

## ОТОБРАЖЕНИЯ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ВОЗВРАЩЕНИЯ ТОКОВЫХ АТТРАКТОРОВ ГЕЛЕЙ ОКСИГИДРАТА ИТТРИЯ

*Ю.И. Сухарев, И.Ю. Лебедева, А.Г. Рябухин*

В работе по экспериментальным зависимостям тока самоорганизации от времени построены фазовые портреты отображения выплеска тока первого и второго возвращения. Показаны различные типы отображения токовых выплесков оксигидрата иттрия первого и второго возвращения в условиях без магнитного воздействия после шести часов эксперимента и после каждого часа, а также в условиях воздействия на гель магнитных полей с напряженностями 900 Э и 600 Э. Аттракторы (радиусы орбит) сильно увеличиваются в размерах под влиянием магнитного поля ( $H_A = 900$  Э) и претерпевают сильное перемешивание.

### Введение

Гели оксигидрата иттрия являются системами эволюционирующими или динамическими. Фазовый портрет системы позволяет составить достаточно полное представление о виде траекторий токовых выплесков и о типах движения системы. Для гелевых коллоидно-химических систем, обнаруживающих пульсационный выплеск ионов во времени (токовые выбросы), представляется необходимым исследовать периодическую динамику выплеска ионов вследствие разрушения поляризации ДЭС для понимания механизма коллоидно-химических процессов в оксигидратах путем построения фазовых портретов аттракторов, то есть отображений токовых выплесков первого и второго возвращения [1].

### Экспериментальная часть

Гели оксигидрата иттрия осаждали при  $pH = 9,00-9,70$ , количество  $Y(NO_3)_3$  при синтезе составляло  $n = 0.00135$  моль. Величина  $pH$  гелей после синтеза уменьшалась до значений 6,0–8,0.

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

Трубку с гелем оксигидрата иттрия помещали в постоянный магнит (или проводили эксперименты без магнитного поля) 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. Все процессы термостатировали ( $T = 303$  К).

### Результаты и их обсуждение

По экспериментальным зависимостям тока самоорганизации от времени построены фазовые портреты отображения выплеска тока первого и второго возвращения.

Изучаемым системам вероятно свойственен режим детерминированного хаоса [2, 3]. Данный режим однозначно определяется начальным состоянием (в силу детерминированности). Однако процесс эволюции системы является сложным, непериодическим. Чисто внешне он ничем не отличается от случайного. При более детальном анализе вскрывается одно важное отличие этого процесса от случайного: он в принципе воспроизводим.

В работе проанализированы отображения первого возвращения гелей оксигидрата иттрия, подвергнутые воздействию относительно сильного и слабого магнитных полей, а также гелей естественной самоорганизации без воздействия полей. Полагаем, что фазовое пространство выплеска тока одномерно, а оператор эволюции задается рекуррентным отображением вида  $X_{n+1} = f(X_n)$ , где  $n$  – дискретное время.

Выявлено, что виды аттракторов не зависят от pH и длины трубочки.

Характерные отображения токовых выплесков оксигидрата иттрия первого и второго возвращения в условиях без магнитного воздействия после шести часов эксперимента представлены на рис. 1.

