

УДК: 544.431.8

## ЭВОЛЮЦИЯ ОТОБРАЖЕНИЙ ПЕРВОГО ВОЗВРАЩЕНИЯ ТОКОВЫХ ВЫПЛЕСКОВ ГЕЛЕЙ ОКСИГИДРАТА ЦИРКОНИЯ

Ю.И. Сухарев, А.Ю. Прохорова  
e-mail: such@susu.ac.ru

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Статья поступила 12 июля 2005 г.

### Введение

Гели оксигидрата циркония являются системами эволюционирующими, то есть меняющимися с течением времени (или динамическими) [1].

Исследование свойств любой динамической системы наиболее удобно и естественно проводить, используя понятие фазового пространства.

Фазовый портрет системы позволяет составить достаточно полное представление о виде траекторий токовых выделений и о типах движения системы. Для гелевых коллоидно-химических систем, обнаруживающих пульсационный выделение ионов во времени (токовые выбросы), представляется необходимым исследовать периодическую динамику выделения ионов вследствие разрушения поляризации ДЭС для понимания механизма коллоидно-химических процессов в оксигидратах путем построения фазовых портретов аттракторов, то есть отображений токовых выделений хотя бы первого возвращения [2].

### 1. Экспериментальная часть

Гели оксигидрата циркония синтезировались при определенных условиях (рН 9,25; количество вещества  $n = 0,00094$  моль).

Прибор для измерения тока состоял из полый электролитической ячейки, на концах которой закрепляли круглые платиновые электроды ( $R = 0,4$  см). Контакты электродов подключали к регистрирующему электронному блоку. Расстояние между электродами принимали равным 7,0 см. При этом ячейка с гелем замыкалась медной шиной накоротко, то есть выходное сопротивление приближалось к нулю. Электроток, самопроизвольно возникающий в системе, измерялся на специальном электронном оборудовании с частотой опроса 5 раз в секунду. Каждый эксперимент проводили в течении 6 часов.

Ячейку с гелем оксигидрата циркония помещали в постоянный магнит круглого сечения (напряженность поля магнита  $A$  равна  $H_A = 900$  Э, магнита  $B$   $H_B = 600$  Э), а затем закрепляли на механической качающейся мешалке для предотвращения расслоения. В случае экспериментов без магнитного поля на механическую качающуюся мешалку закрепляли непосредственно ячейку с гелем. Все процессы термостатировали ( $T = 303$  К).

### 2. Результаты и их обсуждение

По экспериментальным зависимостям тока самоорганизации от времени построены фазовые портреты отображения выделения тока первого возвращения. Изучаемым системам вероятно свойственен режим детерминированного хаоса.

Для данного режима характерно следующее: будущее системы однозначно определяется ее начальным состоянием (в силу детерминированности). Однако процесс эволюции является сложным, непериодическим. Чисто внешне он ничем не отличается от случайного. Однако при более детальном анализе вскрывается одно важное отличие этого процесса от случайного: он в принципе воспроизводим [3].

В работе проанализированы отображения первого возвращения гелей оксигидрата циркония, подвергнутые воздействию относительно сильного и слабого магнитных полей, а также гелей естественной самоорганизации без воздействия полей.

Характерные отображения токовых выплесков оксигидрата циркония первого и второго возвращения в условиях облучения магнитными полями (магниты  $A$  и  $B$ ) и без магнитного воздействия представлены на рис.1. Полагаем, что фазовое пространство выплеска тока одномерно, а оператор эволюции задается рекуррентным отображением вида  $X_{n+1} = f(X_n)$ , где  $n$  — дискретное время.

