

МЕДИАТРАСЛЯЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
ВИДУЧНЫХ НЕТРАДИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Жироблис В.Е. Феноменологическое описание и экспериментальное исследование некоторых колыцаров. Препринт № 33 МНЦ "ВИД".  
М., 1993, 38 с.

28 илл., библ. 11 сс.

Показано, что колыцары являются представителями особого класса неквантовых систем с двумя стационарными состояниями. Подробно описаны эксперименты по изучению свойств электрофизического колыцара и высказаны предположения о возможностях его практического использования.

Рукопись поступила в редакцию 25.12.92г.

Препринт № 33

В.Е.Жироблис

Феноменологическое описание и  
экспериментальное исследование  
некоторых колыцаров

© В.Е.Жироблис, 1993  
© МНЦ "ВИД", 1993

Москва  
1993

## ВВЕДЕНИЕ

В предыдущей работе [1] было показано, что наблюдавшаяся М.Ф.Лазаревым непрерывная циркуляция летучей жидкости в замкнутом кольцеобразном сосуде с пористой перегородкой (т.н. кольцаре), формально похожая на непрерывную циркуляцию тока по сверхпроводящему кольцу, не является экспериментальным артефактом и не требует кардинальной ревизии законов термодинамики, а представляет собой следствие принципиального отличия любой реальной термодинамической системы (т.е. системы, имеющей неравновесную метастабильную структуру) от идеальной бесструктурной системы, находящейся в состоянии, близком к истинному термодинамическому равновесию.

Как известно, в системах, далеких от состояния термодинамического равновесия, могут происходить процессы самоизвольной самоорганизации, приводящие к возникновению т.н. диссипативных структур, типичными представителями которых могут служить любые объекты живой природы [2]. В этом смысле кольцар Лазарева следует рассматривать как простую модель, позволяющую в чистом виде наблюдать движущую силу подобных процессов. И если такая "сила" действительно существует как физическая реальность, то кольцар Лазарева должен быть не единственно возможным устройством подобного рода, а лишь одним из представителей по-видимому обширного класса динамических диссипативных структур, т.е. метастабильных структур, в которых вследствие кинетических затруднений неопределенно долго сохраняются следы процесса, инициировавшего их первоначальное возникновение.

Настоящая работа посвящена описанию и экспериментальному исследованию некоторых простейших кольцаров. Полученные результаты позволяют утверждать, что эффект, обнаруженный Лазаревым, нуждается в углубленном изучении, поскольку его объяснение выходит далеко за пределы элементарной физики и затрагивает проблемы весьма фундаментального характера. В частности, обнаруженные корреляции между флуктуациями мощности, развиваемой кольцарами, и вариациями солнечной активности [ср. 3, 4], позволяют утверждать, что в природе вообще не существует истинно изолированных систем и что поэтому движущая сила любых процессов самоорганизации имеет в конечном счете космофизическое происхождение.

## ГЛАВА I

Кольцо Лазарева

### §1. Первые наблюдения:

Один из самых информативных экспериментов Лазарева заключался в следующем. В верхнюю часть замкнутого кольцеобразного сосуда с керамической пористой перегородкой (рис. 1) помещалось некоторое количество воды и затем на протяжении длительного времени (около четырех лет) наблюдалась динамика ее подъема в обводной трубке.

Несложный расчет показывает, что из-за существования сил поверхностного натяжения, действующих в капиллярах пористой перегородки, жидкость в обводной трубке должна подняться не до уровня  $H_2 - H_1$ , а до уровня

$$H' = H_2 - H_1 + \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g \gamma}$$

где  $\sigma$  — поверхностное натяжение,  $\theta$  — краевой угол,  $\rho$  — плотность жидкости,  $\gamma$  — радиус-капилляров пористой перегородки, а  $g$  — ускорение свободного падения. При этом, естественно, предполагается, что система находится в строгих изотермических условиях.

Именно такой дополнительный подъем жидкости, вызванный силами капиллярного давления и хорошо согласующийся с расчетным, и наблюдался Лазаревым в одном из экспериментов (рис. 2). На графике отчетливо видны три стадии процесса: быстрое достижение баланса сил гидростатического давления (излом на уровне  $H_2 - H_1$ ), значительно более медленный подъем уровня жидкости в обводной трубке

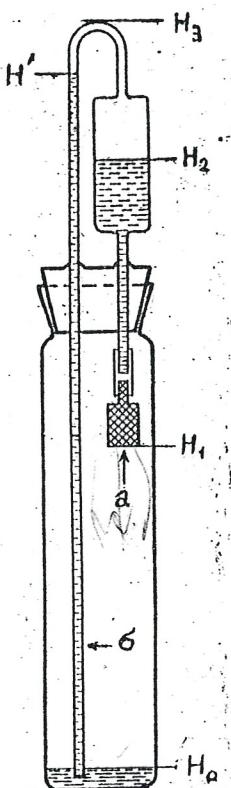


Рис. 1  
Схема кольца Лазарева:  
а — пористая перегородка,  
б — обводная трубка

вследствие действия сил капиллярного давления вплоть до достижения полного баланса всех сил (излом на уровне  $H'$ ) и, наконец, длительная квазистационарная стадия, когда в системе не проходило никаких заметных изменений.

Таким образом, совершенно очевидно, что уровень воды (или какой-либо другой жидкости) может устойчиво превышать уровень в пространстве над пористой перегородкой при выполнении простого условия

$$\frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g \gamma} > H_1 \quad (1)$$

согласованного в описанном выше эксперименте Лазарева. Точно также совершенно очевидно, что эта квазистационарная стадия не может длиться бесконечно долго: система в принципе неравновесна, и жидкость, находящаяся над пористой перегородкой, должна рано или поздно переместиться вниз. Вопрос заключается только в том, как скоро и каким образом это может произойти.

По-видимому, мы имеем дело с каким-то очень медленным процессом, поскольку Лазарев не наблюдал заметного изменения уровня  $H'$  на протяжении четырех лет. Таким процессом может служить изотермическая переконденсация, происходящая вследствие различия давлений насыщенного пара жидкости в поле тяготения на уровне  $H_0$ , условно принятом за нулевой, и на высоте  $H_1$ :

Если давление насыщенного пара жидкости непосредственно над ее поверхностью равно  $P_0$ , то на высоте  $H$  его давление  $P_H$  определяется т.н. барометрической формулой

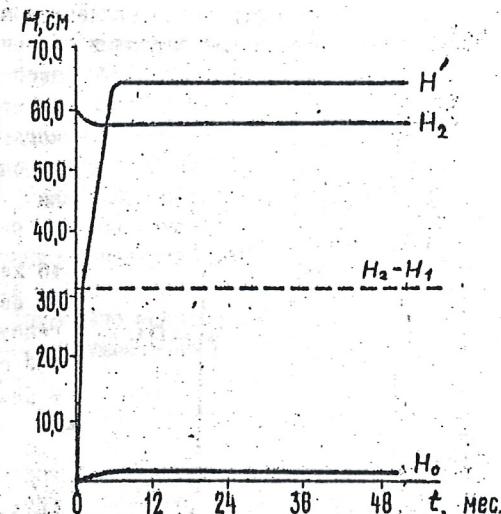


Рис. 2  
Результат одного из экспериментов Лазарева

$$P_H = P_0 e^{-\frac{mgH}{RT}},$$

где  $m$  — масса молекулы жидкости,  $k$  — постоянная Больцмана, а  $T$  — абсолютная температура. Поэтому в установке, изображенной на рис. 1, жидкость будет самопроизвольно испаряться с поверхности пористой перегородки и конденсироваться на дне сосуда. В результате этого уровни  $H_2$  и  $H'$  станут очень медленно понижаться, причем между ними будет сохраняться разность

$$\Delta H = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g^2} - H_1.$$

А после того, как над пористой перегородкой жидкости не останется вовсе, уровень в обводной трубке быстро понизится до  $H'_0$ , и система перейдет в равновесное состояние. Графически этот процесс, требующий для своей реализации по-видимому многих десятилетий, изображен на рис. 3.

## §2. Парадокс режима циркуляции

Таким образом, сам по себе подъем жидкости в обводной трубке на уровень  $H' > H_2$  представляет собой вполне тривиальное явление, легко объяснимое законами элементарной физики и наблюдаемое экспериментально. Однако технически нетрудно создать условия, когда поведение кольца становится загадочным. А именно, если

$$H_3 < H' \quad (2),$$

то жидкость сможет возвращаться из обводной трубки в пространство над пористой перегородкой самопроизвольно, самотеком, в результате чего в системе воз-

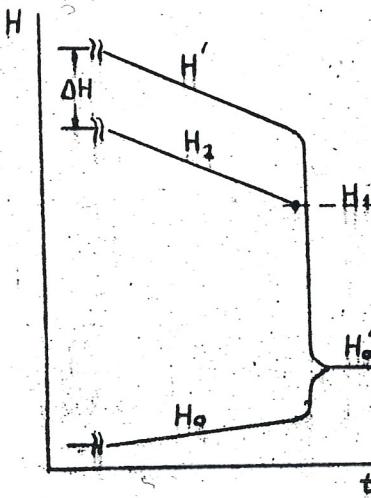


Рис. 3

Схема перехода кольца в равновесное состояние вследствие изотермической переконденсации

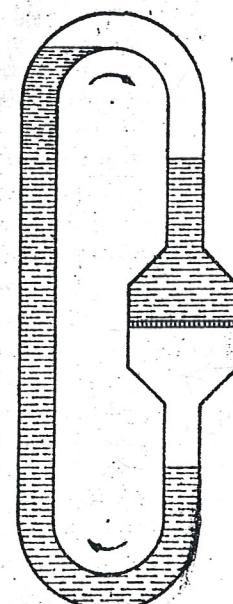
никнет циркуляция, и переход в равновесное состояние станет практически невозможным при постоянных  $\sigma, \theta, \rho, g$  и  $T$ , определяющих высоту дополнительного подъема жидкости в обводной трубке  $\Delta H$ , а также размерах самого сосуда. Получается так, что хотя все эти величины никак не задаются законами сохранения, но именно от соотношения этих величин зависит способность кольца либо переходить в равновесное состояние, либо функционировать в режиме, никак не предусмотренном равновесной термодинамикой (рис. 4).

Более того, можно показать, что переход системы в равновесное состояние, изображенный на рис. 3, вовсе не обязан происходить даже в том случае, если при соблюдении условия (1) условие (2) не выполняется. Дело в том, что помимо изотермической переконденсации жидкости между нижней поверхностью пористой перегородки и дном сосуда, такой же процесс должен происходить и между поверхностью жидкости в обводной трубке на высоте  $H'$  и жидкостью, находящейся над пористой перегородкой на высоте  $H_1$ . И если скорости этих процессов равны (а они определяются не только давлением насыщенного пара, но и площадью свободной поверхности жидкости, задаваемой размерами сосуда), то циркуляция может продолжаться неопределенно долго.

Парадоксальность поведения кольца Лазарева становится еще более очевидной, если учесть, что процессы испарения и конденсации сопровождаются тепловыми эффектами. Это значит, что в системе, изотермической по определению, между дном сосуда и пористой перегородкой должна самопроизвольно возникать стационарная разность температур, то есть должно наблюдаться явление, которое формально можно интерпретировать как явное нарушение второго начала термодинамики.