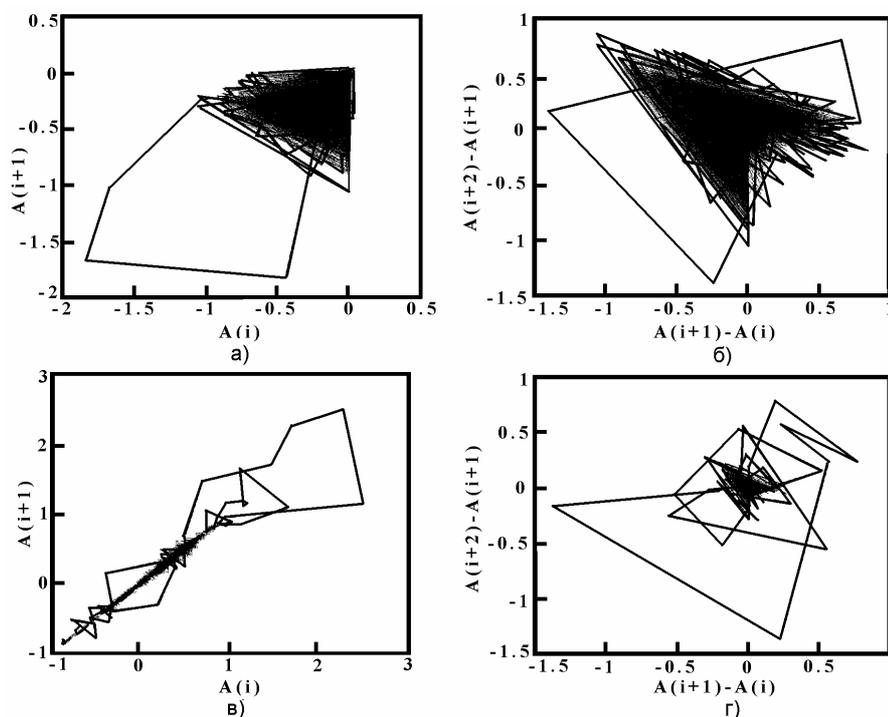


Рис. 1. Аттракторы первого (а, в) и второго (б, г) возвращения после шести часов эксперимента (без магнита); первая параллель (а, б); вторая параллель (в, г)

На рис. 2 приведены экспериментальные бассейны отображения самоорганизующихся гелей после каждого часа съемок. Для самоорганизующихся гелей без поля выявлено два типа аттракторов. Для первого типа, представленного на рис. 2, характерны отображения в виде соединения простых удлиненных угловых геометрических форм. Вероятно, приведенные аттракторы Лози [3] формируются угловыми кусочно-линейными отображениями, или отображениями типа тента. Для данного типа аттракторов перемешивание не характерно, то есть высока степень упорядоченности конформационных трансформаций гелевых фрагментов. Это тем более очевидно, так как на рис. 2 (первый тип аттрактора) отмечается мультистабильность бассейнов аттракторов в определенные моменты времени. Этот же характер отображений отмечается и на кривых второго возвращения.

Бассейны второго типа аттракторов гелей без полевого воздействия представлены на рис. 3. При формировании этих временных аттракторов, как следует из экспериментальных результатов, наблюдаются удлиненные (шпуровые) конфигурации. Бассейны аттракторов в этом случае также сформированы простыми геометрическими образованиями типа угловых кусочно-линейных конфигураций.

Причем для аттракторов второго возвращения тентовая конфигурация только усиливается. Для бассейнов аттракторов гелей данного типа характерно высокое перемешивание.

Типичные отображения токовых выплесков оксигидрата иттрия первого возвращения в условиях шести часового облучения магнитным полем Н-600 Э (магнит А) представлены на рис. 4.

На рис. 5 приведены выборочные экспериментальные бассейны отображения первого возвращения после каждого часа эксперимента для магнита с  $H=600$ . В случае относительно слабого магнитного воздействия на оксигидраты иттрия выявлено три типа бассейнов аттракторов.

Как и в случае беспольевой самоорганизации оксигидрата иттрия также наблюдается формирование удлиненных бассейнов аттракторов простыми геометрическими формами типа угловых кусочно-линейных конфигураций. Причем на орбитах токовых выплесков второго возвращения

тентовая конфигурация с перемешиванием хорошо выражена. Полученные аттракторы Лози с большим перемешиванием выделены в особый вид отображений (второй тип отображений). Этот тип более выражен, чем у бассейнов аттракторов гелей оксигидрата иттрия в беспольных экспериментах.

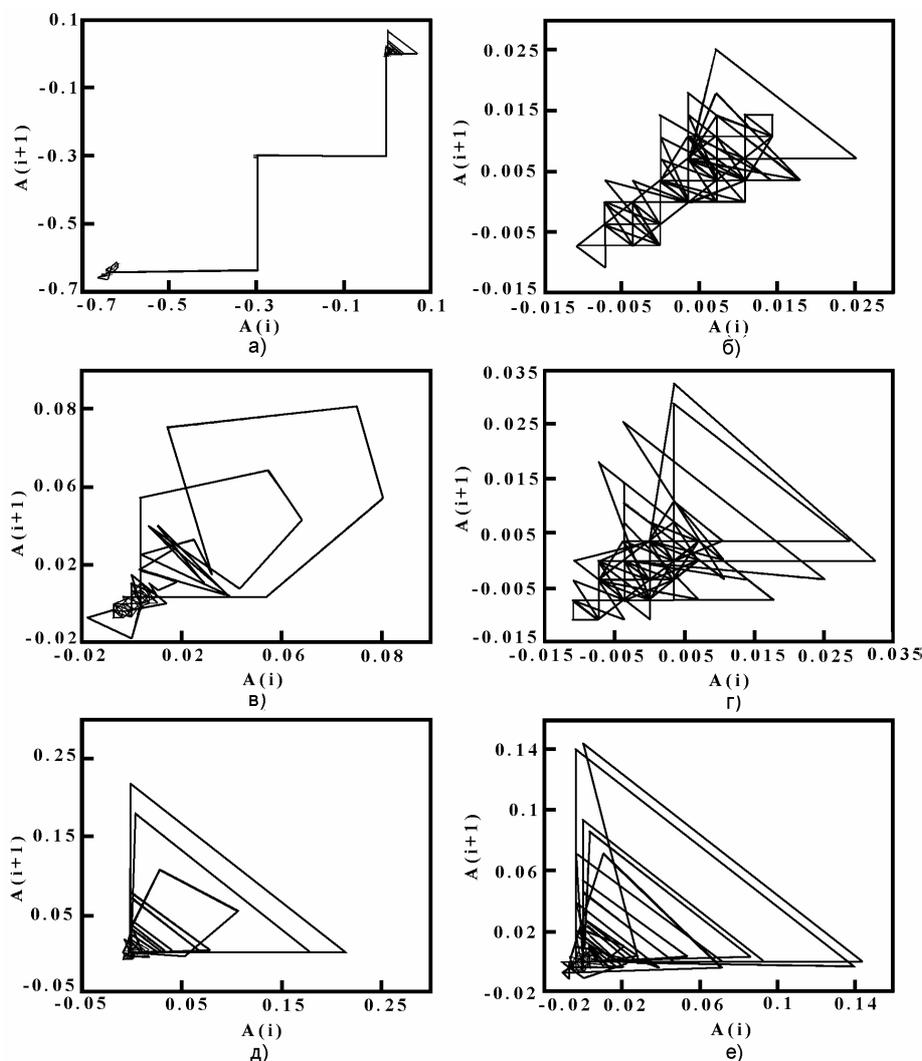


Рис. 2. Аттракторы первого возвращения после каждого часа съемок (без магнита); а – первый час опыта; б – второй час опыта; в – третий час опыта; г – четвертый час опыта; д – пятый час опыта; е – шестой час опыта

Для рассматриваемого типа бассейнов характерны либрационные колебания орбит токовых выплесков относительно некоторых заданных направлений. Очевидно, это свидетельствует о преимущественно выделенных колебаниях поляризованных ДЭС оксигидратных гелевых конформеров. То есть удалось экспериментально зафиксировать конформационные пульсационные переходы в гелевой оксигидратной среде.

На рис. 6 также выявлена мультистабильность бассейна аттрактора в условиях относительно слабого магнитного поля в определенные моменты времени. Этот характер отображений подчеркивается и орбитами токовых выплесков первого возвращения.

На рис. 7 и 8 показан один из трех типов бассейнов аттракторов токовых выплесков самоорганизации гелей оксигидрата иттрия, подвергнутых воздействию относительно сильного магнитного поля ( $H_A = 900$  Э).

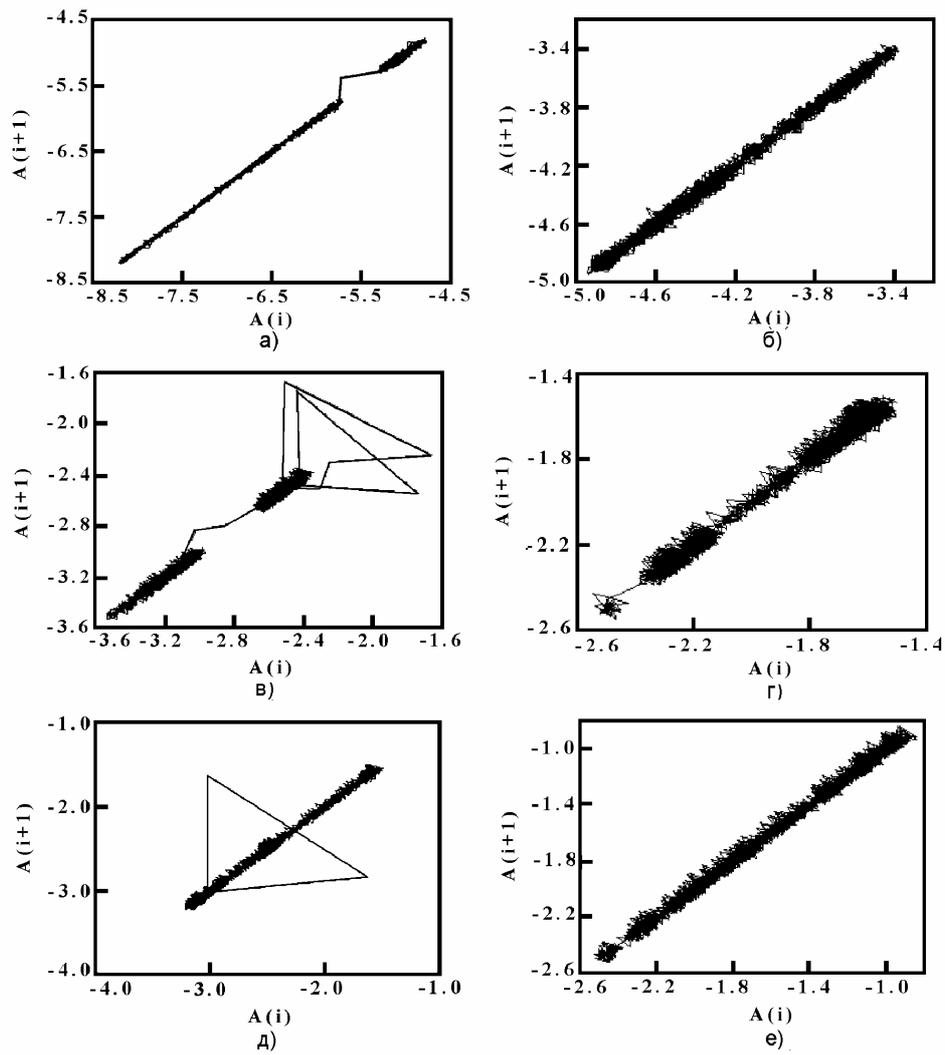


Рис. 3. Аттракторы первого возвращения после каждого часа съемок (без магнита);  
а – первый час опыта; б – второй час опыта; в – третий час опыта; г – четвертый час опыта;  
д – пятый час опыта; е – шестой час опыта

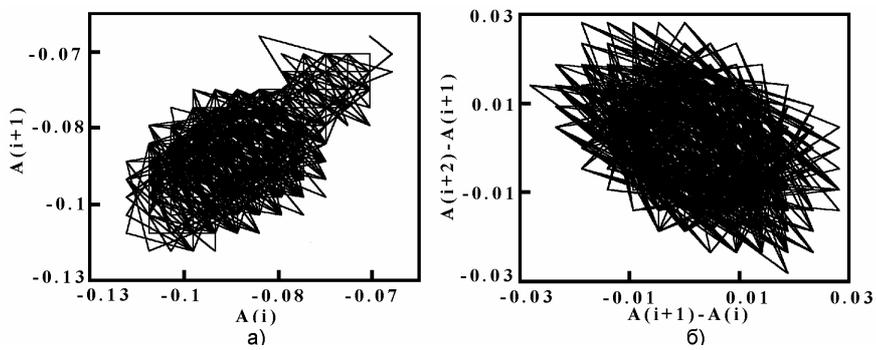


Рис. 4. Аттракторы первого (а) и второго (б) возвращения  
после шести часов эксперимента (магнит  $H=600$  Э)

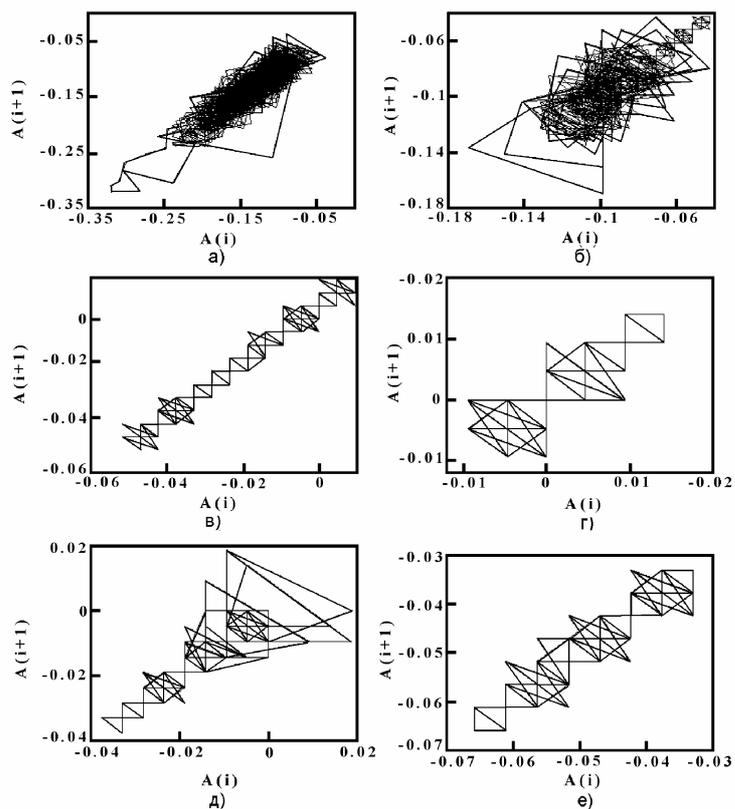


Рис. 5. Аттракторы первого возвращения после каждого часа съемок (магнит  $N=600$  Э); а) первый час опыта; б) второй час опыта; в) третий час опыта; г) четвертый час опыта; д) пятый час опыта; е) шестой час опыта