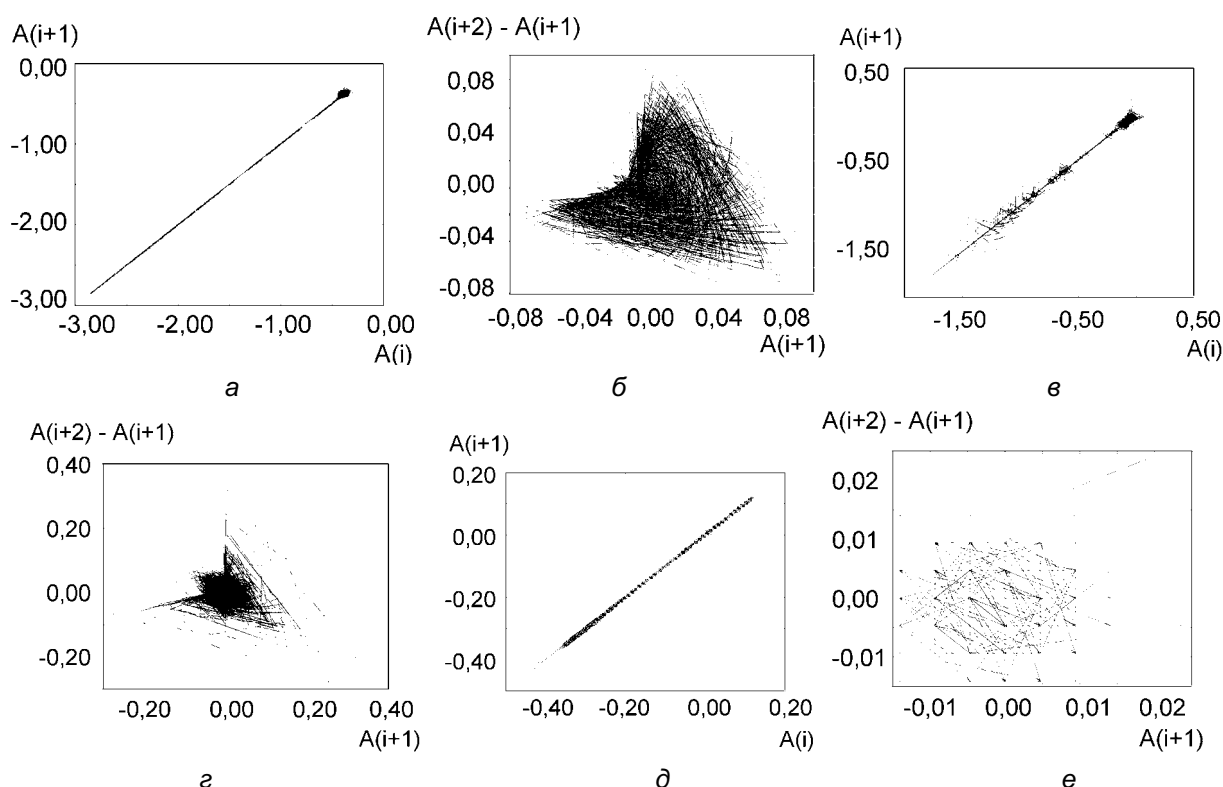


Рис. 1. Характерные отображения токовых выплесков гелей ОГЦ первого (а, в, д) и второго (б, г, е) возвращения в условиях облучения магнитным полем:

$H = 900$  Э (а, б);  $H = 600$  Э (в, г); без воздействия магнитного поля (д, е)

На рис. 1 представлены некоторые суммарные отображения токовых выплесков после шести часов измерений. Во всех случаях отмечено изменение объема аттракторов, следовательно, данные процессы, связанные с перестройкой ДЭС [4] во времени, являются диссипативными. На приведенных рисунках бассейны аттракторов гелей оксигидрата циркония, полученные без магнитного влияния и подвергнутые действию магнитного поля в течение шести часов, различаются.

Как следует из экспериментальных результатов при формировании аттракторов во времени наблюдаются удлиненные шпуровые аттракторы (первое возвращение), образованные некоторыми угловыми аттракторами Лози (второе возвращение). Вероятно, приведенные аттракторы формируются близкими угловыми кусочно-линейными отображениями, или отображениями типа тента. [5]

На рис. 1, д, е приведено два аттрактора гелей оксигидрата циркония первого и второго возвращения, орбиты возвращения которых (особенно второе возвращение) имеют вид простых геометрических тентов (то есть треугольников). Оператор эволюции этих аттракторов сформировался только в условиях чистой самоорганизации геля, то есть в отсутствии поля.

Значительно большее перемешивание отмечается для аттракторов формирующихся в магнитных полях, рис. 1, б, г.

Детализируем развитие бассейнов коллоидно–химических аттракторов гелей во времени, рис 2, 3, 4. Эксперименты свидетельствуют о мультистабильности аттракторов (появлению целого ряда областей стабильности) гелей оксигидрата циркония.

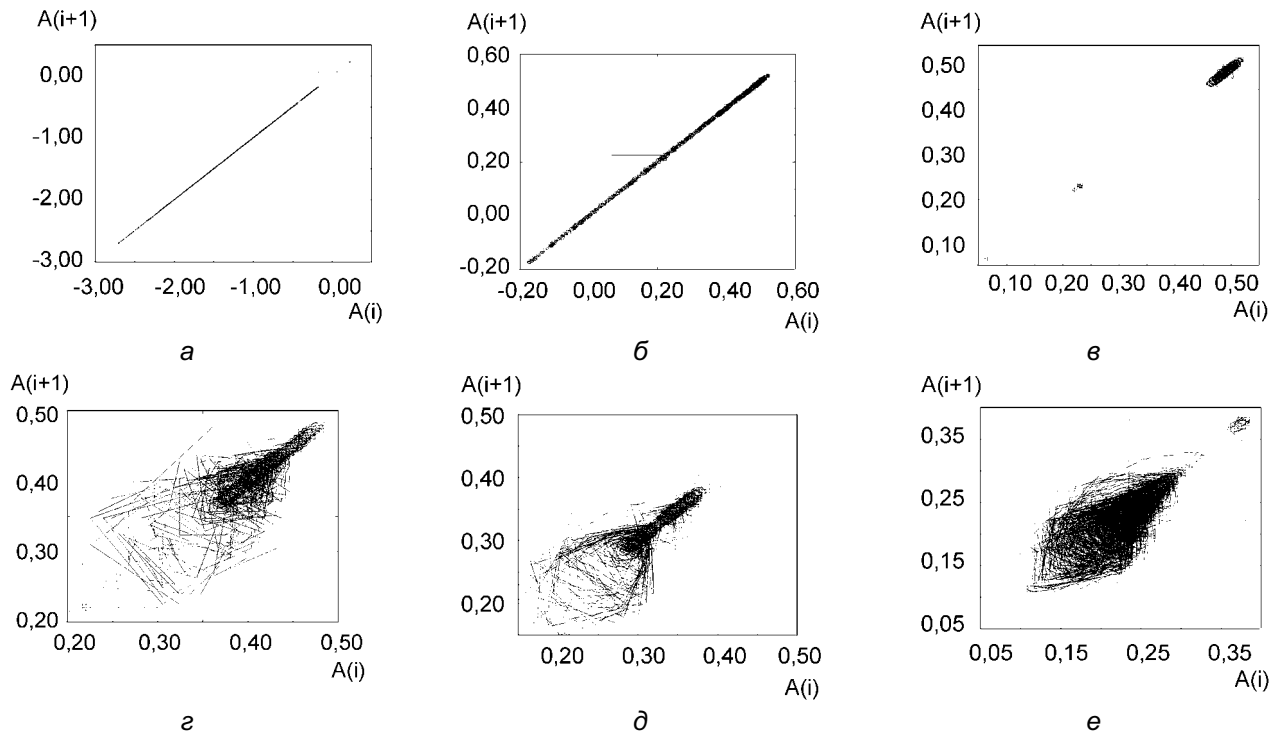


Рис. 2. Формирование аттракторов после каждого часа эксперимента.

Образец облучен магнитным полем напряженностью  $H = 900$  Э.

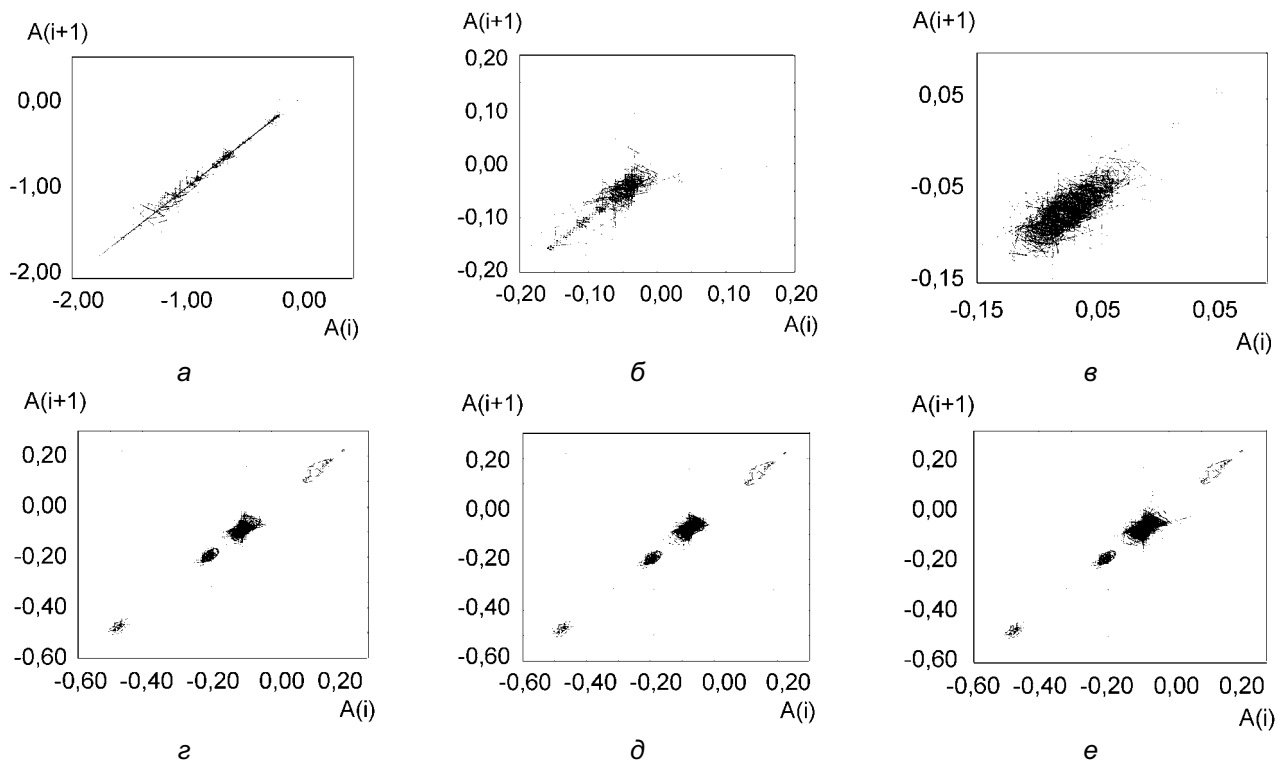


Рис. 3. Формирование аттракторов после каждого часа эксперимента.

Образец облучен магнитным полем напряженностью  $H = 600$  Э

Все названные особенности формирования аттракторов определяются явлениями формирования и поляризации ДЭС гелей оксигидрата циркония. В частности положительная и отрицательная области фазового портрета соответствуют различному строению ДЭС коллоидных частиц. В первые часы система чаще всего находится в отрицательной области.

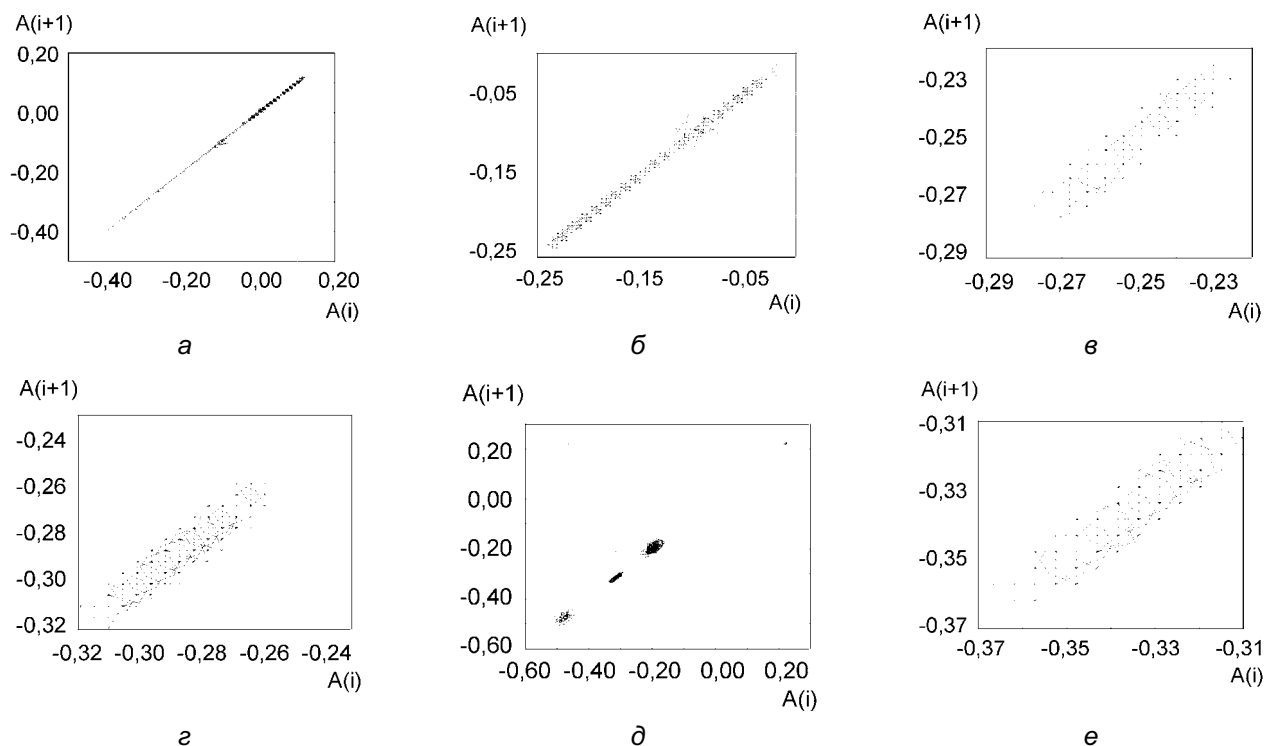


Рис. 4. Формирование аттракторов после каждого часа эксперимента.

Образец без воздействия магнитного поля

Процесс полимеризации будет сопровождаться перестройкой ДЭС коллоидных частиц и стремлением к переходу аттракторов в положительные области фазового пространства. Для изучаемых систем отмечается постоянный переход из одной области в другую посредством ряда состояний. Таким образом, на фазовом портрете системы прослеживаются перестройки матрицы оксигидрата, связанные с процессами полимеризации и деструкции [3].

## Заключение

Гелевым системам оксигидрата циркония характерно переходное состояние (от регулярного движения к хаотическому) или режим детерминированного хаоса. Эксперименты свидетельствуют о мультистабильности аттракторов исследуемых систем.

Магнитное поле способно вносить некоторое возмущение в систему (для данных образцов характерна меньшая упорядоченность).

Работа выполнена по гранту Губернатора Челябинской области (проект урчел\_04–03–96059).

## Список литературы

1. Сухарев Ю.И., Сухарева И.Ю., Кострюкова А.М. Электропроводность самоорганизации оксигидратных гелей // Изв. Челябинского науч. центра УрО РАН, 2004. № 3. С. 81—85. ([www.csc.ac.ru/news](http://www.csc.ac.ru/news)).
2. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности / Пер. с франц. М.: Мир, 1991. 368 с.
3. Анищенко В.С. Знакомство нелинейной динамикой: лекции соровского профессора: Учебн. пособие. Москва—Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. 232 с.
4. Сухарев Ю.И., Кострюкова А.М. Вариации тока самоорганизации гелевых оксигидратных систем циркония как отражение температуры // Изв. Челябинского науч. центра УрО РАН, 2005. № 3 (в печати).
5. Bezruchko B.P., Kuznetsov S.P., Seleznev Y. P. Experimental observation of dynamics near the torus-doubling terminal critical point // Physical review, 2000. Vol. 62, № 6. P. 7828—7829.5