МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ УССР

КИЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. А.М. ГОРЬКОГО

На правах рукописи

Р О М А Н О В С К И Й И.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЛАЖНЫХ ДИСПЕРСНЫХ ТЕЛ В СВЯЗИ С РАЗЛИЧИЕМ ФОРМ СВЯЗИ ВЛАГИ

О54. Молекулярная физика

НБ НПУ
імені М.П. Драгоманова
100313755

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

К и е в – 1969

Работа выполнена на кафедре физики Киевского государственного педагогического института им. А.М. Горького.

Научный руководитель - кандидат физико-математических наук, доцент ДУЩЕНКО В.П.

Официальные оппоненты:

1. Доктор технических наук, профессор ЧУРАЕВ Н.В.
2. Кандидат физико-математических наук, доцент МИГЛЯЧЕНКО А.Ф.

Ведущее предприятие - Киевский ордена Ленина политехнический институт, кафедра физики диэлектриков и полупроводников.

Автореферат разослан "12" марта 1969 г.

Защита диссертации состоится "_____" _____ 1969 г. на заседании совета Киевского государственного педагогического института им. А.М. Горького /Киев, Бульвар Шевченко, 22/24 /.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь совета

Влажные дисперсные тела относятся к весьма распространенным материалам, используемых в различных отраслях народного хозяйства в качестве сырья или основного продукта. Свойства влажных дисперсных тел различной химической природы и пористой структуры в значительной степени зависят не только от общего количества поглощенной влаги, но и от форм ее связи.

В связи с этим в области молекулярной физики дисперсных систем значительный теоретический и практический интерес представляет исследование взаимодействия влаги с поверхностью дисперсной фазы. Надежную информацию для анализа взаимодействия влаги с дисперсными телами могут дать исследования процессов сорбции и десорбции, смачивания, электрических свойств, применения методов ИК-спектроскопии, ядерного магнитного резонанса и др. Весьма перспективным является комплексное изучение свойств влажной дисперсной системы, проводимое разными взаимно независимыми методами.

Систематические исследования электрических свойств наиболее характерных представителей основных типов дисперсных тел позволяют получить нужную информацию для установления важнейших закономерностей влияния форм связи и состояний поглощенной влаги на электрические параметры дисперсных тел.

Такие исследования становятся в последнее время особенно актуальными в связи с применением высокочастотных полей для интенсификации внутреннего массопереноса в процессах гидротермической обработки дисперсных тел.

Для оптимального ведения технологических процессов гидротермической обработки влажных дисперсных тел необходимы знания температурных полей и полей влагосодержаний. Зависимости

диэлектрических параметров и удельной объемной проводимости от влагосодержания могут быть использованы для анализа полей влагосодержаний дисперсных тел в процессе обработки без нарушения их структуры.

Знание величин диэлектрической проницаемости / ДП / и тангенса угла потерь / $tg\delta$ / дисперсного тела определенного влагосодержания на различных частотах позволяет рассчитать мощность энергии рассеиваемой в теле при его нагреве в высокочастотном электрическом поле.

Исследование зависимостей электрических свойств дисперсных тел от влагосодержания при разных частотах электрического поля представляет значительный интерес для научного обоснования электрических методов определения влагосодержания. Следует заметить, что для градуировки электровлагомеров необходимо знать зависимость электрических параметров дисперсного тела от влагосодержания, частоты, химического состава и пористой структуры, характера распределения влаги и других факторов. Такие зависимости могут быть получены в большинстве случаев только эмпирически.

В решении III Всесоюзного совещания по тепло- и массообмену / г. Минск, 14-18 мая 1968 г. / отмечается необходимость "работать в области изыскания наиболее общих, надежных и быстрых методов определения теплофизических, массообменных, реологических, электрических, магнитных и др. характеристик вещества в различных условиях. Создавать новые лучшие приборы для этого".