Рис. 4

Циркуляция жидкости в кольце Лазарева



Необычность этого термодинамического парадокса заключается в его обескураживающей очевидности: он разрешается как будто бы либо в том случае, если пожертвовать элементарной физикой, отрицая существование простого явления (капиллярного давления), либо в том случае, если пожертвовать классической термодинамикой (доказывая осуществимость "вечного двигателя" второго рода). Вообще говоря, классическая физика не способна объяснить квантовые явления типа сверхпроводимости (к которым не принято применять законы термодинамики), а классическая термодинамика потерпела неудачу при попытке объяснить явление жизни (которое описывается лишь термодинамикой необратимых процессов). Но ведь кажется совершенно бесспорным, что кольцо Лазарева не относится к квантовым системам и не требует для своего существования подвода свободной энергии в какой-либо из известных форм.

В результате рассмотрение эффекта кольца вызывает совершенно иррациональную, чисто психологическую реакцию, когда поиск решения проблемы подменяется упорным игнорированием как ее самой, так и породивших ее фактов.

### §3. Неквантовые системы с двумя состояниями

Одна из характерных особенностей квантовых систем заключается в том, что они могут одновременно находиться в двух различных стационарных состояниях. Например, в молекулярном ионе водорода  $H_2^+$  единственный электрон не может быть связан только с одним из двух одинаковых протонов, а стремясь принадлежать сразу им обоим, находится в непрерывном движении. В результате между протонами, помимо силы обычного электростатического отталкивания, возникает сила обменного взаимодействия, благодаря которой система обретает устойчивость [5]. Те же силы обменного взаимодействия между электронами связывают их в куперовские пары, благодаря чему близ абсолютного нуля возникает сверхпроводимость. В известном смысле сверхпроводящее кольцо, по которому циркулирует ток, вполне можно назвать кольцом, потому что чисто внешне это явление тоже не вписывается в круг явлений, допускаемых классической (обратимой) термодинамикой.

Хорошо известные чисто квантовые эффекты (не только сверхпроводимость, но и сверхтекучесть и туннелирование) не принято рассматривать с точки зрения термодинамики по причинам скорее исторического, а не научного характера. А именно, эти эффекты были

сначала открыты экспериментально, а затем объяснены теоретически, для чего пришлось использовать квантовомеханические представления, принципиально отличающиеся от представлений классической физики и просто игнорирующие существование второго начала термодинамики. В соответствии с этим и все реальные объекты были разделены на две группы, классические и квантовые, хотя совершенно очевидно, что подобное деление совершенно условно, касается не самих объектов, а лишь способов их описания. Поэтому если эффект сверхпроводимости (равно как и другие квантовые эффекты) и наблюдается, и объясняется, а эффект кольца наблюдается, но не объясняется, то это вовсе не означает, что такого эффекта реально не существует и/или что его невозможно объяснить.

Приложение второго начала термодинамики к реальным системам требует, как известно, большой осторожности: оно дает разумные результаты только в том случае, если строго определено само понятие "система". В сильно неравновесных системах явления, подобные циркуляции, вполне возможны; вопрос заключается лишь в том, как долго они могут продолжаться. Если система изолированная, то продолжительность циркуляции определяется запасом ее свободной энергии и кинетикой процесса, которая может быть сильно затрудненной из-за наличия высоких потенциальных барьеров, особенно при низкой температуре. Если же система открытая, то продолжительность циркуляции будет зависеть лишь от запаса свободной энергии окружающей среды, который может быть значительным, а в пределе — практически бесконечно большим. Если же мы подозреваем, что чего-то не знаем об особенностях системы, то термодинамика позволяет судить о них просто по ее наблюдаемому поведению.

Есть ли у сверхпроводящего кольца и кольца Лазарева какие-либо общие особенности помимо наблюдающейся циркуляции частиц вещества, не сопровождающейся заметными диссипативными процессами?

Прежде всего, как сверхпроводящее кольцо, так и кольцо Лазарева, представляют собой системы, явно далекие от состояния термодинамического равновесия, и применимость к ним законов обратимой термодинамики представляется весьма сомнительной. Но этим сходство не ограничивается. И в той, и в другой системе циркуляция связана с существованием двух различных сил физического взаимодействия (т. е. сил, имеющих различную физическую природу): в случае сверхпроводящего кольца — сил кулоновского взаимодействия и обменных сил, а в случае кольца Лазарева — сил гравитации и межмолекулярных взаимодействий. Результатом же совместного действия этих сил слу-

жил возникновение двух различных стационарных состояний, что и оказывается непосредственной причиной возникновения циркуляции.

Т.е. чисто феноменологически как квантовая, так и неквантовая системы оказываются весьма сходными; различие заключается лишь в том, как это сходство интерпретировать, что считать причиной, а что следствием. Так, в квантовой системе силы обменного взаимодействия считаются следствием существования двух состояний, поскольку существование двух состояний изначально постулируется. В неквантовой же системе причиной возникновения двух состояний оказываются силы, заданные как физическая реальность.

Поэтому можно предположить, что любая (а не только квантовая) неравновесная физическая система, в которой теоретически или экспериментально можно обнаружить два стационарных состояния, должна вести себя подобно кольцу Лазарева.

## ГЛАВА II

### Оsmотический кольца

#### §1. Разрешение парадокса

В кольце Лазарева одно стационарное состояние определяется стремлением системы прийти к равенству давления насыщенного пара над жидкостью, находящейся в обводной трубке и над пористой перегородкой (это состояние может быть достигнуто при условии  $H' = H_2$ ), а другое — стремлением к равенству гидростатического давления, создаваемого столбами жидкости слева и справа (это состояние может быть достигнуто при условии  $H' = H_1 - H_1$ ). Так как оба указанных условия не могут одновременно выполняться, то в кольце и возникает циркуляция, которая прекращается или не возникает совсем лишь в двух случаях: если  $H' = 0$  (когда не действуют силы поверхностного натяжения), или если  $H' = \infty$  (когда отсутствует сила тяжести). Поэтому проблема заключается в том, чтобы выяснить — каким образом кольцо может перейти в одно из двух равновесных состояний.

Кольцо Лазарева интересен тем, что позволил наблюдать экспериментально эффект циркуляции; однако он неудобен как модель для выполнения количественных оценок. Такой моделью может служить кольцо, в котором два состояния возникают в результате осмоса.

Если в замкнутый кольцеобразный сосуд с полупроницаемой перегородкой поместить с одной стороны чистый растворитель (например, воду), а с другой стороны раствор какого-либо вещества, молекулы

которого не способны проникать через перегородку (например, сахара), то в соответствии с уравнением Вант-Гоффа для идеальных растворов со стороны растворителя на раствор будет действовать осмотическое давление

$$P_{osm} = C_o^{(1)} RT,$$

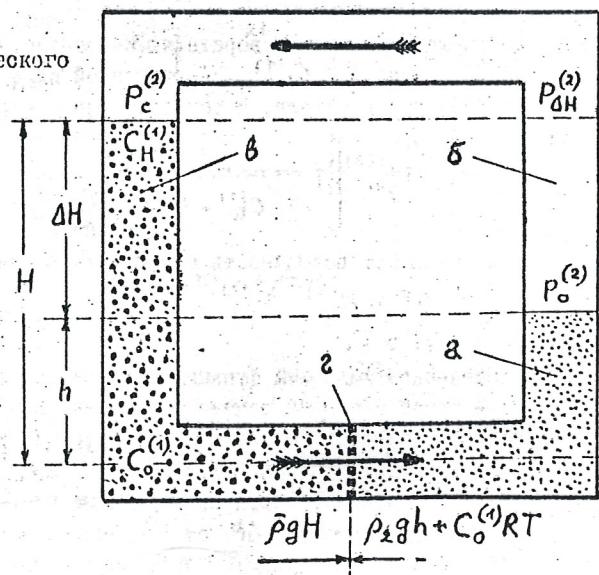
где  $C_o^{(1)}$  — фактическая концентрация растворенного вещества близ полупроницаемой перегородки,  $R$  — газовая постоянная, а  $T$  — абсолютная температура. В результате условие гидростатического равновесия системы определится как

$$\bar{\rho}gH = C_o^{(1)} RT + \rho_2 gh \quad (3),$$

где  $\bar{\rho}$  — средняя плотность раствора,  $\rho_2$  — плотность растворителя,  $g$  — ускорение свободного падения,  $H$  — высота уровня раствора, а  $h$  — высота уровня растворителя (рис. 5).

В равновесных изотермических условиях под действием силы тяжести концентрация растворенного вещества будет изменяться с высотой столба раствора по обычному экспоненциальному закону, и поэтому на нулевом уровне, близ полупроницаемой перегородки, она составит величину

Рис. 5  
Схема осмотического кольца:  
а — растворитель, б — насыщенный пар, в — раствор, г — полупроницаемая перегородка



$$C_0^{(1)} = \frac{m_1 \rho_2 g (\rho_1 - \rho_2) H}{R T (m_1 \rho_2 + m_2 \rho_1) (1 - e^{-\frac{M_1 g (\rho_1 - \rho_2) H}{\rho_1 R T}})} \quad (4),$$

а на высоте  $H$  концентрация раствора будет равна

$$C_H^{(1)} = \frac{m_1 \rho_2 g (\rho_1 - \rho_2) H}{R T (m_1 \rho_2 + m_2 \rho_1) (e^{\frac{M_1 g (\rho_1 - \rho_2) H}{\rho_1 R T}} - 1)} \quad (5).$$

Здесь  $\rho_1$  — плотность растворенного вещества,  $m_1$  и  $M_1$  — его масса и молекулярный вес, а  $m_2$  — масса растворителя, содержащегося в растворе. Средняя же плотность раствора окажется равной

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_1 \rho_2 (m_1 + m_2)}{m_1 \rho_2 + m_2 \rho_1} \quad (6).$$

Подставив (4) и (6) в (3), получаем, что

$$\Delta H = H - \frac{\rho_1 (m_1 + m_2) H}{m_1 \rho_2 + m_2 \rho_1} + \frac{m_1 (\rho_1 - \rho_2) H}{(m_1 \rho_2 + m_2 \rho_1) (1 - e^{-\frac{M_1 g (\rho_1 - \rho_2) H}{\rho_1 R T}})}$$

Если давление насыщенного пара над чистым растворителем равно  $P_0^{(2)}$ , то на высоте  $H$  оно будет иметь величину

$$P_{AH}^{(2)} = P_0^{(2)} e^{-\frac{M_2 g AH}{RT}},$$

где  $M_2$  — молекулярный вес растворителя. Непосредственно же над раствором с концентрацией  $C_H^{(1)}$ , определенной из (5), давление насыщенного пара растворителя, в соответствии с законом Рауля, составит

$$P_c^{(2)} = P_0^{(2)} \left[ 1 - \frac{C_H^{(1)}}{C_H^{(1)} + \frac{\rho_2}{M_2} - \frac{m_1 \rho_2}{m_2 \rho_1} C_H^{(1)}} \right].$$

В результате возникает возможность определить величину

$$\Delta P = P_c^{(2)} - P_{AH}^{(2)}$$

как функцию  $C$ ,  $H$  и  $T$ .

В аналитическом виде эта функция оказывается чрезвычайно промозглой, в связи с чем на основе справочных данных был выполнен расчет для растворов сахара с концентрациями 1,5 и 15%, именно, при 288К ( $15^\circ\text{C}$ ):  $\rho_1 = 1,588 \text{ г/см}^3$  и  $P_0^{(2)} = 12,788 \text{ мм рт. ст.}$ . Результаты этого расчета приведены на рис. 6 и 7.

Полученные зависимости  $\Delta P$  от концентрации раствора, равномера колыца  $H$  и температуры  $T$  позволяют сделать несколько

выводов принципиального характера.

