] было показано, что слабые комбинированные магнитные поля (постоянное поле – 25-130 мкТл; переменное поле – 0,01-0,2 мкТл в диапазоне эффективных частот переменной компоненты 1-10 Гц) ускоряют процессы гидролиза ряда белков и пептидов. Наиболее выраженный эффект наблюдался при использовании суммарного поличастотного поля в диапазоне циклотронных частот ионов аминокислот при 12-часовой экспозиции в поле. Показано, что моночастотные синусоидальные переменные поля оказывали значимый, но менее выраженный эффект в диапазоне частот 3-10 Гц, а увеличение частоты поля вплоть до 100 Гц приводило к исчезновению эффекта. Но как сообщают сами авторы, в ряде опытов обработку образцов проводили на произвольных частотах в диапазоне 1-100 Гц. Однако не объясняется, почему использовались более высокие частоты переменного магнитного поля, на которых максимальный эффект воздействия не проявлялся. Обработка магнитным полем водных растворов белков и пептидов проводилась не на каждой частоте из использованного диапазона частот, а лишь на произвольных частотах, поэтому представляется затруднительным однозначное определение выраженности эффекта. Также в работе показано, что степень выраженности эффекта гидролиза белков и пептидов существенно зависит от величины переменной компоненты поля. Наиболее выраженные эффекты были отмечены при очень малых величинах переменного поля 0,02-0,2 мкТл. Дальнейшее увеличение амплитуды переменного поля до 0,5 мкТл и далее приводило к исчезновению эффекта. Приведенный в работе набор амплитуд переменного магнитного поля тоже носит произвольный характер. В работе указано, что процесс индуцированного магнитным полем гидролиза не проявляется при отсутствии постоянного поля, но далее объяснения этому не приводятся. Приведенные в работе данные в совокупности свидетельствуют о роли собственных свойств водной фазы в реализации обнаруженного эффекта ускорения процесса гидролиза ряда белков и пептидов вследствие того, что водная среда изменяет свои структурные характеристики при действии слабых магнитных полей, что и приводит к изменению гидратных оболочек белков.

Различный характер эффектов и явлений, происходящих в биологических объектах при воздействии на них магнитных полей и наблюдаемых в многочисленных экспериментах, можно объяснить неравнозначными условиями самих экспериментов, которые и определяют конечный результат проведенных на сегодняшний день исследований. Такое обобщение широко освещено в обзоре Холодова Ю.А. [76]. Действие магнитных полей на биологические объекты, жизнедеятельность которых зависит от многих физико-химических факторов, продолжает изучаться большинством исследователей. Зачастую используя различные виды биологических объектов для своих исследований, авторы не ставят целью выявить наиболее общие результаты воздействия магнитных полей. Кроме того, во многих работах не исследована зависимость влияния магнитного поля от времени его воздействия. Часто в экспериментальных работах не обоснован выбор величины напряженности или индукции и частоты действующего переменного магнитного поля. Поэтому, несмотря на многообразие работ по изучению влияния магнитных полей на различные структуры, накопленных на сегодняшний день, они не создают впечатления законченных систематических исследований, достаточных для построения теории, объясняющей такое влияние.

1.2 Влияние магнитных полей на физико-химические свойства воды и водных растворов

Вода является крайне чувствительным веществом, физические параметры которой могут изменяться при внешних воздействиях. Широко известно, что вода обладает рядом уникальных свойств: имеет аномально высокие температуры замерзания и кипения, поверхностное натяжение, удельные энтальпии испарения и плавления выше, чем у большинства других веществ, плотность в жидком состоянии при 4 °С больше плотности льда. Эти и другие аномальные свойства

воды вызваны особенностями строения ее молекулы, а также объясняются существованием в ней водородных связей, которые связывают между собой молекулы как в жидком, так и в твердом состоянии. Уникальность воды также проявляется и в ее растворяющих свойствах, поэтому ее широко используют как универсальный растворитель. Растворимость многих соединений в воде зависит от способности образовывать водородные связи с молекулами воды. Водородные связи это диполь-дипольные взаимодействия между атомами водорода в молекулах воды и электроотрицательными атомами молекул растворимого вещества [77, 78]. Но, несмотря на обилие информации о структуре и свойствах воды, встречающейся в научной литературе, многочисленные эффекты изменения характеристик воды и ее растворов под действием различных физических факторов остаются недостаточно изученными. Так, к примеру, недостаточно исследованы ее растворяющие свойства под влиянием на нее этих факторов, что может приводить к изменению процесса растворения веществ в воде. Одним из таких физических факторов, влияющих на воду, может служить действие переменного магнитного поля.

Известно, что в основе магнитной обработки водных систем лежат изменения их физических и физико-химических свойств [79]. Во многих исследованиях авторы уделяют большое внимание действию на воду электромагнитных излучений и полей различных частот и интенсивностей [80, 81]. Однако по причине того, что не существует строгих критериев выбора параметров магнитных полей, используемых исследователями в своих экспериментах, наблюдаются большие различия их действия на свойства воды и ее растворов, поэтому в настоящее время достаточно затруднительна интерпретация наблюдаемых эффектов, происходящих под действием магнитных полей. Нередко данные, приводимые разными исследователями, плохо сопоставимы между собой или даже противоречат друг другу.

Изучение физико-химических свойств воды и ее растворов имеет особый научно-практический интерес, поскольку вода является основным компонентом биологических структур, в которых происходят основные биохимические

процессы, связанные с жизнедеятельностью. Поэтому изучение эффектов, которые свидетельствуют об изменении физико-химических свойств воды и ее растворов под действием электромагнитных полей, необходимо для лучшего понимания механизмов протекания процессов метаболизма как в отдельных клетках, тканях или органах, так и во всем организме в целом.

Существует мнение, что изменения физико-химических свойств воды, происходящие под влиянием физических воздействий, изучены недостаточно [81]. Но, тем не менее, в большинстве своем авторы склонны считать, что многие физические факторы влияют на свойства воды и ее растворов [1, 79, 82-84].

В работе [85] было исследовано воздействие низкочастотного магнитного поля малой интенсивности на электрические параметры воды. В работе проводились измерения проводимости и температурного коэффициента проводимости в узком диапазоне частот (1-12 Гц) и амплитуд магнитного поля (0,35; 0,92 и 1,77 мТл). В экспериментах использовалась дистиллированная вода с удельной проводимостью $(3-4,5) \cdot 10^{-6} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$. Время воздействия магнитным полем составляло 2 ч. Как отмечают сами авторы, результаты измерения электрической проводимости воды отличается нестабильностью и плохой воспроизводимостью. Колебания электропроводности в течение 2 часов достигали 8% без воздействия поля, причем наблюдалось как увеличение электропроводности, так и уменьшение. Было показано, что увеличение индукции магнитного поля с 0,35 до 0,92 мТл незначительно влияло на конечный результат исследования. При индукции магнитного поля 1,77 мТл наблюдались существенные изменения реакции воды на воздействие поля. Максимальные изменения электропроводных свойств воды наблюдались при частоте магнитного поля в диапазоне 7-8 Гц. При воздействии низкочастотного магнитного поля на дистиллированную воду наблюдалось возрастание электропроводности, тогда как температурный коэффициент электропроводности как возрастал, так и уменьшался.

В работе [86] проводилось исследование воздействия слабого инфранизкочастотного магнитного поля на дистиллированную воду в диапазоне

частот от 1 до 50 Гц при индукции переменного магнитного поля в диапазоне 0,2-3 мТл и индукции постоянного магнитного поля 0-2 мТл. Существенное уменьшение температурного коэффициента электропроводности происходило при частотах магнитного поля 6,5 и 7,5 Гц. При воздействии переменного магнитного поля также происходили изменения удельной электропроводности воды, которые наблюдались на частотах 6,5 и 7,5 Гц, и в интервале 12-14 Гц для значения индукции переменного магнитного поля 0,2 мТл. Также было показано, что изменение электропроводности и температурного коэффициента электропроводности зависело от воздействия дополнительного постоянного магнитного поля. При неизменной величине индукции переменного поля 1 мТл, увеличение индукции постоянного поля в пределах 0-0,2 мТл приводило к исчезновению эффекта сильного уменьшения температурного коэффициента электропроводности на частоте 7,5 Гц, а также уменьшение этого параметра на частоте 6,5 Гц сменялось его ростом. Результаты, представленные в работах [85, 86], свидетельствуют о проявлении эффектов изменения свойств воды при воздействии на нее ПМП на низких частотах, однако механизм такого воздействия не объясняется. В силу плохой воспроизводимости подобных результатов остается неясным, как могут изменяться различные характеристики воды при изменении частоты магнитного поля в каждом конкретном случае. Во многих экспериментальных исследованиях зачастую не приводится частотная зависимость изменения каких-либо свойств воды, либо водных растворов, которая наглядно отражала бы специфику проявления эффектов действия магнитных полей на исследуемые объекты на разных частотах. Отсутствие таких данных затрудняет сравнительный анализ и сопоставление результатов, полученных разными группами исследователей.

В настоящее время представляет интерес определение влияния различных физических и химических факторов на процесс растворения веществ в воде. Знание характера влияния этих факторов может послужить основой для предложения способов регулирования концентрации растворенных веществ в водных растворах.

Растворимость – это важная характеристика вещества, помогающая понять его природу, а также влиять на ход реакций, в которых это вещество участвует. Мерой растворимости вещества при данных условиях служит содержание его в насыщенном растворе. Как известно, растворимость различных веществ в воде изменяется в широких пределах. Вещества, растворяемые в воде, принято подразделять на хорошо растворимые, малорастворимые и практически нерастворимые. Принципы, позволяющие предсказать растворимость вещества, пока недостаточно изучены. Однако уже давно известно, что обычно вещества, состоящие из полярных молекул, и вещества с ионным типом связи лучше растворяются в полярных растворителях (вода, спирты, жидкий аммиак), а неполярные вещества – в неполярных растворителях (бензол, ацетон, сероуглерод).

Широко известно, что при растворении газа в жидкости существует некая предельная концентрация этого газа, зависящая от давления и температуры. Растворимость жидкостей и твердых тел зависит в основном только от температуры. Поэтому, если хотят увеличить растворимость веществ в каком-либо растворителе, то прибегают к нагреванию, так как при повышении температуры возрастает кинетическая энергия молекул и ослабевает межмолекулярное взаимодействие в растворе и, следовательно, увеличивается растворимость (или же растворяющая способность растворителя, например воды, заключающаяся в увеличении способности растворить в данном объеме большее количество вещества).

Растворение – это физико-химический процесс, при котором происходит переход растворяемого соединения в раствор. Причиной такого перехода является физико-химическое взаимодействие растворителя и растворенного вещества, а именно, разрыв старых и образование новых химических связей, электростатическое взаимодействие, а также диффузия частиц растворителя и растворенного вещества. Процесс растворения подчиняется принципу Ле Шателье. Так растворение твердых веществ в жидкостях обычно сопровождается поглощением тепла, и в соответствии с этим принципом, их растворимость

должна увеличиваться при нагревании. Это объясняется затратой значительного количества энергии на разрушение кристаллической решетки твердого тела, что обычно полностью компенсируется энергией, выделяющейся при образовании гидратов (при образовании соединений, возникающих при связывании молекул или ионов растворенного вещества с молекулами воды). Однако если энергия гидратации достаточно велика, чтобы образование раствора сопровождалось выделением энергии, растворимость с ростом температуры понижается.

Кроме того, известно, что растворение в воде любого вещества сопровождается изменением ее структуры. Воздействие на водную среду отрицательных и положительных ионов электролитов и нейтральных молекул неэлектролитов существенно различается. При появлении нейтральных молекул первичная структура воды стабилизируется, т.е. эти молекулы как бы укрепляют ее. Однако совсем другие процессы возникают в растворе под действием заряженных частиц. В этом случае структура воды претерпевает весьма существенные изменения, вплоть до полного ее разрушения и создания новой структуры – структуры раствора. Появление ионов в воде приводит к двум взаимно противоположным изменениям структуры воды. Влияние поля иона нарушает упорядоченность молекул, которая характерна для чистой воды. Этот разупорядочивающий эффект связан с увеличением энтропии. С другой стороны, действие поля иона ориентирует молекулы воды в этом поле и приводит к упорядоченному размещению их вокруг иона, что сопровождается уменьшением энтропии. Поэтому преобладание одного из двух эффектов определяет знак изменения энтропии, характеризующего состояние изучаемой системы [87].

В настоящее время одной из актуальных проблем физической химии водных растворов является изучение влияния внешних факторов, таких как электрические и магнитные поля, давление, температура и т.д. на структуру воды. Известно, что растворенные вещества в зависимости от их химического состава и строения по-разному влияют на структуру воды либо усиливают водородные связи между молекулами воды, либо, наоборот, ослабляют. В частности, изменение структурного состояния воды в биологических системах может

оказывать серьезное влияние на функциональность живых организмов [88]. Таким образом, проведение исследований, направленных на изучение растворяющих свойств воды и ее растворов, изменяющихся под действием различных внешних факторов, особенно важно, поскольку это затрагивает вопросы, связанные с изменением структуры и свойств воды не только как отдельного объекта исследований, но и как основного компонента всех биологических систем. Также важно исследовать влияние переменных магнитных полей на изменение растворяющей способности воды, поскольку это позволит определить условия максимальной эффективности их воздействия на процессы растворения.

В некоторых работах, посвященных процессам магнитной обработки жидкости, в частности воды, направленным на изменение ее физико-химических свойств, затрагиваются вопросы изменения растворимости веществ вследствие активации растворителя (воды). Так в работе [89] изменения физико-химических свойств воды при воздействии на нее магнитного поля определялись путем сравнения отношений плотности насыщенных растворов легкорастворимых веществ в воде, обработанной при различных режимах магнитной активации, и плотности насыщенного раствора этих же веществ в неомагниченной воде. В предлагаемом авторами способе исследуемые пробы воды наливались в колбы, в которые затем при непрерывном помешивании добавлялось растворяемое полярное вещество до прекращения его дальнейшей растворимости, после чего измерялась плотность насыщенного раствора этого вещества в исходной воде и в обработанной. В дальнейшем по отношению величин плотности этих растворов в обработанной и необработанной воде авторы судили об эффективности действия магнитного поля. Однако в работе они нигде не указывают и не объясняют, какое именно магнитное поле и с какими параметрами действовало на растворы, поэтому, что подразумевается под магнитной обработкой исследуемых растворов, остается неизвестным. В другой работе [90] предложен способ магнитной обработки жидкости для предотвращения образования накипи, который заключается в том, что через магнитотрон пропускают 100% необходимого количества жидкости, а магнитной обработке в переменном во времени и

градиентном в пространстве магнитном поле с индукцией 20-80 мТл, возбуждаемом переменным током при частотах 25-100 Гц, подвергают 20-30% всей жидкости. В этом способе процессы омагничивания воды и ее смешивания с необработанным объемом жидкости происходят одновременно. При этом в воде, на которую воздействовали магнитным полем, наблюдается уменьшение размеров кристаллов солей жесткости, а также не происходит образование накипи на поверхностях нагрева, по сравнению с необработанной водой. Это может свидетельствовать об изменении растворяющих свойств воды. Однако при таком воздействии магнитного поля на жидкость трудно говорить о регулировании ее растворяющих свойств как в сторону их увеличения, так и уменьшения.

В связи с этим представляет интерес исследовать изменение растворяющих свойств воды и ее растворов, обработанных переменным магнитным полем при определенных экспериментально подобранных параметрах воздействия (частота, длительность экспозиции), на примере растворения не только хорошо растворимых солей, но и малорастворимых соединений, на примере патогенных минералов из организма человека. Целесообразность выбора такого объекта исследований заключается в том, что он является сложным многокомпонентным образованием, в котором практически не делимы органическая и минеральная фазы, что является ключевым пунктом при выборе патоминералов как объектов исследований для изучения растворяющих свойств воды как отдельно, так и в составе растворов. Такие исследования могут послужить для поиска новых терапевтических средств в лечении мочекаменной болезни.

1.3 Причины образования органоминералов и способы их удаления и растворения

Проведение исследований по растворению органоминералов из организма человека, результаты которых изложены в настоящей диссертационной работе, основанное на их сложном многокомпонентном составе, представляет особый интерес не только при исследовании таких физико-химических свойств воды как изменение ее растворяющей способности, но и дает возможность использовать этот подход применительно к терапии мочекаменной болезни. В связи с этим необходимо проанализировать и обобщить существующие на сегодняшний день методы лечения этой болезни и на основании этого дать оценку предлагаемому методу, основанному на использовании измененных свойств воды и ее растворов, подвергнутых воздействию ПМП, в процессе растворения патогенных минералов в опытах *in vitro*.

Нерастворимое соединение, чем является патогенный минерал, образуется при нарушении количественных и качественных соотношений в составе коллоидов в выделительных системах организма. Появление минеральных образований в мочевом, желчном пузырях, в почках, а также тончайших кристаллических образований в других органах само по себе является заболеванием, но на ранних стадиях минерализации оно не ощущается человеком. Появление этих образований служит сигналом, указывающим на нарушение баланса в организме, нормального функционирования его органов и влечет за собой нарушение обмена веществ [91]. Ухудшение экологической обстановки приводит к постоянному росту заболеваний, связанных с камнеобразованием в организме человека, что обуславливает необходимость разработки новых методов лечения и профилактики этих болезней. В связи с актуальностью этой проблемы за последние 10-15 лет интерес к изучению патогенных агрегатов и условий их образования в организме человека существенно возрос. Механизмы образования и роста кристаллических фаз, входящих в состав камней, связанные со сложным взаимодействием живого и неорганического (неорганического) вещества, на данный момент изучены недостаточно и являются дискуссионными. Трудности изучения

причин образования патогенных минералов связаны, в первую очередь, с их сложным вещественным и элементным составом, содержащим как минеральную (часто очень плохо растворимую), так и органическую компоненту, которые практически не делимы [92]. В составе мочи органическая составляющая присутствует в виде коллоидных взвесей. При достижении определенной степени насыщения происходит выпадение осадка из этих коллоидных частиц с образованием органической матрицы, на которой в дальнейшем послойно формируется органо-минеральный агрегат. Тесная связь между органической и минеральной составляющими мочевых камней проявляется в первостепенной роли органического вещества в зарождении и дальнейшем росте камня [91].

Для того чтобы продвинуться в понимании закономерностей генезиса мочевых, желчных и других камней в организме человека, более детально изучается их вещество, привлекается широкий круг современных инструментальных методов, а для установления причин образования и роста кристаллических фаз, входящих в их состав, активно используются методы теоретического и экспериментального моделирования. Известно, что патогенное фазообразование в организме человека крайне неравновесно [93]. Так в работе [94] установлена особая роль апатита как наиболее стабильной фазы, встречающейся практически во всех камнях. Доказано, что образование микроэлементами мочи (Fe, Al, Zn, Sr, Ti, Cu) малорастворимых соединений с оксалат- и фосфат-анионами раствора термодинамически невозможно из-за малого содержания их в растворе на фоне превышающей концентрации катионов кальция. Белковая компонента (прежде всего аминокислоты) активно участвует в образовании кристаллических фаз мочевых камней. Для мочевых камней установлено селективное соответствие между основной минеральной компонентой (оксалатной, фосфатной, уратной) и набором аминокислот; выявлены основные типы распределения по объему камня органической компоненты (ядерная, прослоенная, диффузная); показано наличие связей между содержанием микроэлементов и аминокислот [93].

Лечение пациентов с мочекаменной болезнью является важной частью современной урологической практики. Оптимальное лечение мочекаменной болезни в клинических условиях требует знания метаболических расстройств и других причин, приводящих к камнеобразованию, разновидностей диагностических процедур и новейших методов удаления камней [95]. Поскольку лечение мочекаменной болезни должно учитывать различия в методах лечения и технических возможностях, доступных в разных странах, то поиск и разработка альтернативных методов, которые являлись бы самыми удобными для пациентов с точки зрения инвазивности и риска развития осложнений, является важной задачей современной медицины.

На сегодняшний момент существует большое количество современных методов лечения мочекаменной болезни человека. Так в урологической практике используются такие методы лечения, как дистанционная ударно-волновая литотрипсия, эндоскопическая контактная литотрипсия, уретероскопия с литоэкстракцией, различные способы оперативных вмешательств на почках и мочевых путях [96]. При этом хирургические способы удаления камней из организма человека применяются лишь в крайних случаях. Существуют и медикаментозные способы лечения мочекаменной болезни, а также методы фитотерапии, однако все перечисленные методы лечения, в том числе и фитотерапевтические, имеют свои противопоказания, так как у некоторых пациентов может быть непереносимость тех или иных лекарственных препаратов и трав. Поэтому актуальным является поиск новых неинвазивных методов лечения мочекаменной болезни, основанных на современных достижениях в области медицинской физики.

Основным методом лечения больных с небольшими камнями в почках (размером до 1,5-2,0 см) является дистанционная ударно-волновая литотрипсия. Под ультразвуковым и/или рентгенологическим наведением производится дробление камней под внутривенной анестезией. В исследованиях, посвященных удалению мочевых камней с помощью ударно-волновой литотрипсии, частота полного удаления камней при их диаметре <20 мм составила от 66 до 99%, а при

диаметре >20 мм – 45-60% [97-99]. Однако имеется ряд противопоказаний к применению данного метода лечения, к которым относятся беременность, неконтролируемая свертываемость крови, неконтролируемые инфекции мочевых путей, аневризма аорты и/или почечной артерии, расположенных близко к камню, выраженное ожирение. Недостатками дистанционной литотрипсии являются ограниченные возможности метода при дроблении камней размером более 2,0 см. В некоторых случаях (камни высокой плотности и/или относительно большого размера) необходимы повторные сеансы литотрипсии. При повторных сеансах важно ограничить число разрушающих волн, а также используемую мощность, чтобы избежать повреждения ткани почек и кровотечений. После дробления осколки самостоятельно отходят по мочеточнику в мочевой пузырь и далее наружу. Эффективность применения ударно-волновой литотрипсии зависит от эффективности аппарата для литотрипсии, локализации и состава (твердости) камней, опыта хирурга в проведении данной процедуры. Также важно обеспечить плотное акустическое сопряжение между водяной подушкой терапевтической головки литотриптера и кожей пациента. Нарушение плотного контакта (воздушное пространство) в слое геля будет отражать 99% ударных волн, так что нарушение всего на 2% в слое контактного геля уменьшает эффективность дробления камней на 20-40% [100]. Все эти факторы оказывают важное влияние на частоту проведения повторных вмешательств и на итоговый исход проведения ударно-волновой литотрипсии. Так в работах [101-107] отмечено, что кроме литотрипсии необходимо применять другие методы для лечения менее крупных и твердых камней.

Существуют некоторые опасения относительно применения ударно-волновой литотрипсии при крупных камнях, поскольку при этом в мочевых путях часто сохраняются остаточные фрагменты камня, а, следовательно, может потребоваться повторное лечение. Поэтому при наличии в организме человека камней высокой плотности и/или крупных камней (2,0 см и более) показана перкутанная контактная литотрипсия камней почек (нефролитотрипсия). Суть метода состоит в том, что под рентгеновским или ультразвуковым контролем в

почку через небольшой кожный разрез вводится нефроскоп и зонд литотриптора. Выполняется не только дробление конкремента, но и удаление его осколков. Метод нефролитотрипсии, позволяющий избежать излишнего воздействия ударно-волновой энергии на ткань почек, представляется наиболее эффективным методом удаления крупных камней, которые не могут быть разрушены методом ударно-волновой литотрипсии. Этим методом возможно одномоментное полное удаление крупных камней. Преимуществами этого метода является возможность удалять множественные камни из почки практически любого размера. Ряд авторов считает, что частоту полного удаления камней оценивают завышено, поэтому после проведения литотрипсии следует оценивать возможность образования новых камней [108-110]. Кроме того, в некоторых случаях для удаления больших и сложных камней (например, коралловидные камни) показана открытая операция – пиелолитотомия. Однако в современной урологии также существует необходимость разработок новых неинвазивных методов лечения, которые можно было бы применять, например, в совокупности с литотрипсией.

Химическое растворение камней выступает в качестве полезного дополнительного к ударно-волновой литотрипсии, чрескожной нефролитотрипсии, полостной операции метода, позволяющего обеспечить более полное удаление мелких остаточных камней или их фрагментов. Так сочетание ударно-волновой литотрипсии с химическим растворением оказывается особенно малоинвазивным при коралловидных камнях. Также альтернативой для удаления мочекислых камней считают химическое растворение препаратами, принимаемыми перорально. Камни, состоящие из фосфата магния и фосфата аммония, можно растворить с помощью 10% раствора гемиацидрина (рН 3,5-4,0). Обычно через катетер вводят раствор для химического растворения камней и выводят этот раствор через другой катетер. Продолжительность растворения зависит от объема поражения патоминералами и их химического состава, но, к примеру, для полного растворения коралловидного камня необходимо несколько недель химического растворения в сочетании с ударно-волновой литотрипсией. Основное преимущество химического растворения органоминералов заключается

в возможности проводить его без анестезии, поэтому оно применимо в группе высокого риска, либо при необходимости избежать использования хирургических процедур [111-121]. Образованию мочекислых камней способствуют высокая концентрация уратов и низкий рН. Чрескожный хемолиз (растворение) можно проводить с помощью раствора тригидроксиметиламинометана. Однако предпочтительным является хемолиз с помощью препаратов, вводимых внутрь, чтобы достичь уровня рН в моче $>6,5-7,2$ [122-124]. В работе [125] отмечено, что физиологически приемлемых препаратов для химического растворения камней из оксалата кальция или урата аммония не существует. Также в работе [119] сообщается, что при наличии оксалата кальция в инфекционном камне под действием на него препарата гемиацидрина наблюдалось значительное снижение его растворимости, что свидетельствует о неэффективности данного препарата для таких типов органоминералов. Кроме того, в случае протечки растворов гемиацидрин возможно всасывание магния и развитие гипермагниемии, иногда приводящей к остановке сердца. Поэтому данный препарат следует применять только при наличии убедительных данных о заживлении мочевых путей после операции. Таким образом, на сегодняшний момент не существует убедительных фактов, которые свидетельствовали бы об эффективности действия того или иного препарата, используемого для химического растворения камней, а также не имели бы отягощающих последствий их применения.

В настоящее время для современной урологии представляет интерес проведение экспериментальных исследований, связанных с поиском новых методических подходов в терапии мочекаменной болезни человека, основанных на более эффективных способах растворения патогенных минералов посредством увеличения растворяющих свойств водных растворов препаратов. Для этого в исследованиях процесса растворения мочевых камней *in vitro* можно использовать уникальные растворяющие свойства воды как растворителя. Поскольку известно, что физико-химические свойства воды как растворителя изменяются под действием низкочастотных магнитных полей [83], то можно, предварительно обработав воду переменным магнитным полем на определенной

частоте, использовать ее для последующего растворения как различных химических веществ, так и патогенных минералов. В работах [126, 127] имеются сведения о влиянии омагниченной воды на растворимость камней мочевого пузыря, в которых авторами были отмечены положительные результаты употребления омагниченной воды при лечении мочекаменной болезни. Больным через различное время давали пить воду, на которую воздействовали магнитным полем. У большинства больных наблюдались не только субъективные улучшения, но и нормализация состава крови и мочи. Более детальные исследования омагниченной воды были приведены в работе [128]. Однако в этой работе ничего не говорится о режиме воздействия магнитным полем на воду, а лишь описаны результаты, где сказано, что при лечении омагниченной водой 30 больных с одиночными камнями в почках у 19 больных камни отошли, у семи больных сместились на 3-20 см.

Так как в урологических исследованиях часто сведения о растворении камней в организме сильно различаются друг от друга, то в вопросах изучения процессов растворения как различных химических веществ, так и патоминералов, в омагниченной воде, либо в водном растворе, важную роль при проведении исследований *in vitro* будет играть подбор максимально эффективных параметров переменного магнитного поля. Так в работе [129] экспериментально установлено, что если воздействовать ПМП на некоторых максимально эффективных частотах в течение часа на воду, служившую растворителем соли сульфата меди (II), либо на готовый водный раствор этой соли, то будет происходить увеличение растворяющей способности воды. Более подробно об этом исследовании будет сказано в главе 2 настоящей диссертационной работы. Результаты, представленные в работе [129], послужили отправной точкой для проведения дальнейших экспериментов, в рамках которых исследовалась эффективность растворения органоминералов в воде и в водных растворах мочевины, обработанных переменным магнитным полем [130-133].