Несмотря на относительно большое число выполненных работ, посвященных исследованию электрических свойств влажных дисперсных тел, вопросы влияния форм связи и состояний поглощенной

влаги на электрические свойства дисперсных тел в настоящее время являются еще недостаточно изученными. Литературные данные, как правило, относятся к исследованию отдельных тел без достаточно полной характеристики их водоудерживающих свойств и пористой структуры. Кроме того, эти исследования выполнены для узких интервалов влагосодержаний, для случайных частот и, следовательно, не позволяют систематизировать имеющийся материал по этому вопросу.

В связи с этим в данной диссертационной работе поставлены следующие задачи:

I. Исследование водоудерживающих свойств и пористой структуры типичных представителей дисперсных тел.

2. Конструирование измерительного конденсатора, который позволил бы провести исследования электрических свойств дисперсных тел при равномерном распределении влаги внутри их в широком интервале влагосодержаний тел без нарушения их пористой структуры.

3. Выбор оптимальных условий и методик измерений электрических свойств дисперсных тел от влагосодержания включая гигроскопическое и влажное состояния тел в диапазоне радиочастот.

4. Исследование зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь типичных дисперсных тел от влагосодержания и длины волны.

5. Исследование зависимости сквозной удельной проводимости дисперсных тел от влагосодержания.

6. Исследование характера изменения электроемкости влажных дисперсных тел в процессе конвективной сушки с одновременным анализом форм связи и состояний влаги.

7. На основе экспериментальных данных выяснить влияние форм связи и состояний поглощенной влаги, пористой структуры дисперсных тел на характер электрических свойств дисперсных тел от влагосодержания и длины волны.

Диссертация состоит из введения, трех глав и общих выводов, изложенных на 127 страницах машинописного текста. Кроме того, диссертация содержит 38 рисунков, 36 таблиц экспериментальных данных и перечень использованной литературы.

I

В первой главе диссертационной работы рассмотрены основные вопросы современного состояния теории поляризации, а также приведен обзор теоретических и экспериментальных работ по исследованию электрических свойств гетерогенных систем, в частности влажных дисперсных тел. Здесь же дан критический анализ современных методов определения электрических параметров дисперсных тел.

Влажные дисперсные тела представляют собой трехфазные гетерогенные системы. Очевидно, что свойства твердой, жидкой и газообразной фаз /скелет твердого тела, влага и межпоровый воздух/ резко отличны между собой. Кроме этого, во влажных дисперсных телах существуют поверхностные фазы в виде адсорбционных слоев, физико-химические свойства которых отличны от свойств воды в объеме. Помимо неоднородностей состава существуют геометрические неоднородности структуры, которые наряду с химическим состоянием поверхности пористых тел определяют их физико-химические свойства.

Неоднородности состава и пористой структуры влажных дисперсных тел приводят к неоднородностям внутреннего электрического

поля, которые сказываются на электрических параметрах этих тел.

Оказывая сильное диссоциирующее действие, влага создает в дисперсном теле свободные носители зарядов, при этом электрические параметры дисперсной системы зависят от характера распределения влаги в теле.

Учитывая выше сказанное, становится понятным, что задача создания удовлетворительной теории поляризации влажных дисперсных тел является одной из трудных в молекулярной физике дисперсных систем. Она не решена и в настоящее время. Более того, существующие теории поляризации однородных тел являются приближенными.

Для аналитического вычисления ДП гетерогенных систем существует большое количество формул, при выводе которых системы рассматриваются как механические смеси. Поскольку для реальных влажных дисперсных систем условия, положенные в основу вывода существующих формул, далеко не всегда соблюдаются, применение этих формул возможно лишь в отдельных случаях.

В связи с этим надежные сведения о электрических свойствах влажных дисперсных тел можно получить только опытным путем.

Для определения электрических параметров тело помещают в конденсатор, который представляется эквивалентной схемой замещения. В работе показано влияние и методика учета паразитных параметров измерительного конденсатора на величину электрических параметров тела.

Во влажных дисперсных телах имеют место дисперсия ДП и релаксационные максимумы тангенса угла потерь, которые обусловлены молекулярной релаксацией Дебая в адсорбате, или неоднородностями структуры гетерогенной системы /релаксация Максвелла-Вагнера/.

Работами И.В. Жиленкова было показано, что в случае силикагелей

влияние геометрии структуры гетерогенной системы /адсорбент, адсорбат и поры/ на релаксационные процессы в области радиочастот при комнатных температурах не проявляется. Им же отмечалось, что при наличии релаксации Дебая в адсорбате, система будет характеризоваться также дебаевской релаксацией, но с другим временем релаксации. И.В. Киленков показал, что влияние структуры неоднородностей системы меньше всего сказывается в случае смесей, состоящих из зерен или пластинок в матрице. Учитывая, что коллоидные и коллоидные капилярнопористые тела в области влагосодержаний, соответствующих связанной влаге, можно рассматривать как матричные системы, в которых пленки адсорбированной влаги представляют беспорядочно расположенные пластинки в матрице, можно предположить, что релаксационные процессы в этих телах будут обусловлены дебаевской дисперсией адсорбированной влаги. Необходимо заметить, что такое предположение относится к области радиочастот /выше 20-30 кгц/ при комнатных температурах.

II

Во второй главе приводится обзор учения о современной классификации форм связи влаги с дисперсными телами, разработанного главным образом П.А. Ребиндером, А.В. Лыковым, А.В. Думанским, С.М. Липатовым, М.Ф. Казанским и др.

На основании обзора литературных данных дается анализ свойств влаги разных форм связи по сравнению со свойствами воды в объеме.

На основании критического анализа известных методов определения форм связи и состояний влаги, поглощенной дисперсными телами, сделан вывод, что для исследования дифференциальных водоудерживающих свойств выбранных объектов наиболее надежными являются методы изотерм сорбции, теплот смачивания, индикаторный и термограмм

изотермической сушки.

Выбранные объекты исследования по своему физико-химическому строению, дифференциальным водоудерживающим свойствам и пористой структуре являются наиболее характерными для основных типов дисперсных тел, классификация которых была предложена А.В. Лыковым.

В качестве типичного представителя макропористого тела с однородной формой связи влаги взят кварцевый песок фракций 0 - 0,25; 0,25 - 0,5; 0,5 - I,0 мм. Как представители модельных капиллярнопористых тел с разнородной формой связи влаги нами выбраны силикагели: промышленные образцы КСК-2, КСС-4, КСМ-5 и образец 5-а, изготовленный в лабораторных условиях, которые представляют эталонный ряд сорбентов второго /однородномикропористые/ и третьего /однороднотонкопористые/ структурных типов по классификации А.В. Киселева.

Типичным представителем коллоидных капиллярнопористых тел выбрана монотермитная огнеупорная часов-ярская глина.

В качестве типичных коллоидных тел нами выбраны желатина и нативный картофельный крахмал.

Наши методики определения величин влаги разных форм связи и состояний, поглощенной выбранными объектами исследования, мало чем отличаются от обычно применяемых и позволяют получать достоверные результаты, которые характеризуются хорошей повторяемостью и сходимостью получаемых данных.

Приведены экспериментальные данные относительно дифференциальных водоудерживающих свойств и пористой структуры объектов исследования.

Влагосодержания мономолекулярной адсорбции выбранных образцов рассчитаны из изотерм сорбции с применением теории полимолекуляр-

ной адсорбции БЭТ, а также по данным термограмм изотермической сушки.

Количество связанной влаги объектами исследования определены по данным интегральных теплот смачивания с применением правила А.В. Думанского, с помощью индикаторного метода по А.В. Думанскому, с помощью термограмм изотермической сушки, а для силикагелей и по данным изотерм сорбции и десорбции.

Максимальные гигроскопические влагосодержания получены с помощью изотерм сорбции и термограмм сушки.

Изотермы дифференциальных теплот смачивания от влагосодержания подтверждают энергетическую неоднородность поглощенной влаги в разных интервалах влагосодержаний.

Используя данные изотерм десорбции и теорию капиллярной конденсации для случая сферических менисков были исследованы структурно-сорбционные характеристики объектов исследования. Показана связь между дифференциальными водоудерживающими свойствами и пористой структурой данных дисперсных тел.