1. Если  $\Delta P \neq 0$ , то в системе должна происходить циркуляция растворителя (на рис. 5 ее направление показано стрелками), подобная циркуляции в кольце Лазарева.

2. Циркуляция растворителя прекратится лишь при выполнении хотя бы одного из следующих условий:  $C \rightarrow 0$ ,  $H \rightarrow \infty$ ,  $T \rightarrow 0\text{K}$ . Иначе говоря, циркуляция невозможна лишь в истинно идеальной системе — имеющей бесконечно большой размер и содержащей бесконечно разбавленный раствор, находящийся при абсолютном нуле температуры.

3. То обстоятельство, что реальные системы отличаются от идеальных, не меняет существа дела: так, циркуляция невозможна ниже температуры замерзания растворителя, но это лишь сдвигает нижнюю границу осуществимости эффекта.

4. Как и в случае кольца Лазарева, эффект возникает вследствие того, что рассмотренная система относится к классу систем с двумя стационарными состояниями, одно из которых определяется ус-

Рис. 6

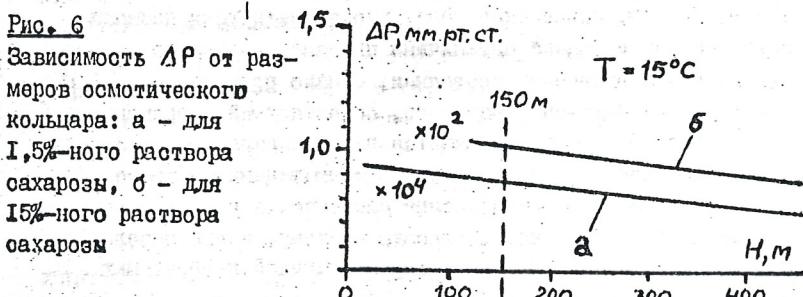
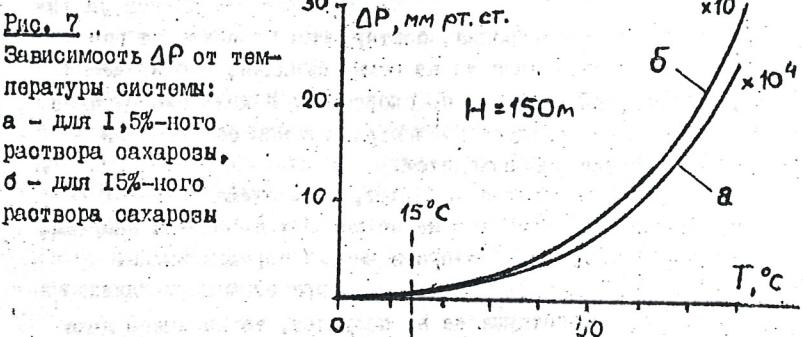


Рис. 7



ловием (3), а другое – требованием равенства давлений насыщенного пара на высоте  $H$  над раствором и чистым растворителем, которые в реальной системе одновременно не выполняются.

5. Как и кольца Лазарева, осмотический кольцо представляет собой систему, изначально далекую от состояния термодинамического равновесия, достижение которого сильно затруднено кинетически: полупроницаемая перегородка препятствует смешению раствора с чистым растворителем, а летучесть растворенного вещества может быть практически равной нулю. Вместе с тем, каким бы большим ни был молекулярный вес растворенного вещества (это может быть, например, белок, молекулы которого имеют размеры, существенно превышающие диаметр пор перегородки), теоретически существует не равная нулю вероятность того, что растворенное вещество будет проникать через полупроницаемую перегородку, а также испаряться из раствора. Иначе говоря, отличие величины  $\Delta P$  от нуля есть результат чисто кинетических затруднений.

Таким образом, совершенно ясно, что теоретически продолжительность "жизни" кольца ограничена продолжительностью его существования в неравновесном состоянии, однако практически она может быть сколь угодно большой – например, сопоставимой с временем жизни Вселенной. В этом и заключается решение парадокса кольца: законы классической физики и обратной термодинамики строго применимы лишь к идеальным, равновесным системам, а кольцо представляет собой реальную, неравновесную систему, и его поведение может быть корректно описано лишь термодинамикой необратимых процессов.

## §2. "Демон" кольца

Полупроницаемая перегородка, сортирующая молекулы по размерам, выполняет по сути дела те же самые функции, что и "демон" Максвелла, сортирующий молекулы по скоростям. И кольцо таков устройство существует, следует уточнить, в каком соотношении с законами термодинамики оно находится.

1. Если "демон" Максвелла работает, т.е. смещает термодинамическое равновесие, но при этом не потребляет свободной энергии, то мы имеем дело с нарушением второго начала термодинамики.

2. Если "демон" Максвелла работает и при этом потребляет свободную энергию, но ниоткуда ее не получает, то мы имеем дело с нарушением первого начала термодинамики.

3. Если "демон" Максвелла работает и при этом потребляет энергию, поступающую из определенного источника, то никакого нарушения законов термодинамики не происходит. Проблема заключается лишь в том, чтобы выяснить – находится ли источник энергии внутри рассматриваемой системы, или же он расположен во внешней среде. В первом случае работа "демона" будет сопровождаться неизбежной деградацией системы; во втором случае "демон" может работать неопределенно долго, не вызывая внутри системы никаких изменений, поскольку деградации будет подвергаться внешняя среда.

Поскольку циркуляция жидкости в кольце не только происходит (согласно наблюдениям Лазарева), но и должна происходить (из-за существования двух различных стационарных состояний), и в то же время у нас нет оснований сомневаться в справедливости законов термодинамики, то поиск причины возникновения эффекта должен сводиться к поиску источника энергии, питающей "демона" Максвелла.

Прежде всего обратим внимание на то, что свободная энергия, приводящая в действие кольца, имеет явно потривиальную природу. Условию обычного термодинамического равновесия осмотического кольца и отсутствия циркуляции соответствует состояние, когда по обе стороны полупроницаемой перегородки находятся растворы одинаковой концентрации. Как уже отмечалось, теоретически существует не равная нулю вероятность того, что молекулы растворенного вещества способны проникать через полупроницаемую перегородку, а также испаряться с поверхности раствора и конденсироваться на поверхности растворителя – т.е. циркуляцию растворителя в оном направлении (на рис. 5 против часовой стрелки) должна как бы компенсировать циркуляция растворенного вещества в противоположном направлении (по часовой стрелке). Однако, во-первых, вероятность такого процесса может быть исчезающе малой, а во-вторых, она может считаться и вовсе равной нулю – циркуляция от этого не прекратится; потому что она вызывается не процессом достижения равновесия, а балансом действующих сил, порождающих два стационарных состояния.

Совершенно очевидно, что кинетическую энергию молекул растворителя, циркулирующих по замкнутому контуру осмотического кольца, можно превратить в полезную работу – например, поставив на пути потока турбину, поднимающую грузик. Однако по мере того, как грузик будет подниматься, температура кольца станет снижаться, и когда она достигнет ОК, процесс прекратится. После этого потенциальную энергию, запасенную грузиком, можно вновь превратить

в тепло, в результате чего кольцо нагреется до первоначальной температуры. И этот процесс изотермического превращения тепла в полезную работу и полезной работы в тепло можно, по-видимому, повторять сколько угодно много раз — во всяком случае до тех пор, пока кольцо продолжает оставаться в неравновесном состоянии.

Следовательно, каким бы образом мы не пытались изолировать кольцо от обычных термодинамических контактов с внешней средой, он все равно останется принципиально открытой системой, к которой непрерывно подводится энергия высокого потенциала <sup>от которой</sup> низкого потенциала. Этот поток энергии, поддерживающий в стационарно-неравновесном состоянии как кольцо, так и любые другие метастабильные структуры, имеет, скорее всего, космофизическую природу, о чем свидетельствует обнаруженная связь между флюктуациями мощности, развивающейся кольцом Лазарева, и вариациями активности Солнца. В этом космофизическом ключе и может быть решена проблема существования "демона" Максвелла как особого устройства, обеспечивающего термодинамические контакты между всеми неравновесными системами Вселенной.

### §3. Кинетические признаки двух состояний

Само по себе обнаружение циркуляции жидкости по замкнутому контуру не может служить надежным доказательством существования эффекта кольца, поскольку заранее неизвестно, как долго эта циркуляция будет продолжаться и не является ли она тривиальным переходным процессом или не вызывается ли каким-либо тривиальным внешним воздействием. Такого рода доказательством может служить лишь обнаружение способности системы находиться в двух различных стационарных состояниях, поскольку в этом случае можно утверждать, что циркуляция должна возникать совершенно неизбежно и обязана продолжаться сколько угодно долго.

В осмотическом кольце, как и в кольце Лазарева, одно состояние определяется стремлением системы к достижению равенства гидростатических давлений, создаваемых столбами жидкости в сообщающихся сосудах; другое состояние определяется условием равенства давлений насыщенного пара над раствором и чистым растворителем. Чтобы привести систему в одно из таких состояний, необходимо разорвать контур осмотического кольца либо вверху, либо внизу, и позволить системе достичь состояния динамического равновесия, пока скорости потоков молекул растворителя (в жидкости

фазе или в парах) не станут одинаковыми в обоих направлениях — слева направо и справа налево.

Но если после этого вновь замкнуть контур кольца и при этом регистрировать скорость и направление массопереноса растворителя, то обнаружится, что каждому из двух различных стационарных состояний соответствует своя характерная кинетика: в частности, в одном случае будет наблюдаться плавный выход скорости массопереноса на плато, а в другом случае выход на то же самое плато будет происходить с изменением направления массопереноса (рис. 8); при этом из-за того, что жидкость обладает ограниченной инерцией, вместе с тем, испытывает вязкое трение о стены сосуда, в самом начале процесса выхода кольца в режим циркуляции должны наблюдаться колебания скорости массопереноса с характером для каждой конкретной системы периодом и временем затухания.

Обнаружение двух таких кинетик и может служить однозначным доказательством того, что в системе могут существовать два различных стационарных состояния, в результате чего циркуляция жидкости в кольце не связана с какими-либо переходными процессом и может продолжаться неопределенно долго.

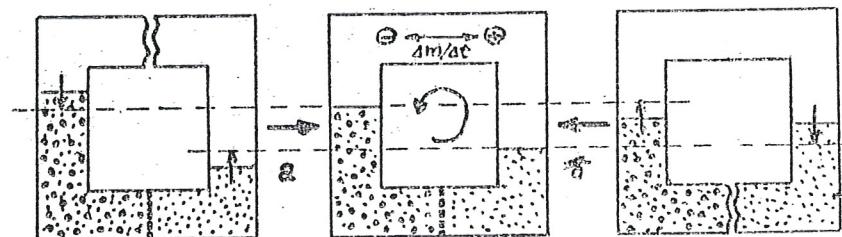
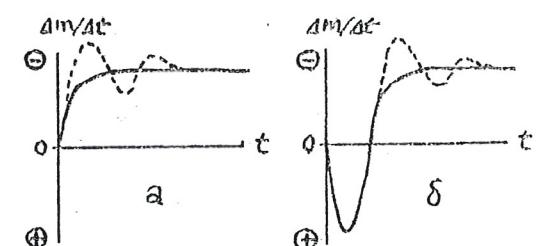


Рис. 8.