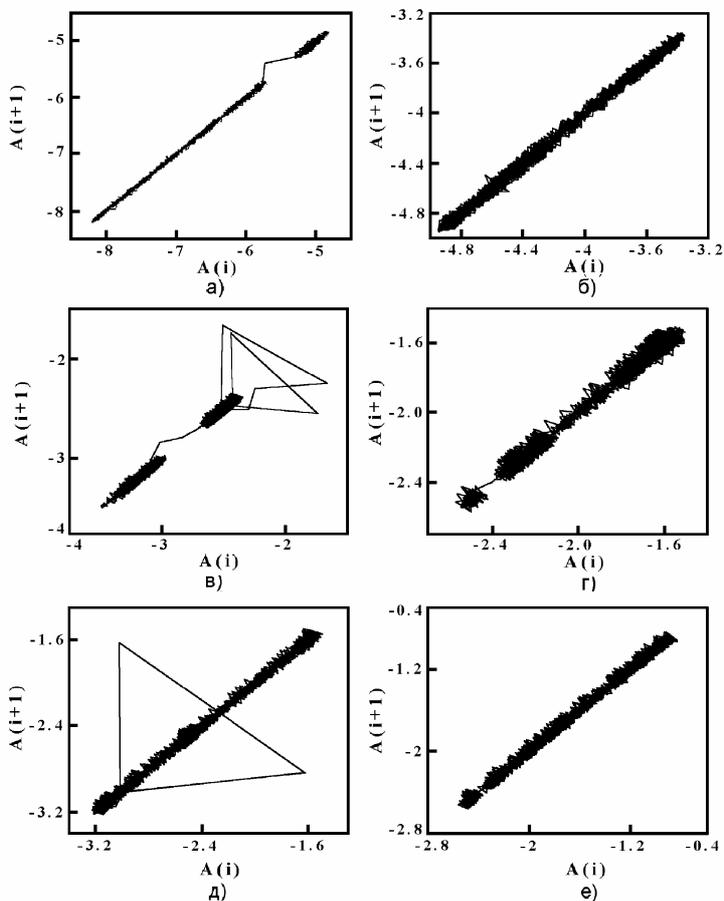


Рис. 6. Аттракторы первого возвращения после каждого часа съемок (магнит  $N=600$  Э); а) первый час опыта; б) второй час опыта; в) третий час опыта; г) четвертый час опыта; д) пятый час опыта; е) шестой час опыта

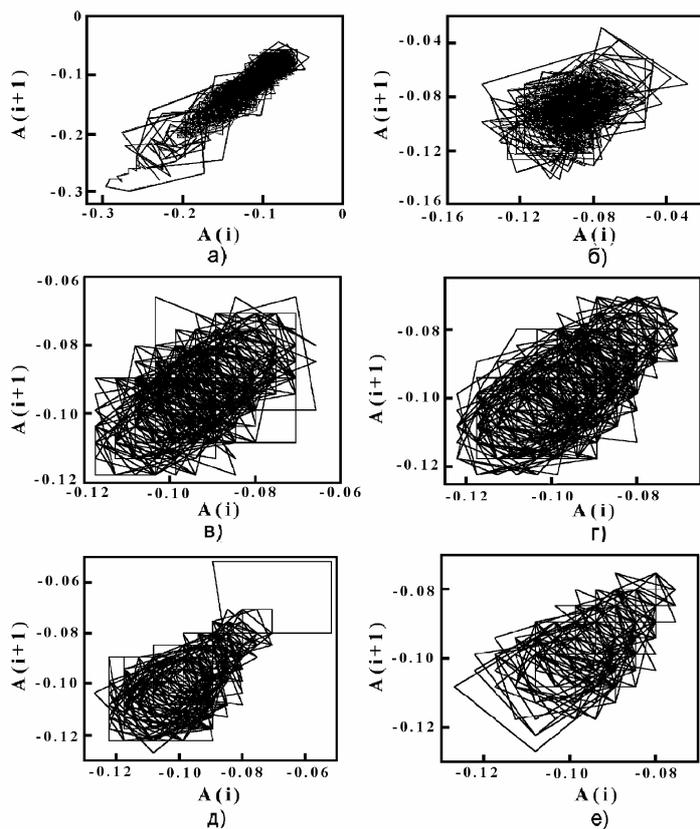


Рис. 7. Аттракторы первого возвращения после каждого часа съемок (магнит  $N=900$  Э); а) первый час опыта; б) второй час опыта; в) третий час опыта; г) четвертый час опыта; д) пятый час опыта; е) шестой час опыта

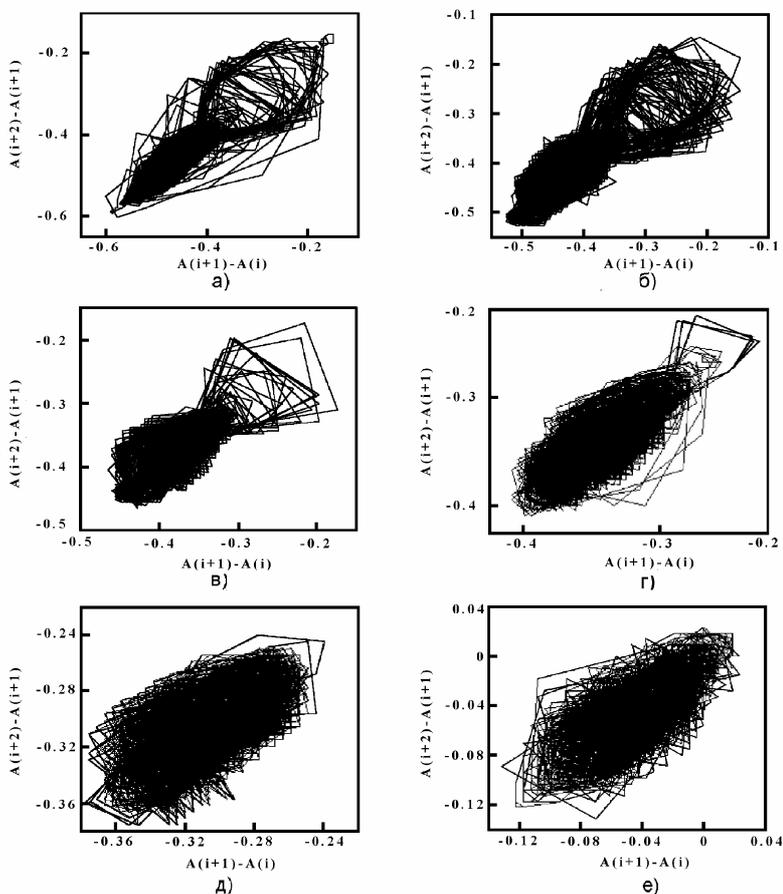


Рис. 8. Аттракторы второго возвращения после каждого часа съемок (магнит  $N=900$  Э); а) первый час опыта; б) второй час опыта; в) третий час опыта; г) четвертый час опыта; д) пятый час опыта; е) шестой час опыта

Можно отметить, что в данном поле исчезают вытянутые аттракторы, отображения которых построены из простых геометрических фигур. Аттракторы (радиусы орбит) сильно увеличиваются в размерах под влиянием магнитного поля и претерпевают сильное перемешивание. Вытянутые бассейны аттракторов этого типа имеют сложную конфигурацию, а отражения второго возвращения выплеска токов пульсируют относительно некоторых определенных направлений, что отражает некую либрационную пульсацию ДЭС оксигидрата иттрия.

### **Заключение**

В работе по экспериментальным зависимостям тока самоорганизации от времени построены фазовые портреты отображения выплеска тока первого и второго возвращения. Показаны различные типы отображения токовых выплесков оксигидрата иттрия первого и второго возвращения в условиях без магнитного воздействия после шести часов эксперимента и после каждого часа, а также в условиях воздействия на гель магнитных полей с напряженностями 900 Э и 600 Э. Аттракторы (радиусы орбит) сильно увеличиваются в размерах под влиянием магнитного поля ( $H_A = 900 \text{ Э}$ ) и претерпевают сильное перемешивание.

### **Литература**

1. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности: Пер. с франц. – М.: Мир, 1991. – 368 с.
2. Анищенко В.С. Знакомство с нелинейной динамикой: лекции соровского профессора. Учеб. пособие. – М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002.
3. Анищенко В.С. Сложные колебания в простых системах. – М.: Наука, 1990. – 312 с.

*Поступила в редакцию 16 августа 2005 г.*