

На правах рукописи



Кострюкова Анастасия Михайловна

САМООРГАНИЗАЦИЯ В ОКСИГИДРАТНЫХ СИСТЕМАХ ЦИРКОНИЯ

Специальность 00.21 – «Химия твердого тела»

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата химических наук

Челябинск

2006

Работа выполнена на кафедре «Общей и инженерной экологии»
ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»

Научный руководитель — доктор химических наук, профессор
Сухарев Юрий Иванович

Официальные оппоненты: доктор химических наук, профессор
Голованов Владимир Иванович;

кандидат химических наук, доцент
Гладков Владимир Евгеньевич

Ведущее предприятие — ГОУ ВПО «Уральский государственный
лесотехнический университет», г.
Екатеринбург

Защита состоится 25 декабря, в 12-00 часов на заседании диссертационного совета
К 212.295.02 при ГОУ ВПО «Челябинский государственный педагогический
университет», по адресу:
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69, ауд. 116.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале библиотеки ГОУ ВПО
«Челябинский государственный педагогический университет».

Автореферат разослан «24» ноября 2006 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат физико-математических
наук, доцент



Свирская Л.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Амфотерные оксигидраты тяжелых металлов часто интерпретируются как неорганические полимерные соединения. Процессы, идущие в оксигидратах тяжелых металлов при их структурировании, недостаточно изучены. Оксигидратные системы более разнообразны по составу и свойствам, чем кристаллические сорбенты и могут образовывать мезофазоподобные фазы [1]. Мезофазы могут возникать в результате изменения температуры. Температура фазового перехода является параметром системы, при переходе которого через определенные значения мезофаза резко меняет свои свойства. Изменение параметра вызывает потерю устойчивости одного состояния системы и переход ее в другое, отличное от первого, состояние. Подобные температуры обнаружены и для оксигидратов циркония [1].

Актуальность работы заключается в изучении процессов, протекающих при структурировании оксигидратов, что необходимо для получения более полного представления о механизме формирования оксигидратов тяжелых металлов.

Целью работы является изучение процессов самоорганизации оксигидратных систем циркония, проявляющихся при исследовании электропроводности и при возникновении электрического тока в оксигидратах, а также выявление температур термотропного перехода. В соответствии с поставленной целью решались следующие основные задачи исследований:

- Изучить электропроводность оксигидратов циркония, их термолитические характеристики и окрашивание образцов.
- Исследовать процессы возникновения электрического тока в оксигидратных системах циркония и провести термогравиметрический анализ данных оксигидратов.
- Установить температуры термотропного перехода мезофаз оксигидратных систем циркония.
- Выявить возможность антимикробного действия электрического тока, возникающего в оксигидратах.

Научная новизна. В диссертационной работе впервые:

- Обнаружено и изучено возникновение электрического тока в оксигидратах циркония.
- Выявлены температуры термотропного перехода мезофаз оксигидрата циркония.

- Исследовано антимикробное действие возникающего в оксигидратах тока.

Практическая ценность работы заключается в исследовании возникновения электрического тока в оксигидратных системах циркония. Данное явление можно использовать для обеззараживания водных растворов, как в медицине, так и в технологиях очистки природных и сточных вод.

На защиту выносятся следующие **основные положения** диссертационной работы:

- Результаты исследования электропроводности оксигидратов циркония.
- Явление возникновения электрического тока в оксигидратных системах.
- Температуры термотропного перехода мезофаз оксигидрата циркония.
- Антимикробный эффект тока, возникающего в оксигидратах циркония.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на следующих конференциях: на II Уральской конференции по радиохимии (октябрь, 2004), Екатеринбург, УГТУ–УПИ; на Всероссийской конференции «Актуальные проблемы физической химии твердого тела. Памяти Крылова Е.И.» (26-28 октября, 2005), Екатеринбург, УГТУ–УПИ.

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 16 статьях.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка использованных источников из 69 наименований, содержит 128 страниц общего текста, включая 42 рисунка и 15 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко излагаются предпосылки для разработки темы диссертации, обосновывается актуальность выполненной работы, представляется научная новизна и практическая значимость.

В первой главе представлен обзор литературных сведений, касающихся систем оксигидратов циркония. В ней, в частности, освещены вопросы процессов образования оксигидратов циркония. Проанализированы сведения о деструкционно-полимеризационном механизме формирования полимерной оксигидратной матрицы [1]. Рассмотрен генезис оксигидратных систем тяжелых металлов в процессе их структурирования [1]. Представлено явление формирования круговых концентрических образований в тонкослойных оксигидратных системах и квантования радиусов этих круговых образований [1].

Проанализированы сведения о появлении окрашенности оксигидратов тяжелых металлов. Приведен анализ возможных причин и влияния начальных условий синтеза и модификации оксигидратов на их окрашивание. Представлены сведения о термоллизе материалов на основе оксигидратов циркония, полученные разными авторами. Приведены исследования по термотропному мезоморфизму оксигидратных систем. Рассмотрены динамические системы [2, 3] и показаны методы их исследования. В конце первой главы на основании анализа литературных данных сформулированы задачи исследования.

Во второй главе представлены методы и методики проведения исследований.

Для исследования электропроводности и возникновения электрического тока применялись свежеприготовленные оксигидраты циркония. Оксигидраты циркония синтезировали методом аммиачного осаждения из раствора оксихлорида циркония. рН синтеза варьировали от 7,00 до 9,00 с шагом 1,00 ед. Оксигидраты синтезировали в термостате для исследования электропроводности при температуре 298 К, а для исследования возникновения тока – при температурах $282 \pm 0,1$; $283 \pm 0,1$; $284 \pm 0,1$; $285 \pm 0,1$; $286 \pm 0,1$ К, и их свойства изучали при тех же температурах.

При исследовании электропроводности оксигидрат помещали в электрохимическую ячейку. Контакты электродов подключали к блоку с постоянным выходным напряжением, равным 1,5 В. Ячейку с образцом помещали в термостат. Расстояние между электродами варьировалось и составляло 1,0 см, 5,0 см и 7,0 см. Измерения проводили в течение трех часов. Получаемые экспериментальные значения тока переводили в единицы электропроводности. Относительная погрешность измерения электропроводности составляла 0,07%.

При исследовании тока контакты электрохимической ячейки подключали к блоку, в котором входное сопротивление усилителя тока близко к нулю, то есть ячейка замыкалась накоротко. Прибором замерялся ток, возникающий в оксигидратной системе. Расстояние между электродами варьировалось и составляло 5 см и 7 см. Продолжительность эксперимента составляла 6 часов. Относительная погрешность измерения электропроводности составляла 0,05%.

Термогравиметрические исследования проводили на дериватографе Paulik-Paulik-Erdey 3434-С при скорости нагрева печи 10 К/мин в атмосфере собственных паров. При обработке данных ДТА определяли площади, температуры вершины пика, начала и конца термических процессов. Были вычислены: относительная

энтальпия процесса (ΔH_i); количество отщеплённой воды (k , моль H_2O / моль ZrO_2); отношение $\Delta H/k$, характеризующее удельные затраты энергии на дегидратацию моля воды. Энтальпия ΔH_i выражена в относительных единицах; для перевода этих величин в абсолютные энергетические характеристики необходимо значение калибровочного коэффициента для каждого значения температурного интервала дегидратации i , либо знание закона зависимости теплоёмкости образца в данном интервале температур. Так как ни первое, ни второе, точно определить пока не удалось, рассматривались относительные значения данных величин, которые, будучи получены в одинаковых условиях и на одном приборе, воспроизводимы, следовательно, сравнимы друг с другом.

Для бактериологических исследований использовали такие культуры условно-патогенных бактерий, как *Staphylococcus aureus* (стафилококк золотистый) и *Pseudomonas aeruginosa* (синегнойная палочка). Определение количества засеваемых бактериальных клеток проводилось по оптическому стандарту мутности. В каждой исходной культуре содержалось условно 1 млрд. микробных тел в 1 мл взвеси (м.т./мл). Из этой суспензии делали последовательные 10-кратные разведения до 10 м.т./мл (в восьмой пробирке). Параллельно делали такие же разведения, но не в дистиллированной воде, а в оксигидратах циркония.

Затем проводили посев 0,05 мл взвесей *Pseudomonas aeruginosa* и *Staphylococcus aureus* в стерильной дистиллированной воде из пробирок с разведениями 10 тыс. м.т./мл, 1 тыс. м.т./мл, 100 м.т./мл соответственно и, таким образом, получали контрольные разведения. Одновременно с посевами из контрольных разведений в стерильной дистиллированной воде проводили посевы разведений (аналогичных контрольным) в оксигидратах циркония. Часть оксигидрата с разведениями, аналогичными контрольным, помещали в стеклянную трубочку, на концах которой были закреплены замкнутые накоротко платиновые электроды с резистором 100 кОм. Через два часа делали посев 0,05 мл бактериальных взвесей соответствующих разведений из пробирок с оксигидратом и из оксигидрата, находившегося в приборе.

Посев производили на питательной среде мюллер-хinton с добавлением 5 % человеческой крови в чашках Петри. Затем чашки термостатировали в течени

суток при температуре 37 °С, и далее производили подсчет выросших бактериальных колоний (КОЕ).

В третьей главе основное внимание уделено исследованию электропроводности оксигидратов циркония.

При формировании оксигидратной матрицы в бесструктурной коллоидной среде происходит образование спиралевидных макромолекул – пейсмекеров. Они состоят из параллельно расположенных полимерных цепей (или слоев), формирующих в пространстве винтовые образования, которые обладают мезафазоподобной упорядоченностью. Также в образовавшемся геле находятся бесструктурные агрегаты, представляющие собой низкомолекулярные полимерные частицы без выраженной упорядоченности.

Спиралеобразные фрагменты оксигидратной системы циркония формируют на своей поверхности сложные системы двойных электрических слоев (рисунок 1). При подключении разности потенциалов инициируется ионный поток, и ионы среды связываются полимерной оксигидратной спиральной структурой в результате специфической адсорбции по Штерну, что способствует уменьшению электропроводности и увеличению упорядоченности оксигидратной системы.

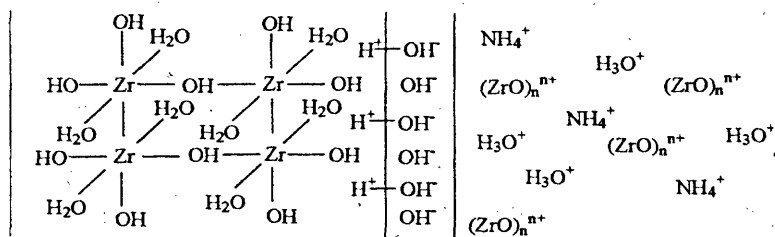


Рисунок 1 – Схема строения двойного электрического слоя фрагментов оксигидрата циркония

На рисунке 2 представлены кинетические кривые изменения электропроводности, характерные для оксигидратов циркония.

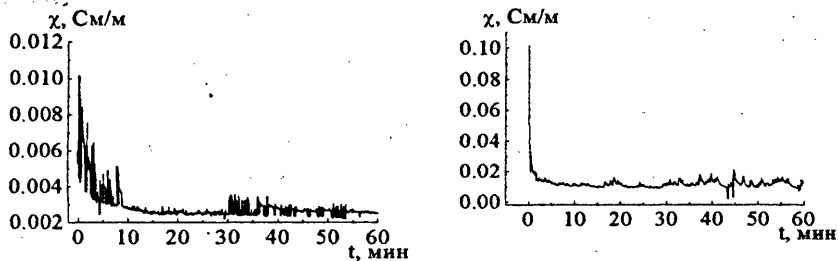


Рисунок 2 – Характерные кривые изменения электропроводности во времени

На кривых электропроводности наблюдаются малые колебания, связанные с действием межмолекулярных сил, которые инициируют выброс ионов ДЭС во внешний раствор. Кроме того, на кривых также возникают резкие пульсационные скачки электропроводности большой амплитуды. Ионный поток, обтекающий оксигидратные закрученные фрагменты, вызывает поляризацию ДЭС в результате специфической адсорбции (по Штерну). Образование продольного дипольного момента на фрагментах при прохождении тока способствует повороту этих спиральных фрагментов, что прерывает ток и разрушает поляризацию ДЭС. При этом связанные ионы выбрасываются во внешнюю среду, что фиксируется как всплеск электропроводности. Поскольку поляризация ДЭС исчезает, оксигидратные спиральные фрагменты занимают прежнее положение и сорбция ионов и их всплеск повторяются.

После измерения электропроводности у образцов оксигидрата циркония в течение месяца в процессе сушки появлялась окраска. Было выделено несколько типов окрашивания: сине-зеленое, фиолетово-коричневое, кремовое. Образцы оксигидратов, не подвергнутых воздействию разности потенциалов, обладали белой окраской.

Появление цветности в оксигидратных системах, содержащих соединения неокрашенные в индивидуальном виде, может быть обусловлено как d-d переходами, так и дифракционным рассеиванием света на спиралеобразных фрагментах.

Структурная вода в полимерной матрице оксигидратных систем фактически определяет строение системы. Связанная вода, входящая в состав оксигидрата циркония, подразделяется на адсорбированную воду, связанную с каркасом водородной связью, межслоевую и структурную воду. Можно выделить три

основных типа структурированной воды: аква-группы, гидроксо-группы и ол-связи. Атомы циркония, соединенные ол- и гидроксо-связями образуют каркас полимерной цепочки. Аква-группы насыщают свободные координационные возможности атомов циркония и заполняют пространство между полимерными цепочками.

Термолиз исследованных образцов протекал в две стадии в следующих температурных интервалах: 400–431 К, 713–753 К (рисунок 3). Первому интервалу отвечает эндотермический процесс (дегидратация), а второму – экзотермический процесс (эффект раскалывания), который соответствует переходу образца из аморфного состояния в кристаллическое. Практически для всех образцов оксигидрата циркония после исследования электропроводности, а, следовательно, подвергшихся воздействию разности потенциалов, энергозатраты на дегидратацию выше, чем для тех же самых образцов, не подвергшихся воздействию, а количество отщепленной воды ниже. Это свидетельствует о том, что в результате формирования спиралеобразных фрагментов, а также периодических процессов поляризации ДЭС этих фрагментов и ее разрушения происходит увеличение степени полимеризации оксигидрата циркония. Для образцов оксигидрата циркония после воздействия напряжения энтальпии кристаллизации выше, чем до воздействия, что также свидетельствует о повышении упорядоченности оксигидратной фазы.

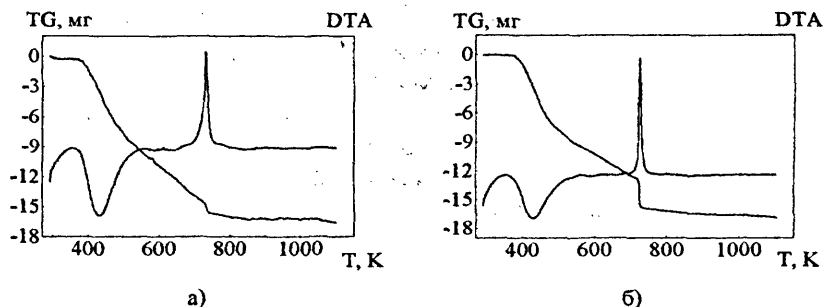


Рисунок 3 – Кривые ДТА образцов оксигидрата циркония:

а – до исследования электропроводности, б– после исследования электропроводности

Четвёртая глава посвящена анализу возникновения электрического тока в оксигидратных системах циркония.

В результате дрейфа частиц оксигидрата и заряженных частиц среды между электродами возникает разность потенциалов. Поток ионов будет сопровождаться специфической адсорбцией в ДЭС оксигидратных фрагментов, что повлечет за собой поляризацию двойного электрического слоя. Данная поляризация ДЭС в результате периодических конформационных перестроек, протекающих в оксигидратах циркония, может разрушаться с выбросом ионов.

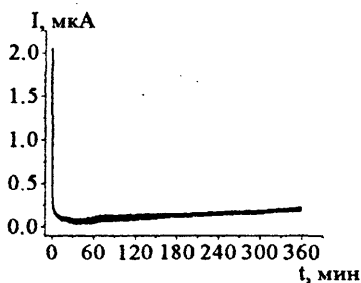
Получены различные типы кинетических кривых возникновения тока самоорганизации в оксигидратах циркония (рисунок 4):

I тип – изменение тока носит гиперболический характер (рисунок 4, а), связанный с формированием оксигидратных закруток и адсорбцией ионов среды в ДЭС образующихся фрагментах (полимеризационное спиралеобразование). Малые колебания тока отражают конформационные перестройки полимерных частиц.

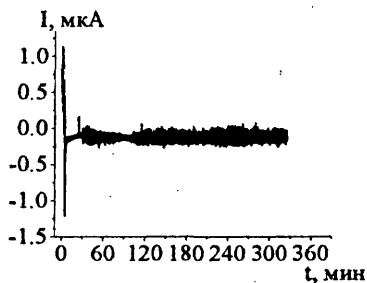
II тип – для кинетических кривых (рисунок 4, б) характерно в самом начале резкое уменьшение величины тока, а затем такой же резкий рост. В данном случае протекает мгновенная полимеризация оксигидратных фрагментов, дальнейшая специфическая адсорбция ионов и перезарядка потенциалопределяющих участков фрагментов.

III тип – изменение тока носит гиперболический характер, и на кривых наблюдаются один, реже два или три выплеска тока с амплитудой в 3–10 раз превышающей первоначальные колебания (рисунок 4, в). Данные выплески связаны с конформационной перестройкой крупных оксигидратных фрагментов в условиях поляризации их двойного электрического слоя.

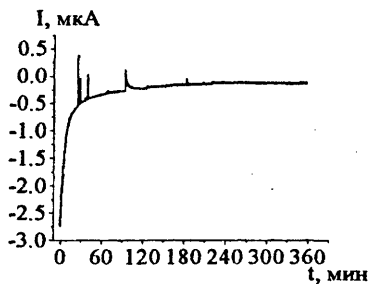
IV тип – на кинетических кривых преобладают скачкообразные изменения тока (на расширенных максимумах и минимумах наблюдаются узкие пикообразные выбросы), выплеск ионов идет на фоне электролитического движения крупных оксигидратных фрагментов (рисунок 4, г).



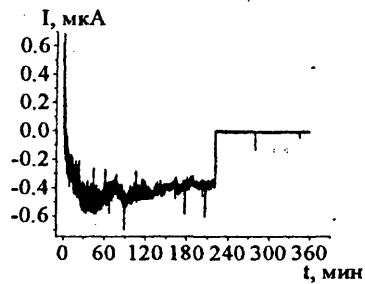
а)



б)



в)



г)

Рисунок 4 – Кинетические кривые тока самоорганизации:

а – I тип; б – II тип; в – III тип; г – IV тип

Сопоставление полученных типов кривых тока и температур, при которых проводились исследования, позволяет сделать следующие выводы:

1. Процессы только одного типа (первого) характерны для оксигидратных систем, синтезированных при температуре 282 К. При температуре 282 К доминируют процессы полимеризационного спиралеобразования и конформационных перестроек образовавшихся закруток.

2. При температуре 283 К для $\text{pH}=7,00$ также преобладают данные процессы и дополнительно накладываются конформационные перестройки фрагментов (III тип). С увеличением pH в системе больше свободных OH -групп, что приводит к процессам перезарядки ДЭС (II тип) и электролитическому движению крупных фрагментов (IV тип).

3. В оксигидратных системах, полученных при температуре 284 К для межэлектродного расстояния 5 см преобладают процессы III типа, но при увеличении расстояния наблюдается переход от процессов электролитического перемещения частиц (IV тип) (данный процесс инициируется большим пространством) к процессам перезарядки двойного электрического слоя фрагментов (II тип).

4. Для систем оксигидратов циркония (межэлектродное расстояние 7 см), синтезированных при температуре 285 К, чаще протекают процессы электролитического перемещения (IV тип), а при уменьшении свободного объема система возвращается к процессам I типа, и иногда проявляется III тип.

5. Процессы, протекающие в оксигидратах циркония, полученных при температуре 286 К, не проявляют четкой корреляции с другими условиями эксперимента.

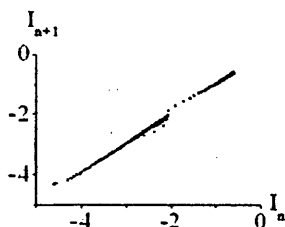
6. Так как доминирующие процессы структурирования, протекающие в оксигидратах циркония, синтезированных при температуре 282 К, сменяются разнообразием процессов, протекающих при температуре 283 К и выше, то, по-видимому, при температуре 283 К происходит переход термотропных мезофаз оксигидратных систем циркония.

Наблюдаемая экспериментальная зависимость тока является одномерной проекцией фазовой траектории, порождаемой оксигидратной системой. Подобные траектории можно исследовать путем построения отображений первого возвращения, представляющих собой зависимость между координатами текущей и последующей точек ($I(t)$ и $I(t+\tau)$) [5].

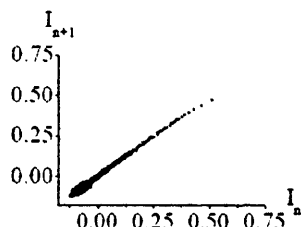
Формы отображений первого возвращения подразделяются на три вида: 1) упорядоченное множество точек, которые или просто распределены вдоль некоторого отрезка прямой, или в конце движения по траектории образуют некоторое скопление (рисунок 5); 2) притягивающиеся множество точек на плоскости (рисунок 6); 3) множество точек, которые распределены вдоль некоторой прямой и формируют участки плотного скопления и с большим разбросом точек (рисунок 7).

С увеличением pH для гелей оксигидратов при температуре 282 К наблюдается переход от отображений II вида (рисунок 6, а), к отображениям I вида (рисунок 5, б). Вероятно, при значении pH 7,00 полимеризационные процессы протекают быстрее и образуются более упорядоченные и жестче связанные спиралеобразные закрутки, поэтому на отображениях II вида отражаются лишь

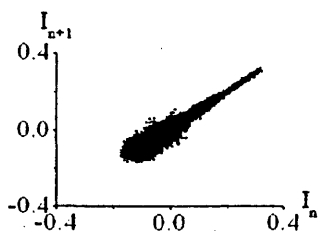
небольшие изменения значений тока, инициируемые конформационными перестройками фрагментов. При росте pH количество ионов среды, которые связываются в ДЭС образующихся закруток, больше, поэтому процессы полимеризации идут дольше, что наблюдается как переход по прямой к области скопления точек.



а)

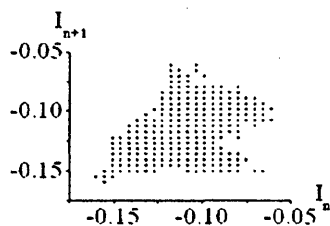


б)

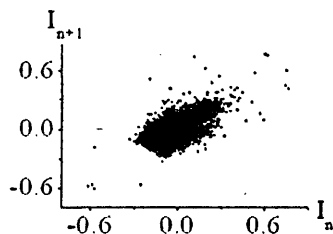


в)

Рисунок 5 – Отображения первого возвращения I вид



а)



б)

Рисунок 6 – Отображения первого возвращения II вид

Отображения первого возвращения для оксигидратов, синтезированных при 283 К и 284 К, также представляют собой отображения I вида (рисунок 5, в),

которые являются следствием процессов полимеризации и электролитического движения фрагментов, и II вида (рисунок 6, б), формирующиеся из конформационных перестроек крупных оксигидратных частиц. Хаотичность протекаемых процессов возрастает, что приводит к увеличению объема притягивающего множества отображений.

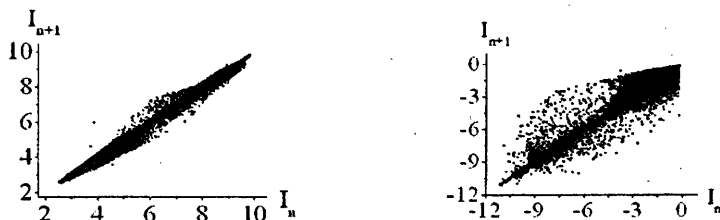


Рисунок 7 – Отображения первого возвращения III вид

Отображения II вида преобладают для оксигидратов циркония, синтезированных при 285 К и межэлектродном расстоянии 5 см, увеличение расстояние приводит к появлению отображений III вида (рисунок 7), которые отражают процессы перезарядки ДЭС и электролитического движения частиц. Для оксигидратов циркония, полученных при 286 К, характерны отображения I вида, имеющие очень узкую область притяжения точек (рисунок 5, а).

Возрастание хаотичности и объема притягивающих множеств отображений первого возвращения при переходе от температуры 282 К к 283 К позволяет считать, что происходит термотропный переход из одной мезофазы ОГЦ в другую.

При термоллизе оксигидратов циркония в интервале температур 373–433 К происходят эндотермические процессы (дегидратация). Экзотермические процессы (эффект раскаливания) протекает в следующих интервалах температур: 543–563, 643–683, 693–753 К. Эти процессы соответствуют переходу образца из аморфного состояния в кристаллическое.

Для кривых ДТА образцов, синтезированных при температуре 282 К, характерны эндотермический пик в интервале температур 373–433 К и один экзотермический эффект в температурном интервале 693–753 К. Энергозатраты на дегидратацию и энтальпия эффекта раскаливания после возникновения в оксигидратах тока увеличиваются.

Для образцов, синтезированных при температурах 283–286 К, характерны

экзотермические пики, лежащие в температурных интервалах 543–563, 643–683, 693–753 К.

Энергозатраты на дегидратацию и энтальпия эффекта раскалывания после возникновения в оксигидратах тока увеличиваются для всех образцов оксигидратов циркония, синтезированных при температурах 284–286 К. Для оксигидратов, полученных при температуре 283 К, характерно возрастание энергозатрат на дегидратацию и уменьшение энтальпии эффекта раскалывания после возникновения в оксигидратах тока.

Появление на кривых ДТА дополнительных экзоэффектов при переходе через температуру синтеза 283 К, а также уменьшение энтальпии кристаллизации образцов при температуре 283 К и увеличение при температурах 284–286 К после возникновения тока подтверждает переход оксигидрата циркония из одной мезофазы в другую.

В пятой главе показана возможность использования электрического тока, возникающего в системах циркония при замыкании электродов через резистор (100 кОм), для обеззараживания водных растворов.

Воздействие тока, возникающего в оксигидратных системах циркония, на бактерии приводит к их гибели.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Исследовано изменение электропроводности оксигидратов циркония. При подключении разности потенциалов инициируется ионный поток, и ионы среды связываются полимерной оксигидратной структурой, что способствует уменьшению электропроводности и увеличению упорядоченности оксигидратной системы. Анализ результатов термогравиметрических исследований образцов подтверждает, что происходит увеличение степени упорядоченности оксигидратов после исследования электропроводности.

2. Рассмотрено возникновение окрашенности образцов оксигидратных систем циркония после исследования электропроводности. Появление цветности может быть обусловлено как d-d переходами, так и дифракционным рассеиванием света на спиралеобразных фрагментах.

3. Обнаружено явление возникновения электрического тока в оксигидратах циркония. Рассмотрены различные типы кривых тока, отражающие процессы, протекающие в оксигидратной системе циркония.

4. На основе анализа кривых тока и результатов их математической обработки, а также термогравиметрических исследований выявлены температуры термотропного перехода мезофаз оксигидратов циркония.

5. Ток, возникающий в оксигидратных системах циркония, обладает антимикробным действием и может применяться для обеззараживания в технологиях очистки природных и сточных вод.

Список цитируемой литературы:

1. Сухарев Ю.И., Марков Б.А. Нелинейность гелевых оксигидратных систем. – Екатеринбург.: УрО РАН, 2005. – 468 с.

2. Анипенко В.С. Знакомство с нелинейной динамикой: Лекции соровского профессора: Учебн. пособие. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 144 с.

3. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности: Пер. с франц. – М.: Мир, 1991. – 368 с.

4. Сухарев Ю.И. Синтез и применение специфических оксигидратных сорбентов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 120 с.

5. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Современные проблемы нелинейной динамики. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 360 с.

Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях:

1. Кострюкова А.М. Электропроводность гелевых систем оксигидратов иттрия и циркония / Сухарев Ю.И., Сухарева И.Ю., Кострюкова А.М., Рябухин А.Г. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2003. – № 4. – С.116–120.

2. Кострюкова А.М. Электрофоретические исследования периодических сорбционных характеристик оксигидрата иттрия и циркония / Сухарев Ю.И., Сухарева И.Ю., Кострюкова А.М., Рябухин А.Г. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2003. – № 4. – С. 121–124.

3. Кострюкова А.М. Теоретическое рассмотрение электрофоретических периодических характеристик гелей оксигидрата циркония / Сухарев Ю.И., Сухарева И.Ю., Кострюкова А.М., Марков Б. А. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2003. – № 4. – С. 125–129.

4. Кострюкова А.М. Особенности электропроводности оксигидратных систем иттрия и циркония и гелей кремневой кислоты / Сухарев Ю.И., Сухарева И.Ю., Рябухин А.Г., Кострюкова А.М., Зиганшина К.Р., Захаров В.А. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2004. – № 2. – С.130–135.

5. Кострюкова А.М. Электропроводность самоорганизации оксигидратных гелей / Сухарев Ю.И., Сухарева И.Ю., Кострюкова А.М. // Вестник Уральского государственного технического университета – УПИ, 2004. – № 17 (47). – С. 202–207.

6. Кострюкова А.М. Экспериментальные фазовые диаграммы токовых характеристик гелевых систем оксигидрата циркония / Сухарев Ю.И., Кострюкова А.М., Марков Б.А. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2005. – № 2. – С.58–62.

7. Кострюкова А.М. Отражение процессов самоорганизации гелевых систем оксигидрата циркония в фазовых диаграммах изменения электротока / Сухарев Ю.И., Кострюкова А.М. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2005. – № 2 – С.63–66.

8. Кострюкова А.М. Вариации тока самоорганизации гелевых оксигидратных систем циркония как отражение температуры / Сухарев Ю.И., Кострюкова А.М. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2005. – № 3. – С.45–48.

9. Кострюкова А.М. Отображения первого и второго возвращения тока самоорганизации как возможность обнаружения температуры термотропного перехода / Сухарев Ю.И., Кострюкова А.М. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2005. – № 3. – С.49–53.

10. Кострюкова А.М. Ток самоорганизации гелевых оксигидратных систем циркония и иттрия / Кострюкова А.М., Сухарева И.Ю., Прохорова А.Ю. // Новые химические технологии: Производство и применение. Сборник статей 17 Всероссийской научно-практической конференции – Пенза, 2005 – С.50 – 52.

11. Кострюкова А.М. Экспериментальные отображения первого и второго возвращения токовых характеристик гелевых систем оксигидратов циркония / Сухарев Ю.И., Кострюкова А.М. // Вестник Уральского государственного технического университета – УПИ, 2005. – № 15 (67). – С. 23-28.

12. Кострюкова А.М. Самоорганизация гелевых оксигидратных систем циркония, представленная в отображениях первого и второго возвращения /

Сухарев Ю.И., Кострюкова А.М. // Вестник ЮУрГУ, серия «Математика, физика, химия» – Челябинск, 2005. – Вып. 6. – С. 167-173.

13. Кострюкова А.М. Жесткая турбулентность в гелевых оксигидратных системах циркония / Сухарев Ю.И., Кострюкова А.М. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2006. – № 1. – С.71–74.

14. Кострюкова А.М. Гомоклинические точки на отображениях второго возвращения гелевых оксигидратных систем циркония / Сухарев Ю.И., Кострюкова А.М. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2006. – № 1. – С.75–79.

15. Кострюкова А.М. О связи некоторых параметров самоорганизации оксигидратных гелей и их экспериментальном определении / Сухарев Ю.И., Марков Б.А., Прохорова А.Ю., Кострюкова А.М. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2006. – № 1. – С.85–89.

16. Кострюкова А.М. Эффекты жесткой турбулентности в гелевых оксигидратных системах циркония / Сухарев Ю.И., Кострюкова А.М. // Сорбционные и хроматографические процессы, 2006. – Т. 6. – Вып. 6. – С. 950–953.

Кострюкова Анастасия Михайловна

САМООРГАНИЗАЦИЯ В ОКСИГИДРАТНЫХ СИСТЕМАХ ЦИРКОНИЯ

Специальность 02.00.21 – «Химия твердого тела»

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата химических наук

Подписано в печать 20.11.06
Формат 60 x 90/16. Объем 1,0 уч.-изд. л.
Тираж 100 экз. Заказ № 718
Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе
в типографии ГОУ ВПО ЧГПУ.
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69.