Две кинетики перехода кольца из двух различных стационарных состояний в режим циркуляции. Пунктиром показаны колебания, которые должны сопровождать начало скорости массопереноса на плато



### ГЛАВА III

#### Электрофизический кольца

##### § I. Постановка задачи

Поскольку между движением жидкости по трубам и тока по проводам можно провести определенную формальную аналогию, то имеет смысл рассмотреть электрофизический аналог кольца, в котором роль молекул растворителя играют электроны проводимости двух различных металлов, а роль полупроницаемой перегородки — полупроводник. Будет ли в такой системе происходить циркуляция носителей заряда, подобная циркуляции молекул жидкости в кольце Лазарева или осмотическом кольце?

Ответ на этот вопрос будет положительным, если в устройстве, схематически изображенным на рис. 9, удастся обнаружить два различных стационарных состояния.

Если привести в соприкосновение два металла с различными работами выхода электронов, то между этими металлами возникает т.н. контактная разность потенциалов

$$\Delta\varphi'_{12} = -\frac{E_1 - E_2}{e} \quad (7),$$

где  $E_1$  — работа выхода электрона из металла 1,  $E_2$  — работа выхода электрона из металла 2, а  $e$  — заряд электрона. За счет этой разности потенциалов полезной работы произвести, однако, нельзя: если концы такого диполя замкнуть каким-либо проводником, то между

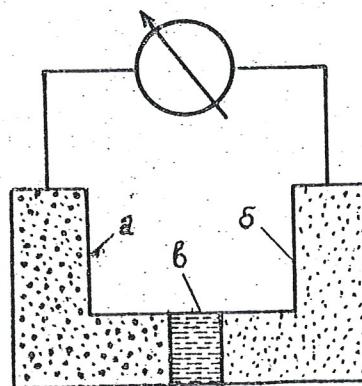


Рис. 9

Схема электрофизического кольца:

а, б — металлы с различными работами выхода электронов и концентрациями носителей заряда; в — полупроводник

ду им и металлами 1 и 2 тоже возникнут контактные разности потенциалов, причем их величины окажутся такими, что электрон, совершив полный оборот по замкнутому контуру, не приобретет никакой дополнительной энергии. Однако при этом упускается из вида, что движением тел (в том числе и электронов проводимости) управляет не энергия, а сила.

Между тем, помимо контактной разности потенциалов  $\Delta\varphi'_2$  (называемой первым потенциалом Вольты), между контактирующими металлами возникает еще и разность потенциалов  $\Delta\varphi''_{12}$  (называемая вторым потенциалом Вольты), определяемая различием концентраций носителей заряда  $n_{o1}$  и  $n_{o2}$  в металлах 1 и 2:

$$\Delta\varphi''_{12} = \frac{kT}{e} \ln \frac{n_{o1}}{n_{o2}}.$$

В свою очередь, в классическом приближении концентрация электронов проводимости в металле можно считать равным

$$n_o = N_A \mathcal{Z} \frac{\rho}{A},$$

где  $N_A$  — число Авогадро,  $\mathcal{Z}$  — валентность металла,  $A$  — его атомный вес и  $\rho$  — плотность. Откуда

$$\Delta\varphi''_{12} = \frac{kT}{e} \ln \frac{\mathcal{Z}_1 \rho_1 A_2}{\mathcal{Z}_2 \rho_2 A_1} \quad (8).$$

Из выражений (7) и (8) следует, что величины  $\Delta\varphi'_{12}$  и  $\Delta\varphi''_{12}$  совершенно независимы друг от друга: одна из них ( $\Delta\varphi'_{12}$ ) определяется взаимодействием электронов с кристаллической решеткой металла (т.к. работа выхода отсчитывается от уровня Ферма), а другая ( $\Delta\varphi''_{12}$ ) зависит от свойств атомов, образующих кристаллическую решетку (их валентности, массы и способности взаимодействовать друг с другом). Поэтому у разных контактирующих пар  $\Delta\varphi'_{12}$  и  $\Delta\varphi''_{12}$  могут иметь как одинаковые, так и противоположные знаки. Например, если для пары Та-Ни вычисление значения  $\Delta\varphi'_{12} = +400$  мВ и  $\Delta\varphi''_{12} = -11,7$  мВ, то для пары Ве-Аз значения  $\Delta\varphi'_{12} = +400$  мВ и  $\Delta\varphi''_{12} = +35,7$  мВ. Это и определяет способность системы, состоящей из двух контактирующих металлов, находиться в двух различных стационарных состояниях — одном, определяемом работой выхода электронов, и другом, определяемом концентрацией носителей заряда.

Если сравнить осмотический кольца с его электрофизическими аналогом, то можно сделать вывод, что в биметаллической системе роль гидростатического давления выполняет взаимодействие электронов с кристаллической решеткой (определенное работой выхода).

роль давления насыщенного пара - концентрация носителей заряда. Когда металлы I и 2, первоначально находящиеся при одном потенциале, соединяются друг с другом проводником, то по нему начинает течь ток, направление которого определяется соотношением работ выхода. После того, как между металлами возникает разность потенциалов  $\Delta\varphi_{12}'$ , этот первичный ток должен прекратиться, а работы выхода стать одинаковыми. Однако в общем случае при разности потенциалов  $\Delta\varphi_{12}$  равенство концентраций носителей заряда в металлах I и 2 не будет достигнуто, и по проводнику должен пойти вторичный ток, определяемый знаком и величиной  $\Delta\varphi_{12}''$ . В свою очередь, это приведет тому, что первоначально достигнутое равенство работ выхода нарушится, и по проводнику вновь потечет первичный ток - и т.д. Иначе говоря, два разных металла, соединенных друг с другом проводником, находятся в динамическом равновесии, определяемом разностью потенциалов  $\Delta\varphi = \Delta\varphi_{12}' + \Delta\varphi_{12}''$ .

В устройстве, изображенном на рис. 9, должны происходить те же самые процессы перераспределения зарядов. Однако в этом случае создаются условия, когда вторичное перераспределение зарядов, определяемое разностью потенциалов  $\Delta\varphi_{12}''$ , может происходить по замкнутому контуру. Это значит, что в цепи электрофизического колыца должно циркулировать ток, величина и направление которого определяется знаком и величиной  $\Delta\varphi_{12}''$ , а также сопротивлением полупроводника. Поскольку  $\Delta\varphi_{12}''$  имеет порядок 30 мВ, то в цепи с сопротивлением порядка 100 МОм должен наблюдаться ток порядка  $10^{-10}$  А. Измерение такого тока представляет собой вполне разрешимую экспериментальную задачу.

## §2. Материалы, приборы и методы <sup>\*)</sup>

Образцы для исследования готовились методом термического напыления в вакууме тонких слоев ( $10 \div 20$  мкм) алюминия, серебра и бериллия (чистота не менее 99,99%) на противоположные стороны пластин (диаметром  $30 \div 40$  мм, толщиной  $0,2 \div 0,8$  мм), вырезанных из монокристаллов фосфида галлия ( $P$ - и  $n$ -типа), фосфида индия ( $n$ -типа), а также  $P/n$ -переходов на основе

<sup>\*)</sup> В экспериментальной части работы принимали участие А.Н.Шарова, Л.Ш.Гелис, Я.И.Берцимаха, Н.Е.Невесский и В.А.Федоров.

фосфида галлия. Нумерация образцов, их структура и качественные результаты испытаний на способность генерировать ток, приведены в следующей таблице:

	Структура образца	Толщина п/п пластин	Наличие объекта
Образец 1	$Ag - P[GeP]p - Al$	0,8 мм	-
Образец 2	$Ag - n[GeP]p - Al^{\oplus}$	—"	+
Образец 3	$Ag - p[GeP]n - Al$	—"	-
Образец 4	$Ag - n[GeP]n - Al^{\oplus}$	—"	+
Образец 5	$Ag - n[IrP]n - Al$	—"	-
Образец 6	$n[GeP]n$ (контроль)	—"	-
Образец 7	$Ag - n[GeP]n - Al^{\oplus}$	0,2 мм	+
Образец 8	$Ag - n[GeP]n - Be$	—"	+

Предварительные качественные испытания образцов были выполнены при помощи зеркального микроамперметра. При цене деления 1 нА замыкание цепи, в которую были включены образцы 2 и 4, приводило к отклонению светового зайчика на 3  $\div$  5 делений, причем изменение полярности включения образцов приводило к изменению направления тока; образцы 1, 3, 5 и 6 (контроль) тока не генерировали.

Для всех последующих количественных исследований использовался электрометрический вольтметр В7-45 (производство Минского завода им. В.И.Ленина) с высокоомным входом, позволяющий измерять токи в диапазоне от  $10^{-7}$  до  $10^{-17}$  А. Согласно паспортным данным, дрейф нулевой точки прибора не превышает  $10^{-17}$  А за 24 часа непрерывной работы; среднеквадратичная амплитуда шума на аналоговом выходе составляет не более  $2 \cdot 10^{-18}$  А. Измерения производились на поддиапазонах  $10^{-9} \div 10^{-10}$  А в трех различных режимах:

- с использованием цифровой индикации и памяти прибора;
  - с помощью самописца, подключенного к аналоговому выходу;
  - с помощью ПЭМ, подключенной к аналоговому выходу через АЦП.
- Исследуемые образцы помещались либо непосредственно в закрытой измерительной камере прибора и включались в цепь с помощью двух медных электродов (диаметр 50 мм, толщина 5 мм) с посеребренными

как сплошными поверхностиами (рис. 10), либо в выносной экранированной камере (рис. II).

Вольтамперные характеристики образцов измерялись по схеме, изображенной на рис. 12.

### 3.3. Результаты экспериментов и обсуждение результатов

Результаты измерения вольтамперных характеристик образцов подтверждают изложенное выше результаты качественных испытаний и позволяют выделить их не вполне обычные свойства (рис. 13). Так, образцы 1, 5 и 6 (т.е. биметаллические системы на основе фосфата глицина  $\text{P}$ -типа и фосфата никеля  $\text{Ni}$ -типа, а также контрольный образец 2, имеющий без биметаллического покрытия), не дающие эффекта генерации тока, имеют обычные линейные вольтамперные

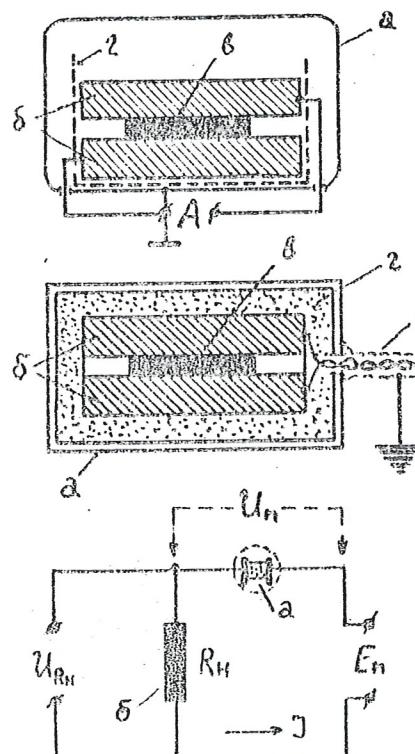


Рис. 10  
Схемы размещения образцов в измерительной камере прибора: а - камера, б - медные электроды, в - образец, г - полистиленовая изоляция

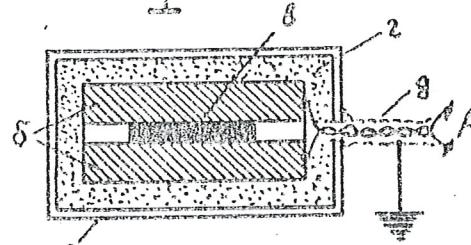


Рис. 11  
Схемы размещения образцов в выносной камере: а - пермалюсный экран, б - медные электроды, в - образец, г - тefлоновая изоляция, д - экранированный заземляющий кабель

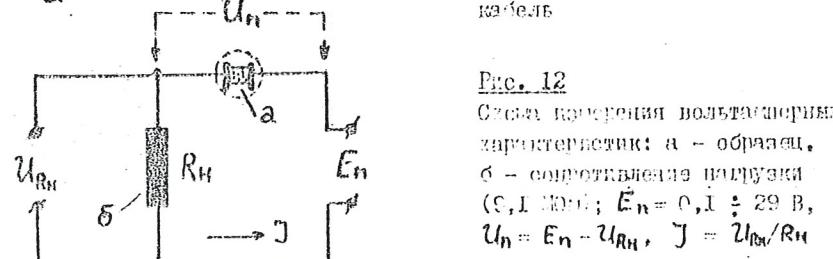


Рис. 12  
Схема измерения вольтамперных характеристик: а - образец, б - сопротивление нагрузки (0,1 МОм);  $E_n = 0,1 \pm 29$  В,  $U_n = E_n - U_{R_H}$ ,  $J = U_{R_H}/R_H$

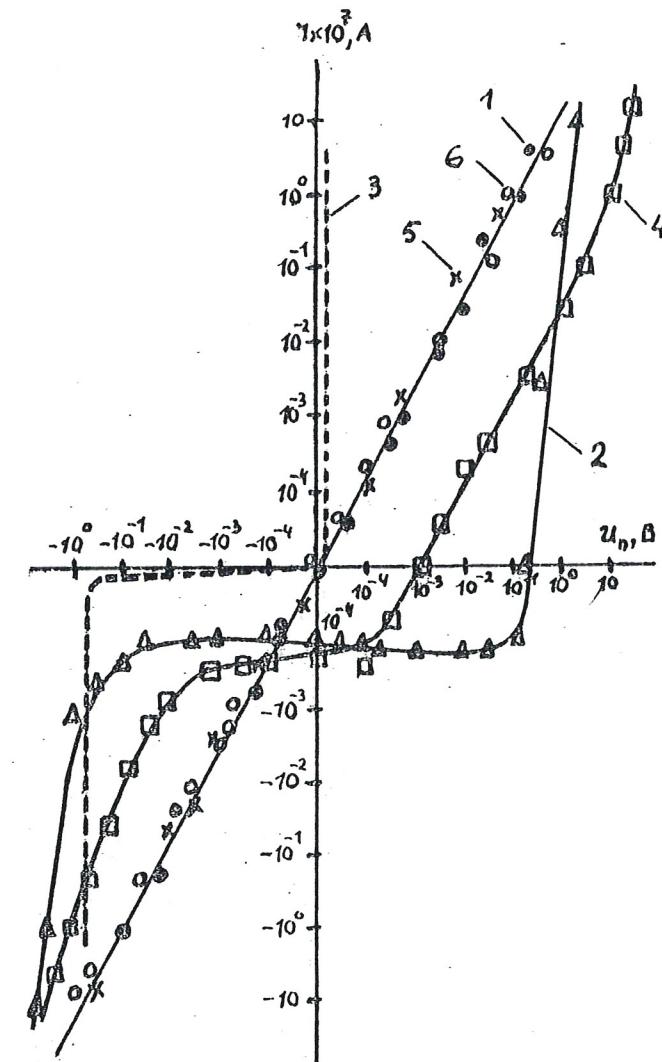


Рис. 13  
Вольтамперные характеристики различных образцов: образцы 1, 5 и 6 не дают эффекта генерации тока и имеют линейные ВАХ, образец 3 имеет ВАХ диода и не генерирует тока, но образцы 2 и 4 имеют симметричные ВАХ, проходящие через область отрицательного сопротивления

контактирующими поверхностями (рис. 10), либо в выносной экранной камере (рис. II).

Вольтамперные характеристики образцов измерялись по схеме, изображенной на рис. 12.

### 3. Результаты экспериментов и обсуждение результатов

Результаты измерения вольтамперных характеристик образцов подтвердили приведенные выше результаты качественных испытаний и позволяют выявить их не вполне обычные свойства (рис. 13). Так, образцы I, 5 и 6 (т.е. биметаллические системы на основе фосфора галлия  $P$ -типа и фосфора индия  $n$ -типа, а также контрольный образец фосфора галлия без биметаллического покрытия), не дающие эффекта генерации тока, имеют обычные линейные вольтамперные

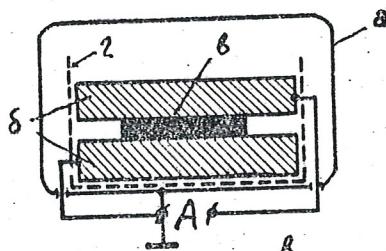


Рис. 10  
Схема размещения образцов в измерительной камере прибора: а - камера, б - медные электроды, в - образец, г - полиэтиленовая изоляция

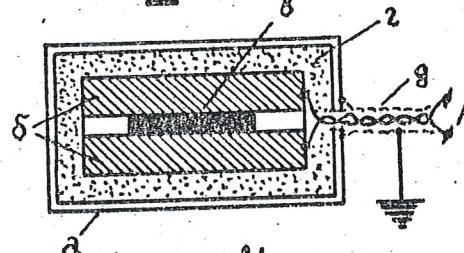


Рис. II  
Схема размещения образцов в выносной камере: а - гермаллюевый экран, б - медные электроды, в - образец, г - тefлоновая изоляция, д - заземленный кабель

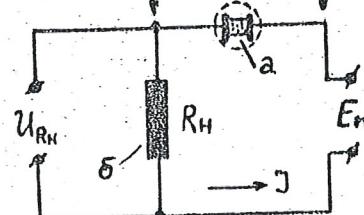


Рис. 12  
Схема измерения вольтамперных характеристик: а - образец, б - сопротивление нагрузки (0,1 МОм);  $E_n = 0,1 \pm 29$  В,  $U_n = E_n - U_{RH}$ ,  $I = U_{RH}/R_H$

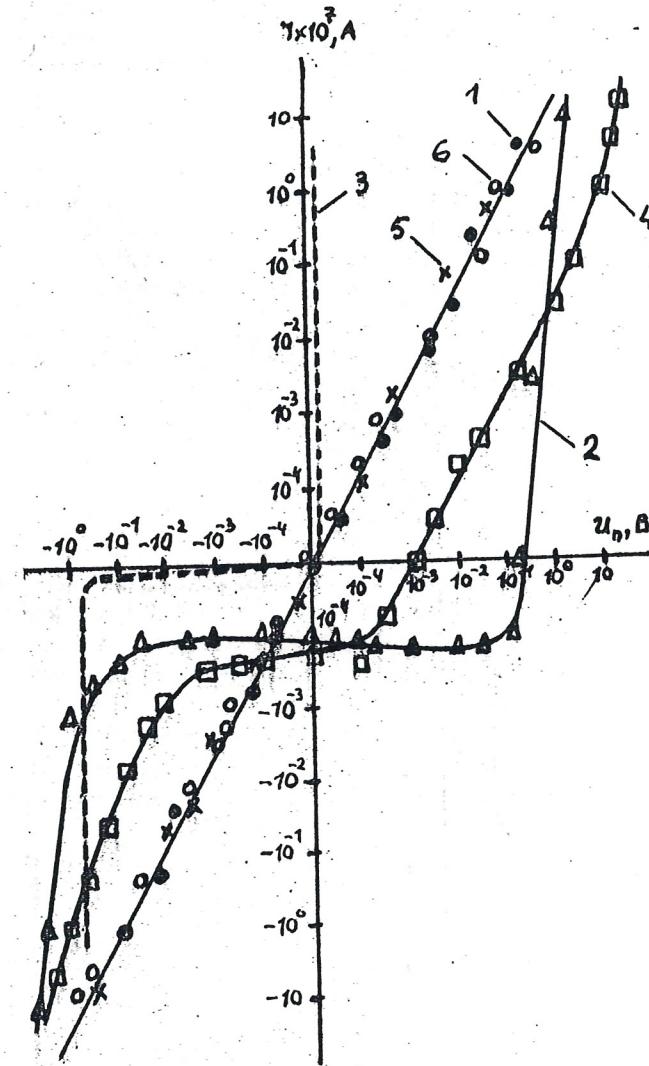


Рис. 13  
Вольтамперные характеристики различных образцов: образцы I, 5 и 6 не дают эффекта генерации тока и имеют линейные ВАХ, образец 3 не имеет ВАХ диода и не генерирует тока, но образцы 2 и 4 имеют симметричные ВАХ, проходящие через область отрицательного сопротивления

характеристики, в то время как вольтамперные характеристики образцов 2, 3 и 4 нелинейны. Но нелинейность образца 3 существенно отличается от нелинейности образцов 2 и 4: образец 3, как и образцы 1, 5 и 6, не генерирует тока и его вольтамперная характеристика имеет вид, характерный для обычных диодов, она проходит через нуль и раз-

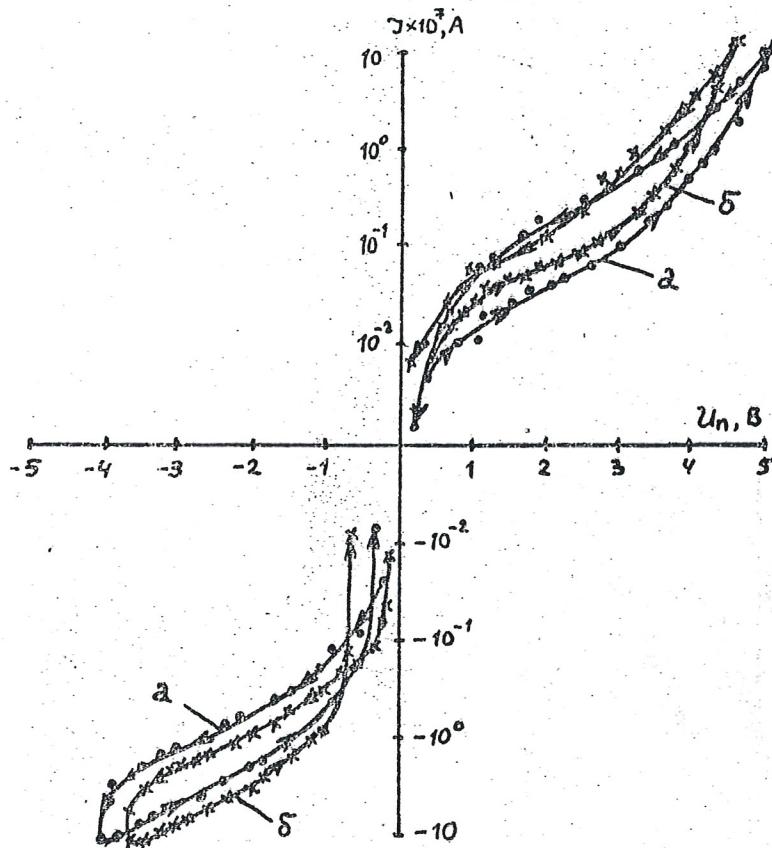


Рис. 14

Гистерезисные явления, наблюдавшиеся в образце 4 (стрелки указывают направление изменения  $U_n$ ): а - каждая точка представляет собой среднее из 100 отсчетов, выполненных за 10 сек.; б - каждая точка представляет собой среднее из 100 отсчетов, выполненных за 30 сек.

ко асимметрична. В отличие от этого, вольтамперные характеристики образцов 2 и 4 симметричны, но проходят через область отрицательного сопротивления, т.е. служат активными источниками тока. Кроме того, образец 4 (с которым производились все последующие эксперименты), проявляет еще одну интересную аномалию, требующую дополнительного исследования: в нем проявляется своеобразный эффект "памяти" (рис. 14).

Образцы 2 и 3 отличаются друг от друга только ориентацией разноименно заряженных металлов (серебра и алюминия) относительно одного и того же  $p/n$ -перехода; существенное различие из вольтамперных характеристик можно приписать тому, что в образце 3 ориентация зарядов способствует увеличению сопротивления двойного электрического слоя на  $p/n$ -переходе, а в образце 2 — его уменьшению. Для пары серебро — алюминий рассчитанное значение  $\Delta\varphi_2''$  составляет примерно  $-28 \text{ мВ}$ ; регистрируемое направление тока, генерируемого образцом 2, как раз и свидетельствует о том, что серебро несет отрицательный, а алюминий — положительный заряды.

В образце 4  $p/n$ -переход отсутствует вовсе; тем не менее, его вольтамперная характеристика оказывается похожей на вольтамперную характеристику образца 2, а не образцов 1, 3, 5 или 6. При этом образцы 2 и 4 генерируют ток порядка  $10^{-10} \div 10^{-11} \text{ А}$  и имеют э.д.с. порядка  $1 \div 100 \text{ мВ}$ , т.е. близкую по величине  $\Delta\varphi_2''$ .

Вообще говоря, причиной возникновения э.д.с. такого порядка могут служить некоторые тривиальные факторы.

I. Различие температур электродов, соприкасающихся с различными сторонами образцов. Действительно, генерируемый ток меняется с температурой образца (рис. 15); однако этот эффект является, скорее всего,

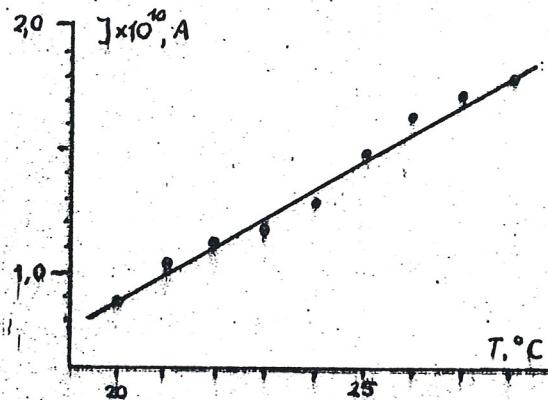


Рис. 15

Зависимость тока, генерируемого образцом 4, от температуры в измерительной камере

следствием уменьшения с температурой сопротивления полупроводника при практической постоянной э.д.с., потому что термоэлектродвижущая сила порядка 1 мВ может возникать при разности температур порядка  $30^{\circ}\text{C}$ ; такой градиент, естественно, не мог возникать в условиях опыта (тем более, что зазор между массивными медицинскими электродами составлял менее миллиметра). Более того, этот фактор как возможная причина наблюдаемого эффекта отсутствует по той причине, что переворот образца на  $180^{\circ}$  (при сохранении прежней полярности подключения электродов) приводит к изменению направления тока на противоположное, в то время как если бы причиной возникновения тока был градиент температуры, то такого изменения бы не происходило.

2. Физико-химические процессы, происходящие при старении образцов. Действительно, такие процессы способны, в принципе, приводить к возникновению э.д.с. Однако в этом случае образцы вели бы себя как обычные электрохимические элементы, а не как системы с двумя стационарными состояниями, которые надежно распознаются кинетически (см. гл. II, §3). А именно, если металлы, нанесенные на поверхность полупроводника с большим сопротивлением, заземлены, их потенциалы оказываются одинаковыми, а работы выхода электронов – различны (состояние 1); если же эти металлы замкнуты накоротко третьим проводником, то между ними возникает разность потенциалов  $\Delta\varphi = \Delta\varphi_1' + \Delta\varphi_2''$ , а работы выхода электронов стремятся стать одинаковыми (состояние 2). Включение в измерительную цепь образцов, подготовленных подобным образом, должно сопровождаться возникновением двух различных кинетик выхода тока на плато (ср. рис. 8); включение в измерительную цепь обычного электрохимического элемента не должно давать подобного эффекта. При выключении в измерительную цепь образца 4 как раз и удалось наблюдать две отчетливо различающиеся и хорошо воспроизводящиеся кинетики (рис. 16), что однозначно указывает на то, что эта система представляет собой настоящий электрохимический колыбель. При этом, как и следовало

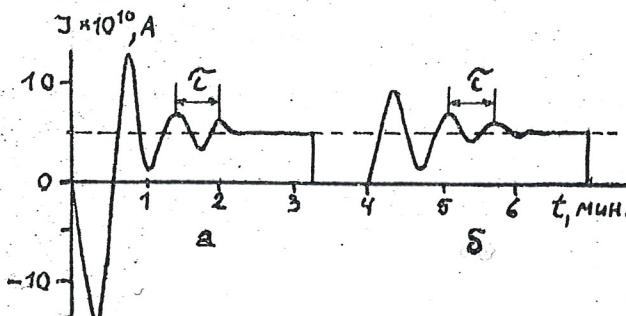


Рис. 16  
Две различные кинетики выхода тока на плато:  
а - из состояния 1,  
б - из состояния 2  
( $\tau \sim 40$  сек.)

ожидать, выход тока на плато сопровождается затухающими гармоническими колебаниями с амплитудами, периодами и временем затухания, характерными для каждого конкретного образца (рис. 17). Точно такие же колебания возникали и в том случае, если в измерительной цепи возбуждался импульсный ток (рис. 18), что указывало на то, что период колебаний и время их затухания определяются  $RC$ -характеристиками образцов,

3. Влияние внешних естественных и/или искусственных электромагнитных наводок. Действительно, затухающие гармонические колебания, изображенные на рис. 18, возникали в измерительной цепи в результате воздействия на индуктивность измерительной камеры импульсного магнит-

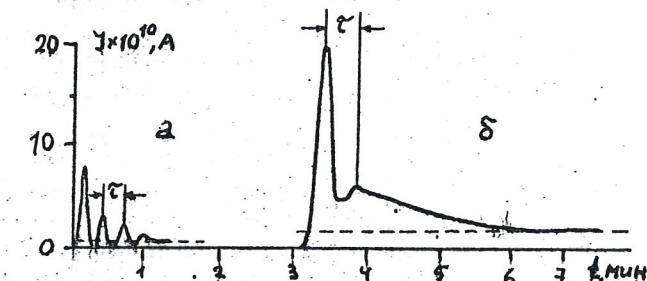


Рис. 17  
Кинетики выхода тока на плато у различных образцов:  
а - образца 7 ( $\tau \sim 15$  сек.), б -  
образца 8 ( $\tau \sim 25$  сек.)

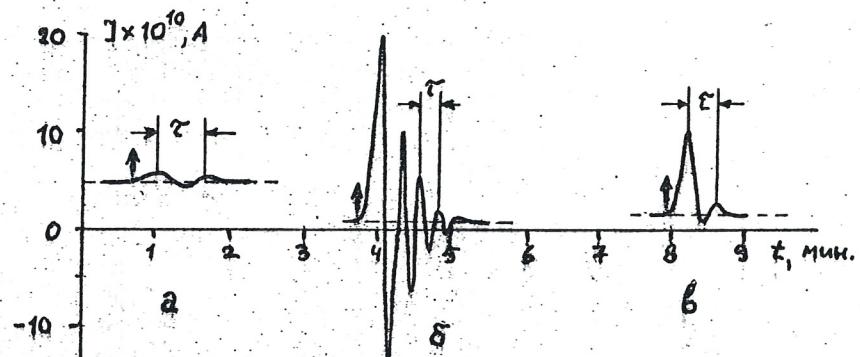


Рис. 18  
Появление затухающих гармонических колебаний после возбуждения импульсного тока в измерительной цепи: а - при образце 4 ( $\tau \sim 40$  сек.), б - при образце 7 ( $\tau \sim 15$  сек.), в - при образце 8 ( $\tau \sim 25$  сек.); момент возбуждения импульсного тока отмечен стрелкой

ного поля (постоянны) гагит с напряженностью  $\sim 100$  Э быстро проносился над измерительной камерой с помещенным в нее образцом или с подключенным к прибору образцом, находящимся в выносной экранованной камере; сами же образцы оказались нечувствительными к действию магнитного поля такой напряженности). Геомагнитные поля, амплитуда колебаний которых не превышает  $10^{-2}$  Э, способны, в принципе, возбуждать в измерительной цепи затухающие гармонические колебания тока с амплитудой до  $10^{-12}$  А (в случае образца 7) и до  $10^{-14}$  А (в случае образца 4), но не генерировать постоянный ток, поскольку образец 4, генерирующий ток до  $5 \cdot 10^{-9}$  А, не обладает выпрямляющими свойствами, судя по его вольтамперной характеристике (см. рис. 13); более того, именно в случае образца 4, генерирующего максимальный ток, измерительная цепь оказывается наименее возбудимой под действием импульсного магнитного поля. Что же касается высокочастотных радиоизлучений, то они достаточно хорошо экранируются стенками измерительной камеры, что подтверждается высокой стабильностью показаний прибора при измерениях на поддиапазоне  $10^{-15}$  А; стенки измерительной камеры, выполняющие роль клетки Фарделя, экранируют измерительную цепь и образцы и от действия электростатических полей.

Таким образом, можно считать вполне доказанным, что наблюдаемый электрофизический эффект (циркуляция тока по неоверхпроводящему кольцу при комнатной температуре) представляет собой настоящий эффект кольца; возможно, что он как-то связан с известным эффектом высокотемпературной сверхпроводимости, поскольку высокотемпературные сверхпроводники, как и электрофизический кольцо, имеют слоистую многокомпонентную структуру.

Электрофизический кольцо имеет еще одно свойство, отличающее его в один ряд с кольцом Лазарева: в нем наблюдаются флюктуации, имеющие (по крайней мере, частично) явно космогеническое происхождение. Изучение подобных флюктуаций и была посыпана заключительная часть экспериментов, посвященных электрофизическому кольцу.

Ток, генерируемый различными образцами, различается не только по величине, но и по характеру флюктуаций. Так, образец 4 генерирует самый большой ток о самой малой амплитудой флюктуаций; наибольший ток, генерируемый образцом 7, имеет так же следствие большой амплитуды флюктуаций; флюктуации тока образца 8 тоже значительны, но не приводят к изменению знака эффекта (рис. 19). Так как образец 4

генерирует самый большой ток (т.е. демонстрирует отчетливый эффект кольца), то именно он в дальнейшем использовался для изучения флюктуаций.

Прежде всего, эти флюктуации имеют характер неравновесного низкочастотного шума типа 1/f с видимыми гармониками. Если компенсировать постоянную составляющую тока, генерируемого кольцом (на основе образца 4), то в спектре мощности наблюдается размытый, но отчетливо выраженный максимум в области  $0.4 \pm 0.8$  Гц (рис. 20). В области более высоких частот наблюдается только обычный

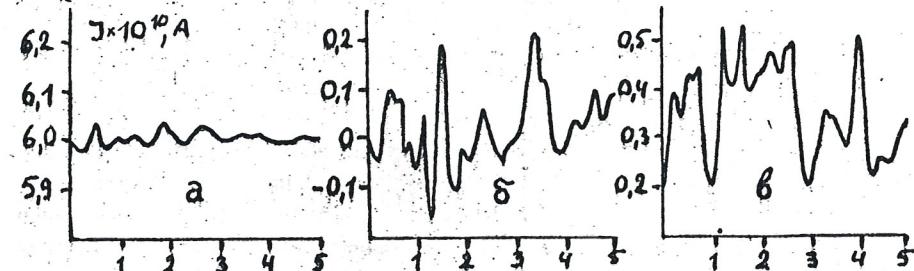


Рис. 19

Флюктуации тока, генерируемого различными образцами при постоянной интегрирования 10 сек.: а - образец 4, б - образец 7, в - образец 8

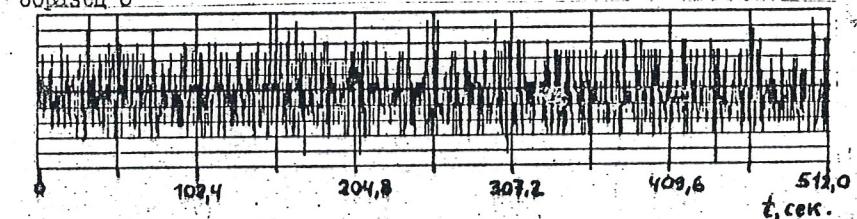


Рис. 20

Флюктуации тока, генерируемого образцом 4: сигнал (вверху), спектр мощности после компенсации постоянной составляющей (внизу)

тепловой шум с малой амплитудой (хотя, возможно, что высокочастотные флуктуации  $1/f$ -типа просто фильтруются измерительной цепью с большой постоянной времени), в связи с чем основное внимание было обращено на низкочастотную область спектра (постоянная составляющая тока, генерируемого кольцом, может рассматриваться как флуктуации с частотой  $f \rightarrow \infty$ ).

С этой целью была выполнена длительная серия измерений тока, генерируемого образцом 4 (всего 72 сут. непрерывных наблюдений); отсчеты делались каждые 15 мин. с постоянной интегрирования 100 сек. Типичный ход изменения тока в одно и то же время суток в разные дни приведен на рис. 21. Обратите на себя внимание не только значительная амплитуда флуктуаций (приборная ошибка измерения тока не превышает на соответствующем поддиапазоне  $\sim 3 \cdot 10^{-12} \text{ A}$ ), а также то, что среднее значение тока может как оставаться постоянным, так и резко меняться при практически постоянной температуре ( $\pm 0,2^\circ\text{C}$ ), т.е. когда температурный дрейф (см. рис. 15) не мог превышать  $\sim 1\%$  от измеряемой величины, т.е.  $\sim 2 \cdot 10^{-12} \text{ A}$ . Такие изменения носят чисто неслучайный характер (рис. 22), вследствие чего дальнейшему анализу

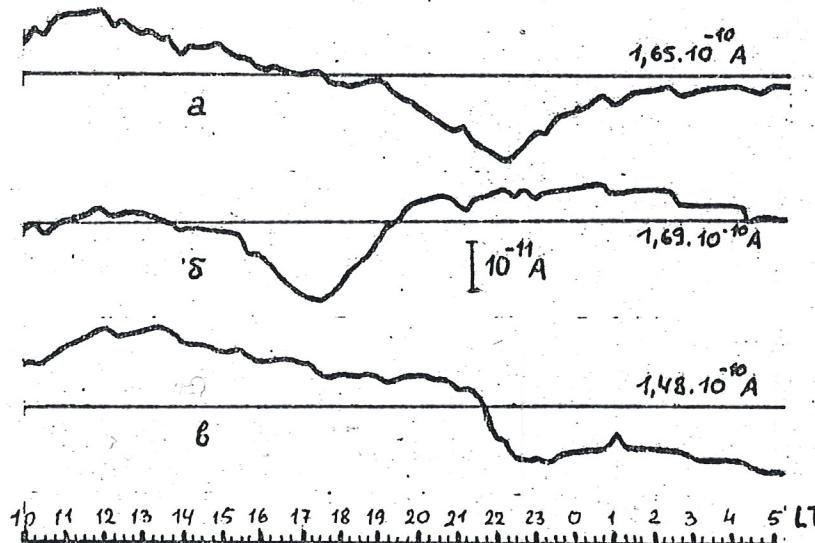


Рис. 21  
Флуктуации тока, генерируемого образцом 4, в разные дни в один и те же часы суток (LT — местное время): а — 1.06.92г., б — 2.06.92г., в — 3.06.92г.

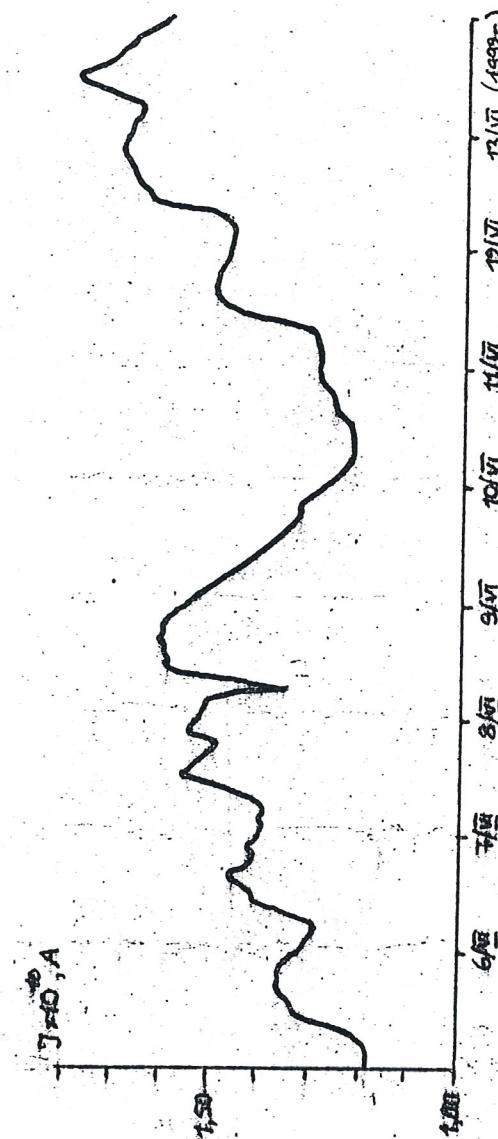


Рис. 22

Флуктуации тока, генерируемого образцом 4, непрерывно регистрировавшимся за промежутки 9 суток. Отчетливо прослеживаются циклы с периодом  $\sim 6$  сут. (среднее время прохождения Землей сектора межпланетного поля составляет  $\sim 7$  сут.)

были подвергнуты флюктуации низкой частоты.

Флюктуации среднесуточных значений тока (рис. 23) также имеют сложнопериодический характер при значительной амплитуде (периода  $10^{-10}$  А); лишь отдельные выбросы (например, 21 июня) можно приписать явлению температурного фактора, в целом же значимой связи флюктуаций тока с изменениями температуры измерительной ячейки не наблюдается. Однако ритмика флюктуаций тока (наличие в них достоверного периода  $\sim 33$  сут.) поразительным образом совпадает с ритмикой изменений активности Солнца (период  $\sim 32$  сут.), происходивших во время эксперимента, а также имеет некоторые общие черты с ритмикой вариаций общепланетарной геомагнитной возмущенности (рис. 24).

Предварительное суждение о причинах и механизме возникновения общих ритмов могут дать функции взаимной корреляции флюктуаций тока, изменений солнечной активности и геомагнитной возмущенности (рис. 25). Из их совместного рассмотрения можно сделать следующие выводы.

I. Флюктуации тока в электрофизическом кольце явно связаны с вариациями солнечной активности и переносятся на Землю солнечным

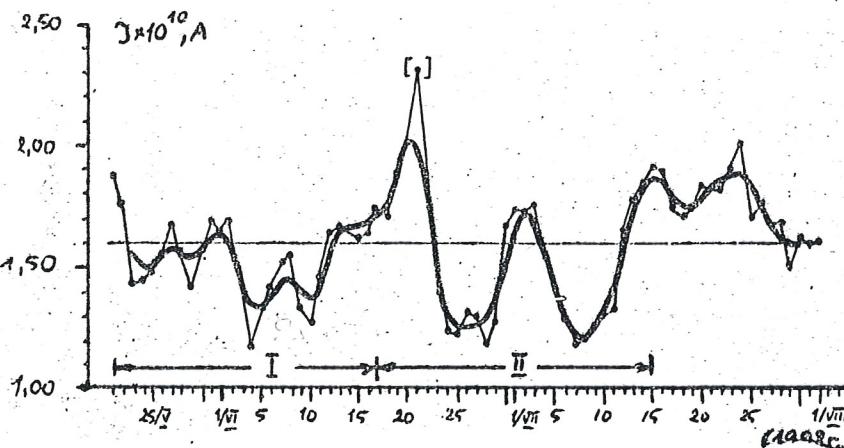


Рис. 23

Флюктуации среднесуточных значений тока, генерируемого образцом 4. Участки, обозначенные цифрами I и II, были использованы для обработки методом наложенных эпох (см. ниже рис. 27).

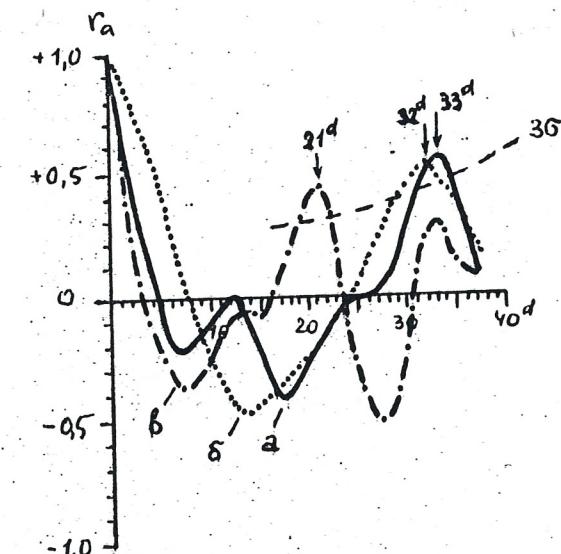


Рис. 24

Автокорреляционные функции: а - флюктуаций тока, генерируемого образцом 4, б - изменений солнечной активности (международные  $R_i$ -индексы), в - вариаций общепланетарной геомагнитной возмущенности ( $Ap$ -индексы). Периоды  $32^d$ ,  $33^d$  и  $21^d$  превышают уровень достоверности  $36^d$  ( $p < 0,005$ )

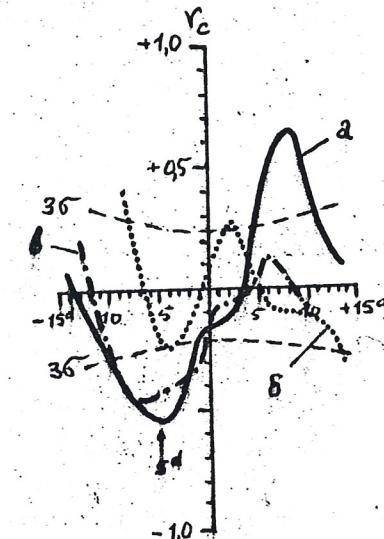


Рис. 25

Функции взаимной корреляции: а - флюктуаций тока и  $R_i$ -индексов (солнечной активности), б - флюктуаций тока и  $Ap$ -индексов (геомагнитной возмущенности), в -  $Ap$ -индексов и  $R_i$ -индексов. Зависимость флюктуаций тока и геомагнитной возмущенности от активности Солнца имеют одинаковый характер, но прямая связь флюктуаций тока с геомагнитной возмущенностью отсутствует ( $r_c = 0$  при  $0^d$ )

ветром (запаздывание на  $\sim 5$  сут., практически равное запаздыванию визуализации магнитосфера Земли, вызываемой этим важнейшим космомагнитическим фактором, ответственным также за связи Солнце – биосфера [6]).

2. Вариации визуализации геомагнитного поля не оказывают непосредственного влияния на флюктуации тока в электрофизическом кольце, а связаны с ними лишь косвенно, поскольку вызываются одним и тем же космомагнитическим фактором – солнечным ветром (но, возможно, его различными составляющими [7]).

3. Имеется некоторый намек на существование корреляции между флюктуациями тока и солнечной активностью без сдвига по фазе (перегиб на функции  $r_c$  при  $0^\circ$ ), т.е. о наличии фактора, осуществляющего быстрые (в сравнении с солнечным ветром) солнечно-земные связи (ср. [8, 9]).

Полученные результаты представляются достаточно странными и требуют ответа на вопрос: какова все-таки природа космомагнитического фактора, вызывающего флюктуации тока в электрофизическом кольце? Необычность этого фактора усугубляется еще двумя наблюдениями. Во-первых, попытки избавиться от флюктуаций тока дополнительной экранировкой образцов не дают заметного результата (рис. 26). Во-вторых, когда методом наложенных эпох из флюктуаций тока были выделены регулярные суточные компоненты (рис. 27), то они оказались поразительно похожими на регулярные суточные изменения азимута  $\Theta$  большой оси

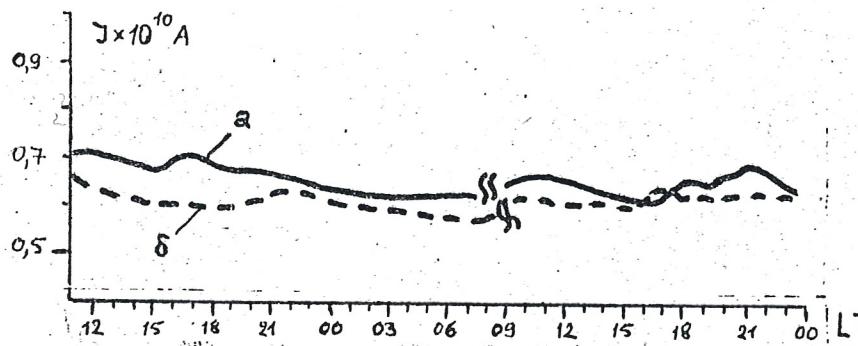


Рис. 26

Результаты наблюдений флюктуаций тока, генерируемых образцом 4 в выносной измерительной камере: а – без защиты от внешних воздействий, б – в заземленном первым слоем экране (см. рис. 11).

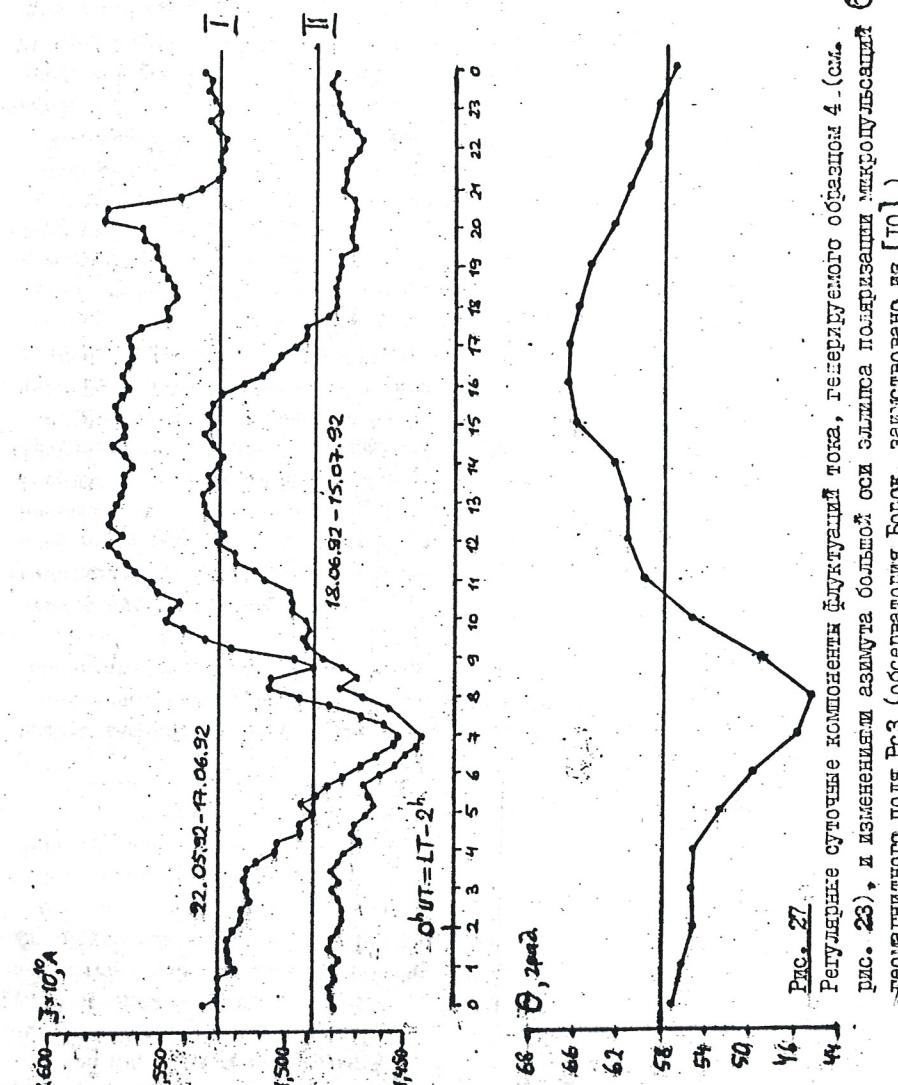


Рис. 27

Регулярные суточные компоненты флюктуаций тока, генерируемых образцом 4 (см. Рис. 23), в измененных заземлении большого оси земного поляризации геомагнитного поля Рс3 (обсерватория Борок, землестрано из [10])

эллипса поляризации микропульсаций геомагнитного поля РсЗ (т.е. се ориентации относительно земного меридиана), причем в этом случае никаких базовых сдвигов не наблюдается.

Микропульсации РсЗ, частота которых лежит в области  $0,02 \div 0,1$  Гц (ср. рис. 20), часто рассматриваются как непосредственный фактор, ответственный за наблюдавшиеся связи Солнце – биосфера [10]; однако этот фактор слишком слаб для того, чтобы вызывать заметные физические эффекты. Поэтому сходство и совпадение по фазе суточных компонент флюктуаций тока электрофизического кольца и величины  $\Theta$  (не имеющей характера энергетической характеристики электромагнитного поля) может быть лишь следствием того, что они имеют общее космофизическое происхождение. Например, быть общим следствием изменений каких-то свойств физического пространства, в котором распространяются электромагнитные волны, поляризованные по кругу влево и вправо.

По-видимому, непосредственной причиной флюктуаций тока, генерируемого электрофизическими кольцами, служит изменения работы выхода электронов, т.е. флюктуации высоты потенциальных барьеров; в свою очередь, флюктуации высоты потенциальных барьеров могут сложить общей причиной возникновения т.н. макрофлюктуаций в системах различной природы [3, 4]. В случае электрофизического кольца изменение работы выхода электронов должно приводить к соответствующему перераспределению носителей заряда между двумя различными двойными электрическими слоями и, следовательно, к возникновению флюктуаций основного тока в измерительной цепи [11]. Такое устройство может считаться весьма перспективным объектом для систематического изучения макрофлюктуаций, поскольку в этом случае выходной сигнал представляет собой прямое следствие породившей его причины и требует лишь соответствующего усиления (рис. 28).

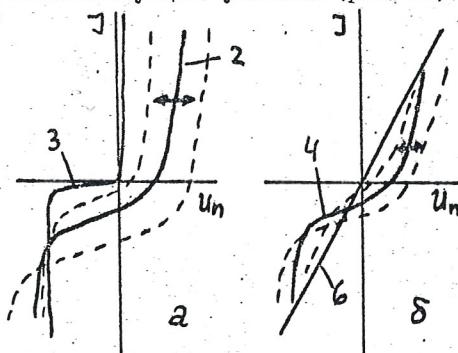


Рис. 28

Вероятные изменения ВАХ образцов при флюктуациях тока в электрофизических кольцах: а – изменения ВАХ между типом диода и активным источником тока, б – изменения ВАХ между типом активного источника тока и линейным сопротивлением (см. рис. 13)

## ВЫВОДЫ

Эффект кольца (особенно в его электрофизическом варианте) заслуживает самого широкого теоретического и экспериментального исследования не только из-за возможных следствий фундаментального характера, но и из-за результатов, способных иметь высокую практическую ценность.

Разумеется, вряд ли можно надеяться на то, что кольцо способен служить источником полезной энергии: развиваемая им мощность (порядка  $10^{-10} \div 10^{-12}$  Вт) слишком мала и вряд ли может быть значительно повышенена путем даже самой плотной упаковки его структурных элементов. Однако такой мощности вполне достаточно для того, чтобы на основе эффекта электрофизического кольца создавать принципиально новые чрезвычайно весные элементы микроэлектроники, способные моделировать процессы возбуждения и торможения, происходящие в головном мозге. Нельзя исключить и возможности того, что изучение эффекта электрофизического кольца способно привести к созданию новых высокотемпературных сверхпроводников. Наиболее же реальная перспектива использования электрофизических кольцев заключается в создании на их основе приборов, позволяющих изучать солнечно-земные связи с целью использования получаемой информации для прогнозирования гелиогеофизических и гелиобиологических событий экстремального характера, а также служить основой для разработки принципиально новых средств связи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жирблин В.Е. "Кольцо" Лазарева: первый пример искусственной динамической дисипативной структуры. Препринт № 1 МИЦ "ВЕНТ". М., 1991.
2. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М., Прогресс, 1986.
3. Удалыкова Н.В., Коломбет В.А., Шуль С.Э. Возможная космофизическая обусловленность макрофлюктуаций в процессах различной природы. Пущино, 1987.
4. Владимирский Б.М. Макроскопические флюктуации, солнечно-земные связи и методические проблемы точных измерений. Известия Крымской астрофизической обсерватории, 1990, т. 82, с. 161 – 172.
5. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндо М. Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1978, т. 8–9, с. 175 – 183.
6. Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А., Макеев В.Б., Владимирский Б.М. Космическая экология, Киев, Наукова думка, 1985.
7. Жирблин В.Е. О воспроизводимости гелиобиологических экспе-

риментов. В кн.: Проблемы космической биологии, т. 65. Биофизические и клинические аспекты гелиобиологии. Л.: Наука, 1989, с. 145 - 160.

8. Акимов А.Г., Пугач А.Ф. К вопросу о возможности обнаружения торсионных волн астрономическими методами. Препринт № 25 МИТЦ "ВЕНТ". М., 1992.

9. Козырев И.А. Линейная или несимметричная механика в линейном приближении. Пулково, 1958.

10. Тегурьянц Н.Л., Владимирский Б.М., Тишкан О.Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. Киев, Наукова думка, 1992, с. 109.

11. Жирблик В.Е. Устройство для регистрации флюктуаций работы выхода электронов. Патент Российской Федерации (заявка № 5028194/25 от 21.02.92г.).

#### ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Глава I. Колыцар Лазарева.....	4
Глава II. Осмотический колыцар.....	10
Глава III. