

УДК: 546.831+621.3.014

ОТОБРАЖЕНИЯ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ВОЗВРАЩЕНИЯ ТОКА САМООРГАНИЗАЦИИ КАК ВОЗМОЖНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕРМОТРОПНОГО ПЕРЕХОДА

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

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Статья поступила 11 июня 2005 г.

Введение

В гелях оксигидратов циркония в определенных экспериментальных условиях самопроизвольно возникает пульсационный электрический ток [1]. Было проведено исследование характера этого явления при термотропном переходе гелевой системы из одного мезофазоподобного состояния в другое [2].

Оксигидратные системы можно рассматривать в первом приближении как системы динамические. Исследование свойств динамической системы удобно проводить, используя понятие фазового пространства, которое дает достаточно полное представление о виде траектории токовых выплесков.

1. Теоретические предпосылки

Эволюция многочисленных систем может быть описана системой n обыкновенных дифференциальных уравнений [3]. Найти аналитическое выражение для решений этих уравнений удастся лишь в отдельных случаях, когда они интегрируемы. В большинстве случаев приходится исследовать каждое решение, рассматривая соответствующую ему траекторию в фазовом пространстве. Однако и это сделать бывает очень трудно, поэтому используют метод, развитый Анри Пуанкаре [3].

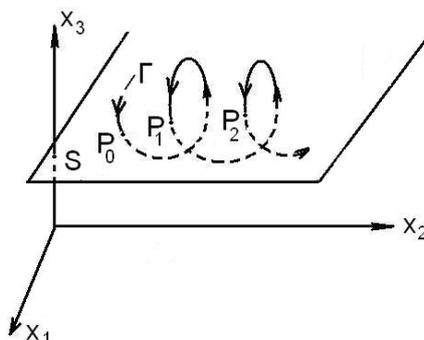


Рис. 1. Схематическое изображение сечения Пуанкаре. Фазовая траектория Γ последовательно пересекает плоскость S (с $x_3 < 0$) в точках P_0, P_1, P_2 .

Эти точки принадлежат сечению Пуанкаре траектории Γ плоскостью S

Вместо прямого изучения решения системы уравнений рассматривают точки пересечения траектории с плоскостью. Схематически эта процедура изображена на рис. 1. Для иллюстрации выбрали плоскость S , заданную уравнением $x_3 = \text{const}$, и отметили точки пересечения, соответствующие заданному направлению эволюции ($x_3 < 0$). Исходя из начальной точки, получаем множество точек, образующих сечение Пуанкаре.

Оксигидратные гели можно интерпретировать как системы динамические диссипативные. В диссипативных системах сечение Пуанкаре можно рассматривать как множество точек, распределенных вдоль некоторой кривой. В этом случае можно определить координату x каждой точки кривой и исследовать, как изменяется эта координата со временем. Отображение Пуанкаре в таком представлении называется отображением первого возвращения $x_{k+1} = f(x_k)$, выражающем зависимость между координатами текущей и предшествующей точек.

2. Результаты и их обсуждение

По экспериментальным зависимостям тока самоорганизации от времени построены отображения выплеска первого и второго возвращения. Полагаем, что фазовое пространство выплеска тока одномерно и оператор эволюции задается рекуррентным отображением вида $X_{n+1} = f(X_n)$, где n — дискретное время.

Большинство исследуемых аттракторов первого возвращения подразделяются на 4 типа:

1) Формируются некоторые угловые аттракторы Лози с перемешиванием. Они образуются близкими угловыми кусочно-линейными отображениями или отображениями типа тента (рис. 2а, б). При детализации развития бассейнов коллоидно-химических аттракторов первого возвращения во времени видно, что они имеют вид простых геометрических тентов (т. е. треугольников) с большим перемешиванием (рис. 3). Подобные аттракторы характерны для гелей оксигидратов циркония, синтезированных при температурах 283 и 284 К.

2) Формируются удлиненные шпуровые аттракторы. Для гелей оксигидрата циркония, полученного при температуре 286 К, шпуровые аттракторы образуются простыми геометрическими образами типа тента (рис. 4). Причем после второго возвращения тентовая конфигурация усиливается. Гели, синтезированные при температуре 286 К, формируют шпуровые аттракторы типа Лози, но орбиты первого возвращения сильно перемешиваются. Подобные аттракторы образуются и для гелей, полученных при температуре 284 К. Характерная кривая представлена на рис. 5.

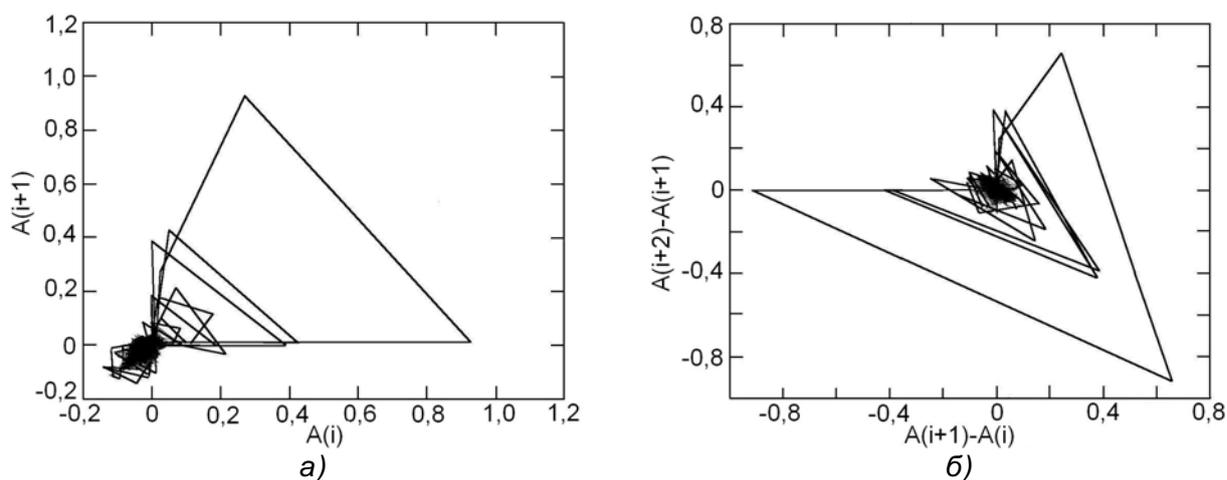


Рис. 2. Отображения первого (а) и второго (б) возвращения геля оксигидрата циркония

3) Формируются странные шпуровые аттракторы для гелей оксигидратов циркония, полученных при температурах 283 К и 284 К. Характерная кривая представлена на рис. 6.

4) Формируются аттракторы с высокой степенью хаоса, после второго возвращения выделяется тентовая конфигурация. Присущи оксигидратным гелям (рис. 7), синтезированным при температурах 283 К и 284 К.

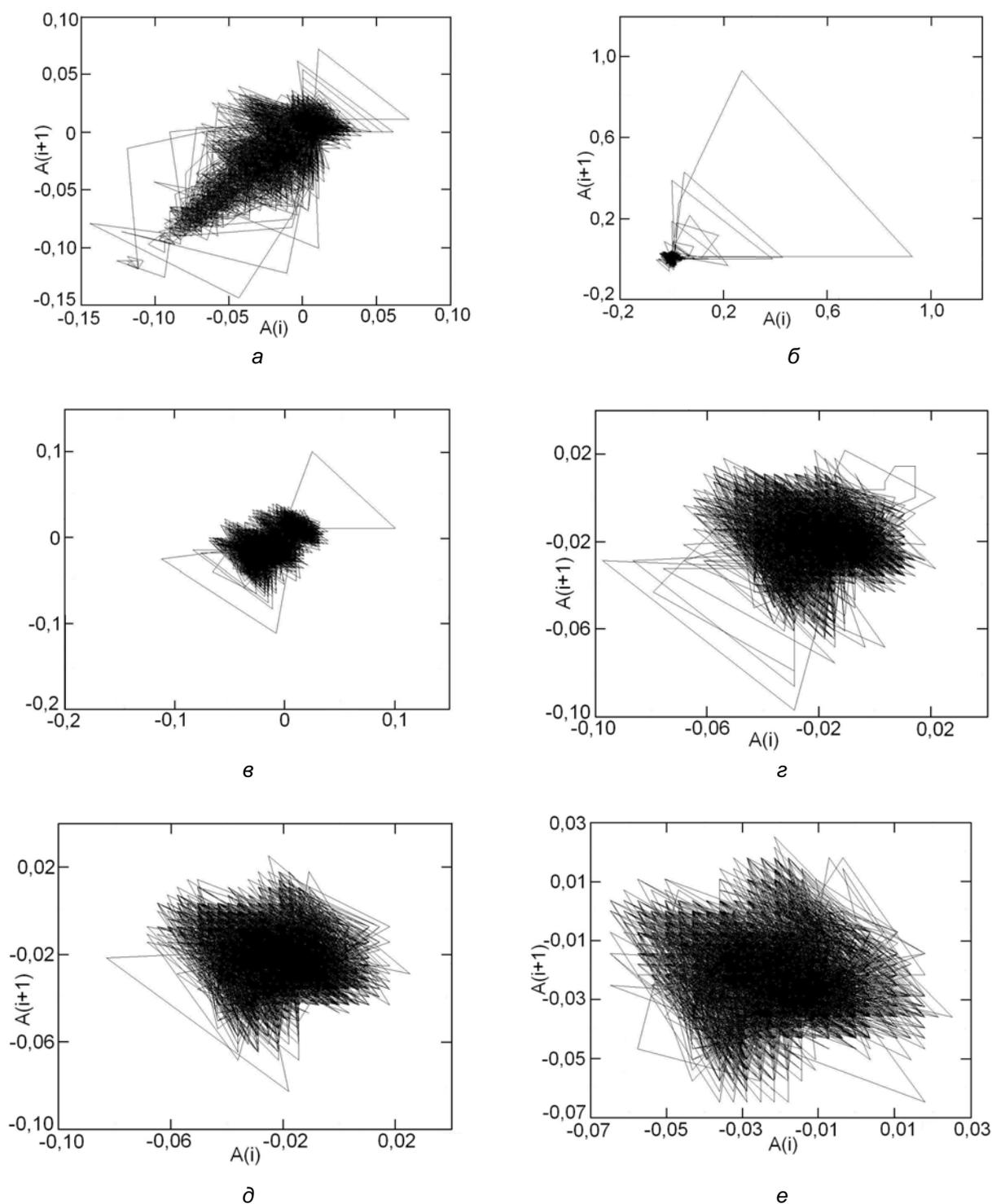


Рис. 3. Отображения первого возвращения геля оксигидрата циркония:

а — первый час; б — второй час; в — третий час; г — четвертый час; д — пятый час; е — шестой час

Таким образом, аттракторы гелей оксигидрата циркония, синтезированных вблизи температуры термотропного перехода (283 и 284 К) обладают большим разнообразием и формируют шпуровые аттракторы и аттракторы типа Лози с большим перемешиванием, то есть странные аттракторы с высокой степенью хаоса. Подобное разнообразие предполагает хаотичность процессов, протекающих в гелях, синтезированных при температурах 283 и 284 К.

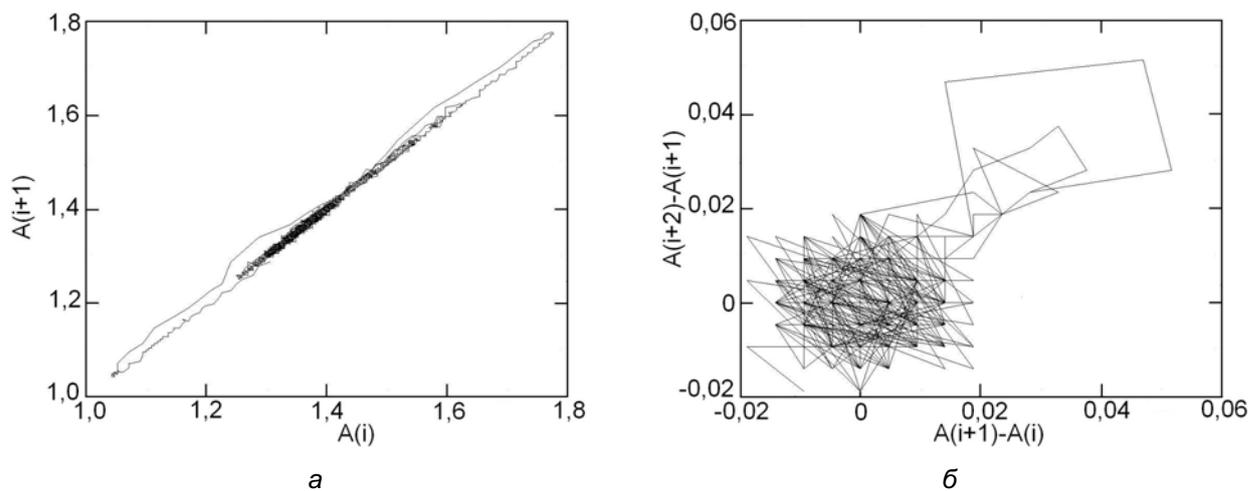


Рис. 4 Отображения первого (а) и второго (б) возвращения геля оксигидрата циркония

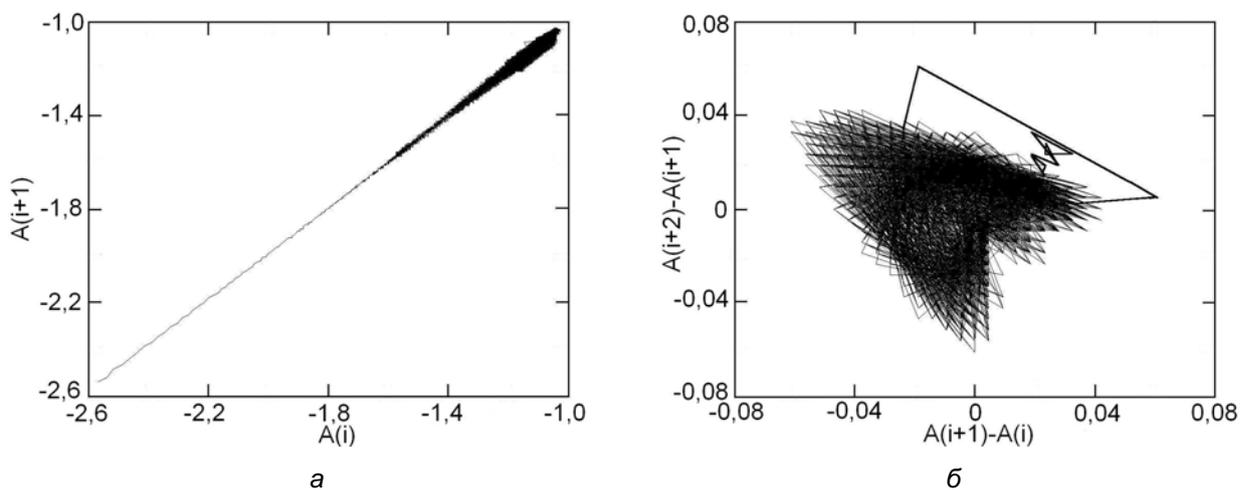


Рис. 5. Отображения первого (а) и второго (б) возвращения геля оксигидрата циркония

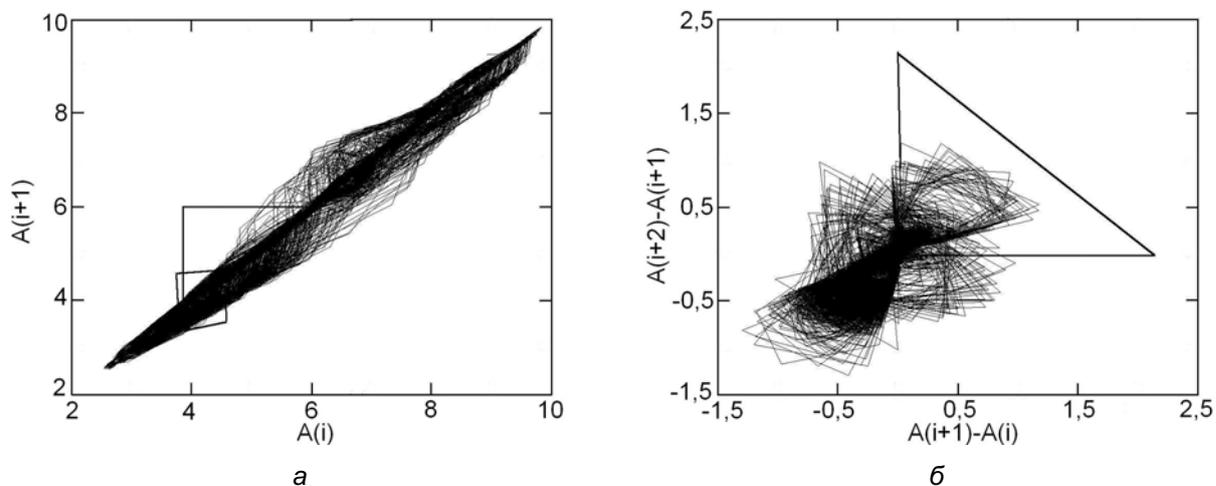


Рис. 6. Отображения первого (а) и второго (б) возвращения геля оксигидрата циркония

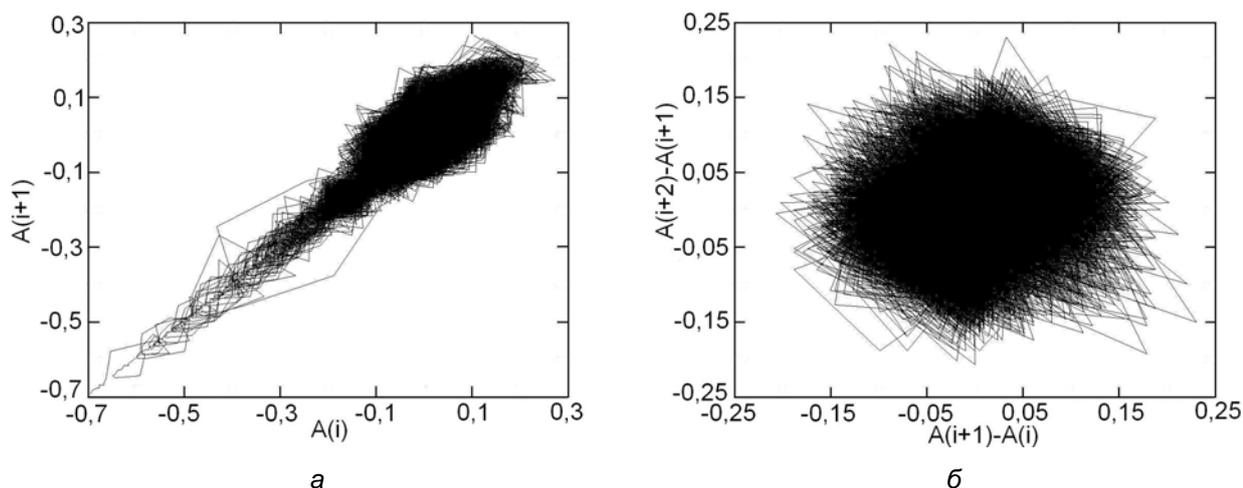


Рис. 7. Отображения первого (а) и второго (б) возвращения геля оксигидрата циркония

Аттракторы гелей оксигидрата циркония, синтезированных при температуре 286 К, формируют шпуровые аттракторы, образованные простыми фигурами типа тента, что и говорит о жидкокристалличности данных гелей.

Заключение

Для гелей оксигидрата циркония, полученных при температурах 283 и 284 К, характерно наибольшее разнообразие различных типов аттракторов, что говорит о хаотичности оксигидратных систем, синтезированных при данных температурах.

Аттракторы гелей оксигидрата циркония, синтезированных при температуре 286 К, формируют шпуровые аттракторы, образованные простыми фигурами типа тента, что предполагает жидкокристалличность данных гелей.

Подобный переход одного состояния оксигидратной системы в другое свидетельствует о том, что в области температур 283 и 284 К находится точка термотропного перехода.

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).
2. 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)
3. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности: Пер. с франц. М.: Мир, 1991. 368 с.