

На правах рукописи



Лебедева Ирина Юрьевна

**ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ САМОПРОИЗВОЛЬНЫХ ТОКОВ НА
СВОЙСТВА ОКСИГИДРАТА ИТТРИЯ**

Специальность 02.00.21 – «Химия твёрдого тела»

**Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата химических наук**

Челябинск

2006

Работа выполнена на кафедре "Общей и инженерной экологии"
Южно-Уральского государственного университета

Научный руководитель	доктор химических наук, профессор Рябухин Александр Григорьевич
Официальные оппоненты:	член-корр. РАН, доктор химических наук, профессор Бамбуров Виталий Григорьевич
	кандидат химических наук, доцент Денисов Евгений Иванович
Ведущая организация	ГОУ ВПО «Челябинский государственный университет»

Защита состоится 25 декабря, в 16-00 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



Сви́рская Л.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Оксигидраты тяжелых металлов являются перспективными сорбционными материалами для очистки технологических растворов различных производств. Они обладают высокими сорбционными характеристиками, сравнительно дешевы и радиационно устойчивы, особенно в сравнении со своими аналогами – органическими ионообменными смолами. Исследования полимерной организации оксигидратов иттрия при различных внешних и внутренних воздействиях способны дать ценную информацию о характере существования этих веществ, а также их синтезе.

Известно, что оксигидраты тяжелых металлов являются системами эволюционирующими, в которых постоянно происходит реструктуризация, вызванная изменениями макромолекул системы. Таким образом, весьма актуален вопрос изменения оксигидрата иттрия во времени.

Особое значение приобретают вопросы исследования эффективной электрической проводимости образцов, сопровождаемой ее периодическими резкими возрастаниями (всплесками) во времени. Практический и теоретический интерес представляет самоорганизация оксигидрата иттрия, проявляющаяся в самопроизвольном возникновении тока в оксигидратных системах.

Целью работы является исследование периодической организации оксигидрата иттрия при самопроизвольном возникновении электрического тока.

Изучение характера кривых тока при воздействии магнитных полей на гели.

В соответствии с целью были поставлены следующие основные задачи исследования:

1. Изучить самоорганизацию оксигидрата иттрия при возникновении электрического тока в гелевых системах.
2. Рассчитать отображения первого и второго возвращения амплитуд токовых выделков.
3. Исследовать влияние пульсационного тока в магнитном поле на оптические характеристики оксигидрата иттрия.

Научная новизна. В диссертационной работе впервые:

1. Обнаружен пульсационный характер токовых выделков образцов оксигидрата иттрия и влияние на этот эффект магнитного поля.
2. Исследована эффективная электропроводность образцов оксигидрата ит-

трия во времени при фиксированной разности потенциалов (1.5 В).

3. Экспериментально исследованы отображения первого и второго возвращения самопроизвольных токовых выделов оксигидрата иттрия при различных рН, которые являются следствием взаимодействия макромолекул и перестроек их поляризованных ДЭС (двойной электрический слой). Проведен сравнительный анализ данных экспериментов с отображениями токовых выделов оксигидрата циркония.

Практическая ценность:

Разработан и применен в практических целях метод изучения оксигидратных систем (оксигидрата иттрия), основанный на явлении синхронизации стохастического шума оксигидратов, то есть действии сил вязкого трения между макромолекулами и их ДЭС с последующей перестройкой конформеров, формированием импульсных ионных потоков и их регистрации в виде токовых выделов. При этом расчетные фазовые диаграммы являются отражением реального структурирования, например, оксигидрата иттрия.

На защиту выносятся следующие основные положения диссертационной работы:

- Результаты исследования эффективной электропроводности гелей оксигидрата иттрия.
- Самоорганизационное формирование гелевой мембраны оксигидрата иттрия в условиях самопроизвольного пульсационного электротока.
- Сравнительный анализ фазовых портретов оксигидратов иттрия с оксигидратами циркония.
- Результаты исследования оптических свойств оксигидрата иттрия.

Апробация работы. Основные результаты 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 2005г. г. Екатеринбург, УГТУ-УПИ.

-На 17ой Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2005г.

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 16 статьях.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, выводов и приложения. Работа содержит 158 страницы машинописного текста, включая 32 страницы приложения, 78 рисунков, 1 таблица, список цитируемой литературы из 97 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе работы проведен анализ литературных сведений относительно свойств и строения оксигидрата иттрия, их способности к структурированию. Показано, что для оксигидратных гелей тяжелых металлов характерен автоволновой механизм формирования периодических структур. Рассмотрены строение, классификация и основные физико-химические свойства жидкокристаллических материалов. Дано теоретическое объяснение влияния электрического и магнитного полей на жидкие кристаллы.

Для объяснения явления самоорганизации гелей оксигидрата иттрия в первой главе представлены основные положения теории хаоса и некоторые аспекты применения её к оксигидратным гелям. Дано описание фазовых портретов. Важными с физической точки зрения являются притягивающие предельные множества – аттракторы. В главе представлена их классификация. Наиболее подробно описаны регулярные и странные аттракторы. На основании анализа литературных данных сформулированы цели и задачи исследования.

Во второй главе приведены новые методы и методики экспериментальных исследований.

Синтез свежеприготовленных гелей оксигидрата иттрия заключался в следующем: в мерный стакан емкостью 50мл. добавляли 10мл. $Y(NO_3)_3$ (0,027М), затем вводили 20 мл. дистиллированной воды. При постоянном перемешивании с постоянной скоростью добавляли раствор щелочи NaOH (1М). В процессе синтеза контролировали pH раствора и доводили его до заданного значения. Измерения проводили при pH=7.0, pH=8.0 и pH=9.7

При исследовании электропроводимости образец помещали в полую удлиненную электролитическую ячейку с платиновыми электродами круглой формы на концах. Контакты электродов подключали к измерительному блоку с постоянным выходным напряжением, равным 1,5 В. Расстояние между электродами варьировалось и составляло 5,0 см и 7,0 см. Измерения проводили в течение трех часов. Получаемые экспериментальные значения тока переводили в единицы удельной эффективной электропроводности.

При исследовании самопроизвольно возникающего тока в образцах оксигидрата иттрия расстояние между электродами варьировали от 5,0 до 7,0 см. Продолжительность эксперимента составляла 6 часов. Входное сопротивление усили-

теля тока было незначительным, близким к нулю. Прибором замерялся электроток, возникающий в электролитической ячейке. Ошибка измерения составляла не более ± 5 нА. Установка надежно изолировалась от внешних электромагнитных наводок.

В электролитической ячейке возникновение внутреннего стохастического шума вследствие действия сил вязкостного трения макромолекул оксигидрата иттрия регистрировали по возникновению импульсного микроэлектротока [1].

Магнитное поле создавали полыми постоянными магнитами круглой формы. Напряженность магнитного поля по длине ячейки в экспериментах составляла соответственно 600Э, 900Э и 980Э.

Оптическую плотность измеряли на фотоколориметре КФК-3, предварительно выдерживая кювету с образцами оксигидрата иттрия в магнитном поле определенное время. Время эксперимента по исследованию тока самоорганизации принимали равной 6 часам. В качестве раствор сравнения использовали дистиллированную воду. Спектр образцов снимали в диапазоне 305–500нм с шагом 5нм.

В третьей главе были исследованы электрофоретические свойства гелей оксигидрата иттрия, и получены кинетические кривые изменения удельной электропроводности.

Характерный вид изменения эффективной электропроводности представлен на рис. 1.

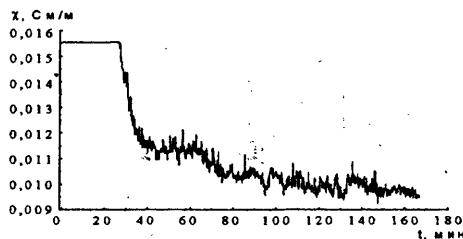


Рисунок 1 – Изменение эффективной электропроводности оксигидрата иттрия. Образец синтезирован при: рН 8,00; количество иттрия $n=0,00215$ моль; межэлектродное расстояние $L = 6,9$ см

В пространстве электродной ячейки протекают тонкие процессы структурирования геля, а именно процессы их самопроизвольной полимеризации и деструкции, приводящие либо к увеличению длины спиралеобразных фрагментов, либо к их уменьшению. Одновременно под действием разности потенциалов возникает диффузия ионов дисперсионной среды через спиралеобразные фрагменты оксигидратов и скольжение жидкости в диффузном слое, прилегающем к двойному

электрическому слою (ДЭС) фрагментов. Это скольжение приводит в движение всю жидкость, заполняющую пористое пространство.

Данный эффект называется капиллярным электроосмосом [2]. При этом возникают поляризованные ДЭС на всех разноразмерных фрагментах. Поляризация связана с отклонением ДЭС от равновесного значения. Возникают множественные индуцированные дипольные моменты (ИДМ). Под влиянием возникшего ИДМ фрагменты геля поворачиваются перпендикулярно полю, но при этом структура поляризационных полей ДЭС мгновенно разрушается вследствие прекращения движения ионов (распад адсорбционных комплексов), и диполи молекулярных фрагментов занимает прежнее положение, а на их месте возникают новые ИДМ (соответствующие новым конформерным структурам). При разрушении этих комплексов высвобождаются катионы и анионы, ранее связанные в индуцированном дипольном адсорбционном комплексе. Возникающие ионные потоки регистрируются прибором в виде всплесков электрического тока.

Амплитуды и частота выбросов тока отражают внутреннюю организацию геля и его самоорганизацию во времени. Именно подобное описанное явление, зафиксированное на рис 2, связано с пульсационным периодическим характером капиллярного электроосмоса в оксигидратах иттрия в постоянном электрическом поле.

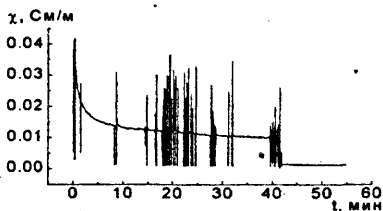


Рисунок 2 — Изменение эффективной электропроводности образца оксигидрата иттрия. Образец синтезирован при: рН синтеза 7,00, количество ионов иттрия в системе 0,0011 моль, межэлектродное расстояние 7,0 см

В четвёртой главе рассмотрена математическая модель некоего сорбционно активного центра (оксигидрата иттрия), взаимодействующего с гелевой частицей, попавшей в орбиту его сил притяжения и отталкивания, и ее следствия: имеется потенциалопределяющий центр в оксигидрате, описываемый потенциалом Леннарда-Джонса.

В поле сил притяжения данного центра попадает гелевая частица, которая начинает совершать хаотические винтообразные движения, — она притягивается,

например, уменьшая расстояния между частицей и силовым центром. Затем с течением времени, частица удаляется от центра на достаточно большие расстояния. При этом она может попадать во второй потенциальный минимум, в котором она меняет свое конформационное окружение, то есть структурируется.

При этом движении частица подвергается адсорбционным атакам со стороны ионов дисперсионной среды (адсорбция ионов), что вполне объяснимо, так как размеры этих гидратированных ионов много меньше расстояния удаления частицы от потенциального центра. При этом убегающая частица с адсорбированными ионами приобретает некий электростатический потенциал.

Частица, адсорбирующая ионы электролита, движется в том же потенциале Леннард-Джонса. Её электростатический заряд возрастает со временем, но не достаточно, чтобы она оторвалась и ушла в бесконечность. До момента адсорбции ионов электролита, то есть для системы с практически одинаковыми энергетическими параметрами, этой системе присуща постоянная характеристическая частота колебаний.

Движение частицы в потенциале Леннард-Джонса может резко измениться со временем, когда частица приобретает большой электростатический потенциал. Она может оторваться от тяготеющего центра, при этом частота пульсаций уменьшается многократно, в пределе до бесконечности (рис. 3).

Этот случай и соответствует явлению “выдавливания” ионов (выплеска ионов) из спиралезобразных гелевых макромолекул и последующей перестройки фазы оксигидрата иттрия.

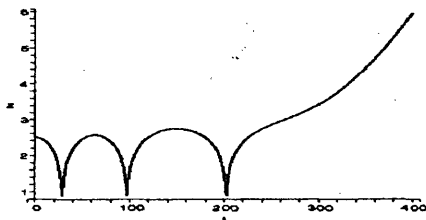


Рисунок 3 – Движение частицы, насыщенной электростатически, в потенциале Леннард-Джонса

Пятая глава посвящена исследованию явления самопроизвольного выплеска ионов. Рассмотрена физическая модель гелевого состояния.

Типичный характер кинетической кривой самопроизвольного возникновения тока представлен на рис.4.

Рассмотрим математическую модель дрейфа капиллярно вырезанного в виде очень тонкой сплошной трубки оксигидрата иттрия (в концы трубки вставлены платиновые электроды, замеряющими электроток) и представляющего собой длинный диполь, во внешнем поле гелевой структуры. Движение этого оксигидратного капилляра происходит следующим образом: диполь какое-то время дрейфует по полю, пока в нем не «рассосётся» накопившийся заряд диффузной части ДЭС (или поляризованной его части). После этого начинается обратное движение или поворот капилляра, если не произойдет полимерного связывания оксигидратного диполя с полимерной средой. То есть можно говорить о некотором периодическом электрофорезе, то есть периодическом ионном потоке.

Конформерные перестройки макромолекул в этой структуре и последующая перестройка поляризованных ДЭС этих макромолекул при их касании служат толчком для высвобождения (или связывания) ионных потоков в геле, что создаст на платиновых электродах разность потенциалов. При этом возникает электрический ток [3].

В гелевых образцах оксигидрата иттрия наблюдается сложная система конформерного движения самих макромолекулярных образований и ионного движения внутри них. Помимо конформерного движения существует еще и поступательное движение гелевых макромолекул, при этом представляется вполне реальным появление разности потенциалов на платиновых электродах и регистрация микротоков в системе. Эти микротоки регистрируются экспериментально.

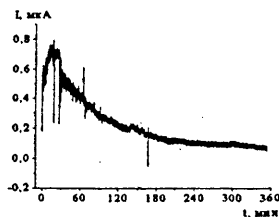
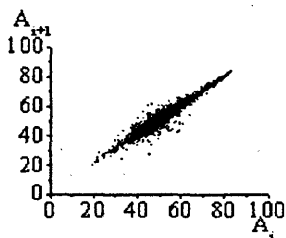


Рисунок 4 – Характерная кинетическая кривая пульсационного тока гелевой системы оксигидрата иттрия. Образец синтезирован при: $pH=9,00$; $n=0,00135$ моль;
 $L=5$ см

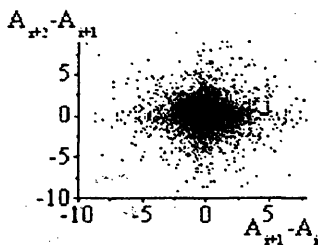
По экспериментальным зависимостям тока самоорганизации от времени можно построить фазовые портреты отображений выплеска тока первого и второго возвращения. Фазовые портреты данных систем оксигидрата иттрия позволяют составить достаточно полное представление о виде траекторий токовых выплесков и

о типах движения в системе.

В шестой главе дан сравнительный анализ особенностей характера фазовых диаграмм оксигидрата иттрия. Таким объектом для сравнения можно взять наиболее исследованный оксигидрат циркония.



а)

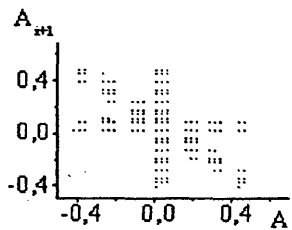


б)

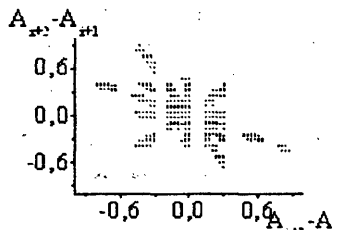
Рисунок 5 – Фазовый портрет оксигидрата циркония:

а) первое возвращение; б) второе возвращение

Образец синтезирован при $pH = 9,25$, $n = 0,0094$ моль, $L = 7$ см; $H = 0$ Э



а)



б)

Рисунок 6 – Фазовый портрет оксигидрата циркония:

а) первое возвращение; б) второе возвращение

Образец синтезирован при $pH = 9,25$, $n = 0,0094$ моль, $L = 7$ см; $H = 0$ Э

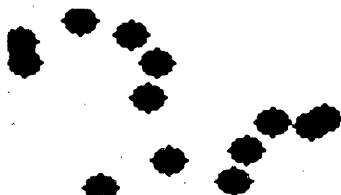


Рисунок 7 – Геометрия точечных множеств токовых выплесков

На рис. 5, 6 показаны выборочно экспериментально полученные фазовые портреты отображений токовых выплесков первого и второго возвращения образцов оксигидрата циркония, при этом графики построены следующим образом: по оси $y - A_{i+1}$, мкА; по оси $x - A_i$, мкА (первое возвращение); по оси $x - (A_{i+1} - A_i)$, мкА, по оси $y - (A_{i+2} - A_{i+1})$, мкА (второе возвращение).

На рисунках изображены либо некие точки, либо прямые линии или поверхности. В течение часа измерительная система регистрирует 16000 точек. То есть точки формируют некоторые связанные многообразия (тысячи точек), которые в пространстве выглядят так, как это представлено на рис. 7. Создание соответствующих программ и проведенные расчеты позволили подтвердить это. Приведенные геометрические формы получены компьютерным увеличением точек путем соответствующего масштабирования системы.

Представленные геометрические конструкции напоминают предельное L множество, которое является совокупностью окружностей [4]. Эти множества похожи на дракон Сан-Марко – самоквадрируемое множество, основанное на двух инверсиях отображения $x \rightarrow 3x(1-x)$. То есть данное множество образуется в результате инверсных отображений токовых выплесков гелевой системы практически в одну точку, точнее в узкую область пространства.

Как видно из приведенных экспериментальных рисунков фазовых диаграмм сепаратрисы орбитального ионно-молекулярного движения часто разрушены (рис.5, 6), а на их месте образованы стохастические слои. Вероятно внутри этого главного стохастического слоя (рис.5, 6) и, особенно по краям его, располагается семейство вложенных друг в друга инвариантных орбитальных кривых. Объединение стохастических слоев в фазовом пространстве может образовать единую сеть, так называемую стохастическую паутину оксигидратной системы.

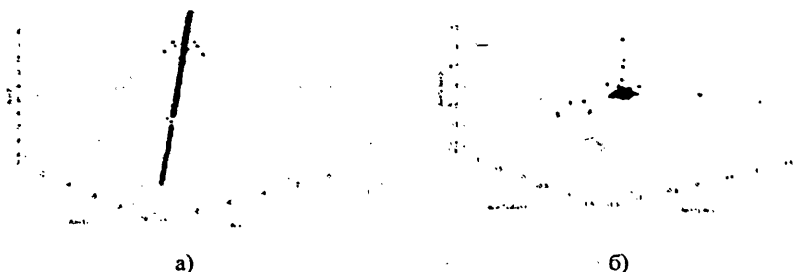


Рисунок 8 – Фазовый портрет оксигидрата иттрия.

а) первое возвращение; б) второе возвращение

Образец синтезирован при: $pH = 8,00$, $n = 0,00135$ моль, $L = 5$ см; $H = 0$ Э

Конечно, фазовые портреты оксигидрата иттрия должны быть близки фазовых портретов оксигидрата циркония. Анализ фазовых диаграмм оксигидратов иттрия (рис.8, 9) показывает, что отображения первого возвращения демонстрируют также линейные зависимости в координатах $A_{i+1} = A_i$. Причем эти прямые окружены стохастическими слоями нелинейного резонанса. Это справедливо для образцов, полученных без воздействия магнитного поля.

На отображениях второго возвращения (рис. 8б) наблюдается начальная фаза формирования разреженной паутины. Такой характер фазовых портретов типичен для оксигидрата иттрия, синтезированного при pH 8.0. Для образцов, синтезированных при pH 9.0 и 9.7, характер портретов первого и второго возвращений приобретают иной вид. Анализируя эти фазовые портреты, можно заключить, что с увеличением pH синтеза возрастает область стохастичности вокруг некоторых стержневых образований, переходящая в сплошное стохастическое море, неструктурированный стохастический шум, вызванный вязким трением макромолекул, (рис. 9а; 9б).

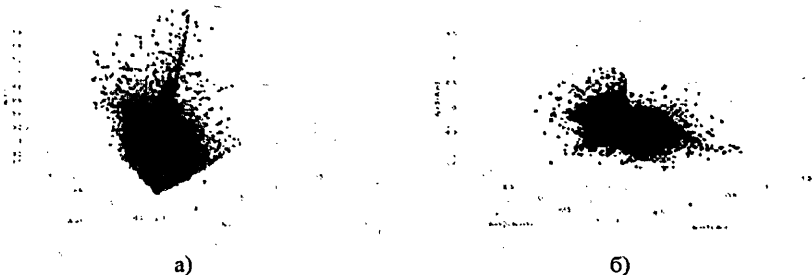


Рисунок 9 – Фазовый портрет оксигидрата иттрия.

а) первое возвращение; б) второе возвращение

Образец синтезирован при: $pH = 9,70$, $n = 0,00135$ моль, $L = 5$ см; $H = 900$ Э

Было установлено [5, 6], что источники шума в нелинейных динамических системах могут индуцировать принципиально новые режимы функционирования оксигидратных систем, например, не реализуемые в отсутствие шума, например, индуцированные шумом незатухающие колебания. Это - индуцированные шумом переходы. В нелинейных системах воздействие его может дать новые более упорядоченные режимы, приводить к образованию более регулярных временных и пространственных структур. Это и есть проявление стохастического резонанса.

Для систем оксигидрата иттрия наблюдается подобная структурная синхронизация, то есть усиление жидкокристалличности оксигидрата иттрия, особенно для случая воздействия на систему слабых магнитных полей или без поля. Проявление жидкокристаллических свойств, вероятно, есть первая стадия формирования квазикристаллического состояния вещества.

В большом магните на фазовых портретах второго возвращении также наблюдается структурная синхронизация оксигидрата иттрия при pH 8.0. При больших магнитных полях и больших значениях pH стохастическое море начинает вырождаться в слабосвязанную паутину.

В седьмой главе рассмотрено воздействие пульсационного тока в магнитном поле на оптические характеристики оксигидрата иттрия.

Были получены и проанализированы кинетические спектральные кривые оксигидрата иттрия. На полученных спектрах поглощения (рис. 10) для оксигидратов иттрия до и после воздействия магнитных полей $H-900Э$, $600Э$ и $980Э$ наблюдаются периодические колебания оптической плотности.

Изменения амплитуды колебаний оптической плотности, показанные на кинетических кривых (рис. 10), свидетельствуют, что процесс формообразования имеет периодический незатухающий характер [4].

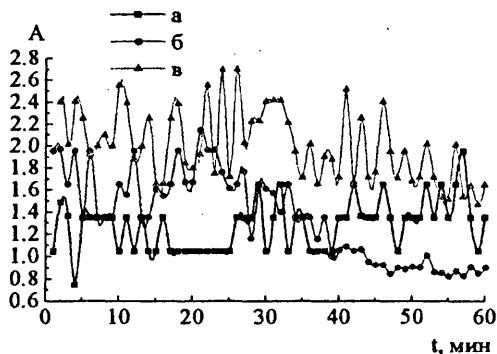


Рисунок 10 – Кинетика колебаний оптической плотности оксигидрата иттрия а – свежеприготовленный гель, б – гель, подвергнутый воздействию пульсационного тока в магнитном поле, напряженностью 900 Э; в– гель, подвергнутый воздействию магнитного поля, напряженностью 980 Э.

ОБЩИЕ ВЫВООДЫ

1. Разработан и применен в практических целях метод изучения оксигидратных систем (оксигидрата иттрия), основанный на явлении синхронизации стохастического шума оксигидратов, то есть действию сил вязкого трения между макромолекулами и их ДЭС с последующей перестройкой конформеров, формированием импульсных ионных потоков и их регистрации в виде токовых выделков. При этом расчетные фазовые диаграммы являются отражением реального структурирования, например, оксигидрата иттрия.

2. Показано методами математического моделирования пульсационное сближение и расхождение частиц, формирующих гелевое состояние, во времени в поле сил Ван-дер-Вальса. Именно это обстоятельство является основной причиной периодического “выделка” ионов гелевой фазой в дисперсионную среду.

Движение частицы в потенциале Леннард-Джонса может резко измениться со временем, если частица приобретает большой электростатический потенциал. Она может “убежать” в бесконечность, оторвавшись от тяготеющего центра, при этом частота пульсаций многократно падает, в пределе до бесконечности.

3. Экспериментально получены асимптотические кинетические кривые гиперболического типа изменения эффективной удельной электропроводимости во времени. Предложено математическое выражение для описания кинетических кривых. Установлены три морфологических типа кривых изменения удельной электропроводимости во времени.

Теоретически объяснены пикообразные скачки тока на кинетических кривых электропроводимости оксигидратов иттрия на основе представлений о явлениях капиллярного электроосмоса дисперсионной среды и поляризации двойного электрического слоя.

4. В реальных образцах оксигидрата иттрия наблюдается еще более сложная система ионно-конформерного движения самих макромолекулярных образований и ионного-молекулярного движения внутри них. Так как помимо конформерного движения существует еще и поступательное движение гелевых макромолекул, представляется вполне реальным создание разности потенциалов на платиновых электродах и регистрация микротоков в системе. Эти микротоки регистрируются экспериментально, так как при синхронизации они возрастают. Подобные динамические системы со временем эволюционируют.

5. По экспериментальным зависимостям тока самоорганизации от времени построены фазовые портреты отображения выплеска тока первого и второго возвращения оксигидрата иттрия. Показаны различные типы отображений в условиях без магнитного воздействия, а также при воздействии на гель магнитными полями напряженностью 900 Э и 600Э. Аттракторы оксигидрата иттрия (радиусы орбит) сильно увеличиваются в размерах под влиянием магнитного поля ($H_A = 900$ Э) и претерпевают сильное перемешивание.

6. В образцах оксигидрата иттрия наблюдается структурная синхронизация, то есть усиление жидкокристалличности гелевого оксигидрата иттрия, особенно для случая воздействия на систему слабых магнитных полей или без поля. Это хорошо видно экспериментально. В магнитном большей напряженности (900Э) на фазовых портретах второго возвращения также наблюдается структурная (мезофазоподобная) синхронизация геля при pH 8.0. При больших значениях pH стохастическое море (стохастический хаос) начинает вырождаться в слабосвязанную паутину. Сложные типы паутины, обнаруженные для оксигидрата циркония, для оксигидрата иттрия не характерны.

7. Положение максимального рефлекса поглощения при исследовании оптических свойств изменяется периодически в зависимости от времени. Кривые изменения оптической плотности гелей ОГИ, подвергнутых воздействию электрического и

магнитного поля, носят более простой характер. Все это свидетельствует о том, что электрическое и магнитное поле способствуют формированию структурно-изотропного геля.

Основные результаты работы изложены в следующих публикациях:

1. Лебедева И.Ю. (Сухарева И.Ю.) Влияние электрического и магнитного полей на оптические свойства гелей оксигидрата иттрия / Сухарева И.Ю., Сухарев Ю.И., Юдина Е.П. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2002. – Вып. 4 – С. 68–74.
2. Лебедева И.Ю. (Сухарева И.Ю.) Эффект дилатансии в оксигидратных гелевых системах / Сухарев Ю.И., Марков Б.А., Авдин В.В., Сухарева И.Ю. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2003. – Вып. 2. – С. 58–68.
3. Лебедева И.Ю. (Сухарева И.Ю.) Электропроводность гелевых систем оксигидратов иттрия и циркония / Сухарева И.Ю., Сухарев Ю.И. Кострюкова А.М., Рябухин А.Г. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2003. – Вып.4 – С. 116–120
4. Лебедева И.Ю. (Сухарева И.Ю.) Теоретическое рассмотрение электрофоретических периодических характеристик гелей оксигидрата иттрия и циркония./ Сухарева И.Ю., Сухарев Ю.И., Кострюкова А.М., Марков Б.А. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2003. – Вып 4. – С. 125–129.
5. Лебедева И.Ю. (Сухарева И.Ю.) Электрофоретические исследования периодических сорбционных характеристик оксигидрата иттрия и циркония / Сухарева И.Ю., Сухарев Ю.И., Кострюкова А.М., Рябухин А.Г. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2003. – Вып. 4. – С.121–124.
6. Lebedeva I.Yu. Genesis of salt and oxyhydrate gel system of heavy metals during their formation and solidification/ Lebedeva I.Yu., Sukharev Yu. I, Apalikova I.Yu. // Chemistry Prepring Archive, 2003. – V. 2003. – I. 6. – P. 69–84.
7. Лебедева И.Ю. (Сухарева И.Ю.) Особенности электропроводности оксигидратных систем иттрия, циркония и гелей кремневой кислоты / Сухарева И.Ю., Сухарев Ю.И., Рябухин А.Г., Кострюкова А.М., Зиганшина К.Р., Захаров В.А. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2004. – Вып. 2. – С. 130–135.

8. Лебедева И.Ю. (Сухарева И.Ю.) Периодическая пульсация ионов в гелевой оксигидратной системе / Сухарева И.Ю. Сухарев Ю.И., Марков Б.А. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2004. – Вып. 4. – С. 77–80.
9. Лебедева И.Ю. (Сухарева И.Ю.) Электропроводность самоорганизации оксигидратных гелей / Сухарева И.Ю., Сухарев Ю.И., Кострюкова А.М. // Вестник Уральского государственного университета-УПИ, 2004 – Вып. 17(47). – С. 202–207
10. Лебедева И.Ю. (Сухарева И.Ю.) Самоорганизация геля в потенциале Леннарда-Джонса / Сухарева И.Ю., Сухарев Ю.И., Марков Б.А. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2004. – Вып. 4. – С. 86–90.
11. Лебедева И.Ю. (Сухарева И.Ю.) Оптические свойства гелевых систем оксигидрата иттрия, подвергнутых воздействию пульсационного тока поляризации в магнитном поле / Лебедева И.Ю., Сухарев Ю.И., Рябухин А.Г. // Вестник Уральского государственного университета-УПИ, 2005 – № 15(67) – С. 64–72.
12. Лебедева И.Ю. Отображение первого и второго возвращения токовых аттракторов гелей оксигидрата иттрия / Лебедева И.Ю., Сухарев Ю.И., Рябухин А.Г. // Вестник Южно-Уральского государственного университета «Математика, физика, химия», 2005. – № 6(46). – С. 198–205.
13. Лебедева И.Ю. Поведение гелей оксигидрата циркония в условиях пульсационного электротока / Лебедева И.Ю., Сухарев Ю.И., Марков Б.А., Прохорова А.Ю. // Вестник Южно-Уральского государственного университета «Математика, физика, химия», 2005. – № 6(46). – С. 205–213.
14. Lebedeva I.Yu. Spontaneous pulsating current in zirconium oxyhydrate gels / Lebedeva I.Yu., Sukharev Yu. I., Markov B. A., Prokhorova A. Yu. // WSEAS TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS, 2005. – V. 4. – I. 11. – P. 1477–1485.
15. Лебедева И.Ю. Самоорганизационное формирование гелевой мембраны оксигидратов редких элементов в условиях самопроизвольного пульсационного электротока / Лебедева И.Ю., Сухарев Ю.И., Марков Б.А., Прохорова А.Ю. // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2005. – Вып. 3. – С. 74–79.
16. Лебедева И.Ю. Ток самоорганизации гелевых оксигидратных систем циркония и иттрия / Лебедева И.Ю., Прохорова А.Ю., Кострюкова А.М. // Новые химические технологии: Производство и применение. Сборник статей 17-ой

Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза, 2005. – С. 50–52.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григоров О.Н. Электрокинетические явления. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1973. – 196 с.
2. Сухарев Ю. И., Марков Б. А. Нелинейность гелевых оксигидратных систем. – Екатеринбург.: УрО РАН, 2005. – 468 с.
3. Lebedeva I.Yu., Sukharev Yu. I, Markov B. A, Prokhorova A. Yu. Spontaneous pulsating current in zirconium oxyhydrate gels // WSEAS TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS, 2005. – V. 4. – I. 11. – P. 1109–2734.
4. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. – New York.: W.H. Freeman and Company, 1982. – 282 p.
5. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З., Усиков Д.А., Черников А.А. Слабый хаос и квазирегулярные структуры. – М.: Наука, 1991. – 76 с.
6. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности: Пер. с франц. – М.: Мир, 1991. – 368 с.