1.4 Влияние магнитных полей на семена растений

Роль магнитных полей и их влияние на функционирование биологических структур еще недостаточно понята и активно исследуется. Имеющиеся на сегодняшний день многочисленные исследования, проведенные многими исследователями, не внесли ясности в понимание механизмов действия электромагнитных полей как на отдельные растения, так и их семена. Исследователи продолжают получать все новые, зачастую противоречивые данные о влиянии магнитных полей и результатах такого влияния.

Следует отметить, что помимо естественного характера воздействия электромагнитных полей на исследуемые организмы, в последнее время биологические объекты все чаще подвергаются действию магнитных полей целенаправленно, для того, чтобы исследовать новые, ранее еще не обнаруженные, эффекты действия поля с целью эффективного изменения тех или иных характеристик биологических объектов. Целенаправленное воздействие различных внешних факторов на качественные и количественные признаки растений с целью повышения общей урожайности и улучшения различных свойств получаемой продукции представляет собой важную задачу. Для ее решения могут применяться различные виды воздействий - химические, радиационные, температурные. Однако все эти воздействия дают ряд нежелательных последствий или не в полной мере удобны для использования в прикладных целях. Использование переменных магнитных полей имеет ряд преимуществ перед другими воздействиями, к которым относятся наибольшая безопасность по сравнению с другими видами излучений, равномерное воздействие на клетки, в том числе находящиеся в глубине исследуемого объекта, возможность воздействия на объекты (растения, семена) в стерильных условиях, что чрезвычайно важно при проведении биологических исследований.

Вопрос о влиянии магнитных полей на растения относительно не нов [134]. У растительных объектов при действии магнитного поля, как правило, изучаются

феномены роста, развития, изменения отдельных физиологических, биохимических и генетических параметров.

Многочисленные эксперименты с рассадой различных видов растений, помещенных в слабые магнитные поля, показывают, что рост их основных корней подавляется на ранних стадиях прорастания по сравнению с контролем. Пролиферативная активность и воспроизводство клеток в меристемах корней растений уменьшается в слабом магнитном поле [135]. Также данные, представленные в этой же работе, позволяют предположить, что длительные воздействия слабым магнитным полем являются причиной различных биологических эффектов на разных уровнях организации живой материи. Воздействия магнитного поля могут быть функционально связаны с системами, которые регулируют метаболизм растений, включая внутриклеточный гомеостаз ионов Ca^{2+} [135]. Однако строгое понимание комплексного фундаментального механизма и области взаимодействия между магнитными полями и биологическими системами все еще отсутствует, и эта проблема заслуживает дальнейших научных исследований.

В.И. Кармилов в своей работе [136] подвергал воздействию магнитного поля предназначенные к посадке луковицы, семена огурцов, помидоров и картофеля. В результате он наблюдал лучшее ветвление стеблей опытных растений и увеличение урожайности помидоров и картофеля.

Постоянное магнитное поле напряженностью 20-60 Э стимулировало прорастание семян многих растений (овес, пшеница, рожь, огурцы, бобы и другие) при определенной ориентации семени в пространстве [137]. В работе указано, что стимуляция роста, определяемая по высоте проростков и длине корневой системы, сопровождалась снижением потребления кислорода на 15% особенно в первые два-три дня прорастания. Показано, что магнитное поле задерживало деление клеток при общей кажущейся стимуляции роста, следовательно, клетки семян указанных растений в этих экспериментах были наиболее чувствительны к магнитному полю в период деления. Это подтверждают и более поздние исследования, приведенные в работе [66],

показывающие, что кратковременное воздействие низкочастотного магнитного поля на этапе высвобождения эстераз (ферментов, катализирующих в клетках гидролитическое расщепление сложных эфиров на спирты и кислоты при участии молекул воды) в ходе набухания семян пшеницы заметно ускоряет выход ферментов из связанного состояния, а также выход семян из состояния покоя. Однако на более поздних этапах клеточного роста эффекты воздействия магнитных полей проявлялись заметно слабее.

В работе [138] показано, что слабые магнитные поля (0,05-3 Э) влияют на ростовые и формообразовательные процессы у растений. При воздействии магнитного поля напряженностью 0,05 Э на замоченные семена в течение двух суток ускоренно развивались проростки, раньше начиналась дифференциация стеблевых метамеров в апикальных меристемах точек роста, стимулировалось образование боковых и придаточных корней.

Muraji M. с сотрудниками, исследуя влияние статического магнитного поля на рост первичных корней кукурузы, достоверно установили, что сильное статическое магнитное поле оказывает слабое тормозящее влияние на рост первичных корней проросших семян кукурузы, незначительно уменьшая их гравитропическую реакцию [139]. Эти ученые изучали также влияние переменного магнитного поля на рост первичного корня кукурузы и показали, что переменное магнитное поле с частотой 200-320 Гц и магнитной индукцией 0,005 Тл ингибируют рост корня. Однако в работе не указана длительность воздействия переменного магнитного поля.

В работе [140] наблюдалось значительное увеличение торможения роста сахарной свеклы, гороха и проростков пшеницы. После четырех дней экспозиции в магнитном поле рост рассады сахарной свеклы сократился на 37% по сравнению с контролем. Измеренная длина корней пшеницы и гороха также отличалась замедлением роста на 26% и 17% соответственно. Однако в другом исследовании [141] сообщалось, что эпикотили (часть стебля у проростков растений) трехдневной рассады гороха, подвергнутой действию слабого магнитного поля в течение 24 часов в темноте в двухслойном магнитном экране из пермаллоя, были

больше, чем в контроле вследствие их повышенного клеточного удлинения. Под действием магнитного поля с индукцией 50 нТл наблюдалась задержка роста корней проса, ячменя и гороха через 48 и 72 часа всхожести семян по сравнению с контролем [142]. В работе [143] также наблюдалась задержка всхожести семян гороха под действием слабого магнитного поля с индукцией 10 нТл. На примере этих работ можно судить, что наблюдаемый эффект роста только лишь для одной культуры гороха различен. Торможение, как и стимуляция процесса роста, наблюдались в различных экспериментах по действию магнитных полей.

В исследовании Аксенова С.И. с соавторами [144] показано влияние низкочастотного магнитного поля (50 Гц, 30 мТл, 15 мин.) на семена пшеницы в процессе их набухания. Обработка семян переменным магнитным полем после 17 ч набухания влияла на всхожесть семян: число семян с проростками, а также семян с корнями было намного больше, чем в контроле. Обработка магнитным полем оказывала также влияние на длину проростков: имел место выраженный стимулирующий эффект действия поля на семена после 17 ч набухания, хотя после 24 ч набухания этот эффект был заметно меньше. Однако в работе имеются сведения и о торможении роста проростков при воздействии магнитного поля на семена в течение вторых суток набухания. На основании приведенных в работе результатов можно сделать вывод о том, что обработка семян пшеницы магнитным полем на разных стадиях их набухания приводит к различным эффектам в процессе прорастания семян. Но в работе отсутствуют обоснования, почему при неизменных параметрах воздействия (частота, индукция, время воздействия) магнитного поля наблюдаются различные эффекты роста проростков. Отсутствует объяснение выбора длительности воздействия полем в течение 15 мин. и достаточности такого интервала времени для достижения необходимых эффектов влияния переменного магнитного поля. В работе указано, что изучались эффекты при длительном воздействии полем в течение вторых суток набухания, но каково было значение времени, за которое проводилось длительное воздействие магнитным полем, так и не приводится. Обработка семян магнитным полем проводилась лишь на одной частоте 50 Гц, поэтому остается

неизвестным, будет ли проявляться какой-либо эффект действия поля при воздействии на более низких частотах, и к изменению каких еще физических характеристик семян это может привести.

В работах [12, 145, 146] показана возможность влияния магнитной обработки на митотическую активность и различные характеристики семян растений. В работе [146] проводилась обработка электромагнитным полем семян пшеницы (50 Гц, 30 мТл) на стадии прорастания. На ранней стадии прорастания после кратковременной обработки электромагнитным полем в течение 10 минут после 15 ч набухания отмечалось повышение всхожести семян. Авторы связывают стимулирующий эффект прорастания семян пшеницы с тем, что по их мнению под действием электромагнитного поля изменяется степень растяжения мембран при набухании семян, а это может свидетельствовать о действии магнитного поля на высвобождение белков из связанного состояния в мембранах клеток. При длительной обработке, которую проводили в течение всех шести суток набухания семян пшеницы с различной всхожестью, наблюдалось не только замедление роста проростков, но и достоверное снижение всхожести до 50% у семян с исходно низкой всхожестью. Как отмечают сами авторы статьи, несмотря на стимулирующее воздействие электромагнитным полем на ранних этапах прорастания семян пшеницы, обработка этих семян на последующих этапах прорастания вызывает торможение ростовых процессов и падение всхожести. Все это указывает на сложный характер воздействия электромагнитного поля, который не сводится лишь к стимуляции высвобождения белков и к торможению другой стадии в ходе клеточного деления. Однако в исследованиях не обоснован выбор частоты воздействующего поля 50 Гц. Также в работе не имеется сведений о проявлении наблюдаемых эффектов на других частотах поля. Поэтому нельзя однозначно судить о результатах исследования, так как если бы для обработки электромагнитным полем были бы выбраны более низкие частоты воздействия, то возможно действие поля могло бы привести к стимулированию роста проростков и повышению всхожести семян, а не наоборот, как показано в исследовании.

В работе [12] другим коллективом авторов, напротив, был получен эффект стимуляции митотической активности апикальных корневых меристем (группы делящихся недифференцированных клеток) проростков сорго при действии на покоящиеся и прорастающие зерновки переменного низкочастотного магнитного поля (5-15 Гц, 25 мТл). При этом параметры магнитного поля были выбраны так, что при этих же параметрах наблюдалось сильное влияние магнитного поля на физические характеристики воды. Авторы сообщают, что во всех повторностях был отмечен стимулирующий эффект, причем его величина в разные часы фиксации изменялась в пределах 2-23 %. Наибольшие уровни стимуляции были отмечены при воздействии переменного магнитного поля частотой 6 Гц в течение 1 часа на покоящиеся зерновки. Однако при более высоких частотах 15 и 30 Гц воздействие переменного магнитного поля не приводило к существенному изменению митотической активности корневых меристем сорго. Поэтому можно предположить, что воздействие магнитным полем на более высоких частотах вероятнее всего не способно привести к значительным изменениям митотической активности семян по сравнению с более низкими частотами поля. Рассмотренный стимулирующий эффект действия переменного магнитного поля, приводящий к повышению уровня митотической активности зерновок, может быть осуществлен посредством изменения свойств воды, входящей в состав семян. Подобное предположение о том, что воздействие переменного магнитного поля на биологические объекты может осуществляться за счет изменения свойств их водной компоненты, было также отражено в работе [31].

Авторы работы [147] изучали проявление морфологических и цитогенетических эффектов влияния обработанного электромагнитным полем (50 Гц, 51,2 мкТл) питательного раствора на бобы. При 24 часовом воздействии электромагнитным полем наблюдались максимальные длина хромосом и объем ядра, а также увеличивалась высота растений и количество боковых побегов. При 48 часовой обработке полем все эти показатели были минимальными, однако максимальной становилась ширина хроматид. В работе сделано предположение о том, что изменения в структурной организации воды, входящей в состав

питательного раствора, индуцированные силовыми линиями поля, обуславливают возникновение вышеупомянутых эффектов за счет пространственного распределения ионов, комплексообразования у ингредиентов, взаимодействующих с физиологическими путями метаболизма и воздействующих на биосинтез и организацию цитологических структур. Таким образом, авторы статьи связывают наблюдаемые цитологические изменения с биохимическими и физиологическими процессами.

В экспериментальном исследовании поглощения воды семенами салата, предварительно подвергнутых воздействию магнитного поля величиной 10 мкТл, наблюдался существенный рост величины поглощения воды [148]. Авторы заключают, что полученные экспериментальные данные дают убедительные доказательства того, что действие слабого магнитного поля изменяет связь воды с семенами, и этот эффект объясняет изменения в скорости прорастания семян при воздействии магнитного поля. Подобная концепция была отражена в исследовании пролиферации клеток растений при воздействии низкочастотного магнитного поля [149]. Так в исследованиях использовались магнитные поля с параметрами, при которых они оказывают сильное влияние на физические характеристики воды. В экспериментах воздействию магнитного поля из интервала 1-30 Гц и индукцией 25 мТл подвергались покоящиеся, прорастающие семена и проростки однодольных и двудольных растений, и исследовались апикальные корневые и стеблевые меристемы проростков. Для всех исследованных объектов был отмечен воспроизводимый эффект действия низкочастотного магнитного поля, заключающийся в повышении уровня митотической активности апикальных корневых меристем у опытных растений по сравнению с контрольными. Было получено, что величина стимулирующего эффекта для большинства видов семян находится в пределах 10-20%, а в некоторых сериях экспериментов превышает 50%. Таким образом, данные, полученные в исследованиях, указанных выше, свидетельствуют о возможности применения магнитных полей для целенаправленного изменения некоторых количественных признаков растений. Но при этом остается не исследованным

влияние низкочастотного переменного магнитного поля на изменения физических характеристик семян, связанных с изменением растворяющих свойств воды.

В работе [150] исследовалась зависимость уровня стимуляции митотической активности меристем растений от частоты воздействующего на них переменного магнитного поля. Проведенные исследования подтверждают значимость частоты как важнейшего параметра магнитного поля, а также свидетельствуют в пользу существования различий в степени реакций разных видов семян на воздействие магнитного поля. Максимум митотической активности у многих из исследованных видов семян наблюдался в окрестности частоты ПМП 2 Гц. Как отмечалось ранее в работе [129], максимальная растворяющая способность воды наблюдается в окрестности частоты 2 Гц. Изменение растворяющей способности под действием ПМП может быть связано с тем, что изменяется характер структурированности водной среды, обусловленный изменением пространственного расположения водородных связей между молекулами, что в свою очередь, способно оказывать влияние на эффективность растворения различных веществ в биологических объектах и существенным образом повлиять на митотическую активность. Увеличение растворяющих свойств воды под действием ПМП может стимулировать процесс набухания при проращивании семян и переход многих биологически активных веществ из связанного состояния в свободное, а также их растворение в поступающей через семенные покровы жидкости. В частности, поступление воды на самом начальном этапе прорастания семян вызывает активизацию ранее накопленных за счет деятельности зародыша фитогормонов и синтез их дополнительных количеств. При этом возрастающие концентрации биологически активных веществ воздействуют на динамику ключевых морфогенетических процессов и способствуют активации роста и развития растений. Однако остается не исследованным влияние переменного магнитного поля на электрофизические параметры семян.

На основании анализа, обобщения и сравнения приведенных исследований можно судить о том, что различного рода изменения физико-химических свойств

воды, а также структурные изменения ее молекул, лежат, по-видимому, в основе изменения разнообразных процессов, протекающих в семенах растений при воздействии на них магнитных полей.

Выводы

Изучение влияния переменных магнитных полей на физико-химические свойства воды и водных растворов дает необходимую информацию, позволяющую более детально объяснить широкий круг эффектов, происходящих в биологических системах разного уровня организации. Однако в виду разнообразия подходов к исследованию биологических эффектов действия магнитных полей, встречающихся в научной литературе, зачастую затруднительна интерпретация и сопоставление результатов, полученных разными группами исследователей.

В настоящее время недостаточно изучено влияние низкочастотного переменного магнитного поля на растворяющую способность воды. Также не изучалось действие частоты магнитного поля на изменение процессов растворения как неорганических веществ, так и многокомпонентных органоминеральных систем. Практически во всех случаях для изменения растворимости твердых веществ в воде прибегают к повышению температуры, т.е. производят нагревание полученного раствора. Однако такой способ неприемлем при работе на моделях живых систем, содержащих органическую компоненту, так как увеличение температуры приводит к денатурации клеточных белков. Поэтому представляет интерес использовать такой физический фактор как действие переменного магнитного поля в диапазоне максимально эффективных частот его воздействия на растворяющую способность воды с целью регулирования процессов растворения веществ в зависимости от требуемых условий. Таким образом, целесообразность проведения такого рода исследований связана не только с чисто физическими задачами определения влияния ПМП на изменение физико-химических свойств воды, но и с использованием ее как предварительно обработанной ПМП, так и в составе готового раствора, в

медицине как профилактическое средство в терапии мочекаменной болезни. Так использование переменных магнитных полей открывает возможность разработать более эффективные неинвазивные способы растворения патогенных минералов посредством увеличения растворяющих свойств воды и водных растворов препаратов.

2. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО НИЗКОЧАСТОТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАСТВОРЯЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ВОДЫ

Многие физико-химические свойства воды и водных растворов изменяются под действием магнитных полей [53, 83, 151, 152]. Изучение этих явлений важно для понимания механизмов действия магнитного поля на биосистемы. В работах, посвященных этой теме, авторы делают выводы либо о влиянии постоянного, либо переменного магнитного поля на воду. При этом если речь идет о воздействии переменного магнитного поля, обычно приводят результаты, полученные для магнитного поля определенной фиксированной частоты или нескольких отдельных частот.

Задача настоящей работы заключалась в исследовании растворяющих свойств воды после воздействия на нее низкочастотного переменного магнитного поля в диапазоне частот 1-30 Гц.

Эксперименты проводились в термостатируемых условиях, что позволило исключить влияние внешних факторов на процесс растворения соли. Насыщенные водные растворы соли сульфата меди (II) готовились на дистиллированной воде в объёмах по 10 мл с добавлением соли массой 3 г. Такая концентрация позволила приготовить насыщенные водные растворы, имеющие нерастворенную часть соли в виде осадка. Надосадочный раствор соли в воде являлся истинным и однородным раствором. Оставшийся в пробирках нерастворенный осадок соли служил той добавкой, которая требовалась во время экспериментов в случае увеличения, либо уменьшения растворяющих свойств воды после воздействия на нее переменного магнитного поля.

При фотометрической оценке концентрации в насыщенных растворах существует необходимость проверки выполнения закона Бугера-Ламберта-Бера, поскольку свойства растворов могут отличаться от идеальных, следовательно,

образование агрегатов в составе раствора и осаждение растворенного вещества при использовании больших концентраций будет приводить к увеличению рассеяния излучения частицами вещества и к нарушению этого закона. По этой причине предварительно проведена серия экспериментов, в которой была проверена линейность концентрации растворенной соли от оптической плотности раствора. Для этого готовились водные растворы соли сульфата меди (II) с различной концентрацией соли. Во всех случаях полученные растворы отфильтровывались, и далее проводилось их фотометрирование. Все полученные растворы являлись истинными гомогенными растворами, не содержащими агрегатов растворенного вещества, о чем свидетельствуют линейные зависимости оптической плотности растворов соли, полученные при длинах волн 470 нм и 620 нм, от ее концентрации (рисунок 2.1).

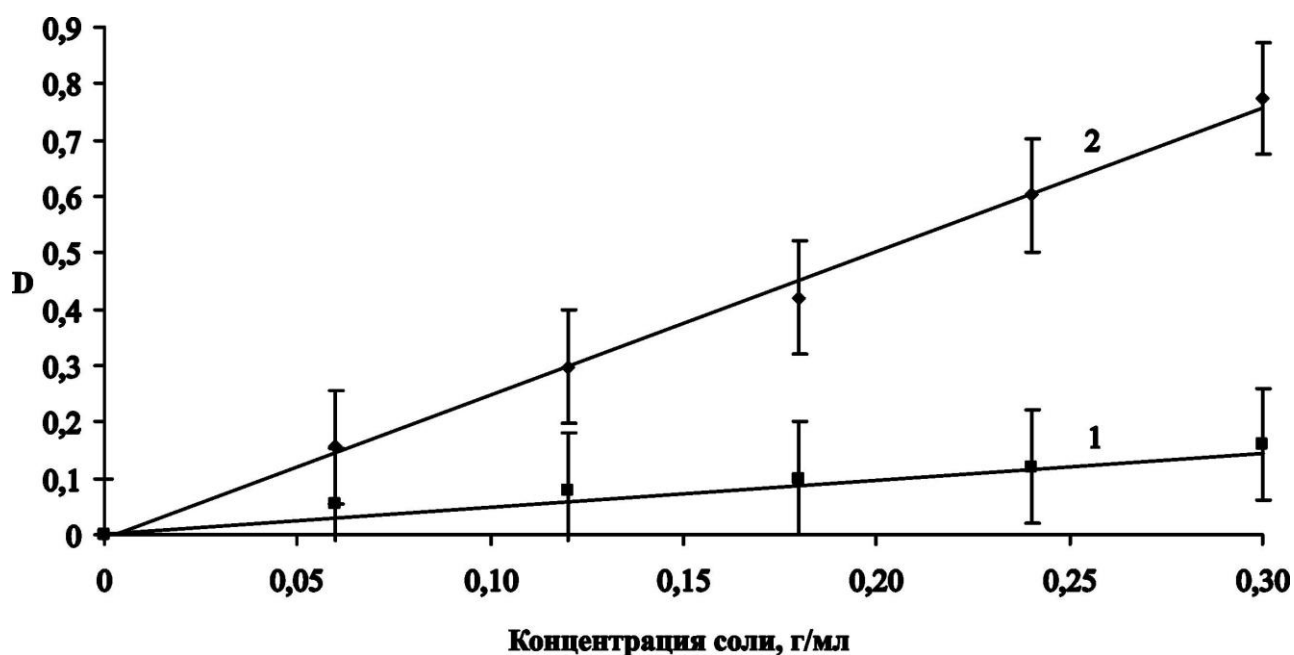


Рис. 2.1. Зависимости оптической плотности растворов соли сульфата меди (II) от концентрации соли в водном растворе: 1 – значения D получены при длине волны 470 нм, 2 – значения D получены при длине волны 620 нм

В первоначальных тестах использовали воду различной степени очистки: техническую, питьевую, дистиллированную. В итоге было установлено, что чистота воды может существенным образом влиять на результаты опытов.

Учитывая это, все дальнейшие исследования проводились с использованием дистиллированной воды. Подробное описание установки для воздействия переменным магнитным полем на воду приведено ранее в работах [9, 10]. Диапазон частот переменного магнитного поля составлял 1-30 Гц, индукция 50 мТл, время воздействия магнитным полем на исследуемый объект на каждой частоте составляло 1 час.

В производстве опытов готовили растворы соли двумя различными способами: в первом случае соль растворяли в воде после часового воздействия на воду ПМП, во втором - растворение проводили непосредственно перед воздействием ПМП. Контрольные (в необработанной магнитным полем воде) и опытные растворы готовились одновременно в одних температурных условиях, что исключало влияние этого фактора на растворение соли при проведении экспериментов. И контрольные и опытные растворы соли перед их фотометрированием отфильтровывались. Изменения растворяющей способности воды в контрольных и опытных растворах оценивали с использованием спектрофотометра Shimadzu UV-1700 (Япония) в спектрах на пропускание (Т, %) при длине волны 470 нм. На рисунке 2.2 приведены спектры пропускания различных водных растворов соли, полученных отдельно для разных частот переменного магнитного поля.

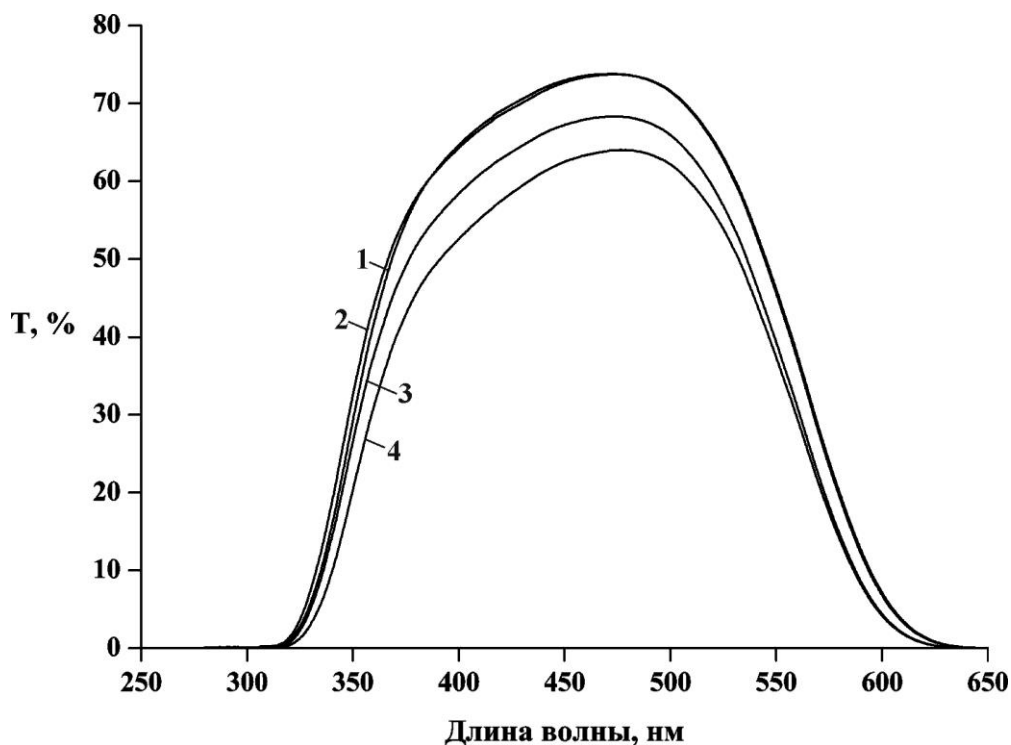


Рис. 2.2. Спектры пропускания водных растворов соли: кривая 1 – опытный раствор после воздействия ПМП частотой 10 Гц, кривая 2 – контрольный раствор для случая использования частоты 10 Гц, кривая 3 – опытный раствор после воздействия ПМП частотой 25 Гц, кривая 4 – контрольный раствор для случая использования частоты 25 Гц

Для оценки влияния ПМП на различных частотах бралась разница в значениях пропускания света в контрольных и опытных растворах ($\Delta T = T_{\text{контр}} - T_{\text{опыт}}$). Было проведено также определение плотности отфильтрованных растворов с использованием ареометров (набор ареометров АОН-1 ГОСТ 18481-81). Полученные в результате исследований зависимости изменения пропускания и плотности растворов строились по средним арифметическим значениям этих величин.

На рисунке 2.3 приведены результаты измерений, из которых следует, что для изменения пропускания достаточно воздействия ПМП в течение 1 часа независимо от способа приготовления растворов (соль растворяли в воде после

воздействия ПМП на воду, или же растворение проводили непосредственно перед воздействием ПМП).

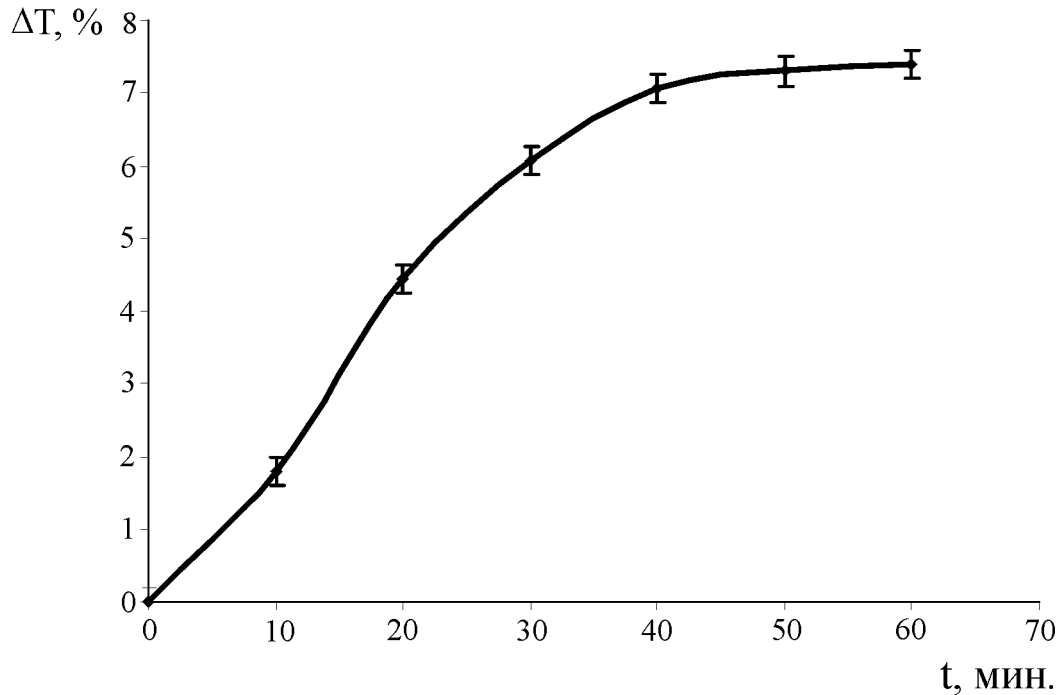
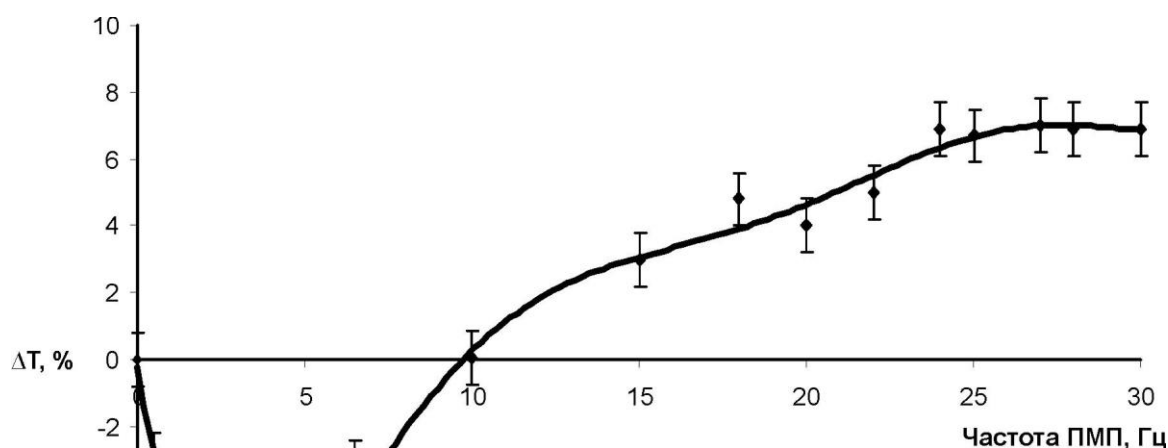


Рис. 2.3. Зависимость изменения пропускания света в растворах от времени растворения соли после воздействия на воду ПМП частотой 24 Гц

Полученные в результате исследований зависимости изменения пропускания света ΔT в растворах от частоты воздействия ПМП представлены на рисунке 2.4, из которых следует, что после воздействия ПМП в интервале частот 1-3 Гц в течение часа на опытный образец воды, в дальнейшем служившей растворителем соли (рисунок 2.4а), наблюдается спад величины ΔT от значений, характерных для контрольного раствора, до минимального значения вблизи частоты ПМП 3 Гц. В диапазоне частот ПМП 1-10 Гц значения ΔT были отрицательными, так как пропускание T в контрольном растворе было меньше, чем пропускание T в опытных растворах. Чем меньше пропускание в растворе, тем он менее прозрачен для проходящего света вследствие присутствия в нем большего количества растворенного вещества, а, следовательно, и растворяющая способность воды в таком случае выше. С ростом частоты воздействующего ПМП от 3 до 10 Гц значения пропускания света в опытных растворах постепенно приближались к значению T в контрольном растворе. Это свидетельствует о том,

что с ростом частоты воздействия ПМП на воду, служившую в дальнейшем растворителем соли, в опытных растворах начинало растворяться всё больше соли. В окрестности частоты магнитного поля 10 Гц наблюдалась инверсия действия поля. На этой частоте значения пропускания и для контрольного и для опытного растворов совпадали ($T_{\text{контр}}=T_{\text{опыт}}$), а затем с ростом частоты магнитного поля значения T в опытных растворах на спектрах пропускания становились меньше, чем значение пропускания в контрольном растворе, следовательно, в опытных растворах, полученных при предварительном воздействии на воду ПМП с фиксированной частотой из диапазона 11-30 Гц, с последующим растворением в ней соли CuSO_4 , содержалось большее количество растворенной соли, и растворяющая способность воды была выше, чем в контрольном растворе. Рост значений ΔT наблюдался до момента насыщения в окрестности частоты ПМП 24 Гц, после чего значения ΔT практически не изменялись.



а

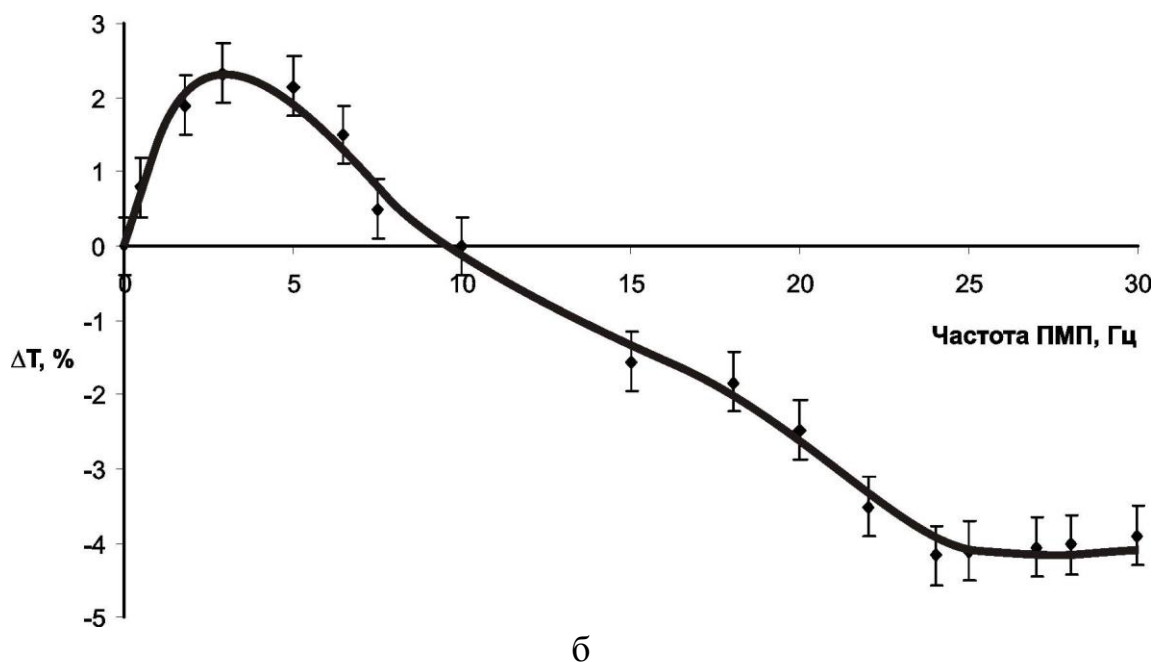


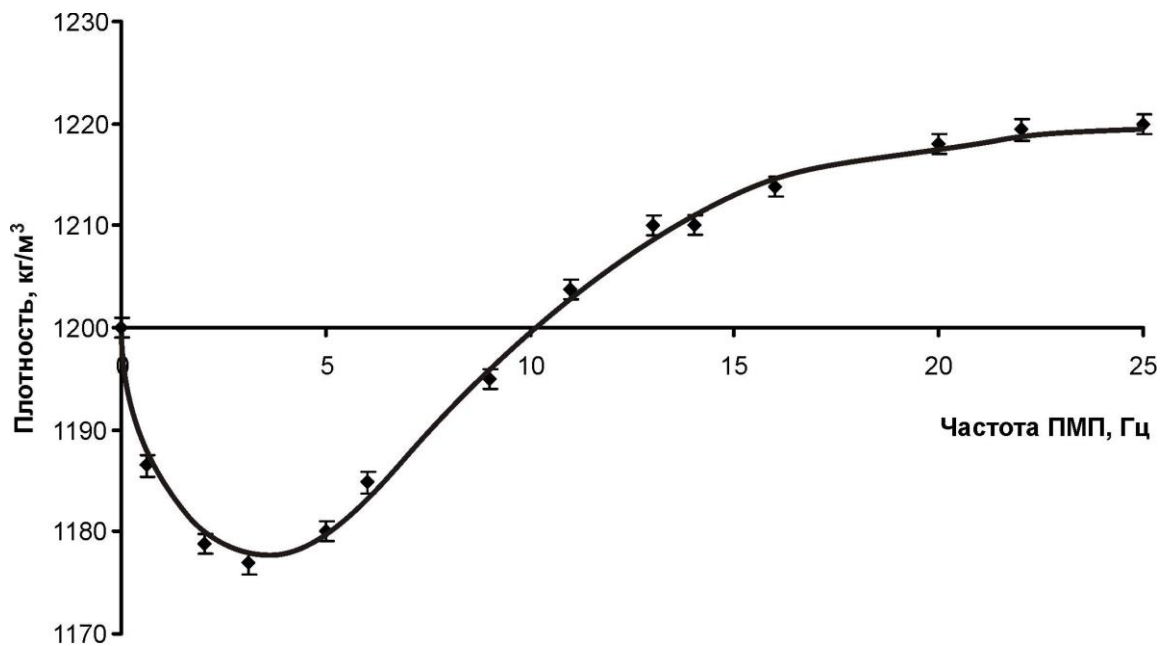
Рис. 2.4. Зависимости изменения пропускания ΔT в растворах от частоты ПМП:
 а - для случая, когда соль растворяли в воде после воздействия ПМП, б - для
 случая, когда соль растворяли в воде перед воздействием ПМП

В случае, когда «омагничивался» готовый водный раствор соли (рисунок 2.4б), наблюдался противоположный эффект действия ПМП на тех же частотах: в диапазоне частот 1-3 Гц значения ΔT возрастали с ростом частоты воздействующего ПМП, тогда как в интервале 3-25 Гц наблюдалось уменьшение ΔT , которое прекращалось при частоте ПМП в районе 25 Гц. В случае воздействия ПМП в диапазоне частот 1-10 Гц на готовый водный раствор соли значения пропускания в опытных растворах были меньше, чем значение пропускания в контрольном растворе. Это свидетельствует о том, что в этом диапазоне частот проявлялась большая растворяющая способность воды как растворителя и была максимальна при воздействии ПМП с частотой в районе 2-3 Гц.

Было проведено также определение плотности водных растворов соли CuSO_4 при различных частотах ПМП. Опыты проводились при постоянной температуре 24,2 °С. Для этого брались отфильтрованные контрольные и опытные

растворы, которые после прекращения воздействия ПМП предварительно отфильтровывались перед их фотометрированием. Полученные результаты, представленные на рисунке 2.5, коррелируют с фотометрическими. Для случая, когда в качестве растворителя использовалась предварительно омагниченная вода, после растворения в ней соли наблюдалось, что плотность полученных опытных растворов была меньше плотности контрольного раствора, значит, и количество растворенной соли в опытных растворах также было меньше. Такой характер зависимости плотности растворов от частоты ПМП наблюдался в интервале частот 1-10 Гц. В интервале частот 11-25 Гц плотность опытных растворов была выше плотности контрольного раствора, а, следовательно, и количество растворенной соли было больше (рисунок 2.5а).

В случае, когда ПМП действовало на готовый водный раствор соли CuSO_4 (рисунок 2.5б), наблюдалось, что в диапазоне частот ПМП 1-10 Гц плотность опытных растворов была выше, чем в контрольном растворе, тогда как в диапазоне частот 11-25 Гц их плотность была ниже. Поэтому в этом случае можно говорить, что в диапазоне частот 1-10 Гц наблюдалась большая растворяющая способность воды вследствие большего растворения соли в опытных растворах, а в диапазоне частот 11-25 Гц – меньшая.



а

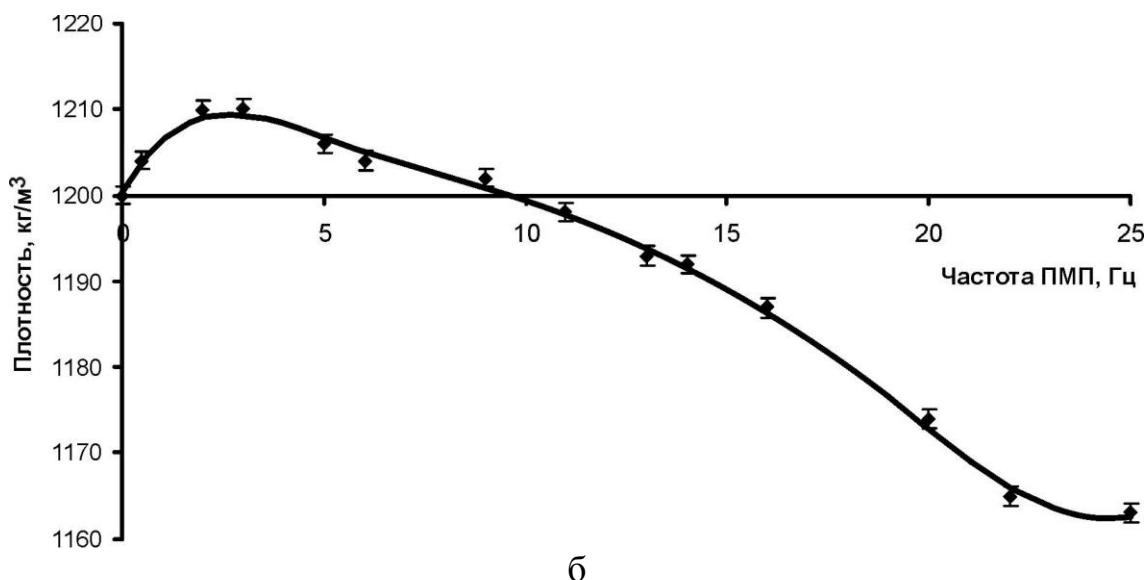


Рис. 2.5. Зависимости плотности растворов от частоты ПМП: а - для случая, когда соль растворяли в воде после воздействия ПМП, б - для случая, когда соль растворяли в воде перед воздействием ПМП

Следует отметить, что при частоте ПМП ~ 10 Гц при использовании опытной (обработанной ПМП) и контрольной воды отсутствовало различие в плотности растворов при условии равенства их температур. Плотность в опытном и в контрольном растворах совпадала, и ее значение составило 1200 кг/м^3 .

Также ареометрически было проведено измерение плотности дистиллированной воды. В контрольном образце ее величина составила 995 кг/м^3 , тогда как после часовой обработки ПМП на частотах 5-6 Гц она составляла 990 кг/м^3 , а при частотах 13-14 Гц - 999 кг/м^3 .

В процессе релаксации характеристики опытных растворов со временем возвращались к значениям, соответствующим контрольным растворам, как это показано на рисунке 2.6. В течение этого процесса растворенный избыток соли выпадал и оставался в составе раствора. Количество такого избытка составляло ~ 14 мг в 10 мл раствора. Данное количество соли не приводило к искажению спектров и существенно не влияло на значения пропускания света в растворах. Примерно такое же количество соли растворялось в процессе релаксации раствора в случае увеличения его плотности, поскольку часть соли смогла пройти

через фильтры (фильтры обеззоленные белая лента ТУ 6-09-1678-86) при проведении фильтрования растворов.

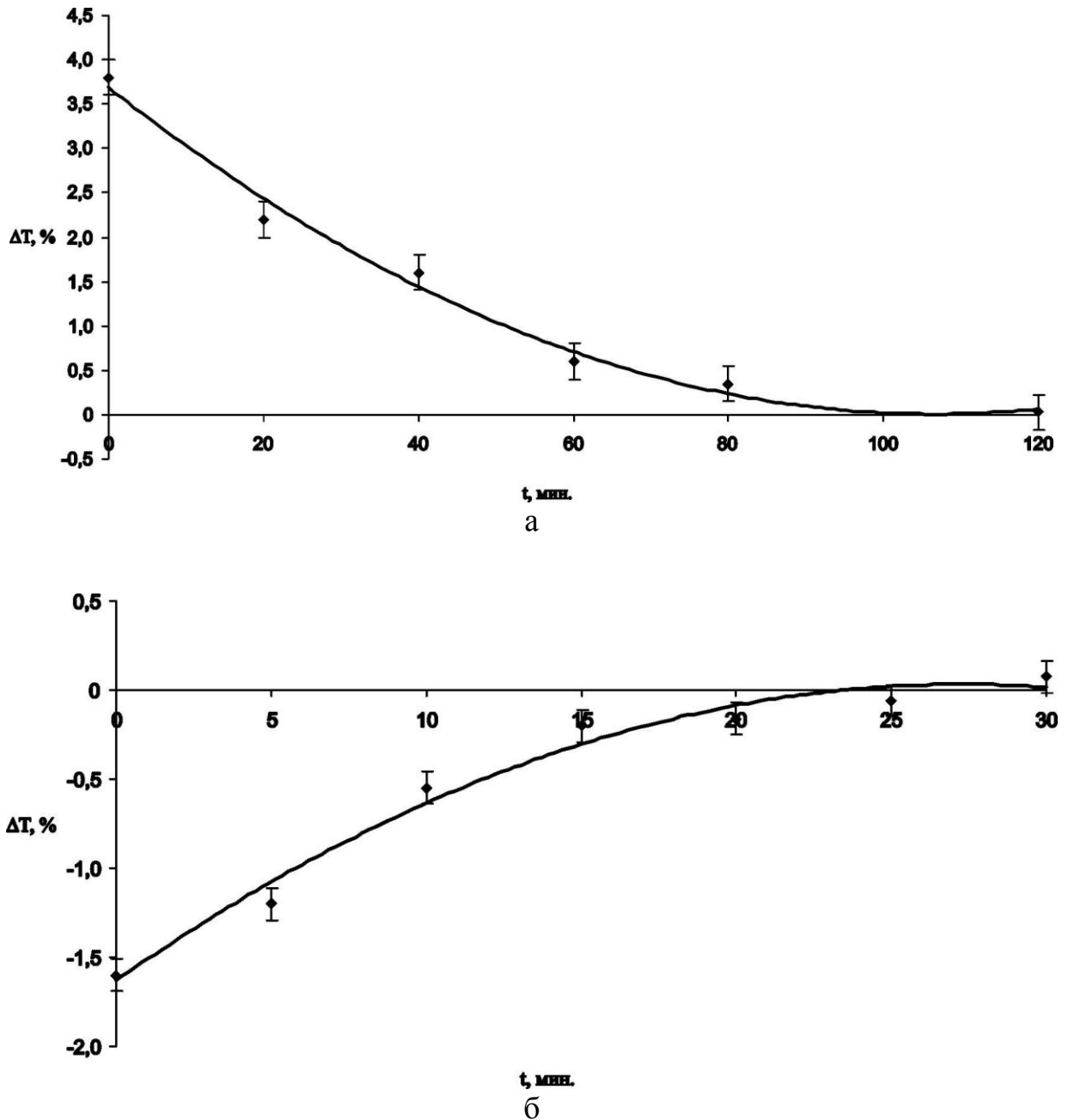


Рис. 2.6. Зависимости изменения пропускания ΔT в водных растворах от времени релаксации после выключения ПМП: а - для случая, когда соль растворяли в воде после воздействия ПМП частотой 15 Гц, б - для случая, когда соль растворяли в воде перед воздействием ПМП частотой 15 Гц

На основании полученных результатов можно сделать заключение о том, что при обработке дистиллированной воды, используемой в дальнейшем как

растворитель соли сульфата меди (II), ПМП низкой интенсивности с частотой из диапазона $\sim 3-25$ Гц в течение часа происходило увеличение ΔT и плотности опытных растворов по сравнению с контрольным, что свидетельствует об увеличении растворяющей способности воды, так как в опытных растворах растворилось большее количество соли. При обработке дистиллированной воды ПМП низкой интенсивности с частотой из диапазона $\sim 1-3$ Гц происходило уменьшение ΔT и плотности опытных растворов по сравнению с контрольными значениями, что свидетельствует об уменьшении растворяющей способности воды.

Для готовых водных растворов соли сульфата меди (II) наблюдался противоположный эффект действия ПМП на тех же частотах: в диапазоне частот ПМП 1-3 Гц значения ΔT и плотность опытных растворов возрастали с ростом частоты воздействующего ПМП по сравнению с величинами, соответствующими контрольному раствору, тогда как в интервале 3-25 Гц наблюдалось уменьшение значений ΔT и плотности опытных растворов, а значит и уменьшение растворяющей способности воды в этих растворах.

После прекращения воздействия переменным магнитным полем как на воду-растворитель, так и на готовый водный раствор соли, эффект его действия со временем утрачивался – характеристики возвращались в исходное состояние.

Результаты настоящих исследований могут быть использованы для разработки технологий, связанных с применением воды, обработанной ПМП, например, как в экспериментальной, так и в клинической урологии.

3. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАСТВОРЕНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛОВ ЧЕЛОВЕКА IN VITRO

3.1 Влияние низкочастотного магнитного поля на растворение органоминералов человека оксалатного типа в воде in vitro

Известно, что физико-химические свойства воды как растворителя изменяются под влиянием низкочастотных магнитных полей [83]. При этом под действием переменных магнитных полей могут возникать структурные изменения водных растворов, проявление которых зависит от химического состава исследуемых растворов [84]. Представляло интерес выяснить влияние низкочастотного ПМП, действующего на воду с помещенным в нее мочевым камнем оксалатного типа из организма человека, на эффективность его растворения в воде in vitro. Ранее в работе [153] такого рода исследования проводились для случая, когда мочевые камни (ураты) помещались в предварительно обработанную ПМП воду.

В каждом эксперименте использовали органоминералы оксалатного типа из коллекции мочевых камней, предоставленной кафедрой урологии Саратовского государственного медицинского университета.

В предварительном опыте был проведен анализ фазового состава мочевого камня методом ИК-спектроскопии. Исходный материал готовился способом прессования таблеток с KBr (5 мг образца и 300 мг KBr). Спектры материала регистрировали на ИК-спектрометре Infracum FT-801.

Для определения элементного состава мочевого камня, отобранного для опыта, был проведен его анализ на рентгенофлуоресцентном спектрометре «Спектроскан МАКС–GV». Отобранный над осадком раствор прокачивали через сорбционный фильтр ДЭТАТА. После прокачивания рабочего раствора фильтр тщательно промывали дистиллированной водой. Фильтр слегка подсушивался,

затем регистрировались спектры рентгеновской флуоресценции вещества, сорбированного на фильтре. Для определения концентрации элементов полученные спектры обрабатывались по методу фундаментальных параметров. Результаты этого анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1. Элементный состав минеральной части органоминарала, используемого в опыте (0,2% от общей массы органоминарала).

Компонент	Концентрация, %
SiO ₂	7,48
PO ₄	7,92
SO ₄	15,75
Cl	14,03
K	10,70
CaO	20,11
Fe	2,10
Cu	18,91
Zn	3,00

Как видно из таблицы 1 основная доля исследуемого образца состоит из силикатов, фосфатов, кальцитов. Анализ ИК-спектра этого образца, представленного на рисунке 3.1, показал, что в его составе обнаруживаются белковые компоненты (63.1%), мочевины (18.8%) и щавелевая кислота (19.7%).

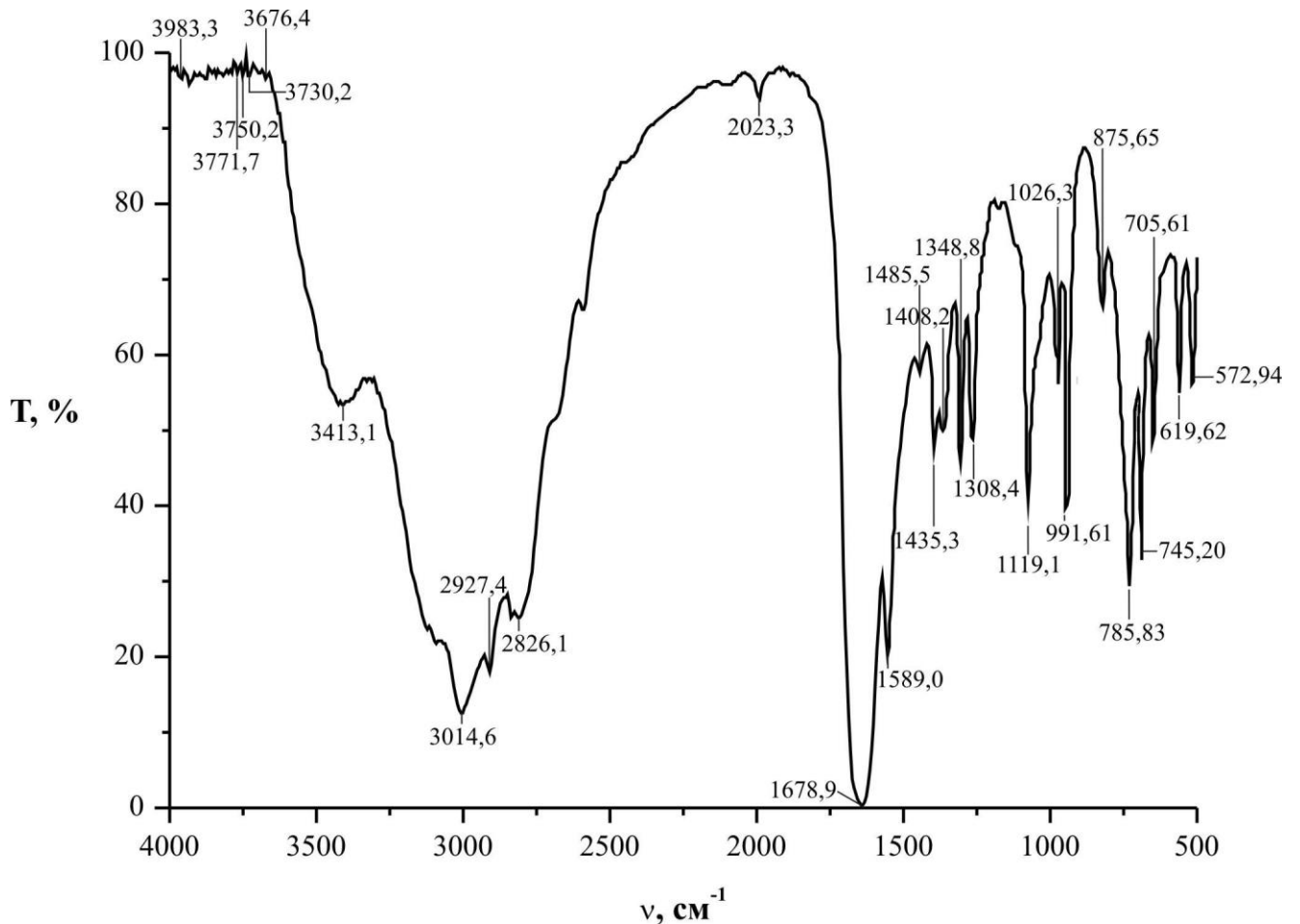


Рис. 3.1. ИК-спектр исходного органоминерала, использованного в опыте

Опыты проводились на водных суспензиях диспергированного до размера фракции 0,1-0,5 мм мочевого камня из предоставленной коллекции. Рабочий объём суспензий составлял 8 мл. Источником магнитного поля служила установка, детальное описание которой приведено в работе [9]. Перед проведением измерений суспензии отфильтровывались, и работы проводились с отфильтрованными растворами. В качестве контроля использовали растворы того же образца в дистиллированной воде, которые находились в той же лаборатории при фоновых уровнях магнитных полей, характерных для места проведения опытов.

Эффективность растворения органоминералов в опытах определяли:

1. Спектрофотометрическим методом в величинах на пропускание (Т, %). Регистрацию спектров проводили через каждые 15 мин воздействия ПМП в течение часа на спектрофотометре Shimadzu UV-1700 (Япония) при комнатной

температуре в кварцевых кюветах размером $1 \times 1 \times 4,5$ см. Спектры анализировали в максимумах поглощения матричных белков мочевых камней при $\lambda=290$ нм [154]. Оптическая плотность раствора и концентрация растворенного в нем вещества в исследуемом объекте связаны прямой пропорциональной зависимостью, что используется для количественных определений содержания компонентов [155];

2. Ареометрическим методом по изменению плотности растворов от времени растворения минералов непосредственно в процессе их магнитной обработки в течение часа.

Для того чтобы выяснить, каким образом ПМП влияет на процесс растворения мочевого камня исследуемого типа, был проведен модельный эксперимент по растворению отдельных компонент, входящих в его состав. Как следует из рисунка 3.2, присутствие органической компоненты в воде приводит к уменьшению плотности раствора, а присутствие мочевины приводит к ее увеличению. В растворе щавелевой кислоты изменение плотности по сравнению с дистиллированной водой было незначительным, что связано с плохой ее растворимостью в воде (8% при нормальных условиях). В работе [156] сообщалось об измерении плотности водных растворов альбумина при различных его концентрациях. Показано, что при уменьшении концентрации альбумина происходит уменьшение плотности его раствора, что впоследствии объясняется различиями в структурной организации растворителя в комбинации с высоко гидрофобным характером альбумина [157, 158], поскольку известно, что поверхность белковой молекулы альбумина в контакте с водным растворителем содержит почти в равном количестве гидрофильные и гидрофобные группы (около 50% поверхности белка полярна, около 50% неполярна) [159].

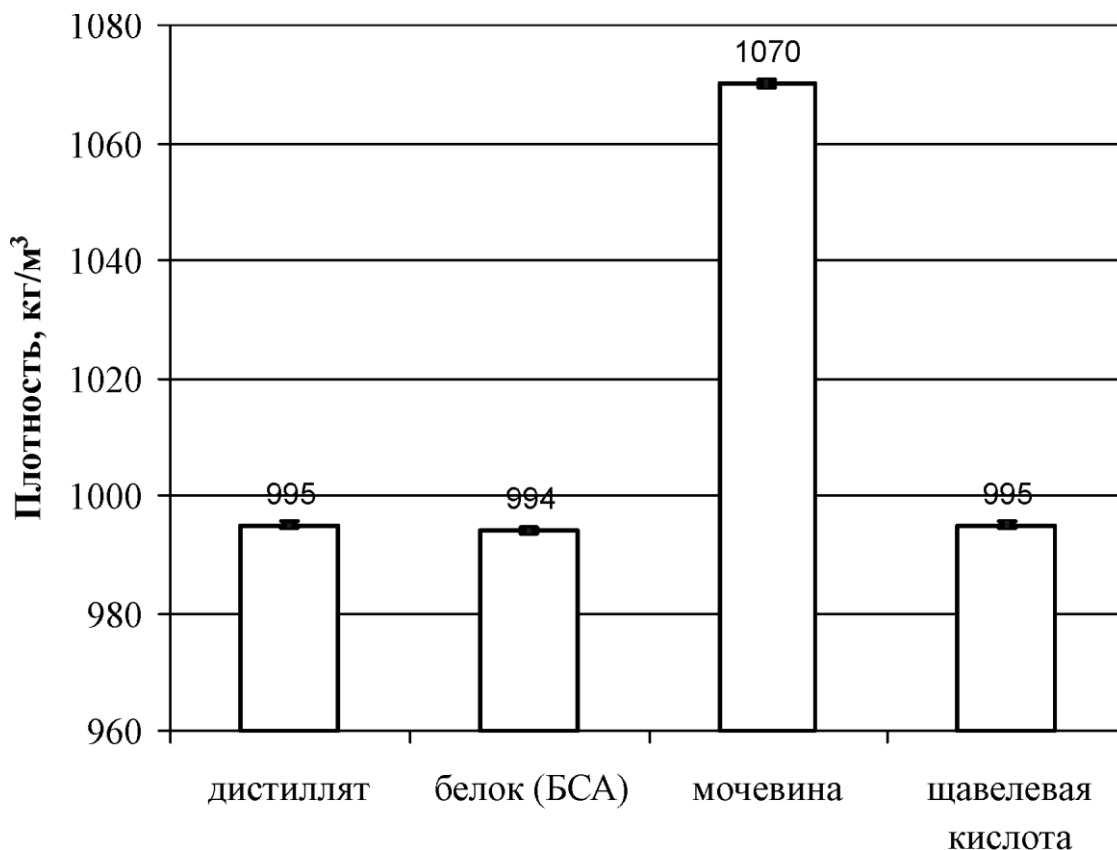


Рис. 3.2. Измерение плотности дистиллированной воды в присутствии белка, мочевины и щавелевой кислоты: белок (БСА) 0,05 г/ 8 мл воды; мочеви́на 2,64 г/ 8 мл воды; щавелевая кислота 0,015 г / 8 мл воды

Таким образом, при растворении образца мочевого камня необходимо учитывать несколько процессов: растворение органической компоненты камня вместе с минеральной его составляющей, выход в раствор мочевины и щавелевой кислоты (слабо растворимой в воде).

На рисунке 3.3 представлены зависимости пропускания света (T , %) в растворах, полученные на длине волны 290 нм, от времени растворения образца мочевого камня в дистиллированной воде, находящегося в течение 60 минут под действием ПМП с частотой из диапазона 2-9 Гц, а на рисунке 3.4 – при частотах 11 и 22 Гц. Представленные значения T являются средними арифметическими.

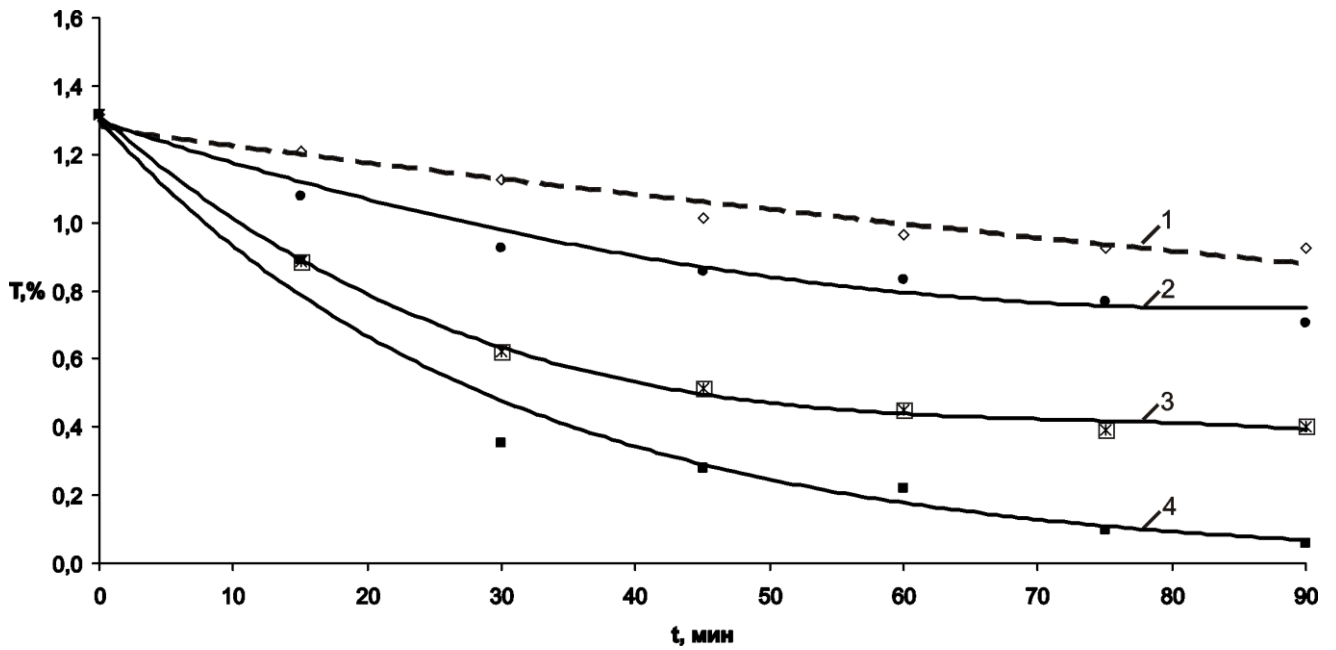


Рис. 3.3. Зависимости пропускания света в растворах от времени растворения в них мочевых камней: кривая 1 – без воздействия магнитного поля, кривая 2 – частота ПМП 9 Гц, кривая 3 – частота ПМП 6 Гц, кривая 4 – частота ПМП 2 Гц

Уменьшение значений пропускания в опытных растворах во время протекания процесса растворения свидетельствует об увеличении растворяющей способности воды и о более эффективном растворении образцов органоминералов в растворах, обработанных ПМП с частотой из диапазона 2-9 Гц (рисунок 3.3 кривые 2-4), на фоне контрольного раствора (рисунок 3.3 кривая 1). Максимальное уменьшение пропускания наблюдалось при воздействии на опытный раствор ПМП с частотой 2 Гц. При воздействии на растворы переменного магнитного поля с частотами 11 и 22 Гц (рисунок 3.4) значения пропускания в опытных растворах были больше, чем пропускание в контрольном растворе, что свидетельствует о меньшей растворяющей способности воды и о менее эффективном растворении образцов мочевых камней в опытных растворах относительно контроля.

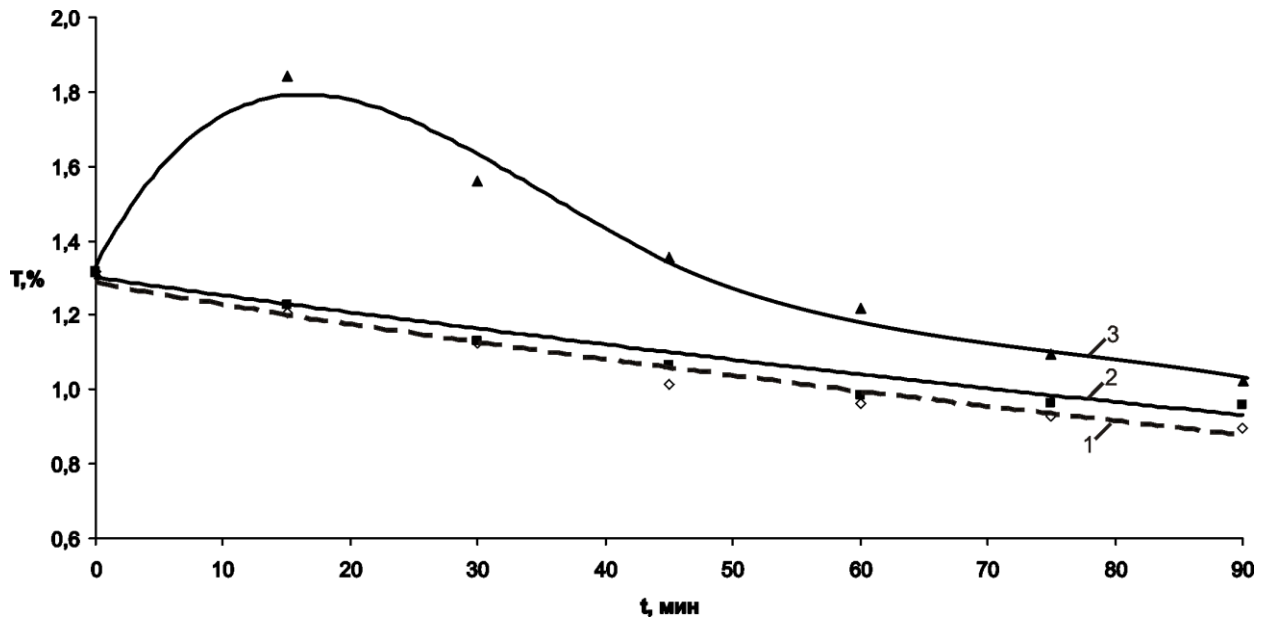


Рис. 3.4. Зависимости пропускания света в растворах от времени растворения в них мочевого камня: кривая 1 – без воздействия магнитного поля, кривая 2 – частота ПМП 11 Гц, кривая 3 – частота ПМП 22 Гц

Результаты по измерению плотности исследуемых растворов при действующем ПМП ареометрическим методом представлены на рисунках 3.5 и 3.6. Представленные на графиках значения плотности являются средними арифметическими значениями полученных величин.

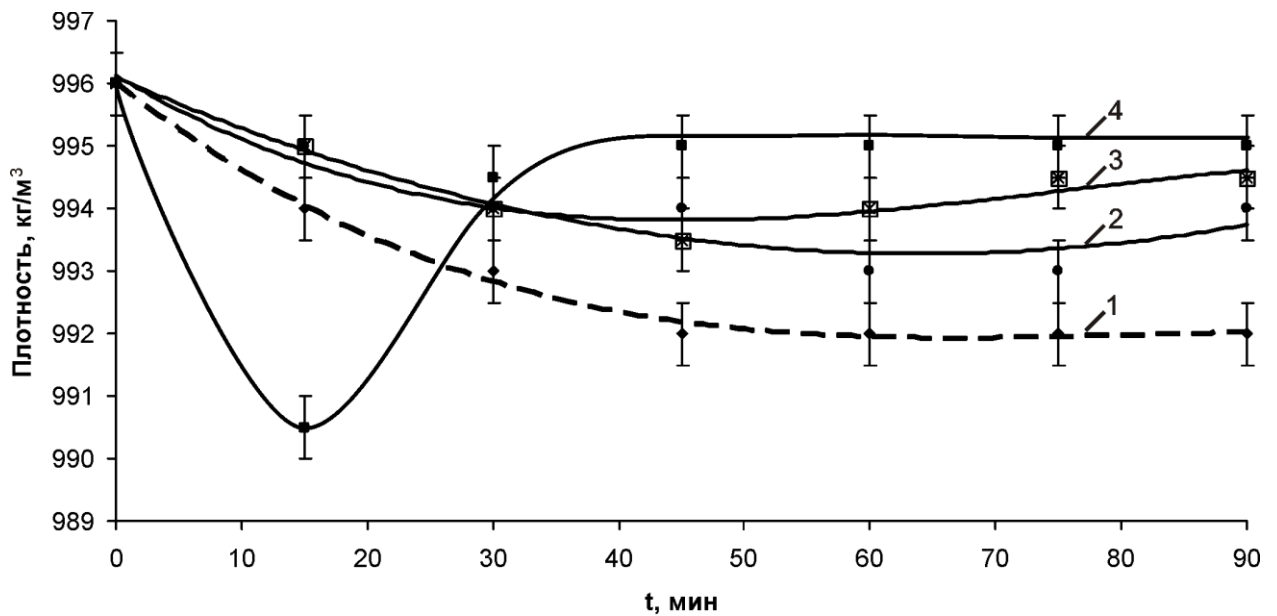


Рис. 3.5. Зависимости плотности растворов мочевого камня от времени растворения: кривая 1 – без магнитного поля, кривая 2 – частота ПМП 9 Гц, кривая 3 – частота ПМП 6 Гц, кривая 4 – частота ПМП 2 Гц

Из приведенных на рисунке 3.5 результатов следует, что при действии переменного магнитного поля частотой 2 Гц в течение 15 минут наблюдается резкое уменьшение плотности раствора, после чего зависимость плотности раствора от времени растворения возрастает до значений несколько меньших, чем исходная перед включением ПМП. При частоте ПМП 6 Гц уменьшение плотности раствора наблюдается в течение 45 минут от начала процесса растворения мочевого камня, после чего происходит ее возрастание. Для частоты 9 Гц плотность растворов уменьшается вплоть до 60-ой минуты воздействия ПМП и начинает возрастать лишь после прекращения воздействия полем на 60-ой минуте. В отсутствие ПМП (кривая 1) уменьшение плотности контрольного раствора наблюдалось в течение 45 минут. Можно сделать вывод о том, что уменьшение плотности как опытных, так и контрольного растворов, связано с выходом в воду органической компоненты в процессе растворения патоминерала, тогда как ее последующий рост в опытных растворах связан с выходом в воду мочевины, что хорошо соответствует модельному эксперименту, результаты которого приведены на рисунке 3.2.

На рисунке 3.6 представлены результаты измерения плотности растворов того же образца мочевого камня от времени его растворения при действии на растворы ПМП с частотами 11 и 22 Гц. На этих частотах воздействия поля плотность растворов уменьшалась в течение 45 минут процесса растворения камня. В течение последующего времени растворения плотность опытных растворов незначительно возрастала. Следовательно, согласно результатам модельного эксперимента (рисунок 3.2), при воздействии ПМП на этих частотах также происходит растворение органической компоненты камня, сопровождающееся уменьшением плотности растворов, и выход в раствор мочевины при дальнейшем растворении, сопровождающийся небольшим увеличением плотности. Однако, наблюдаемое в этом случае снижение плотности опытных растворов не столь значительно по сравнению с уменьшением плотности контрольного раствора.

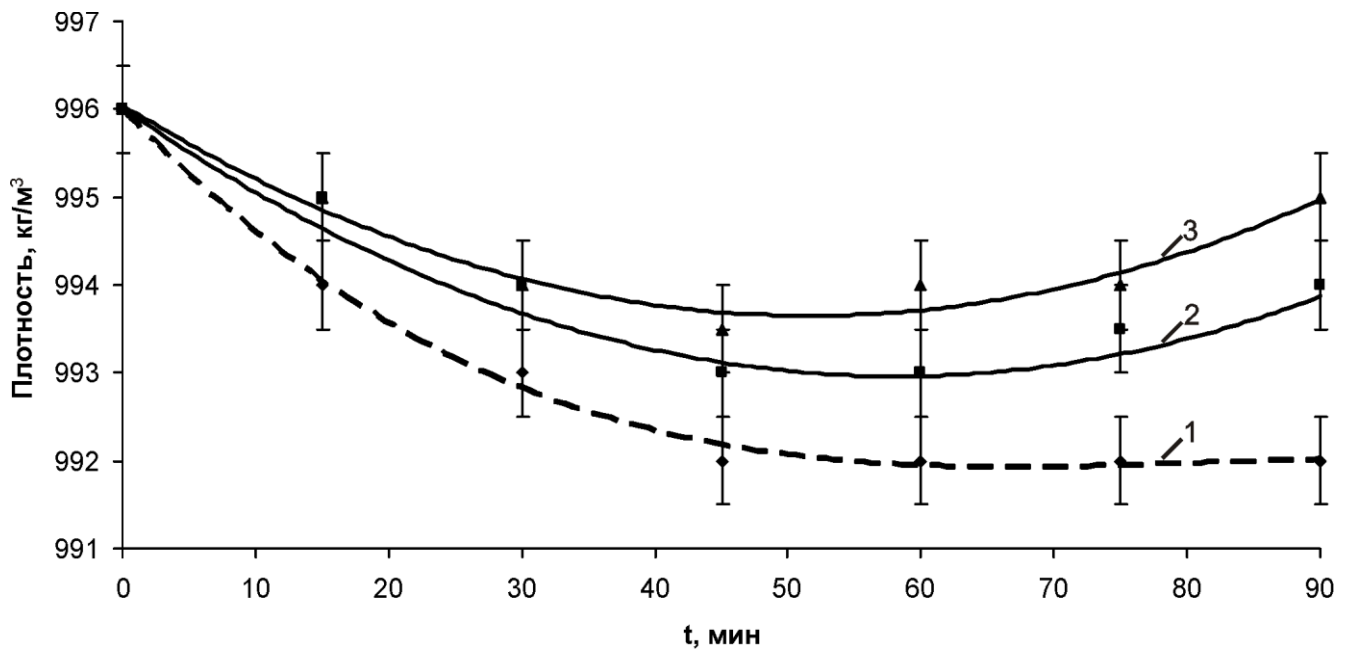


Рис. 3.6. Зависимости плотности растворов мочевого камня от времени растворения: кривая 1 - без магнитного поля, кривая 2 – частота ПМП 11 Гц, кривая 3 – частота ПМП 22 Гц

Исходя из полученных результатов как изменения пропускания в растворах, так и изменения их плотности, можно предположить, что растворение мочевого камня непосредственно в действующем ПМП в составе готового водного раствора идет в несколько стадий, и значение частоты ПМП существенным образом влияет на этот процесс. Результаты настоящего исследования отличаются от полученных ранее в работе [153] результатов, где использовались мочевые камни уратного типа, в состав которых входила в основном мочевины, хорошо растворимая в воде. В настоящем исследовании образцы мочевого камня, по большей части, состояли из малорастворимых и нерастворимых соединений (таблица 1). Помимо этого, вся минеральная часть исследуемых мочевого камня связана с большим количеством органических веществ.

Наблюдаемое в экспериментах уменьшение плотности растворов, происходящее при растворении органической компоненты, может быть связано с гидратацией белковых остатков [160]. Одновременно с этим происходит и увеличение концентрации мочевины в растворе. Следовательно, уменьшение плотности раствора за счет гидратированных органических компонентов

мочевого камня при его растворении продолжается до тех пор, пока концентрация мочевины не достигнет того уровня, когда она начнет растворяться в связанной белками воде, что в дальнейшем влияет на увеличение плотности раствора.

Также было определено количество растворенного вещества мочевого камня весовым методом, которое в опытном растворе при воздействии на него ПМП с частотой 2 Гц составило 22%, тогда как в контрольном растворе 8.1% от исходной массы минералов.

Следует отметить, что как было показано в работе [153], в случае, когда для растворения мочевых камней, относящихся к уратам, использовалась предварительно обработанная ПМП вода, наблюдалось большее растворение органоминералов в опытных растворах (примерно 27%), чем в контрольном растворе, причем оно было максимально при воздействии на воду ПМП с частотой 22 Гц.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наблюдаемые изменения плотности растворов (рисунки 3.5, 3.6), а именно уменьшение плотности в интервале времени 15 мин. при воздействии на раствор магнитным полем с частотой 2 Гц, 45 мин. – при воздействии с частотой 6 Гц и 60 мин. – при воздействии с частотой 9 Гц, связано с растворением органической компоненты мочевого камня, а ее последующее увеличение объясняется выходом в раствор мочевины, в то время как в контрольном растворе происходит только растворение органической оболочки камня. Наибольшее растворение образца органоминерала оксалатного типа наблюдалось при воздействии на водные растворы ПМП с частотой 2 Гц, и было на 14% выше, чем в контрольном растворе. Однако эффективность действия ПМП на растворение органоминералов падает с ростом частоты магнитного поля, так как в опытных растворах растворяется меньшее количество вещества мочевого камня.

3.2 Влияние переменного магнитного поля на разрушение органоминералов человека в водных растворах мочевины *in vitro*

В работе [130] приведены результаты исследований по определению влияния переменного магнитного поля в диапазоне частот 2-22 Гц на растворение находящегося в воде органоминерала из организма человека. С помощью спектрофотометрических и ареометрических измерений авторами работы [130] было установлено, что максимальный отклик системы на воздействие ПМП при растворении органоминералов в условиях *in vitro* наблюдался при частоте ~2 Гц и был на 14% выше, чем в контроле (без воздействия ПМП). Кроме того, в работе [130] было отмечено, что действие переменного магнитного поля, приводящее к изменению плотности растворов, связано с растворением органической составляющей этих патоминералов и выходом мочевины в состав растворителя. Таким образом, мочевина оказывала существенное влияние на изменение плотности этих растворов.

Поэтому при дальнейшем изучении растворяющих свойств водных растворов таких веществ, которые способны увеличить эффективность растворения органоминералов в процессе их разрушения, возникает вопрос о влиянии мочевины на общий ход этого процесса в присутствии ПМП. Как известно, мочевина, находясь в составе водного раствора, является эффективным растворителем как органических, так и неорганических веществ [161].

Задача настоящего исследования – установить степень влияния мочевины в составе водного раствора, в том числе предварительно обработанного ПМП частотой 2 Гц, на процессы растворения и разрушения органоминералов человека *in vitro*.

В экспериментах использовались: органоминералы оксалатного типа, предоставленные кафедрой урологии Саратовского государственного медицинского университета, мочевина ЧДА ГОСТ 6691-71. В качестве опытных растворов использовались водные растворы мочевины различной концентрации, в которые помещались образцы мочевых камней для исследования процессов их

растворения и разрушения. Во всех экспериментах (контрольных и опытных) использовались образцы от одного донора.

Для того чтобы исследовать влияние концентрации мочевины на процесс растворения мочевых камней, был проведен следующий эксперимент. Предварительно измельченный органоминерал помещался в водные растворы мочевины с различной концентрацией на 1 час. В качестве контрольного раствора использовались водные растворы мочевины без камня. На рисунке 3.7 приведены зависимости значений оптической плотности D , полученных на длине волны 290 нм, от концентрации мочевины в растворах. Как следует из приведенных результатов, максимальное значение оптической плотности в области поглощения белковой фракции органоминерала наблюдалось при концентрации мочевины 10,36 г на 100 мл воды (кривая 1). Именно такое значение концентрации мочевины было выбрано для дальнейших исследований, что соответствует величинам, используемым при исследованиях *in vivo* (0,4–30 г на 100 мл воды) [162]. Также были получены значения оптической плотности растворов бычьего сывороточного альбумина при различных концентрациях мочевины. Полученная зависимость имела линейный характер (кривая 2). Следует отметить, что оптическая плотность контрольных растворов, полученная на длине волны 290 нм, незначительно изменялась при изменении концентрации мочевины (кривая 3).

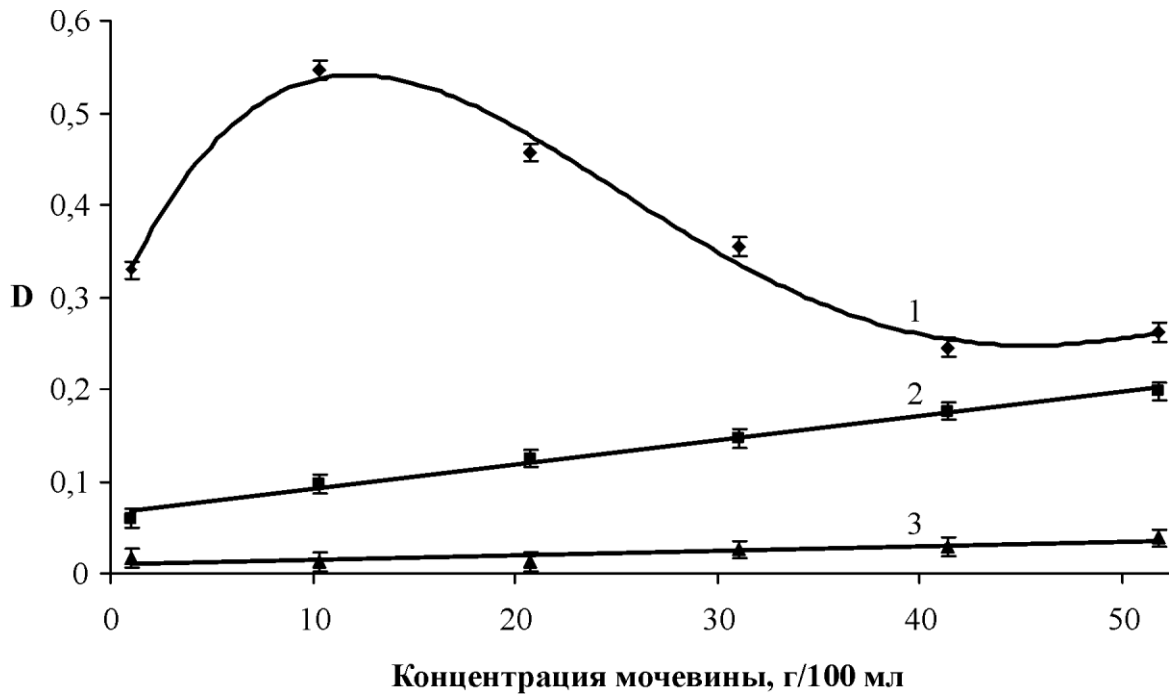


Рис. 3.7. Зависимость оптической плотности растворов мочевины от ее концентрации: кривая 1 – растворы мочевины с растворенной частью камня, кривая 2 – растворы бычьего сывороточного альбумина при различных концентрациях мочевины, кривая 3 – контрольные растворы мочевины без камня

На основании полученной зависимости была выбрана максимально эффективная концентрация мочевины в водном растворе, которая составила 10,36 г на 100 мл воды. Для дальнейших экспериментов, которые проводились с исходно целыми органоминералами, использовалось именно такое значение концентрации мочевины в растворах.

Исходные образцы мочевых камней взвешивались на аналитических весах фирмы OHAUS Corp. RV214 с точностью 0,0001 г. Приготовленные растворы мочевины, используемые в опытах, обрабатывались переменным магнитным полем с частотой 2 Гц и индукцией 50 мТл в течение 1 часа [163]. Контрольный раствор на дистиллированной воде, в котором также проводили растворение мочевого камня, находился в той же лаборатории при фоновых уровнях магнитного поля, характерных для места проведения опытов. Степень растворения органоминералов в экспериментах определяли по выходу в раствор органической составляющей мочевых камней спектрофотометрическим методом,

а также весовым методом. Регистрацию спектров поглощения проводили через каждые 60 мин воздействия ПМП на спектрофотометре Shimadzu UV-1700 (Япония) при комнатной температуре в кварцевых кюветах размером $1 \times 1 \times 4,5$ см. Спектры анализировали в максимумах поглощения матричных белков мочевых камней при длине волны 289-293 нм. После фильтрации суспензий фотометрирование проводили с надосадочным раствором. При реализации весового метода нерастворенную часть суспензий промывали дистиллированной водой, а затем обсушивали на фильтре под струей горячего воздуха. Окончательную дегидратацию мочевых камней проводили в СВЧ-поле с использованием генератора типа Г4-141, после чего проводили взвешивание на аналитических весах.

На рисунке 3.8 приведены средние арифметические значения оптической плотности D растворов мочевых камней, полученной на длине волны максимума поглощения белковой компоненты камня 290-292 нм, от времени воздействия ПМП при различных способах растворения камней.

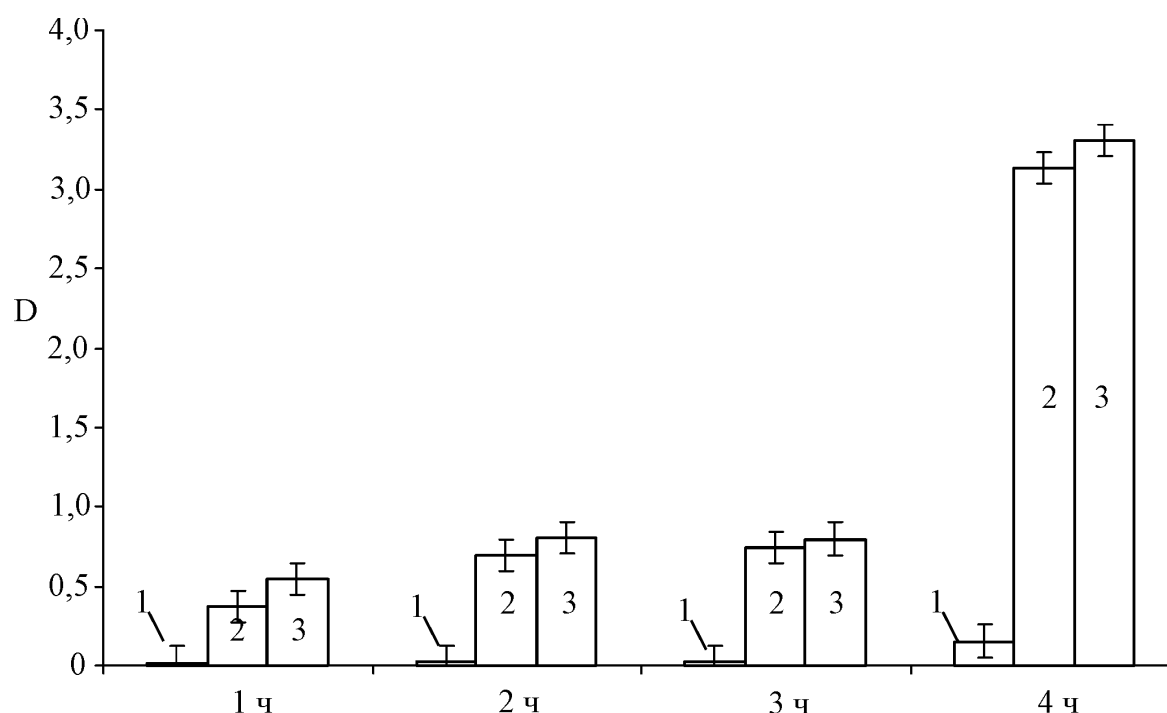


Рис. 3.8. Зависимость оптической плотности растворов мочевых камней от способов их приготовления и времени воздействия ПМП:

- 1 – дистиллированная вода с камнем; 2 – водный раствор мочевины с камнем;
3 – водный раствор мочевины с камнем + ПМП 2 Гц

Из результатов, представленных на рисунке 3.8, следует, что спустя 1 час после начала эксперимента наблюдалось достоверное увеличение оптической плотности опытных растворов мочевины с камнем (рисунок 3.8 столбец 2 для каждой гистограммы) и растворов мочевины с камнем, обработанных ПМП с частотой 2 Гц (рисунок 3.8 столбец 3 для каждой гистограммы), по сравнению с контрольным раствором мочевого камня в воде (рисунок 3.8 столбец 1 для каждой гистограммы). Величина оптической плотности продуктов растворения органоминералов в растворе мочевины при непрерывном воздействии ПМП в течение 4-х часов примерно в 21,5 раза превышала величину оптической плотности при растворении в обычной дистиллированной воде, а для случая, когда использовались водные растворы мочевины без воздействия на них ПМП - примерно в 20,4 раза по сравнению с контрольным раствором. Различия в значениях оптической плотности опытных растворов мочевины с растворенной частью камня, на которые воздействовали ПМП с частотой 2 Гц (значения D для 3-го столбца), и растворов мочевины с камнем, на которые не воздействовали ПМП (значения D для 2-го столбца), с течением времени становилось менее выраженным: через 1 час отношение значений оптических плотностей для этих растворов составило 1.46; через 2 часа – 1.15; через 3 часа - 1.07 и через 4 часа - 1.06 соответственно. Уменьшение этого отношения можно объяснить увеличением эффективности воздействия мочевины как химического фактора при длительном нахождении мочевых камней в данных растворах. Необходимо отметить, что результаты измерений, полученные спектральным методом, дают лишь качественную оценку влияния воздействующих факторов на исследуемые растворы в силу того, что в процессе растворения как белковой компоненты органоминерала, так и растворимых солей, входящих в его состав, также происходит частичное разрушение мочевого камня, и нерастворимая часть патоминерала выпадает в осадок. В результате образуется мелкодисперсная взвесь, влияя при этом на величину оптической плотности. В связи с этим, для определения количества растворенного вещества органоминерала был проведен прямой весовой метод, результаты измерений которого приведены на рисунке 3.9.

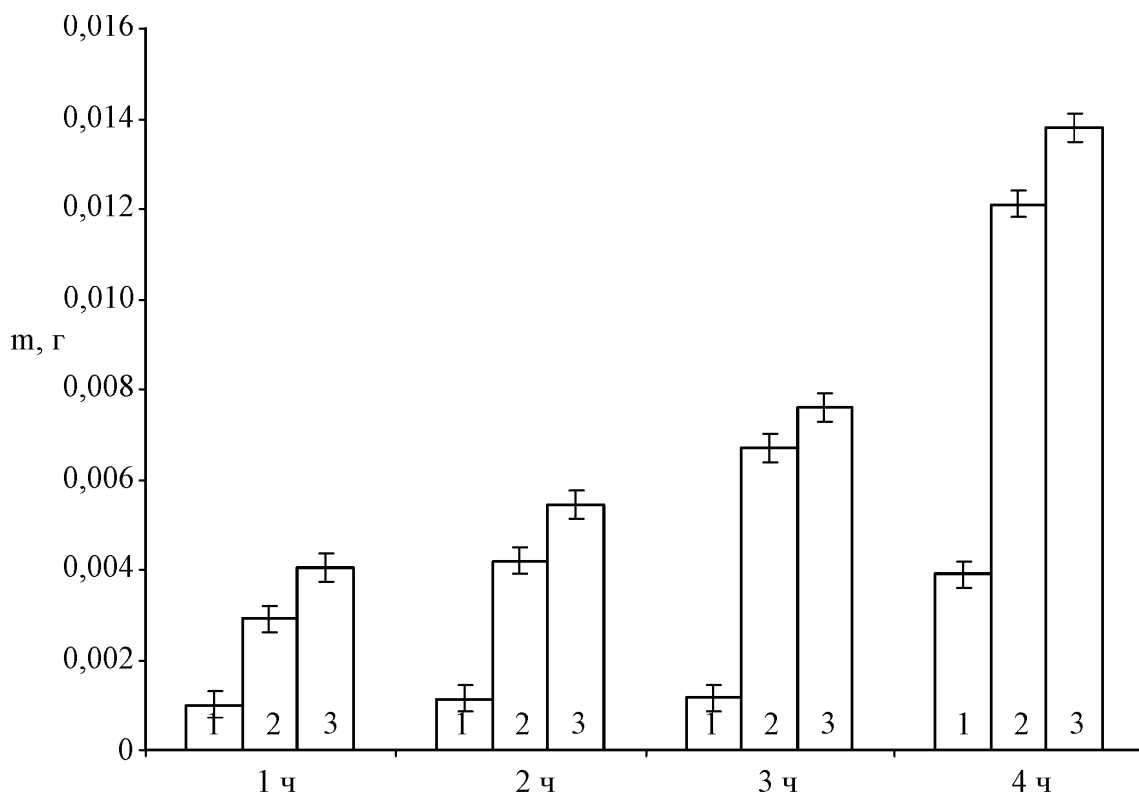


Рис. 3.9. Результаты определения количества растворенного вещества органоминерала при различной пробоподготовке и времени воздействия ПМП: 1 – дистиллированная вода с камнем; 2 – водный раствор мочевины с камнем; 3 – водный раствор мочевины с камнем + ПМП 2 Гц

Для этого были выбраны три близких по массе исходно целых органоминерала от одного донора. Первый органоминерал, исходная масса которого до опытов составляла 0,0479 г, растворялся в обычной дистиллированной воде. Второй органоминерал с исходной массой 0,0417 г растворялся в растворе мочевины, а третий с исходной массой 0,0443 г – в растворе мочевины, обработанном ПМП частотой 2 Гц. В случае использования растворов мочевины в процессе растворения органоминералов рабочие растворы готовились с одинаковой концентрацией (10,36 г мочевины на 100 мл воды). Количество растворенной части мочевых камней для каждого случая определяли как разницу между исходной массой органоминерала и остаточной после каждого часа растворения.

Согласно полученным результатам, представленным на рисунке 3.9, растворенная часть мочевого камня в обработанном ПМП растворе мочевины

превышает значения растворенной части минерала в растворе мочевины без воздействия поля в $\sim 1,4$ раза после 1-го часа растворения, в $\sim 1,3$ раза после 2-го часа, в $\sim 1,13$ раза после 3-го часа и в $\sim 1,14$ раза после 4-го часа соответственно. В результате 4-х часового растворения органоминералов в растворах обнаружено, что в дистиллированной воде растворилось 8,14% от исходной массы образца, в растворе мочевины без воздействия на него ПМП – 29,02%, а в растворе мочевины, обработанном ПМП частотой 2 Гц – 31,15%.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют об эффективности использования растворов мочевины как необработанных, так и обработанных ПМП, при растворении и разрушении мочевого камня человека *in vitro*. Максимальное количество растворенной части вещества мочевого камня наблюдалось при обработке раствора мочевины с находящимся в нем мочевым камнем ПМП частотой 2 Гц в течение 4 часов.

4. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НА СВЧ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

4.1 Влияние переменного магнитного поля на электрофизические параметры на СВЧ водного раствора соли сульфата меди (II)

В настоящее время проводится большое количество исследований влияния переменных магнитных полей с различными параметрами поля как на воду и ее растворы, так и на различные биологические объекты, с целью изучения изменения физико-химических свойств воды, либо водных растворов под действием поля [9, 10, 53, 151, 152]. Так ранее волноводным СВЧ-методом было исследовано изменение таких характеристик водной среды как диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь после воздействия на нее низкочастотного переменного магнитного поля [13]. Было установлено, что максимальные изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь воды наблюдались в окрестности частоты воздействующего магнитного поля 10 Гц.

В работе [129] было проведено исследование влияния ПМП на растворяющую способность воды на примере растворения соли сульфата меди (II). Было показано, что после воздействия ПМП с частотой из диапазона 1-10 Гц в течение часа, изменение пропускания ΔT и плотность опытных растворов соли были выше по сравнению с контрольным раствором, что свидетельствовало об увеличении растворяющей способности воды. Однако не было исследовано влияние переменного магнитного поля на физические характеристики водного раствора соли, такие как диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь на СВЧ.

Целью данного исследования было определение влияния переменного магнитного поля в диапазоне частот 2-22 Гц на изменение электрофизических параметров растворов соли сульфата меди (II) в СВЧ диапазоне.

Выражение для расчета частотной зависимости коэффициентов отражения электромагнитной волны для двухслойной структуры (первый слой ($N = 1$) – диэлектрическая вставка, ограничивающая исследуемую жидкость с одной стороны; второй слой ($N = 2$) – отрезок волновода, заполненный исследуемой жидкостью), может быть представлено в виде:

$$R = -\frac{T_N [2,1]}{T_N [2,2]}, \quad (1)$$

в котором $T_2 [2,1]$ и $T_2 [2,2]$ – элементы матрицы передачи T_2 двухслойной структуры определяются из соотношения

$$T_2 = \prod_{i=2}^0 T_{i(i+1)} = T(d_0 + d)T(d_0)T(0).$$

Как было ранее показано в работе [164], выбрав в качестве начала отсчета поверхность диэлектрического слоя, на который падает электромагнитная волна, для $T(0)$, $T(d_0)$ и $T(d_0 + d)$ имеем соотношения:

$$T(0) = \begin{pmatrix} \frac{\gamma_0 + \gamma}{2\gamma} & \frac{\gamma_0 - \gamma}{2\gamma} \\ \frac{\gamma_0 - \gamma}{2\gamma} & \frac{\gamma_0 + \gamma}{2\gamma} \end{pmatrix},$$

$$T(d_0) = \begin{pmatrix} \frac{\gamma + \gamma_0}{2\gamma} e^{(\gamma - \gamma_0)d_0} & \frac{\gamma - \gamma_0}{2\gamma} e^{(\gamma + \gamma_0)d_0} \\ \frac{\gamma - \gamma_0}{2\gamma} e^{-(\gamma + \gamma_0)d_0} & \frac{\gamma + \gamma_0}{2\gamma} e^{-(\gamma - \gamma_0)d_0} \end{pmatrix},$$

$$T(d_0 + d) = \begin{pmatrix} \frac{\gamma_0 + \gamma}{2\gamma_0} e^{(\gamma_0 - \gamma)(d_0 + d)} & \frac{\gamma_0 - \gamma}{2\gamma_0} e^{(\gamma_0 + \gamma)(d_0 + d)} \\ \frac{\gamma_0 - \gamma}{2\gamma_0} e^{-(\gamma_0 + \gamma)(d_0 + d)} & \frac{\gamma_0 + \gamma}{2\gamma_0} e^{-(\gamma_0 - \gamma)(d_0 + d)} \end{pmatrix},$$

где d_δ – толщина диэлектрической вставки, d – толщина слоя водного раствора,

$\gamma_0 = \sqrt{\frac{\pi^2}{a^2} - \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0}$ – постоянная распространения в незаполненной части волновода,

$\gamma_\delta = \sqrt{\frac{\pi^2}{a^2} - \omega^2 \varepsilon_\delta \varepsilon_0 \mu_\delta \mu_0}$ – постоянная распространения волны в диэлектрике,

$\gamma = \sqrt{\frac{\pi^2}{a^2} - \omega^2 \varepsilon^* \varepsilon_0 \mu_0}$ – постоянная распространения электромагнитной волны в слое

жидкости, $\varepsilon^* = \varepsilon(1 - j \operatorname{tg} \delta)$, – комплексная диэлектрическая проницаемость, ε – диэлектрическая проницаемость раствора сульфата меди (II), $\operatorname{tg} \delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь раствора сульфата меди (II), $\varepsilon_\delta = 2,1$ – относительная диэлектрическая проницаемость фторопласта, $\mu_\delta = 1$ – относительная магнитная проницаемость фторопласта, $a = 23$ мм – размер широкой стенки волновода, ε_0 и μ_0 – диэлектрическая и магнитная постоянные, $\omega = 2\pi f$ – круговая частота электромагнитной волны.

Возможность теоретического описания зависимости R от частоты СВЧ-излучения f и измерения этой зависимости позволяет решить так называемую обратную задачу, которая заключается в определении физических характеристик исследуемого раствора сульфата меди (II). Для решения обратной задачи были измерены экспериментальные значения коэффициента отражения от частоты СВЧ-излучения $R(f)$, а затем рассчитывалась сумма квадратов разностей значений квадратов модулей экспериментально полученных коэффициентов отражения $|R_{\text{exp}_i}(f)|^2$ и теоретических $|R_{\text{theor}}(f_i, \varepsilon, \operatorname{tg} \delta)|^2$ в виде следующего функционала:

$$S(\varepsilon, \operatorname{tg} \delta) = \sum_{i=1}^n \left(|R_{\text{theor}}(f_i, \varepsilon, \operatorname{tg} \delta)|^2 - |R_{\text{exp}_i}(f)|^2 \right)^2, \quad (2)$$

где диэлектрическая проницаемость раствора ε и тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$ являлись искомыми параметрами обратной задачи.

Решение обратной задачи состоит в том, чтобы найти такие значения искоемых параметров, при которых функционал $S(\varepsilon, \operatorname{tg} \delta)$ будет иметь наименьшее

значение. В точке минимума функционала его частные производные равны нулю, поэтому после дифференцирования $S(\varepsilon, \text{tg} \delta)$ по параметрам ε и $\text{tg} \delta$ и приравнивания к нулю частных производных $\frac{\partial S}{\partial \varepsilon}$ и $\frac{\partial S}{\partial \text{tg} \delta}$, получаем систему двух уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial \varepsilon} = \frac{\partial \left(\sum_{i=1}^n \left(|R_{theor}(f_i, \varepsilon, \text{tg} \delta)|^2 - |R_{exp_i}(f)|^2 \right)^2 \right)}{\partial \varepsilon} = 0, \\ \frac{\partial S}{\partial \text{tg} \delta} = \frac{\partial \left(\sum_{i=1}^n \left(|R_{theor}(f_i, \varepsilon, \text{tg} \delta)|^2 - |R_{exp_i}(f)|^2 \right)^2 \right)}{\partial \text{tg} \delta} = 0, \end{cases} \quad (3)$$

где $R_{theor}(f, \varepsilon, \text{tg} \delta)$ находится из соотношения (1). Из решения системы уравнений (3) численным методом определяются искомые физические параметры ε и $\text{tg} \delta$.

Эксперименты проводились на насыщенных водных растворах соли сульфата меди (II) (CuSO_4), которые готовились с использованием дистиллированной воды в объёмах по 20 мл с добавлением соли массой 6 г для поддержания в них концентрации, соответствующей насыщенному раствору в условиях термостатирования.

Приготовленные водные растворы соли обрабатывались переменным магнитным полем из диапазона частот 2-22 Гц с индукцией 50 мТл в течение 1 часа. Детальное описание установки для воздействия переменным магнитным полем приведено в работе [163]. Контрольный раствор с той же концентрацией соли, на который переменное магнитное поле не воздействовало, находился в той же лаборатории при фоновых уровнях магнитного поля, характерных для места проведения опытов.

Для определения электрофизических характеристик исследуемых растворов на СВЧ использовалась установка, схема которой представлена на рисунке 4.1. Диапазон частот СВЧ-излучения составлял от 8 до 12,5 ГГц. В волноводную секцию помещалась диэлектрическая вставка из фторопласта, которая полностью заполняла поперечное сечение волновода. Толщина диэлектрической вставки

составляла 29 мм, а ее диэлектрическая проницаемость – 2,1. После часового воздействия ПМП из используемого диапазона частот на водные растворы соли, данные растворы заливались в волноводную секцию так, что раствор заполнял весь оставшийся объем. Поскольку после прекращения воздействия ПМП на опытные растворы будет происходить процесс релаксации, заключающийся в возврате характеристик растворов к исходному состоянию в течение часа, как это было показано ранее в работе [13], то сразу же после выключения поля секция для измерений заполнялась омагниченным раствором, и проводилось измерение параметров. Весь процесс подготовки к измерению и само СВЧ-измерение проводилось в течение ~2 мин., поэтому изменение характеристик опытных растворов за такое время вследствие релаксации можно было не учитывать. Диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь водных растворов определялись в ходе экспериментов и в результате расчета по описанной выше методике.

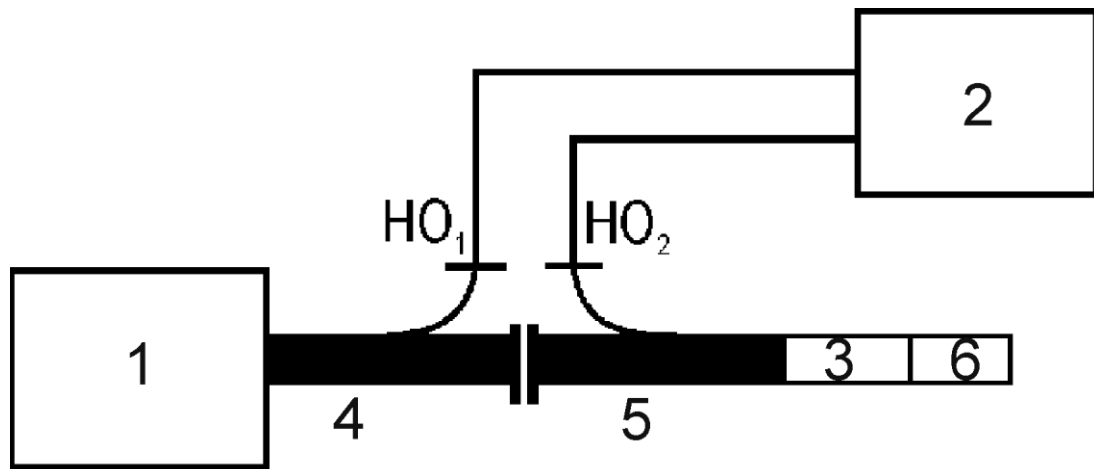


Рис. 4.1. Схема экспериментальной установки: 1 – генератор качающейся частоты P2-65, 2 – индикатор Я2Р-67 КСВН и ослабления, 3 – измеряемая структура, 4 и 5 – направленные ответвители HO_1 и HO_2 , 6 – согласованная нагрузка

Для того чтобы выяснить, как зависят диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь водного раствора от концентрации

растворенной соли, предварительно была определена зависимость этих электрофизических параметров для раствора соли сульфата меди (II) от ее концентрации в водном растворе (рисунок 4.2). Было обнаружено, что с ростом концентрации соли в водном растворе увеличиваются значения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь данного раствора, что, как будет показано ниже, связано и с увеличением растворения соли.

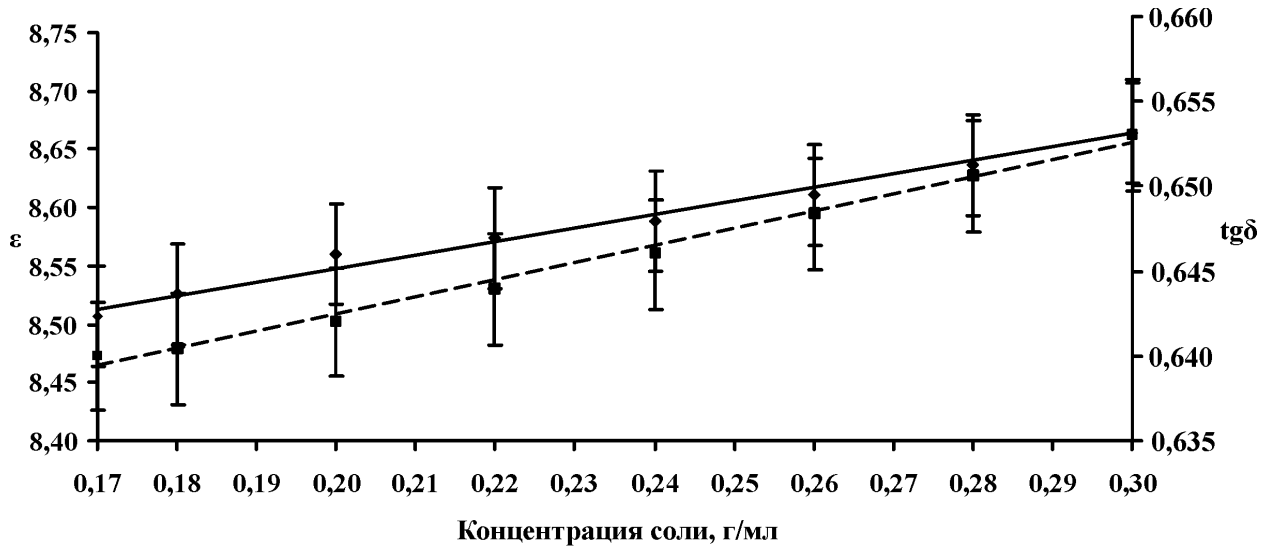


Рис. 4.2. Зависимость диэлектрической проницаемости ϵ (сплошная линия) и тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ (штриховая линия) раствора соли сульфата меди (II) от концентрации соли в водном растворе

В результате экспериментальных исследований были получены зависимости изменения величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь растворов соли сульфата меди (II) от частоты воздействия переменного магнитного поля (рисунки 4.3 и 4.4). Представленные на графиках значения $\Delta\epsilon$ и $\Delta\text{tg}\delta$ были рассчитаны как разности средних значений диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь для опытного и контрольного растворов соответственно.

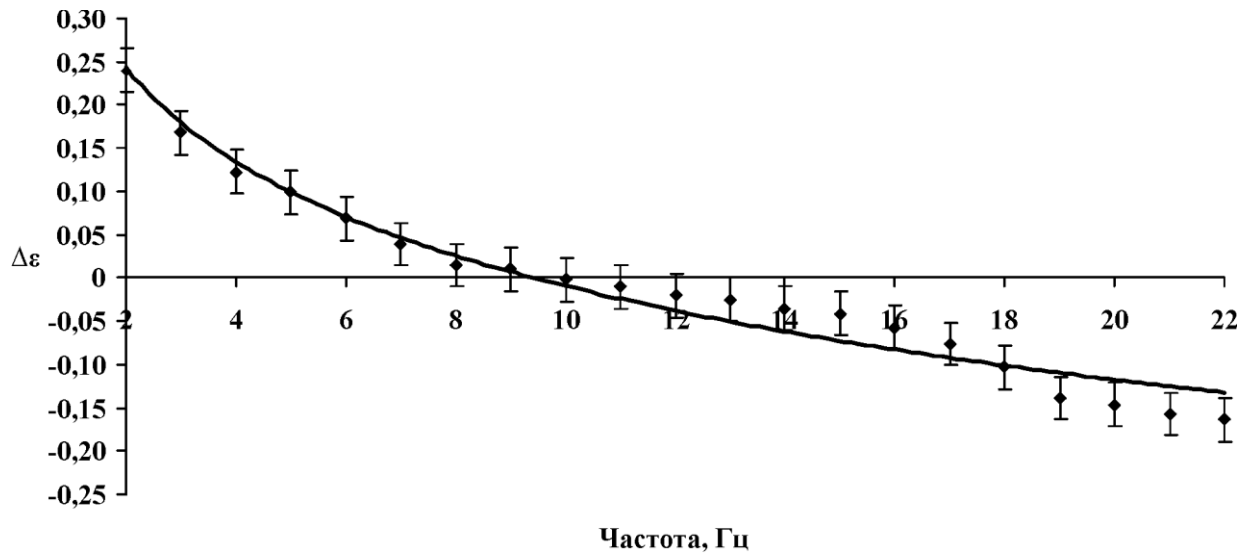


Рис. 4.3. Зависимость изменения диэлектрической проницаемости раствора соли сульфата меди (II) от частоты воздействия переменного магнитного поля

Из рисунка 4.3 видно, что в диапазоне частот магнитного поля 2-10 Гц значения диэлектрической проницаемости для опытных растворов превышали значения диэлектрической проницаемости контрольного раствора, что свидетельствует об увеличении концентрации соли в опытных растворах. При увеличении частоты воздействующего переменного магнитного поля наблюдалось уменьшение абсолютного изменения диэлектрической проницаемости. При воздействии на растворы ПМП с частотами из диапазона 11-22 Гц значения ε опытных растворов были меньше контрольных, а при повышении частоты воздействия магнитного поля наблюдалось увеличение абсолютного изменения ε . Это говорит о том, что при воздействии магнитного поля на растворы в диапазоне частот 11-22 Гц происходило уменьшение концентрации соли в опытных растворах. Максимальное изменение ε опытного раствора относительно контрольного наблюдалось при обработке водного раствора ПМП частотой около 2 Гц и составило примерно 0,24. В нашем случае, при частоте магнитного поля 2 Гц происходило увеличение диссоциации соли (растворения), вследствие того, что молекулы воды, возможно, оказываются менее всего ассоциированы между собой.

Схожая зависимость наблюдается при изменении тангенса угла диэлектрических потерь от частоты воздействия переменного магнитного поля, которая представлена на рисунке 4.4. Так же, как и в случае изменения значений $\Delta\varepsilon$ с ростом частоты магнитного поля, происходило уменьшение абсолютного изменения величины $\text{tg}\delta$ раствора соли в диапазоне частот 2-12 Гц и его последующее увеличение в диапазоне 12-22 Гц. Максимальное изменение тангенса угла диэлектрических потерь также наблюдалось при действии ПМП с частотой около 2 Гц и составило примерно 0,017. При воздействии ПМП с частотами 11-13 Гц значения тангенса угла диэлектрических потерь для опытных растворов оказались очень близки к значению тангенса угла диэлектрических потерь контрольного раствора.

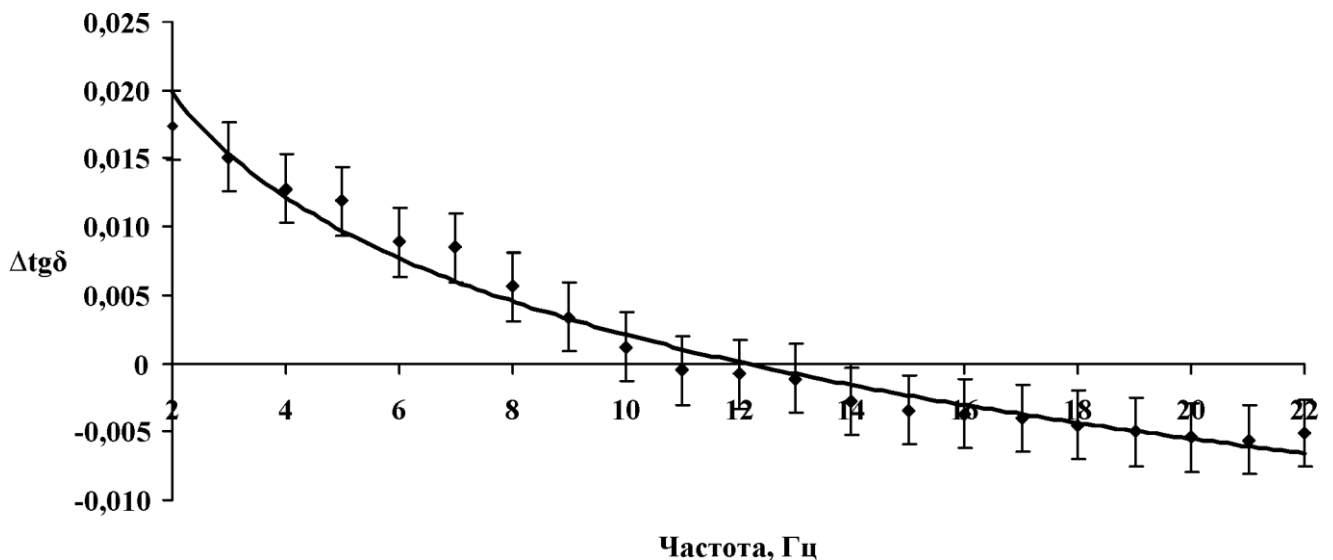


Рис. 4.4. Зависимость изменения тангенса угла диэлектрических потерь раствора соли сульфата меди (II) от частоты воздействия переменного магнитного поля

Результаты исследований по изменению величин диэлектрической проницаемости ε и тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ коррелируют с полученным ранее результатом по исследованию влияния низкочастотного переменного магнитного поля на растворяющую способность воды [129]. В работе [129] было показано, что максимальное изменение пропускания света в водном растворе соли CuSO_4 наблюдалось при воздействии ПМП в окрестности частоты 2 Гц, что свидетельствовало о максимальной растворяющей способности

воды. С ростом частоты магнитного поля в диапазоне 2-22 Гц наблюдался спад зависимости ΔT от частоты поля. При частоте ПМП ~ 10 Гц значения пропускания света в опытных растворах соответствовали контрольным значениям. В диапазоне частот 11-22 Гц наблюдалось достоверное уменьшение значений пропускания в опытных растворах. Это свидетельствовало о том, что растворяющая способность воды в приготовленных водных растворах соли с ростом частоты ПМП уменьшается от максимальных значений при частоте поля 2 Гц до минимальных при частоте 22 Гц.

Как известно из работы [79], свойственная воде высокая диэлектрическая проницаемость обуславливает большую ее растворяющую способность. Поэтому можно говорить о том, что полученный ранее в работе [129] эффект изменения растворяющей способности воды после воздействия ПМП в диапазоне частот 2-22 Гц на приготовленный раствор соли, подтверждается наблюдающимся в данном исследовании аналогичным характером зависимостей изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь водных растворов CuSO_4 под действием ПМП. Важным фактом является то, что в обоих случаях максимальные изменения пропускания, $\Delta \epsilon$ и $\Delta \text{tg} \delta$ наблюдались при воздействии переменного магнитного поля на частоте ~ 2 Гц, которая оказалась максимально эффективной частотой. Поэтому корреляция зависимостей изменения значений этих величин от частоты воздействия ПМП свидетельствует о проявлении одинаковых эффектов влияния поля на водные растворы и важным критерием при этом является выбор частоты воздействия ПМП, на которой данный эффект проявляется максимально.

В результате экспериментальных исследований получены зависимости изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь водных растворов соли сульфата меди (II) от частоты воздействующего переменного магнитного поля. Установлено, что максимальные изменения данных электрофизических параметров происходят при воздействии переменного магнитного поля с частотой 2 Гц. Обнаружено, что полученный эффект действия

поля коррелирует с полученным ранее изменением растворяющей способности воды.

4.2 Влияние переменного магнитного поля на физические параметры на СВЧ различных видов семян

Поскольку известно, что под действием переменных магнитных полей изменяются физико-химические свойства воды и водных растворов, то представляет интерес исследование такого влияния на содержащие водную компоненту биологические системы. В работах [165-167] сообщалось, что переменное магнитное поле в интервале частот 1-12 Гц и индукцией 25 мТл оказывает стимулирующее действие на митотическую активность клеток растений. Также в работе [168] было отмечено, что помимо стимуляции митотической активности у полученных впоследствии из этих семян растений (огурец “Эстафета”) наблюдалось увеличение размеров листовой пластинки и повышение урожайности по сравнению с контрольными растениями на 39%.

При воздействии магнитного поля с частотами из интервала 5-15 Гц на воду было обнаружено существенное изменение ее физических свойств, при этом для магнитного поля с индукцией 25 мТл время воздействия для достижения максимального эффекта должно быть не меньше 60 мин [169].

Одним из возможных механизмов биологического действия переменных магнитных полей является их влияние на водную компоненту биологических объектов. Поэтому в настоящей работе при проведении экспериментов были выбраны такие параметры магнитного поля и время его воздействия, при которых наблюдается его сильное влияние на физические характеристики воды.

Ранее в работе [170] сообщалось о влиянии переменного магнитного поля на физические характеристики (изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь) только одного вида семян (сорго

двухцветное сорт Пищевое-35). В ней были получены результаты, свидетельствующие о максимальных изменениях значений диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь сорго двухцветного, происходящих только лишь на одной частоте переменного магнитного поля ~10 Гц. Однако остается неясным, будет ли иметь место этот эффект, если проводить исследования для более широкого набора различных видов семян, а также более широкого диапазона частот воздействующего на них магнитного поля. Также в этой работе исследование проводилось на сухих семенах. Поэтому представляет интерес выяснить, как влияет переменное магнитное поле на изменения физических характеристик не только сухих семян одного определенного вида растений, как это было исследовано в работе [170], но и обнаружение изменений диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь для широкого набора семян растений, а также для предварительно замоченных перед проращиванием семян.

Таким образом, с помощью СВЧ-методов было необходимо выяснить: оказывает ли влияние переменное магнитное поле низкой интенсивности с выбранными указанным выше способом параметрами на физические характеристики нескольких видов семян растений, в качестве которых были выбраны семена кукурузы гибрид ЭСИ 8/1, кукурузы гибрид ЭСИ 29/1, нута сорт “Юбилейный”, сорго сорт “Волжское 41”, сорго сорт “Старт”, чечевицы сорт “Надежда”, и как изменяются эти характеристики при воздействии магнитного поля.

Выражение для расчета частотной зависимости коэффициентов отражения электромагнитной волны для двухслойной структуры (первый слой ($N = 1$) – диэлектрическая вставка, ограничивающая слой семян с одной стороны; второй слой ($N = 2$) – семена исследуемых культур, плотно прилегающие друг к другу), может быть представлено в виде формулы (1), записанной ранее.

Возможность теоретического описания зависимости R от частоты СВЧ-излучения f и измерения этой зависимости позволяет решить так называемую обратную задачу, которая заключается в определении физических характеристик

исследуемых нами семян и их изменения. Для решения обратной задачи были измерены экспериментальные значения коэффициента отражения от частоты СВЧ-излучения $R(f)$, а затем рассчитывалась сумма квадратов разностей значений квадратов модулей экспериментально полученных коэффициентов отражения $|R_{\text{exp}_i}(f)|^2$ и теоретических $|R_{\text{theor}}(f_i, \varepsilon_c, \text{tg} \delta_c)|^2$ в виде формулы (2), приведенной ранее.

Диэлектрическая проницаемость семян ε_c и тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg} \delta_c$ являлись искомыми параметрами обратной задачи. Решение обратной задачи состояло в том, чтобы найти решение системы уравнений (3) и определить искомые физические параметры ε_c и $\text{tg} \delta_c$.

Экспериментальная установка, используемая при проведении опытов, была аналогична представленной ранее схематично на рисунке 4.1. Диапазон частот СВЧ-излучения составлял 7,8-12,5 ГГц. В волноводную секцию помещалась диэлектрическая вставка из фторопласта, которая полностью заполняла широкую и узкую стенки волновода без зазора. Толщина диэлектрической вставки составляла 29 мм, а ее диэлектрическая проницаемость – 2,1. После диэлектрической вставки в волноводный тракт помещались семена исследуемых нами культур, диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь которых подлежали определению в ходе экспериментов и в результате расчета по описанной выше методике. Семена плотно заполняли оставшийся объем в волноводном тракте, толщина их слоя составляла 20 мм. После слоя семян был расположен тонкий слой пенопласта, влияние которого на характеристики распространения волны в волноводе не учитывалось, вследствие малости произведения его диэлектрической проницаемости на толщину, входящего в выражение для R . Этот слой служил для того, чтобы семена плотно прилегали друг к другу и не рассыпались.

Семена всех вышеперечисленных культур подвергались воздействию переменного магнитного поля. Поскольку магнитное поле влияет на физические характеристики воды, входящей в состав как сухих семян, так и замоченных

перед проращиванием, то для каждого вида семян были проведены серии экспериментов по определению влияния переменного магнитного поля на изменение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь сухих и замоченных семян отдельно. Замачивание семян проводили, помещая их на 18 часов в дистиллированную воду. Затем замоченные семена вынимали и удаляли с них излишние капли воды с помощью фильтровальной бумаги. В ходе экспериментов и сухие, и замоченные семена помещались в переменное магнитное поле, создаваемое источником, представляющим собой катушку электромагнита, подключенную к генератору. Данная установка создавала переменное магнитное поле в диапазоне частот 2-50 Гц. Время воздействия переменного магнитного поля на каждый вид семян на определенной частоте составляло 1 час. Более детальное описание установки для воздействия переменным магнитным полем приведено в работе [163].

Были проведены исследования влияния переменного магнитного поля низкой интенсивности на физические характеристики всех вышеперечисленных семян. В результате были получены зависимости величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь для каждого вида семян, используемых в экспериментах, от частоты магнитного поля при его индукции $B = 50$ мТл и времени воздействия 1 час.

На рисунке 4.5 представлены эти зависимости для семян кукурузы гибрид ЭСИ 8/1. Для более наглядного представления данных зависимостей введены две оси ординат, одна из которых указывает на зависимость диэлектрической проницаемости от частоты магнитного поля, а другая – на аналогичную зависимость тангенса угла диэлектрических потерь. Значения диэлектрической проницаемости на представленных кривых, как для замоченных, так и для сухих семян кукурузы обозначены квадратным маркером, значения $\operatorname{tg}\delta_c$ – треугольным маркером. Две кривые, показанные сплошной линией, соответствуют ϵ_c и $\operatorname{tg}\delta_c$ для замоченных семян кукурузы ЭСИ 8/1; пунктирная кривая – величине диэлектрической проницаемости сухих семян кукурузы; штриховая кривая – величине тангенса угла диэлектрических потерь сухих семян. Такое принятое

нами представлено представление результатов, указывающих на зависимости величин ε_c и $\operatorname{tg}\delta_c$ от частоты воздействия магнитного поля, как для замоченных, так и для сухих семян, будет использовано далее при описании всех подобных зависимостей исследуемых физических параметров для всех семян. На представленных графиках точкам, абсциссы которых имеют значения, равные нулю (0 Гц), соответствуют значения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь сухих и замоченных семян, которые были определены без воздействия на них переменного магнитного поля. Для семян кукурузы гибрид ЭСИ 8/1 в диапазоне частот 2-10 Гц наблюдалось уменьшение ε_c и $\operatorname{tg}\delta_c$ с ростом частоты воздействующего поля, а, уже начиная с 10 Гц, происходило увеличение данных физических параметров. Зависимости значений ε_c сухих и замоченных семян кукурузы ЭСИ 8/1 от частоты магнитного поля имели минимум в диапазоне частот 5-11 Гц, причем для сухих семян кукурузы данный минимум имел более пологую форму. Поскольку замоченные семена содержат в своей структуре большее количество воды, по сравнению с сухими семенами, то значения ε_c и $\operatorname{tg}\delta_c$ замоченных семян изменялись сильнее по сравнению со значениями для сухих семян. Следовательно, уменьшение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне частот 2-5 Гц и последующее их увеличение уже после 10 Гц для замоченных семян должно происходить более интенсивно, чем для сухих семян, что и демонстрируется графиком. Такое достаточно резкое уменьшение значений исследуемых физических параметров в диапазоне частот 2-5 Гц, характерное как раз для замоченных семян, будет наблюдаться и у остальных видов замоченных семян. Это, в свою очередь, хорошо коррелирует с результатами исследований по воздействию низкочастотного магнитного поля на растворяющую способность воды, которая увеличивалась при обработке воды переменным магнитным полем в диапазоне частот 1-10 Гц в течение часа [129]. Поэтому резкое уменьшение значений ε_c и $\operatorname{tg}\delta_c$ у замоченных семян при воздействии на них переменного магнитного поля в диапазоне частот 2-5 Гц можно объяснить тем, что в

окрестности этих частот омагниченная вода обладает большей растворяющей способностью. Можно предположить, что увеличение растворяющей способности воды при воздействии магнитного поля способно оказывать влияние на эффективность растворения различных веществ, входящих в состав семян.

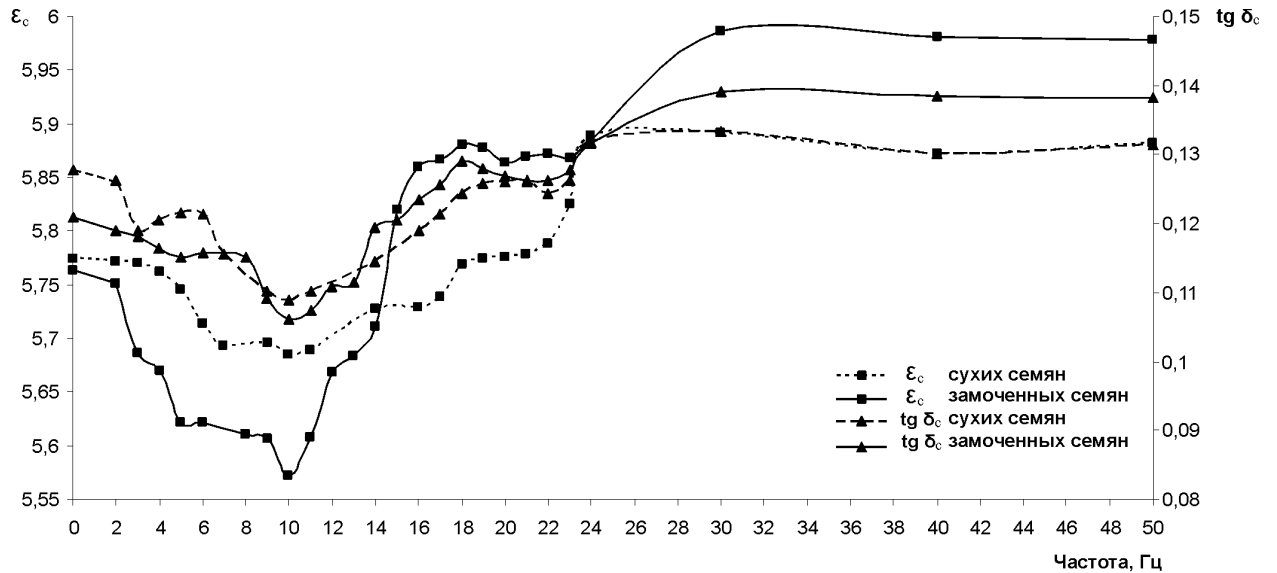


Рис. 4.5. Зависимости величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь семян кукурузы гибрид ЭСИ 8/1 от частоты воздействия переменного магнитного поля

Величина $\text{tg } \delta_c$ для замоченных семян кукурузы гибрид ЭСИ 8/1 под действием магнитного поля изменяется также интенсивнее, чем для сухих семян, что связано с содержанием большего количества воды в замоченных семенах, хотя минимальные значения $\text{tg } \delta_c$ для замоченных и для сухих семян в районе 10 Гц различались незначительно. В окрестности частоты воздействия магнитного поля 10 Гц наблюдались максимальные изменения значений диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь по сравнению с контрольными, полученными без воздействия переменного магнитного поля. После воздействия магнитным полем частотой 10 Гц диэлектрическая проницаемость сухих семян кукурузы гибрид ЭСИ 8/1 уменьшилась примерно на 0,090 по сравнению с контрольным значением, а для замоченных семян — примерно на 0,192 по сравнению с контрольным значением. Аналогично максимальное уменьшение тангенса угла диэлектрических потерь для сухих

семян кукурузы гибрид ЭСИ 8/1 составило примерно 0,019, а для замоченных – примерно 0,015. Подобные максимальные изменения значений ε_c и $\operatorname{tg}\delta_c$ для сухих и замоченных семян, происходящие при воздействии на них переменного магнитного поля на определенной частоте, нашли отражение в таблице 2. Кроме того, для каждого вида семян растений, использованных в экспериментах, в таблице приведены отношения максимальных изменений ε_c и $\operatorname{tg}\delta_c$ для замоченных семян к максимальным изменениям этих же физических параметров, но уже для сухих семян.

Таблица 2.

Виды семян растений		Частота магнитного поля, на которой происходят максимальные изменения ε_c и $\operatorname{tg}\delta_c$, Гц	$\Delta\varepsilon_c$	$\Delta\operatorname{tg}\delta_c$	Отношения $\Delta\varepsilon_c$ и $\Delta\operatorname{tg}\delta_c$ для замоченных семян к $\Delta\varepsilon_c$ и $\Delta\operatorname{tg}\delta_c$ для сухих семян соответственно	
					$\frac{\Delta\varepsilon_{c\text{ зам}}}{\Delta\varepsilon_{c\text{ сух}}}$	$\frac{\Delta\operatorname{tg}\delta_{c\text{ зам}}}{\Delta\operatorname{tg}\delta_{c\text{ сух}}}$
кукуруза гибрид ЭСИ 8/1	сухие	10	0,090	0,019	2,133	0,789
	замоченные	10	0,192	0,015		
кукуруза гибрид ЭСИ 29/1	сухие	10	0,077	0,020	2,714	1,350
	замоченные	10	0,209	0,027		
нут сорт “Юбилейный”	сухие	10	0,156	0,026	1,256	1,769
	замоченные	10	0,196	0,046		
сорго сорт “Волжское 41”	сухие	10	0,098	0,039	1,959	1,000
	замоченные	~10-11	0,192	0,039		
чечевица сорт “Надежда”	сухие	9	0,529	0,031	1,263	1,226
	замоченные	10	0,668	0,038		
сорго сорт “Старт”	сухие	13	0,270	0,036	1,181	1,167
	замоченные	11	0,319	0,042		

На рисунке 4.6 представлены зависимости величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь семян кукурузы гибрид ЭСИ 29/1 от частоты воздействия переменного магнитного поля.

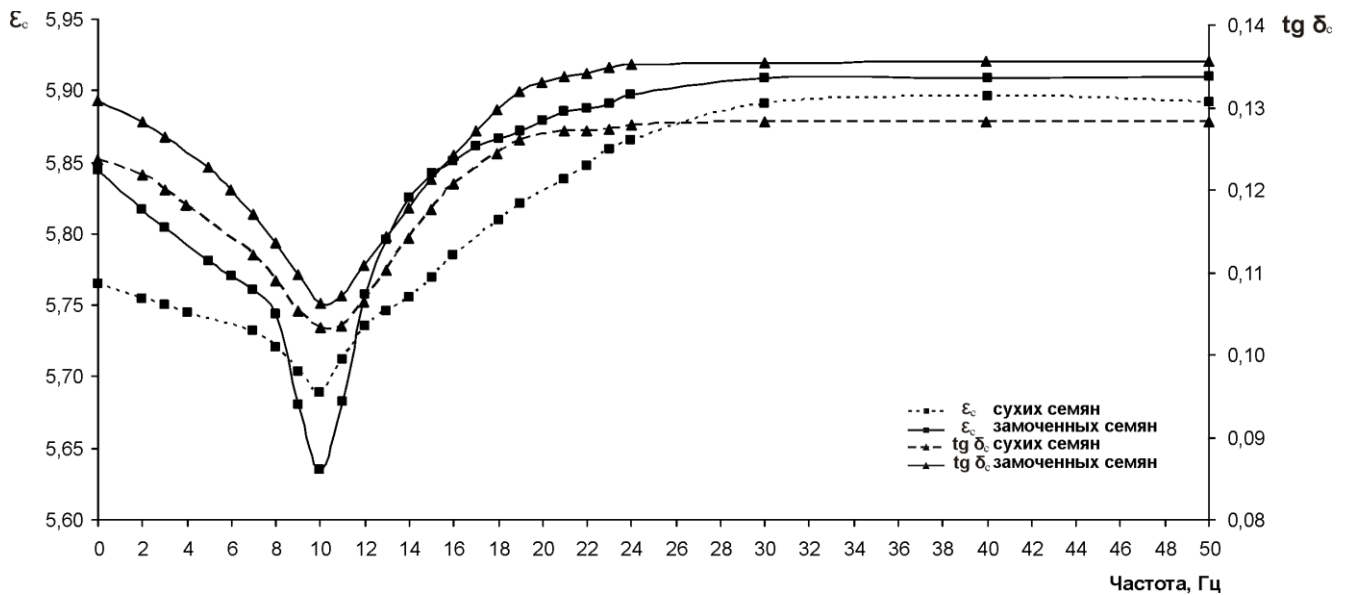


Рис. 4.6. Зависимости величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь семян кукурузы гибрид ЭСИ 29/1 от частоты воздействия переменного магнитного поля

Представленные зависимости ϵ_c и $\text{tg } \delta_c$ от частоты воздействия магнитного поля, аналогичны зависимостям ϵ_c и $\text{tg } \delta_c$ для семян кукурузы ЭСИ 8/1, представленным ранее на рисунке 4.5. Разница состоит лишь в том, что данные зависимости значений диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь от частоты магнитного поля для семян кукурузы гибрид ЭСИ 29/1 имели более выраженный минимум в районе 10 Гц. В диапазоне частот 8-12 Гц зависимость величины тангенса угла диэлектрических потерь для сухих семян имела сравнительно более пологую форму с минимумом на частоте ~ 10 Гц, тогда как для замоченных семян минимальное значение $\text{tg } \delta_c$ было сильно выражено на этой частоте. Также для данного вида семян наблюдается уменьшение ϵ_c и $\text{tg } \delta_c$ как для сухих, так и для замоченных семян в диапазоне частот 2-10 Гц и последующее увеличение данных физических параметров, начиная с частоты магнитного поля 10 Гц и далее с увеличением частоты поля.

Максимальные изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь для сухих и замоченных семян кукурузы гибрид ЭСИ 29/1 при воздействии переменного магнитного поля частотой 10 Гц представлены в таблице 2.

На рисунке 4.7 представлены зависимости величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь семян нута сорт “Юбилейный” от частоты воздействия переменного магнитного поля. Также происходили уменьшения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь для замоченных и для сухих семян нута при воздействии переменным магнитным полем в диапазоне частот 2-10 Гц, причем для замоченных семян значения ϵ_c и $\text{tg } \delta_c$ уменьшались более интенсивно, и последующее увеличение этих физических параметров происходило уже после 10 Гц. Максимальные изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь для сухих и замоченных семян нута, происходящие в районе частоты 10 Гц воздействующего поля с индукцией 50 мТл, также представлены в таблице 2.

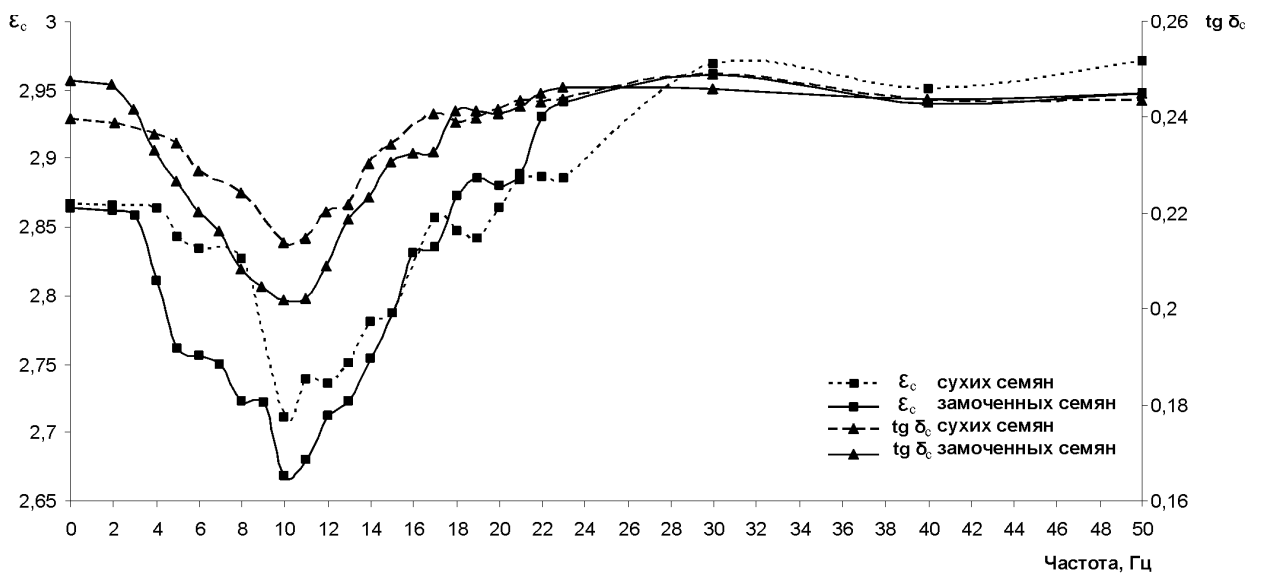


Рис. 4.7. Зависимости величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь семян нута сорт “Юбилейный” от частоты воздействия переменного магнитного поля

Необходимо отметить, что подобный характер зависимостей диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь для упомянутых ранее семян, которые подвергались воздействию переменного магнитного поля в интересующем нас диапазоне частот, свойственен и семенам сорго сорт “Волжское 41”. Как видно из зависимостей величин ϵ_c и $\text{tg} \delta_c$ от частоты воздействия магнитного поля для семян сорго сорт “Волжское 41”, представленных на рисунке 4.8, они имеют минимум значений в окрестности 10 Гц. Как отмечалось ранее для двух сортов семян кукурузы и семян нута, значения ϵ_c замоченных семян под действием поля изменяются более интенсивно, чем для сухих. То же можно сказать и о значениях $\text{tg} \delta_c$ для данного вида семян. Однако для сухих семян сорго минимум значений тангенса угла диэлектрических потерь имел более пологую форму, чем для замоченных семян, и данные значения $\text{tg} \delta_c$ в диапазоне частот 8-11 Гц сравнительно слабо отличались друг от друга. Максимальные изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь в районе 10 Гц для сухих семян сорго сорт “Волжское 41” и для замоченных семян этого сорта в районе 10-11 Гц приведены в таблице 2.

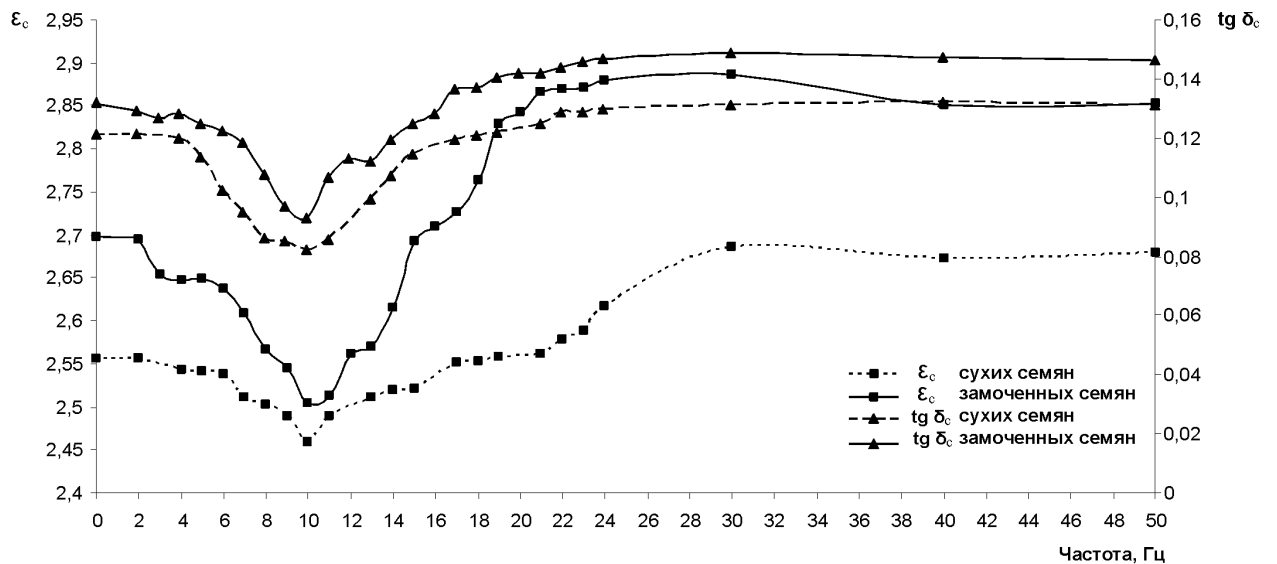


Рис. 4.8. Зависимости величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь семян сорго сорт “Волжское 41” от частоты воздействия переменного магнитного поля

Зависимости значений диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь от частоты воздействующего переменного магнитного поля для семян чечевицы сорт “Надежда” представлены на рисунке 4.9. Как видно из графиков, и для сухих семян чечевицы и для замоченных в диапазоне низких частот переменного магнитного поля происходило уменьшение ε_c и $\operatorname{tg}\delta_c$. Данные зависимости значений этих физических параметров для замоченных семян чечевицы имели более глубокие минимумы в диапазоне частот 9-11 Гц по сравнению с другими видами семян, минимумы которых примерно в том же районе частот магнитного поля были более пологими. То же самое можно сказать и о зависимостях значений ε_c и $\operatorname{tg}\delta_c$ от частоты воздействия переменного магнитного поля для сухих семян, имеющих четкие минимумы в диапазоне частот 8-10 Гц. Для сухих семян чечевицы существенное увеличение значений диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь начинается в районе 9 Гц и продолжается с последующим возрастанием частоты поля, а для замоченных семян такое же увеличение этих параметров происходит уже при частоте магнитного поля в районе 10 Гц. Максимальное изменение диэлектрической проницаемости и аналогичное максимальное изменение тангенса угла диэлектрических потерь в районе 9 Гц для сухих семян чечевицы и в окрестности 10 Гц для замоченных семян представлены в таблице 2.

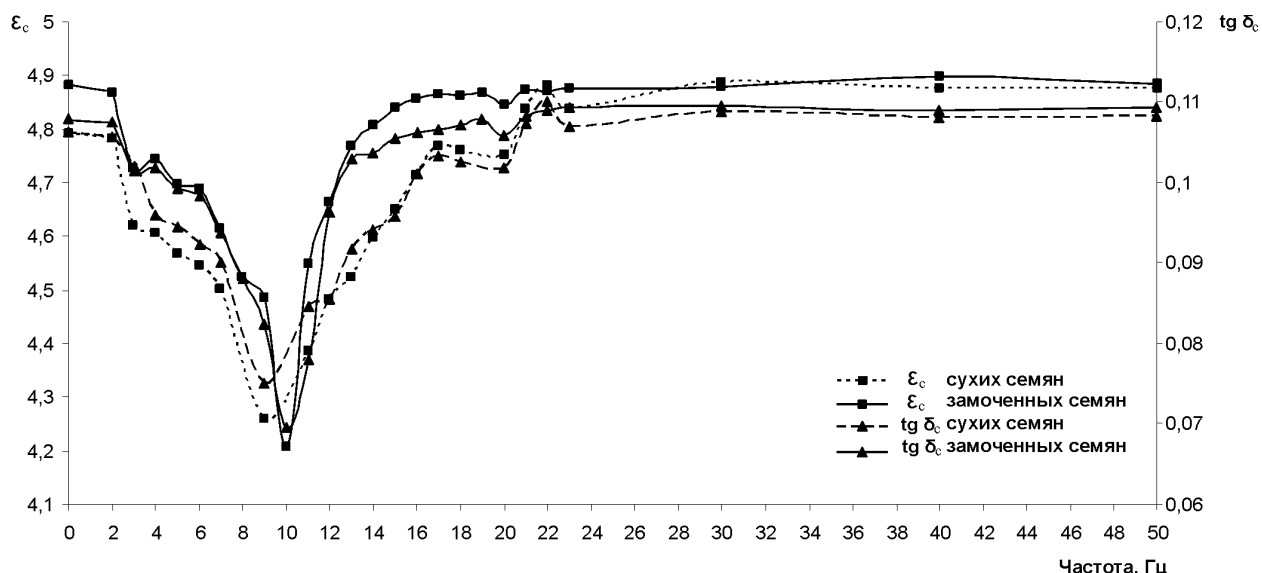


Рис. 4.9. Зависимости величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь семян чечевицы сорт “Надежда” от частоты воздействия переменного магнитного поля

В ходе экспериментов также были получены зависимости значений ϵ_c и $\text{tg } \delta_c$ от частоты воздействия переменного магнитного поля для семян сорго сорт “Старт”, которые представлены на рисунке 4.10. Значения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь для замоченных семян сорго сорт “Старт” уменьшаются при воздействии магнитным полем в диапазоне частот 2-11 Гц, причем максимальные изменения ϵ_c и $\text{tg } \delta_c$ наблюдается в районе 11 Гц. С дальнейшим ростом частоты магнитного поля происходит увеличение значений этих физических параметров, аналогичное такому же увеличению ϵ_c и $\text{tg } \delta_c$ на более высоких частотах, характерному для всех других видов семян, о которых сообщалось выше. Для сухих семян сорго сорт “Старт” максимальные уменьшения ϵ_c и $\text{tg } \delta_c$ наблюдались уже при воздействии магнитного поля частотой 13 Гц. Из графиков для замоченных семян сорго видно, что для зависимости диэлектрической проницаемости от частоты магнитного поля наблюдался более пологий минимум ее значений при воздействии магнитным полем в диапазоне частот 10-18 Гц, тогда как для сухих семян минимум значений ϵ_c был зафиксирован в диапазоне частот 12-14 Гц. Для замоченных семян сорго

сорт “Старт” минимальные значения тангенса угла диэлектрических потерь наблюдались в диапазоне частот воздействия переменного магнитного поля 10-12 Гц, тогда как для сухих семян подобный минимум наблюдался уже в диапазоне частот 12-14 Гц. Максимальные изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь под действием магнитного поля в районе 13 Гц для сухих семян сорго сорт “Старт” и в районе 11 Гц для замоченных семян представлены в таблице 2.

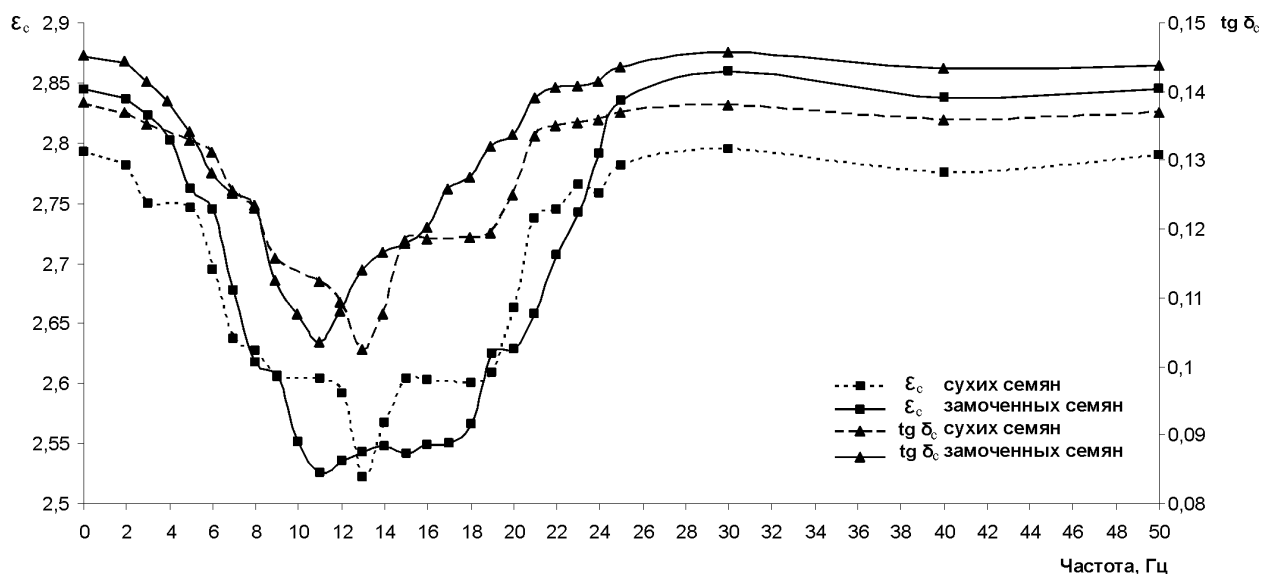


Рис. 4.10. Зависимости величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь семян сорго сорт “Старт” от частоты воздействия переменного магнитного поля

Вследствие того, что в структуре семян содержится некоторое количество воды, которая является хорошим растворителем как химических соединений, так и газов, например кислорода, был проведен независимый эксперимент по определению концентрации кислорода в воде при воздействии на нее переменного магнитного поля в диапазоне частот 1-20 Гц с индукцией 50 мТл при постоянной температуре. Время воздействия переменного магнитного поля на воду составляло 1 час. Для регистрации значений концентрации кислорода в воде использовали рН-метр-иономер серии «Эксперт-001» с датчиком растворенного кислорода ДКТП. На рисунке 4.11 представлены значения изменения концентрации растворенного в воде кислорода при воздействии переменного

магнитного поля из заданного диапазона частот. Данная зависимость показывает, насколько значения концентрации растворенного кислорода при воздействии поля превышают его контрольное значение, равное примерно 7,02 мг/л, в отсутствии магнитного поля.

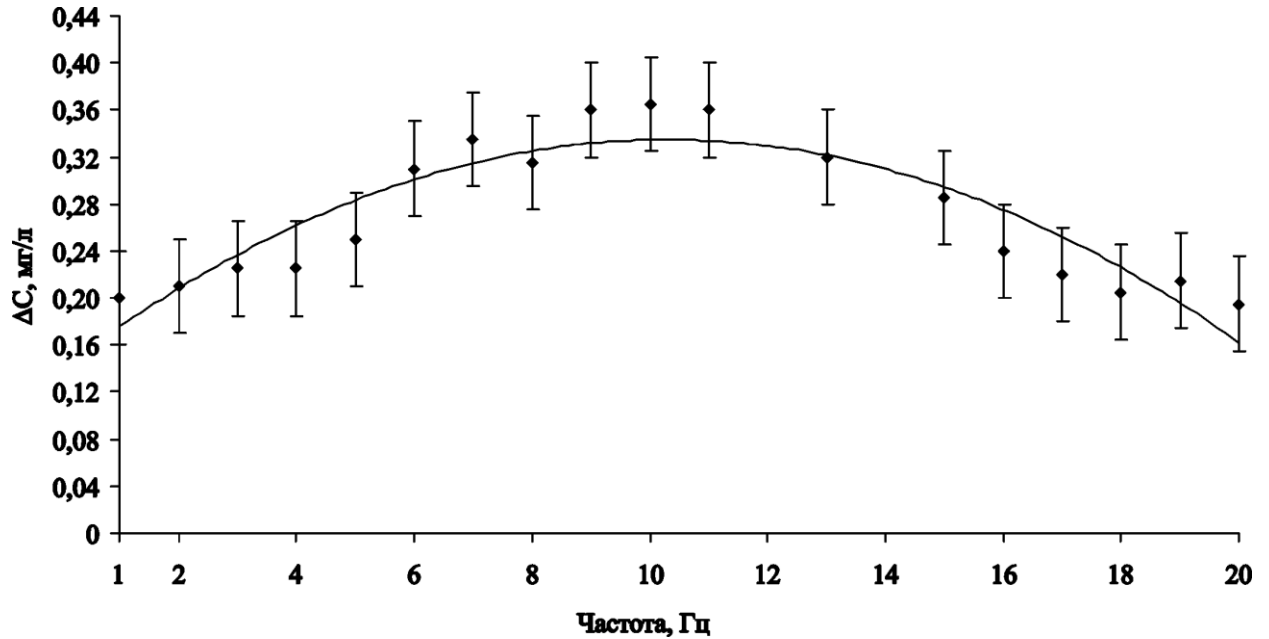


Рис. 4.11. Зависимость изменения концентрации кислорода в воде от частоты воздействия переменного магнитного поля

Видно, что максимальные изменения концентрации кислорода в воде, рассчитанные как разность между опытными и контрольным значениями концентраций ($\Delta C = C_{on} - C_k$), наблюдаются в диапазоне частот 9-11 Гц воздействующего магнитного поля. Как отмечалось выше, в том же диапазоне частот происходят максимальные изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь у различных видов семян. Поэтому такого рода изменения концентрации кислорода в воде, вследствие увеличения ее растворяющей способности, можно связать с максимальными изменениями ϵ_c и $\text{tg} \delta_c$ семян и их минимальными абсолютными значениями в окрестности 10 Гц. В этом же диапазоне частот у семян некоторых растений при воздействии переменного магнитного поля наблюдалось повышение митотической активности [168]. Стоит отметить, что авторами работы [171] повышение потребления

кислорода отмечалось как один из возможных факторов, стимулирующих клетки к делению.

Таким образом, реализована методика измерения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь биологических объектов на примере различных видов семян, использованных в экспериментах. Получены зависимости величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь для некоторых видов семян от частоты воздействия переменного магнитного поля в диапазоне 2-50 Гц. Установлено, что максимальные изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь для сухих и для замоченных семян растений происходят в большинстве случаев при воздействии переменного магнитного поля в окрестности частоты 10 Гц. Изменения тангенса угла диэлектрических потерь для сухих и замоченных семян от частоты переменного магнитного поля коррелируют с изменениями диэлектрической проницаемости. Установлено также, что для замоченных семян происходят более интенсивные изменения значений ϵ_c и $\operatorname{tg}\delta_c$ под действием переменного магнитного поля, чем для сухих, что объясняется содержанием большего количества воды в замоченных семенах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные выводы и результаты диссертационной работы могут быть сформулированы следующим образом:

1. Исследовано влияние низкочастотного переменного магнитного поля на физические характеристики воды. По результатам измерений величин пропускания и плотности водных растворов соли сульфата меди (II) от частоты воздействующего магнитного поля установлено, что в случае воздействия ПМП в диапазоне частот ~11-25 Гц на воду, служившую в дальнейшем растворителем соли, происходит увеличение растворяющих свойств воды, которое максимально при воздействии ПМП с частотой в районе 22-24 Гц. В случае обработки ПМП готового водного раствора соли данный эффект наблюдается при воздействии магнитного поля в диапазоне частот ~1-10 Гц, причем максимальные растворяющие свойства воды наблюдались в районе 2-3 Гц. Тем самым показано, что частота ПМП выступает в качестве регулятора процесса растворения веществ в воде.

2. Исследовано влияние переменного магнитного поля на растворение органоминералов человека *in vitro*. Показано, что наибольшее растворение образца органоминерала оксалатного типа наблюдается при воздействии на водные растворы ПМП с частотой 2 Гц, и было на 14% больше, чем в контрольном растворе. Установлено, что эффективность действия ПМП на растворение органоминералов падает с ростом частоты магнитного поля. Установлено также, что эффективность растворения и разрушения патоминералов повышается, если вместо воды использовать водный раствор мочевины.

3. Показано влияние переменного магнитного поля на электрофизические параметры на СВЧ водного раствора соли сульфата меди (II). Установлено, что максимальные изменения величин диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь водных растворов соли происходят при воздействии переменного магнитного поля с частотой ~2 Гц. Обнаружено, что полученный

эффект действия магнитного поля коррелирует с наблюдающимся изменением растворяющей способности воды.

4. Установлено влияние переменного магнитного поля на физические параметры на СВЧ различных видов семян. Максимальные изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь как для сухих, так и для замоченных семян, происходят в большинстве случаев при воздействии на них переменного магнитного поля в окрестности частоты 10 Гц. Кроме того, установлено, что для замоченных семян происходят более интенсивные изменения значений ϵ_c и $\text{tg}\delta_c$ под действием переменного магнитного поля, чем для сухих семян, что может свидетельствовать о повышении митотической активности у замоченных семян.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семихина Л.П. Изменение показателя преломления воды после магнитной обработки // Коллоидный журнал. 1981. Т.43, вып. 2. С. 401-404.
2. Киселев В.Ф., Салецкий А.М., Семихина Л.П. Структурные изменения в воде после воздействия слабых переменных магнитных полей // Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. 1990. Т.31, №2. С. 53-58.
3. Петросян В.И., Сеницын Н.И., Елкин В.А., Башкатов О.В. Взаимодействие водосодержащих сред с магнитными полями // Биомедицинская радиоэлектроника. 2000. Вып. 2. С. 10-17.
4. Бурлакова Е.Б., Конрадов А.А., Мальцева Е.Л. Сверхслабые воздействия химических соединений и физических факторов на биологические системы // Биофизика. 2004. Т. 49, №3. С. 551-564.
5. Колупаев Б.И. Метод биотестирования по изменению дыхания и сердечной деятельности у дафний / Методы биотестирования вод. Отв. ред. А.И. Крайнюкова. Черноголовка, 1988. 103 с.
6. Усанов Д.А., Скрипаль Ан.В., Панасенко В.И., Усанов А.Д. Дафния как биоиндикатор электромагнитных воздействий на водную среду // Материалы Всеросс. научн. конф. “Фундаментальные и прикладные аспекты функционирования водных экосистем: проблемы и перспективы гидробиологии и ихтиологии в XXI веке”. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2001. С. 164-168.
7. Усанов Д.А., Шишкин Г.Г., Скрипаль А.В., Усанов А.Д., Панасенко В.И. Дафния как биоиндикатор электромагнитных воздействий на водную среду // Петербургский журнал электроники. 2001. № 4. С. 38-42.
8. Чемерис Н.К., Сафронова В.Г. Слабое низкочастотное магнитное поле инициирует частотно-зависимые флуктуации периода сокращений сердца *Daphnia magna* // Биофизика. 1993. Т.38, №3. С. 511-519.

9. Усанов Д.А., Шишкин Г.Г., Усанов А.Д., Скрипаль А.В. Влияние внешнего переменного магнитного поля на частоту сердцебиений пресноводного рачка – дафнию // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2001. №8. С. 57-61.
10. Усанов Д.А., Шишкин Г.Г., Усанов А.Д., Скрипаль А.В. Воздействие переменных магнитных полей низкой интенсивности на частоту сердцебиений дафнии // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2003. №3. С. 58-62.
11. Усанов А.Д. Исследование влияния переменного магнитного и электрического полей на живые организмы и водную среду с использованием дафнии в качестве биоиндикатора: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Саратов, 2004. 103 с.
12. Беляченко Ю.А., Усанов А.Д., Тырнов В.С., Усанов Д.А. Влияние низкочастотного магнитного поля на митотическую активность клеток сорго // Биомедицинская радиоэлектроника. 2007. № 11. С. 57-60.
13. Усанов Д.А., Постельга А.Э., Усанов А.Д. Изменение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь воды на СВЧ при совместном воздействии низкочастотного и постоянного магнитных полей // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2009. Т. 12, № 1. С. 34-38.
14. Рзянина А.В. Эффекты воздействия переменного магнитного поля на характеристики жизнедеятельности биообъектов: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Саратов, 2010. 109 с.
15. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Рзянина А.В., Усанов А.Д. Влияние низкочастотного магнитного поля на выживаемость и плодовитость пресноводного рачка – *Daphnia magna* Straus // Биомедицинская радиоэлектроника. 2008. № 5. С. 51-53.
16. Ling G.N., Niu Z., Ochsenfeld M.M. Predictions of polarized multilayer theory of solute distribution confirmed from a study of the equilibrium distribution in frog muscle of twenty-one nonelectrolytes including five cryoprotectants // *Physiol. Chem. Phys. Med. NMR*. 1993. Vol. 25, №3. P. 177-208.

17. Rebrov V.G., Usanov D.A., Usanov A.D., Kotelevtsev S.V., Orlov S.N. Low-frequency magnetic radiation leads to the broadening of valent bonds in protein infrared spectra // *Pathophysiology*. 2011. Vol. 18, № 2. P. 121-123.
18. Gortner R.A. The state of water in colloidal and living systems // *Transactions of the Faraday Society*. 1930. Vol. 26. P. 678-686.
19. Volpe P. Interactions of zero-frequency and oscillating magnetic fields with biostructures and biosystems // *Photochem. Photobiol. Sci.* 2003. Vol. 2, № 6. P. 637-648.
20. Bodega G., Forcada I., Suarez I., Fernandez B. Acute and chronic effects of exposure to a 1-mT magnetic field on the cytoskeleton, stress proteins, and proliferation of astroglial cells in culture // *Environ. Res.* 2005. Vol. 98, №3. P. 355-362.
21. Kroupova J., Bartova E., Fojt L., Strasak L., Kozubek S., Vetterl V. Low-frequency magnetic field effect on cytoskeleton and chromatin // *Bioelectrochemistry*. 2007. Vol. 70, №1. 96-100.
22. Phillips J.L., Haggren W., Thomas W.J., Ishida-Jones T., Adey W.R. Magnetic field-induced changes in specific gene transcription // *Biochim. Biophys. Acta*. 1992. Vol. 1132, №2. P.140-144.
23. Liburdy R.P., Callahan D.E., Harland J., Dunham E., Sloma T.R., Yaswen P. Experimental evidence for 60 Hz magnetic fields operating through the signal transduction cascade. Effects on calcium influx and c-MYC mRNA induction // *FEBS Lett.* 1993. Vol. 334, №3. P. 301-308.
24. Liburdy R.P. Calcium signaling in lymphocytes and ELF fields. Evidence for an electric field metric and a site of interaction involving the calcium ion channel // *FEBS Lett.* 1992. Vol. 301, №1. P. 53-59.
25. Barbier E., Dufy B., Veyret B. Stimulation of Ca²⁺ influx in rat pituitary cells under exposure to a 50 Hz magnetic field // *Bioelectromagnetics*. 1996. Vol. 17, №4. P. 303-311.

26. Fanelli C., Coppola S., Barone R., Colussi C., Gualandi G., Volpe P., Ghibelli L. Magnetic fields increase cell survival by inhibiting apoptosis via modulation of Ca^{2+} influx // *FASEB J.* 1999. Vol. 13, №1. P. 95-102.
27. Obo M., Konishi S., Otaka Y., Kitamura S. Effect of magnetic field exposure on calcium channel currents using patch clamp technique // *Bioelectromagnetics.* 2002. Vol. 23, №4 P. 306-314.
28. Chiles C., Hawrot E., Gore J., Byck R. Magnetic field modulation of receptor binding // *Magn. Reson. Med.* 1989. Vol. 10, № 2. P. 241-245.
29. Paradisi S., Donelli G., Santini M.T., Straface E., Malorni W. A 50-Hz magnetic field induces structural and biophysical changes in membranes // *Bioelectromagnetics.* 1993. Vol. 14, №3. P. 247-255.
30. Фесенко Е.Е., Новиков В.В., Швецов Ю.П. Молекулярные механизмы биологического действия слабых магнитных полей. III. Регуляция межмолекулярных взаимодействий в водном растворе ДНК, ДНКазы 1 и белка – ингибитора ДНКазы 1 под влиянием комбинированного действия слабых постоянного и низкочастотного переменного магнитных полей, настроенных на циклотронный резонанс ионов полярных аминокислот // *Биофизика.* 1997. Т. 42, №3. С. 742-745.
31. Новиков В.В., Кувичкин В.В., Фесенко Е.Е. Влияние слабых комбинированных постоянного и переменного низкочастотного магнитных полей на собственную флуоресценцию ряда белков в водных растворах // *Биофизика.* 1999. Т. 44, № 2. С. 224-230.
32. Bauréus Koch C.L.M., Sommarin M., Persson B.R.R., Salford L.G., Eberhardt J.L. Interaction between weak low frequency magnetic fields and cell membranes // *Bioelectromagnetics.* 2003. Vol. 24, №6. P. 395-402.
33. Ubeda A., Leal J., Trillo M.A., Jimenez M.A., Delgado J.M. Pulse shape of magnetic fields influences chick embryogenesis // *J Anat.* 1983. № 137(Pt. 3). P. 513-536.
34. Cameron I.L., Hunter K.E., Winters W.D. Retardation of embryogenesis by extremely low frequency 60 Hz electromagnetic fields // *Physiol. Chem. Phys. Med. NMR.* 1985. №17. P. 135-138.

- 35.Фесенко Е.Е., Новиков В.В., Кувичкин В.В., Яблокова Е.В. Действие обработанных слабыми магнитными полями водно-солевых растворов на собственную флуоресценцию бычьего сывороточного альбумина. Выделение из этих растворов и частичная характеристика биологически активной флуоресцирующей фракции // Биофизика. 2000. Т. 45. № 2. С. 232-239.
- 36.Blanchard J.P., Blackman C.F. Clarification and application of an ion parametric resonance model for magnetic field interactions with biological systems // Bioelectromagnetics. 1994. Vol. 15, №3. P. 217-238.
- 37.Blackman C.F., Blanchard J.P., Benane S.G., House D.E. Empirical test of an ion parametric resonance model for magnetic field interactions with PC-12 cells // Bioelectromagnetics. 1994. Vol. 15, №3. P. 239-260.
- 38.Jenrow K.A., Smith C.H., Liboff A.R. Weak extremely-low-frequency magnetic fields and regeneration in the planarian *Dugesia tigrina* // Bioelectromagnetics. 1995. Vol. 16, №2. P. 106-112.
- 39.Леднев В.В., Сребницкая Л.К., Ильясова Е.Н., Рождественская З.Е., Климов А.А., Белова Н.А., Тирас Х.П. Магнитный параметрический резонанс в биосистемах: экспериментальная проверка предсказаний теории с использованием регенерирующих планарий *Dugesia Tigrina* в качестве тест-системы // Биофизика. 1996. Т. 41, № 4. С. 815-825.
- 40.Тирас Х.П., Сребницкая Л.К., Ильясова Е.Н., Климов А.А., Леднев В.В. Влияние слабого комбинированного магнитного поля на скорость регенерации планарий *Dugesia tigrina* // Биофизика. 1996. Т. 41, № 4. С. 826-831.
- 41.McLeod B.R., Smith S.D., Cooksey K.E., Liboff A.R. Ion cyclotron resonance frequencies enhance Ca^{2+} -dependent motility in diatoms // J. Bioelectricity. 1987. Vol. 6. P. 1-12.
- 42.McLeod B.R., Smith S.D., Liboff A.R. Calcium and potassium cyclotron resonance curves and harmonics in diatoms (*A. coffeaeformis*) // J. Bioelectricity. 1987. Vol. 6. P. 153-168.

43. Clarkson N., Davies M.S., Dixey R. Diatom motility and low frequency electromagnetic fields – A new technique in the search for independent replication of results // *Bioelectromagnetics*. 1999. Vol. 20, №2. P. 94-100.
44. Белишева Н.К., Попов А.Н. Динамика морфофункционального состояния клеточных культур при вариациях геомагнитного поля в высоких широтах // *Биофизика*. 1995. Т.40, № 4. С. 755-764.
45. Wiskirchen J., Grönewäller E.F., Heinzelmann F., Kehlbach R., Rodegerdts E., Wittau M., Rodemann H.P., Claussen C.D., Duda S.H. Human fetal lung fibroblasts: in vitro study of repetitive magnetic field exposure at 0.2, 1.0, and 1.5 T. // *Radiology*. 2000. № 215. P. 858-862.
46. Buemi M., Marino D., Di Pasquale G., Floccari F., Senatore M., Aloisi C., Grasso F., Mondio G., Perillo P., Frisina N., Corica F. Cell proliferation/cell death balance in renal cell cultures after exposure to a static magnetic field // *Nephron*. 2001. № 87. P. 269-273.
47. Chang K., Chang W.H., Wu M.L., Shih C. Effects of different intensities of extremely low frequency pulsed electromagnetic fields on formation of osteoclast-like cells // *Bioelectromagnetics*. 2003. Vol. 24, №6. P. 431-439.
48. Miyakoshi J. Effects of static magnetic fields at the cellular level // *Prog. Biophys. Mol. Biol.* 2005. Vol. 87, №2-3. P. 213-223.
49. Ventura C., Maioli M., Asara Y., Santoni D., Mesirca P., Remondini D., Bersani F. Turning on stem cell cardiogenesis with extremely low frequency magnetic fields // *FASEB J.* 2005. Vol. 19, №1. P. 155-157.
50. Prina-Mello A., Farrell E., Prendergast P.J., Campbell V., Coey J.M.D. Effects of static magnetic fields on primary cortical neurons // *Physica Scripta*. 2005. № 118. P. 205-207.
51. Prina-Mello A., Farrell E., Prendergast P.J., Campbell V., Coey J.M.D. Influence of strong static magnetic fields on primary cortical neurons // *Bioelectromagnetics*. 2006. Vol. 27, №1. P. 35-42.

52. McCaig C.D., Rajnicek A.M., Song B., Zhao M. Controlling cell behavior electrically: current views and future potential // *Physiol. Rev.* 2005. Vol. 85, №3. P. 943-978.
53. Бинги В.Н., Савин А.В. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы // *УФН.* 2003. Т. 173, № 3. С. 265-300.
54. Бинги В.Н. Принципы электромагнитной биофизики. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. 592 с.
55. Бучаченко А.Л., Сагдеев Р.З., Салихов К.М. Магнитные и спиновые эффекты в химических реакциях. Новосибирск: Наука, 1978. 296 с.
56. Новиков В.В. Электромагнитная биоинженерия // *Биофизика.* 1998. Т. 43, №4. С. 588-593.
57. Влияние естественных и слабых искусственных магнитных полей на биологические объекты: Материалы Второго Всесоюзного симпозиума / Под ред. М.П. Травкина. Белгород, 1973. Т. 22 (115) (Научн. тр. Белгород. пед. ин-та). 173 с.
58. Абдуллина З.М. Биологическое действие магнитных полей на живой организм. Фрунзе: Кыргызстан, 1975. 148 с.
59. Актуальные вопросы магнитобиологии и магнитотерапии: Сб. работ республиканской научно-практической конференции / Отв. ред. М.Ф. Муравьев, В.Н. Савельев. Ижевск: Удмуртия, 1981. 199 с.
60. Плеханов Г.Ф. Основные закономерности низкочастотной электромагнитобиологии. Томск: Издательство Томского университета, 1990. 188 с.
61. Григорьев Ю.Г. Отдаленные последствия биологического действия электромагнитных полей // *Радиационная биология. Радиоэкология.* 2000. Т. 40, №2. С. 217-225.
62. Бучаченко А.Л., Кузнецов Д.А., Бердинский В.Л. Новые механизмы биологических эффектов электромагнитных полей // *Биофизика.* 2006. Т. 51, №3. С. 545-552.

63. Бинги В.Н., Рубин А.Б. Фундаментальная проблема магнитобиологии // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2007. № 2-4. С. 63-76.
64. Макеев В.Б., Темурьянц Н.А. Исследование частотной зависимости биологической эффективности магнитного поля в диапазоне микропульсаций геомагнитного поля (0,01-100 Гц) // Проблемы космической биологии. 1982. Т. 43. С. 116-128.
65. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. М.: Наука, 1968. 288 с.
66. Аксенов С.И., Булычев А.А., Грунина Т.Ю., Туровецкий В.Б. О механизмах воздействия низкочастотного магнитного поля на начальные стадии прорастания семян пшеницы // Биофизика. 1996. Т. 41, № 4. С. 919-925.
67. Темурьянц Н.А., Шехоткин А.В., Насилевич В.А. Магниточувствительность эпифиза // Биофизика. 1998. Т. 43, №5. С. 761-765.
68. Ачкасова Ю.Н. Избирательная чувствительность бактерий к инфранизкочастотным магнитным полям // В сб. Электромагнитные поля в биосфере. Т. 2. М.: Наука, 1984. С. 72-73.
69. Макеев В.Б., Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Физиологически активные инфранизкочастотные магнитные поля // В сб. Электромагнитные поля в биосфере. Т. 2. М.: Наука, 1984. С. 62-72.
70. Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных, постоянных и переменных магнитных полей // Биофизика. 1996. Т. 41, №1. С. 224-232.
71. Фесенко Е.Е., Попов В.И., Новиков В.В., Хуцян С.С. Структурообразование в воде при действии слабых магнитных полей и ксенона. Электронно-микроскопический анализ // Биофизика. 2002. Т. 47, №3. С. 389-394.
72. Новиков В.В., Шейман И.М., Лисицын А.С., Клюбин А.В., Фесенко Е.Е. Зависимость влияния слабых комбинированных низкочастотных переменных и постоянных магнитных полей на интенсивность бесполого размножения планарий *Dugesia tigrina* от величины переменного поля // Биофизика. 2002. Т. 47, №3. С. 564-567.

- 73.Новиков В.В., Шейман И.М., Фесенко Е.Е. Влияние слабых и сверхслабых магнитных полей на интенсивность бесполого размножения планарий *Dugesia tigrina* // Биофизика. 2002. Т. 47, №1. С. 125-129.
- 74.Лобышев В.И., Никитин Д.И., Никитин Л.Е., Петрушанко И.Ю. Видовая специфичность реакции бактерий на магнитное поле частотой 50 Гц // Биофизика. 2003. Т. 48, № 4. С. 673-677.
- 75.Новиков В.В., Фесенко Е.Е. Гидролиз ряда пептидов и белков в слабых комбинированных постоянном и низкочастотном переменном магнитных полях // Биофизика. 2001. Т. 46, №2. С. 235-241.
- 76.Холодов Ю.А. Влияние магнитных полей на биологические объекты / Под ред. Ю.А. Холодова // М.: Наука, 1971. 215 с.
- 77.Фримантл М. Химия в действии: В 2 ч. М.: Мир, 1998. Ч. 2. 620 с.
- 78.Зацепина Г.Н. Физические свойства и структура воды. М.: Издательство МГУ, 1998. 184 с.
- 79.Классен В.И. Омагничивание водных систем. М.: Химия, 1978. 240 с.
- 80.Пономарев О.А., Фесенко Е.Е. Свойства жидкой воды в электрических и магнитных полях // Биофизика. 2000. Т. 45, №3. С. 389-398.
- 81.Бецкий О.В., Лебедева Н.Н., Котровская Т.И. Необычные свойства воды в слабых электромагнитных полях // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2003. №1. С. 37-44.
- 82.Классен В.И. Вода и магнит. М.: Наука, 1973. 112 с.
- 83.Аксенов С.И. Вода и ее роль в регуляции биологических процессов. М.: Наука, 1990. 118 с.
- 84.Яблокова Е.В., Новиков В.В., Фесенко Е.Е. Действие слабых магнитных полей на флуоресценцию воды и водно-солевых растворов. Выделение и частичная характеристика флуоресцирующих фракций // Биофизика. 2007. Т. 52, №2. С. 197-204.
- 85.Агеев И.М., Шишкин Г.Г., Еськин С.М., Литвинов В.Н., Рыбин Ю.М. Исследование воздействия низкочастотного магнитного поля малой

- интенсивности на электрические параметры воды // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2007. №6. С. 59-62.
86. Агеев И.М., Шишкин Г.Г., Еськин С.М., Рыбин Ю.М. Исследование воздействия слабого инфранизкочастотного магнитного поля на дистиллированную воду // Биомедицинская радиоэлектроника. 2008. №8-9. С. 75-79.
87. Фаращук Н.Ф., Рахманин Ю.А. Вода – структурная основа адаптации. Москва – Смоленск, 2004. 172 с.
88. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Гасанов Г.Ш., Мусаева С.И. Молекулярная структура системы вода-КОН-полиэтиленгликоль по данным денситометрии и вискозиметрии // Журнал физической химии. 2013. Т. 87, №12. С. 2151-2153.
89. А. с. 1555297 СССР. Способ определения эффективности магнитной обработки воды / Мамонтов О.Н., Лазаренко Л.Н., Черковский Г.В.; заявитель Днепропетровский сельскохозяйственный институт. - № 4394553/31-26; заявл. 04.01.1988; опубл. 07.04.1990. Бюл. №13.
90. Пат. 2118614 Российская Федерация. Способ магнитной обработки жидкостей / Гурницкий В.Н., Федорищенко Г.М., Никитенко Г.В., Стародубцева Г.П., Атанов И.В.; заявитель и патентообладатель Ставропольская государственная сельскохозяйственная академия. - № 97103467/25; заявл. 05.03.1997; опубл. 10.09.1998.
91. Полиенко А.К., Севостьянова О.А., Орлов А.А. Симбиоз живого и косного вещества в уrolитах // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317, №1. С. 10-15.
92. Голованова О.А., Ачкасова Е.Ю., Пятанова П.А. Микроэлементы почечных камней и их влияние на процесс патогенного минералообразования // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2005. №4. С. 87-92.
93. Голованова О.А. Патогенные минералы в организме человека: монография / О.А. Голованова // Омск: Изд-во ОмГУ, 2006. 399 с.

94. Голованова О.А. Фазовый и химический составы желчных камней в организме человека // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 4. Физика. Химия. 2006. №4. С. 76-82.
95. Tiselius H.G., Ackermann D., Alken P., Buck C., Conort P., Gallucci M. Guidelines on urolithiasis // European Urology. 2001. Vol. 40, №4. P. 362-371.
96. Лопаткин Н.А. Руководство по урологии. В 3 томах. Т.2. М.: Медицина, 1998. 766 с.
97. Tolon M., Miroglu C., Erol H., Tolon J., Acar D., Bazmanoglu E., Erkan A., Amato S. A report on extracorporeal shock wave lithotripsy results on 1,569 renal units in an outpatient clinic // J. Urology. 1991. Vol. 145, №4. P. 695-698.
98. Abe T., Akakura K., Kawaguchi M., Ueda T., Ichikawa T., Ito H., Nozumi K., Suzuki K. Outcomes of shockwave lithotripsy for upper urinary-tract stones: A large scale study at a single institution // J. Endourology. 2005. Vol. 19, №7. P. 768-773.
99. Egilmez T., Tekin M.I., Gonen M., Kilinc F., Goren R., Ozkardes H. Efficacy and safety of a new-generation shockwave lithotripsy machine in the treatment of single renal or ureteral stones: Experience with 2670 patients // J. Endourology. 2007. Vol. 21, №1. P. 23-27.
100. Pishchalnikov Y.A., Neucks J.S., VonDerHaar R.J., Pishchalnikova I.V., Williams J.C. Jr., McAteer J.A. Air pockets trapped during routine coupling in dry head lithotripsy can significantly decrease the delivery of shock wave energy // J. Urology. 2006. Vol. 176, №6. P. 2706-2710.
101. Lingeman J.E., Coury T.A., Newman D.M., Kahnoski R.J., Mertz J.H., Mosbaugh P.G., Steele R.E., Woods J.R. Comparison of results and morbidity of percutaneous nephrostolithotomy and extracorporeal shock wave lithotripsy // J. Urology. 1987. Vol. 138, №3. P. 485-490.
102. Mays N., Challah S., Patel S., Palfrey E., Creeser R., Vadera P., Burney P. Clinical comparison of extracorporeal shock wave lithotripsy and percutaneous nephrolithotomy in treating renal calculi // British Medical Journal. 1988. Vol. 297, №6643. P. 253-258.

103. Graff J., Diederichs W., Schulze H. Long term follow-up in 1,003 extracorporeal shock wave lithotripsy patients // J. Urology. 1988. Vol. 140, №3. P. 479-483.
104. Di Silverio F., Gallucci M., Alpi G. Staghorn calculi of the kidney: classification and therapy // British journal of urology. 1990. Vol. 65, №5. P. 449-452.
105. Lam H.S., Lingeman J.E., Barron M., Newman D.M., Mosbaugh P.G., Steele R.E., Knapp P.M., Scott J.W., Nyhuis A., Woods J.R. Staghorn calculi: analysis of treatment results between initial percutaneous nephrostolithotomy and extracorporeal shock wave lithotripsy monotherapy with reference to surface area // J. Urology. 1992. Vol. 147, №5. P. 1219-1225.
106. Wen C.C., Nakada S.Y. Treatment selection and outcomes: renal calculi // Urol. Clin. North Am. 2007. Vol. 34, №3. P. 409-419.
107. Miller N.L., Lingeman J.E. Management of kidney stones // British Medical Journal. 2007. Vol. 334, №7591. P. 468-472.
108. Tiselius H.G. Recurrent stone formation in patients treated with extracorporeal shock wave lithotripsy // J. Stone Disease. 1992. Vol. 4. P. 152-157.
109. Kamihira O., Ono Y., Katoh N., Yamada S., Mizutani K., Ohshima S. Long-term stone recurrence rate after extracorporeal shock wave lithotripsy // J. Urology. 1996. Vol. 156, №4. P. 1267-1271.
110. Lahme S., Wilbert D.M., Bichler K.H. On the significance of “clinically insignificant residual fragments” after extracorporeal shock wave lithotripsy // Der Urologe. 1997. Vol. 36, №3. P. 226-230.
111. Sheldon C.A., Smith A.D. Chemolysis of calculi // Urol. Clin. North Am. 1982. Vol. 9, №1. P. 121-130.
112. Weirich W., Haas H., Alken P. Perkutane Chemolyse von Struvit-Steinen bei Nierenbecken- und Kelchhalsobstruktion // Aktuelle Urologie. 1982. Vol. 13, №5. P. 256-258.
113. Dretler S.P., Pfister R.C. Primary dissolution therapy of struvite calculi // J. Urology. 1984. Vol. 131, №5. P. 861-863.

114. Griffith D.P. Ureteral calculi. In: Kandel B., Harrison L.H., McCullough D.L., eds. State of the Art Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy. New York: Plenum Press, 1987, pp. 281-310.
115. Lingeman J.E. Staghorn calculi. In: Kandel B., Harrison L.H., McCullough D.L., eds. State of the Art Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy. New York: Plenum Press, 1987, pp. 311-353.
116. Fam B., Rossier A.B., Yalla S., Berg S. The role of hemiacidrin in the management of renal stones in spinal cord injury patients // J. Urology. 1976. Vol. 116, №6. P. 696-698.
117. Rodman J.S., Reckler J.M., Israel A.R. Hemiacidrin irrigations to dissolve stone remnants after nephrolithotomy. Problems with solution flow // J. Urology. 1981. Vol. 18, №2. P. 127-130.
118. Klein R.S., Cattolica E.V., Rankin K.N. Hemiacidrin renal irrigation: complications and successful management // J. Urology. 1982. Vol. 128, №2. P. 241-242.
119. Wall I., Tiselius H.G., Larsson L. Hemiacidrin – a useful component in the treatment of infection renal stones // European Urology. 1988. Vol. 15, №1. P. 26-30.
120. Burns J.R., Joseph D.B. Combination therapy for a partial staghorn calculus in an infant // J. Endourology. 1993. Vol. 7, №6. P. 469-471.
121. Levy D.A., Resnick M.I. Management of urinary stones in the patient with spinal cord injury // Urol. Clin. North Am. 1993. Vol. 20, №3. P. 435-442.
122. Rodman J.S., Williams J.J., Peterson C.M. Dissolution of uric acid calculi // J. Urology. 1984. Vol. 131, №6. P. 1039-1044.
123. Sharma S.K., Indudhara R. Chemodissolution of urinary uric acid stones by alkali therapy // Urologia internationalis. 1992. Vol. 48, №1. P. 81-86.
124. Lee Y.H., Chang L.S., Chen M.T., Huang J.K. Local chemolysis of obstructive uric acid stones with 0,1 M THAM and 0,02% chlorhexidine // Urologia internationalis. 1993. Vol. 51, №3. P. 147-151.

125. Oosterlinck W., Verbeeck R., Cuvelier C., Vergauwe D. Rationale for local toxicity of calcium chelators // Urological research. 1992. Vol. 20, №1. P. 19-21.
126. Дардымов И.В., Брехман И.И., Крылов А.В. Вопросы гематологии, радиобиологии и биологического действия магнитных полей. Томск: Издательство Томского университета, 1965. 397 с.
127. Гребнев А.Н., Классен В.И., Стефановская Л.К., Жужгова В.П. Растворимость мочевого камня человека в омагниченной воде. В сб.: Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем. М.: Цветметинформация, 1971. С. 142.
128. Шимкус Э.М., Аксенов Ж.П., Каленкович Н.И., Живой В.Я. О некоторых лечебных свойствах воды, обработанной магнитным полем. В сб.: Влияние электромагнитных полей на биологические объекты. Труды Крымского медицинского института. Т. LIII. Харьков, Книжное издательство. 1973. С. 67-70.
129. Усанов А.Д., Ребров В.Г., Верхов Д.Г. Влияние переменного низкочастотного магнитного поля на растворяющую способность воды // Биомедицинская радиоэлектроника. 2013. №2. С. 55-58.
130. Попков В.М., Усанов Д.А., Усанов А.Д., Ребров В.Г., Верхов Д.Г., Буланов В.М. Влияние низкочастотного магнитного поля на растворимость органоминералов человека оксалатного типа в воде *in vitro* // Саратовский научно-медицинский журнал. 2012. Т.8, №3. С. 831-834.
131. Попков В.М., Усанов Д.А., Усанов А.Д., Ребров В.Г., Верхов Д.Г. Влияние переменного магнитного поля на растворимость органоминералов человека в водных растворах мочевины *in vitro* // Экспериментальная и клиническая урология. 2013. №3. С. 18-20.
132. Усанов А.Д., Ребров В.Г., Верхов Д.Г. Увеличение растворимости органоминералов из организма человека *in vitro* в водных растворах мочевины, предварительно обработанных переменным магнитным полем // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами,

- метаматериалами и биообъектами: материалы Всерос. научной школы-семинара / под ред. проф. Д.А. Усанова. - Саратов: изд-во Саратовский источник, 2014. 224 с.
133. Попков В.М., Усанов А.Д., Ребров В.Г., Верхов Д.Г., Усанов Д.А. Влияние переменного магнитного поля на растворимость мочевых камней человека в водных растворах мочевины и полиэтиленгликоля *in vitro* // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине – 2015: материалы Всерос. молодеж. конф. / под ред. проф. Д.А.Усанова. – Саратов: Изд-во Саратовский источник, 2015. 305 с.
134. Хандохов Т.Х. Влияние переменных электромагнитных полей различных частот на растительные тест-системы: дис. ... канд. биол. наук. Нальчик, 2004. 144 с.
135. Belyavskaya N.A. Biological effects due to weak magnetic field on plants // *Advances in Space Research*. 2004. Vol. 34, №7. P. 1566-1574.
136. Биологическое и лечебное действие магнитного поля и строго-периодической вибрации: (эксперим. и клинич. материалы): [сб. статей] / под ред. В.И. Кармилова, М.Р. Могендовича, А.В. Селезнева. Молотов. мед. ин-т. – Молотов: Молотовгиз, 1948. 168 с.
137. Новицкий Ю.И., Стрекова В.Ю., Тараканова Г.А., Прудникова В.П. О некоторых особенностях действия постоянного магнитного поля на прорастание семян / В кн.: «Говорят молодые ученые». М.: Московский рабочий, 1966. С. 47.
138. Сиротина Л.В., Сиротин А.А., Травкин М.П. Некоторые особенности биологического действия слабых магнитных полей / В кн.: «Реакция биологических систем на слабые магнитные поля». М.: Наука, 1971. С. 95.
139. Muraji M., Nishimura M., Tatebe W., Fujii T. Effect of alternating magnetic field on the growth of the primary root of corn // *Institute of Electrical and Electronics Engineers Transaction of Magnetism*. 1992. Vol. 28, № 4. P. 1996-2000.

140. Сытник К.М., Кордюм Е.Л., Недуха Е.М., Сидоренко П.Г., Фомичева В.М. Растительная клетка при изменении геофизических факторов. Киев: Наукова думка, 1984. 136 с.
141. Negishi Y., Hashimoto A., Tsushima M., Dobrota C., Yamashita M., Nakamura T. Growth of pea epicotyl in low magnetic field: implication for space research // *Advances in Space Research*. 1999. Vol. 23, №12. P. 2029-2032.
142. Курсевич Н.В., Травкин М.П. Влияние магнитных полей различной интенсивности на активность некоторых ферментов в проростках ячменя // В кн. Влияние естественных и слабых искусственных магнитных полей на биологические объекты. Материалы 2-го Всесоюзного симпозиума, 18-20 сентября 1973 г. Белгород: Изд. Белгородского гос. пед. ин.-та, 1973. С. 102-104.
143. Шиян Л.Т. Исследование экологической значимости геомагнитного поля (на примере растений) // *Научн. тр. Курского пед. ин.-та*. 1978. Т. 191. С. 82-83.
144. Аксенов С.И., Грунина Т.Ю., Горячев С.Н. Особенности влияния низкочастотного магнитного поля на набухание семян пшеницы на различных стадиях // *Биофизика*. 2001. Т. 46, №6. С. 1127-1132.
145. Калинин Л.Г., Бошкова И.Л., Панченко Г.И., Коломийчук С.Г. Влияние низкочастотного и высокочастотного электромагнитного поля на семена // *Биофизика*. 2005. Т. 50, №2. С. 361-366.
146. Аксенов С.И., Грунина Т.Ю., Горячев С.Н. О механизмах стимуляции и торможения при прорастании семян пшеницы в электромагнитном поле сверхнизкой частоты // *Биофизика*. 2007. Т. 52, №2. С. 332-338.
147. Singh P., Roy B.K., Rai S. Morphological and cytogenetic effect of 50 Hz EM-field induced nutrient solution on *Vicia faba L.* // *Electro- and Magnetobiology*. 1996. Vol. 15, №2. P. 109-118.
148. Reina F.G., Pascual L.A., Fundora I.A. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part II: experimental results // *Bioelectromagnetics*. 2001. Vol. 22, №8. P. 596-602.

149. Беляченко Ю.А. Проллиферация клеток растений при воздействии низкочастотного магнитного поля: дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2009. 112 с.
150. Usanov A.D., Belyachenko Y.A., Verkhov D.G., Tyrnov V.S., Usanov D.A. Effect of Frequency of Alternating Magnetic Field on Stimulation of Plants Meristem Mitotic Activity // *Biochemistry and Biophysics*. 2013. Vol. 1, №4. P. 66-69.
151. Сусак И.П., Пономарев О.А., Шигаев А.С. О первичных механизмах воздействия электромагнитных полей на биологические объекты // *Биофизика*. 2005. Т. 50, вып. 2. С. 367-370.
152. Горленко Н.П. О механизме активации биологических объектов магнитным полем // *Биофизика*. 2006. Т. 51, вып. 4. С. 767-768.
153. Попков В.М., Усанов Д.А., Ребров В.Г., Усанов А.Д. Влияние низкочастотного магнитного поля на растворимость органоминералов человека *in vitro* // *Урология*. 2012. Вып. 2. С. 17-19.
154. Демченко А.П. Ультрафиолетовая спектрофотометрия и структура белков. Киев: Наукова думка, 1981. 208 с.
155. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. М.: Техносфера, 2007. 368 с.
156. Schrade P., Klein H., Egry I., Ademovic Z., Klee D. Hydrophobic volume effects in albumin solutions // *J. Colloid and Interface Science*. 2001. Vol. 234. P. 445-447.
157. Hofstee B.H., Otilio N.F. Non-ionic adsorption chromatography of proteins // *Journal of chromatography*. 1978. Vol. 159, №1. P. 57-69.
158. Andrade J.D., Hlady V. Protein adsorption and materials biocompatibility: a tutorial review and suggested hypotheses // *Advances in Polymer Science*. 1986. Vol. 79. P. 1-63.
159. Richards F.M. Areas, volumes, packing and protein structure // *Annu. Rev. Biophys. Bioeng.* 1977. Vol. 6. P. 151-176.
160. Линг Г. Физическая теория живой клетки. Незамеченная революция. Санкт-Петербург: Наука, 2008. 376 с.

161. Зотов А.Т. Мочевина. М.: Государственное науч.-техн. изд-во хим. литературы, 1963. 173 с.
162. Cook W.H., Alsberg C.L. Preparation of Glutenin in Urea Solutions // *Canadian Journal of Research*. 1931. Vol. 5, №3. P. 355-374.
163. Пат. 70138 Российская Федерация. Устройство для воздействия магнитным полем на биообъекты / Усанов Д.А., Сучков С.Г., Сергеев А.А., Усанов А.Д., Сучков Д.С., Селифонов А.В.; заявитель и патентообладатель Сарат. гос. ун-т. - № 2007137167/22; заявл. 08.10.2007; опубл. 20.01.2008. Бюл. №2.
164. Чаплыгин Ю.А., Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Абрамов А.В., Боголюбов А.С. Методика измерения электропроводности нанометровых металлических пленок в слоистых структурах по спектрам отражения электромагнитного излучения // *Известия вузов. Электроника*. 2006. №6. С. 27-35.
165. Беляченко Ю.А., Усанов А.Д., Тырнов В.С., Усанов Д.А. Влияние переменного низкочастотного магнитного поля на митотическую активность апикальных меристем кукурузы // *Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова*. 2008. № 1. С. 5-6.
166. Беляченко Ю.А., Усанов А.Д., Тырнов В.С., Усанов Д.А. Влияние магнитных полей на митотическую активность клеток растений // *Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине – 2008: Материалы Ежегодной Всероссийской научной школы-семинара*. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2008. С. 160-162.
167. Беляченко Ю.А., Усанов А.Д., Тырнов В.С., Усанов Д.А. Влияние переменных магнитных полей на пролиферацию клеток апикальных корневых меристем двудольных растений // *Известия Саратовского университета. Серия Химия. Биология. Экология*. 2008. Т. 8, №2. С. 84-88.
168. Беляченко Ю.А. Пролиферация клеток растений при воздействии низкочастотного магнитного поля: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Ю.А. Беляченко. Саратов, 2009. 19 с.
169. Усанов Д.А., Шишкин Г.Г., Горбатов С.С., Усанов А.Д. Определение влияния переменного магнитного поля на физические характеристики воды

СВЧ-методом // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2006. Т. 5-6. С. 65-69.

170. Постельга А.Э., Усанов А.Д., Беляченко Ю.А., Тырнов В.С., Усанов Д.А. Влияние переменного магнитного поля низкой интенсивности на физические характеристики зерновок сорго // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2008. Т. 11, №1. С. 65-69.
171. Цанев Р.Г., Марков Г.Г. Биохимия клеточного деления. М.: Медицина, 1964. 120 с.