III

В третьей главе приводятся результаты экспериментального исследования зависимости диэлектрической проницаемости ДП и тангенса угла потерь ε, δ объектов исследования, как типичных дисперсных тел, в широком интервале влагосодержаний. в диапазоне длин волн 6000 - 3 м, а также исследования зависимости объемной удельной проводимости от влагосодержания на частоте I кгц. Приведены также исследования изменения емкости конденсатора с влажным дисперсным телом в процессе конвективной сушки.

Для измерения электрических свойств дисперсных тел, учитывая их специфику, нужен специальный конденсатор, обеспечивающий

равномерное распределение влаги в телах при сохранении их макропористой структуры. При этом масса сухого тела между обкладками конденсатора должна быть постоянной при различных его влагосодержаниях, распределение влаги в теле не должно изменяться в процессе измерений.

Исходя из этого был изготовлен специальный измерительный конденсатор, состоящий из двух спиралевидных никелевых пластинок /125 x 10 x 0,2 мм/ — электродов, которые надежно закреплены на расстоянии 3 мм друг от друга. Такая форма электродов обеспечивает значительную емкость конденсатора при относительно большом расстоянии между электродами. Высота электродов 10мм обеспечивает сокращение времени достижения равномерного распределения влаги по объему тела. Электроды конденсатора размещены в тонкостенном плексигласовом герметическом цилиндре, в дно и крышку которого вмонтированы краники, через которые протягивался воздух различной относительной влажности, посредством которого проводилось осушение или увлажнение тела до нужного влагосодержания. На расстоянии 3 мм от нижней границы электродов размещена сеточка из пленки нитроцеллюлозы с отверстиями диаметром не более 0,1 мм. Посредством никелевых пластинок, прикрепленных к электродам, измерительный конденсатор жестко крепится ко дну плексигласового цилиндра.

Жесткость выводов обеспечивает постоянство паразитных параметров измерительного конденсатора, которые учитываются при расчетах электрических параметров дисперсных тел. Точность измерений ДП предлагаемым конденсатором оценена путем измерения ДП химически чистого толуола и составляет ±2%.

Исследования диэлектрических свойств увлажненных дисперсных тел выполнено с помощью куметров КВ-1 и Е9-5.

По методике, разработанной А.В.Петушилом и его учениками, проведен учет влияния паразитных параметров измерительного конденсатора и настроечного конденсаторов куметров. При этом формулы для определения диэлектрических параметров тела сильно усложняются, что привело к необходимости использовать электронно-вычислительную машину "Минск-I".

В работе приводится оценка возможных погрешностей при измерении ДП и тангенса угла потерь тела с помощью куметров для случаев параллельного подключения измерительного конденсатора к куметру и использования метода трех измерений.

Исследование сквозной удельной проводимости выполнено с помощью моста переменного тока Р-38, пределы измерения которого были расширены до 3,3 Мом. Мост питался от генератора ЗГ-10. Максимальная относительная погрешность при измерении удельной проводимости составляла ±1,5%.

Все измерения проведены при 20°С.

Влагосодержание тела определялось весовым методом. Для достижения равномерного распределения влаги образцы выдерживались в конденсаторах в течение 2-3 суток при закрытых кранах.

О равномерном распределении влаги в образцах судили по постоянству входной емкости измерительного конденсатора, периодически подключаемого к куметру.

Приведены экспериментальные данные зависимости ДП / ε' / и тангенса угла потерь / $tg\delta$ / объектов исследования от влагосодержания / w / и длины волны измерений. Кривые зависимости ε' от влагосодержания для всех исследуемых тел состоят из участков, на которых имеет место неодинаковое возрастание ДП с увеличением влагосодержания.

Для кварцевого песка фракций 0 - 0,25; 0,25 - 0,5; 0,5 - I,0мм в диапазоне длин волн 60 - 5м границы областей неодинакового линейного возрастания ДП приходятся соответственно на влагосодержания 3,6; 2,7; I,5 %, которые относятся к капиллярной влаге стыкового состояния для данных фракций кварцевого песка. Кривые зависимости $tg\delta(w)$ при этих влагосодержаниях характеризуются максимумом, а кривые $\rho(w)$ - резким уменьшением удельного сопротивления системы. Такой ход кривых зависимостей $\varepsilon'(w)$, $tg\delta(w)$ и $\rho(w)$ объясняется неодинаковыми свойствами капиллярной влаги разных состояний и показывает зависимость электрических свойств дисперсной системы от состояний капиллярной влаги.

Для исследуемых силикагелей на первом участке кривых $\varepsilon'(w)$ в диапазоне длин волн 6000 - 3 м имеет место небольшое увеличение ДП с повышением влагосодержания примерно по линейному закону. Линейные зависимости $\varepsilon'(w)$ могут быть объяснены одинаковым вкладом последующих адсорбирующихся молекул влаги в общую поляризацию системы. Переход от первого участка ко второму характеризуется сингулярной точкой, положение которой зависит от длины волны измерения. Влагосодержания в этих сингулярных точках для длин волн 6000, 400, 40 и 20 м в случае силикагеля КСК - 2 соответственно равны 5,2; I5,I; I7,3; 22,9%, в случае силикагеля КСС - 4 — 5,3; I4,4; 20,2; 25,0%, в случае силикагеля КСМ - 5 — I7,6; I7,6; 22,6; 34,9% и в случае силикагеля 5-а — 22,5; 22,5; 37,7; 37,7%. На втором участке кривых $\varepsilon'(w)$ изменение ДП системы имеет более выраженную частотную зависимость.

В случае широкопористых силикагелей КСК - 2 и КСС - 4 для длины волны 6000 м сингулярная точка соответствует примерно границе влагосодержания мономолекулярной адсорбции. Для всех других

длин волн для этих же силикагелей, а также тонкопористых силикагелей эта сингулярная точка приходится на область влагосодержаний капиллярной конденсации.

Представляется интересным тот факт, что в области мономолекулярной адсорбции у широкопористых силикагелей крутизна кривой зависимости $\varepsilon'(w)$ противоположна ходу кривой для тонкопористых силикагелей. Это подтверждает предположение И.В.Жиленкова о том, что молекулы адсорбированной влаги на широкопористых силикагелях фиксированы сильнее, следовательно, их вклад в общую поляризацию системы меньше, чем в случае тонкопористых силикагелей.

На кривых $\varepsilon'(w)$ для ультратонкопористого силикагеля 5-а наблюдается еще одна сингулярная точка, которая для всех длин волн соответствует максимальному гигроскопическому влагосодержанию. В случае силикагелей КСМ-5, КСС-4, КСК-2 на кривой $\varepsilon'(w)$ также прослеживается вторая сингулярная точка, но только для длины волны 6000 м.

Анализ кривых $\varepsilon'(w)$, показывает, что характер изменения ДП влажной дисперсной системы определяется как длиной волны измерения, так и формой связи влаги. Роль форм связи влаги проявляется более сильно при увеличении длины волны.

Зависимости $tg\delta(w)$ и $\rho(w)$ подтверждают это обстоятельство.

С целью анализа частотной зависимости ДП и $tg\delta$ системы в пределах разных форм связи влаги с телом были выбраны влагосодержания, относящиеся к связанной, капиллярно-сконденсированной и капиллярной влаге.

Для влагосодержаний, соответствующих связанной влаге, ДП системы практически не зависит от длины волны измерений. Величина $tg\delta$ в области длинных волн возрастает. Очевидно, при

этих влагосодержаниях адсорбированные молекулы влаги связаны с поверхностью силикагеля достаточно прочно, подвижность их мала. Небольшое увеличение ДП системы в этом диапазоне длин волн обусловлено, по видимому, поляризациями смещения, время установления которых меньше 10^{-12} сек.

При влагосодержаниях, соответствующих капиллярно-сконденсированной влаге, наблюдается дисперсия ДП. Области дисперсии ДП соответствуют частотному максимуму тангенса угла потерь. С увеличением влагосодержания область дисперсии ДП и частотный максимум потерь перемещается в сторону меньших длин волн. Для силикагеля 5-а наблюдается во всем исследуемом диапазоне длин волн дисперсия ДП и $tg\delta$.

Постепенное перемещение сингулярных точек кривых $\varepsilon'(\omega)$ и $tg\delta(\omega)$, $\varepsilon'(lg\lambda)$ и $tg\delta(lg\lambda)$ при увеличении влагосодержания в сторону меньших длин волн, очевидно, связано с изменениями подвижности молекул воды. При влагосодержаниях, соответствующих первым порциям капиллярно-сконденсированной влаге, молекулы воды обладают большой подвижностью, ориентируясь в переменном электрическом поле. Сильное возрастание ДП с увеличением влагосодержания в области начала капиллярной конденсации обусловлено дипольно-релаксационной поляризацией молекул воды. Подтверждением этому может служить дисперсия ДП и наличие максимума тангенса диэлектрических потерь.

В области капиллярной влаги резко возрастает проводимость системы, при этом с уменьшением длины волны максимуму функции $tg\delta(lg\lambda)$ предшествует участок сильного уменьшения $tg\delta$. Такой ход функциональной зависимости $tg\delta(lg\lambda)$ указывает на наличие сильно выраженных релаксационных процессов в диэлектрике.

С уменьшением длины волны $tg\delta$ уменьшается, так как сквозная

проводимость при этом уменьшается /при больших длинах волн процесс проводимости превалирует над релаксационными процессами/. По мере уменьшения длины волны роль релаксационных процессов возрастает и $tg\delta$ увеличивается до тех пор, пока период приложенного напряжения не будет сравним со временем релаксации. При этом активная и реактивная составляющие тока увеличиваются, но реактивная составляющая увеличивается медленнее вследствие уменьшения ДП. Это приводит к появлению максимума $tg\delta$. Для более коротких длин волн $tg\delta$ уменьшается, вследствие увеличения реактивной составляющей тока.

Для часов-ярской глины граница областей неодинакового возрастания функций $\varepsilon'(w)$ и $tg\delta(w)$ / $w \approx 3,5\%$ / приходится примерно на область перехода влаги мономолекулярной адсорбции к влаге полимолекулярной адсорбции.

Частотные зависимости диэлектрических параметров увлажненной часов-ярской глины в области полимолекулярной адсорбции характеризуются наличием дисперсии ДП и $tg\delta$.

Для коллоидных тел — желатины и картофельного крахмала — зависимости $\varepsilon'(w)$ и $tg\delta(w)$ также характеризуются областями неодинакового возрастания ДП и тангенса угла потерь. Границы таких областей для желатины приходятся на $w_1 \approx 24\%$, что соответствует примерно влагосодержанию мономолекулярной адсорбции, и $w_2 \approx 42\%$, что соответствует общему количеству связанной влаги. Для крахмала граница таких областей приходится на влагосодержание $w_1 \approx 20\%$, соответствующего примерно влагосодержанию мономолекулярной адсорбции.

Значительный интерес представляет аналитический расчет электрических параметров увлажненных дисперсных тел, как гетерогенных

систем. Такой расчет был проведен для увлажненного кварцевого песка с применением формулы В.И. Оделевского для статистических смесей. Сингулярные точки на расчетных кривых подобные сингулярным точкам экспериментальных зависимостей $\varepsilon'(w)$ отсутствуют. Следовательно, установление границ стыкового и канатного состояний капиллярной влаги по расчетным кривым невозможно. Это тем более затруднительно для других тел, которые характеризуются наличием адсорбированной влаги.

Для выяснения вопроса изменения электрических параметров влажных дисперсных тел при мягких режимах конвективной сушки нами была смонтирована установка, позволяющая автоматически регистрировать изменение емкости конденсатора, заполненного исследуемым веществом, при одновременной записи термограммы сушки и кривой сушки. Тем самым изменение емкости конденсатора непосредственно увязывалось с последовательностью удаления влаги разных форм связи и состояний. В основу блока записи изменения емкости положен принцип работы частотного дискриминатора. Для исследований была сконструирована специальная кювета-конденсатор.

В работе приведены экспериментальные данные по сушке исследуемых тел с записью изменения емкости конденсатора, представленные на диаграммной ленте автоматического потенциометра ЭПП-09.

Ход кривых $C(w)$ указывает на зависимость ДП влажной системы в процессе конвективной сушки при мягких режимах сушки от форм связи влаги. На границах перехода форм связи влаги ход кривых $C(w)$ изменяется, что обусловлено различием электрофизических свойств поглощенной влаги разных форм связи. Эти изменения наиболее отчетливо выражены для тех тел, изменение пористой структуры которых в процессе конвективной сушки незначительно и которые

обладают относительно малой проводимостью.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Проведено экспериментальное исследование электрических свойств /диэлектрической проницаемости, тангенса угла потерь и удельной сквозной проводимости/ типичных капиллярнопористых тел / кварцевый песок различных фракций, основные структурные типы силикагелей /, коллоидных капиллярнопористых тел /часов-ярская глина/ и коллоидных тел /картофельный крахмал, желатина/ в широком интервале влагосодержаний, включающих гигроскопическое и влажное состояния тел, в диапазоне длин волн 6000-3 м.

2. Экспериментальное исследование диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь увлажненных тел выполнено на куметрах КВ-I и Е9-5, исследование удельной электропроводности проведено мостовым методом на частоте I кгц.

Проведен выбор оптимальных условий измерений и оценены погрешности измерений.

3. Учитывая специфику дисперсных тел, для измерения их электрических параметров был сконструирован специальный конденсатор, обеспечивающий равномерное распределение влаги в телах при сохранении их макропористой структуры.

4. Для исследований кинетики диэлектрической проницаемости влажных дисперсных тел в процессе конвективной сушки была смонтирована установка, позволяющая автоматически регистрировать изменение емкости конденсатора при одновременной записи термограммы сушки. Тем самым непосредственно установлена корреляция кинетики изменения емкости конденсатора с последовательностью удаления влаги разных форм связи и состояний.

5. Для анализа зависимости электрических свойств влажных типичных дисперсных тел от влагосодержания в связи с учетом различия форм связи и состояний поглощенной влаги было проведено исследование дифференциальных водоудерживающих свойств объектов исследования при помощи взаимно независимых методов /изотерм сорбции, теплот смачивания, индикатора по А.В. Думанскому и термограмм изотермической сушки/.

6. На основе экспериментальных данных по изотермам сорбции и десорбции рассчитаны структурно-сорбционные характеристики исследуемых тел.

7. Экспериментально установлено, что изменение зависимостей диэлектрической проницаемости, тангенса угла потерь и сквозной проводимости типичных дисперсных тел от влагосодержания определяется не только общим влагосодержанием, но и формами связи и состояниями поглощенной влаги, а также зависит от длины волны измерений.

8. Установлено, что кривые зависимости $\varepsilon'(w)$ состоят из участков, на которых имеет место неодинаковое возрастание ДП с увеличением влагосодержания.

Границы областей, характеризующихся различным по величине возрастанием функции $\varepsilon'(w)$, совпадают с границами форм связи и состояний поглощенной влаги.

9. Установлено, что кривые областей неодинакового возрастания ДП и $tg\delta$ на кривых $\varepsilon'(w)$ и $tg\delta(w)$, $\varepsilon'(lg\lambda)$ и $tg\delta(lg\lambda)$ при увеличении влагосодержания перемещаются в сторону меньших длин волн. Это объясняется разным вкладом в поляризацию влажной дисперсной системы последующих молекул влаги, поглощенной телом.

10. Показано, что дисперсия ДП для исследованных тел имеет

место при влагосодержаниях, превышающих влагосодержание мономолекулярной адсорбции, что обусловлено выключением молекул влаги с процесса поляризации.

Частотные зависимости диэлектрических свойств дисперсных тел определенных влагосодержаний пояснены исходя из возможных видов поляризации поглощенной влаги и соотношений между релаксационными процессами и процессами проводимости.

II. Показано, что исследование зависимостей ДП и $tg\delta$ от влагосодержания могут быть использованы в качестве методического приема для анализа форм связи и состояний поглощенной влаги дисперсными телами.

I2. Опытные данные функциональных зависимостей $\varepsilon'(w)$, $tg\delta(w)$, $\varepsilon'(lg\lambda)$, $tg\delta(lg\lambda)$ могут быть использованы для расчета мощности энергии, рассеиваемой в теле при его сушке в электрическом поле высокой частоты.

I3. Анализ экспериментальных данных показывает, что для конструирования и градуировки электрических влагомеров, предназначенных для дисперсных тел, следует учитывать нелинейные зависимости их электрических свойств от влагосодержания и их частотные зависимости.

Основные результаты работы доложены на Сессии Научного Совета АН УССР по проблеме "Высокотемпературная теплофизика" /I0-I2.XI. I966 г., Киев/, на Всесоюзной межвузовской научной конференции по новым физическим методам обработки пищевых продуктов /25-28. IX. I968 г., Воронеж/, на Восьмой всесоюзной межвузовской конференции по вопросам испарения, горения и газовой динамики дисперсных систем /30. IX.-5.X. I968 г., Одесса/, на научных конференциях

Киевского государственного педагогического института им. А.М. Горького /1965, 1966, 1967 гг., Киев/ и на научных конференциях Уманского государственного педагогического института им П.Г. Тычины /1966, 1967, 1968, 1969 гг., Умань/, а также опубликованы в следующих печатных работах:

1. В.П. Дущенко, І.Я. Романовський. Дослідження залежності діелектричної проникності желатину від частоти-і вологості, Тези доповідей звітно-наукової конференції Київського державного педагогічного інституту ім. О.М. Горького, Київ, 1965.

2. В.П. Дущенко, И.А. Романовский. Исследование зависимости электрофизических свойств кварцевого песка от влагосодержания, Сб. "Исследование тепло- и массообмена в технологических процессах и аппаратах", "Наука и техника", Минск, 1966.

3. І.Я. Романовський, В.П. Дущенко. Про дослідження електрофізичних властивостей вологих дисперсних речовин в полях високої частоти за допомогою куметра, Тези доповідей звітно-наукової конференції Київського державного педагогічного інституту ім. О.М. Горького, Київ, 1966.

4. В.П. Дущенко, І.Я. Романовський. Про деякі властивості адсорбованої води на силікагелях, Тези доповідей звітно-наукової конференції Київського державного педагогічного інституту ім. О.М. Горького, Київ, 1967.

5. В.П. Дущенко, И.А. Романовский. Об электрических параметрах некоторых влажных пищевых продуктов, Тезисы докладов Всесоюзной межвузовской научной конференции по новым физическим методам обработки пищевых продуктов, Воронеж, 1968.

6. В.П. Дущенко, М.С. Панченко, И.А. Романовский, И.Б. Слинякова. О взаимодействии влаги с модельными капиллярнопористыми гидрофильными материалами, ИФЖ, ХУ, 4, 1968.

7. В.П.Дущенко, И.А.Романовский. Влияние форм связи влаги на электрические свойства влажных дисперсных тел, Материалы Восьмой всесоюзной межвузовской конференции по вопросам испарения, горения и газовой динамики дисперсных систем, Одесса, 1968.

8. В.П. Дущенко, И.А. Романовский. Исследование электрофизических свойств влажных капиллярнопористых тел, Сб. "Тепло- и массоперенос в твердых телах, жидкостях и газах", "Наука и техника", Минск, 1969.

9. В.П. Дущенко, И.А. Романовский. О влиянии форм связи влаги на электрофизические свойства часов-ярской глины, ИФЖ, ХУI, 3, 1969.

10. В.П. Дущенко, И.А. Романовский. О влиянии форм связи влаги на электрофизические свойства некоторых природных полимеров, Электронная обработка материалов, №3, 1969.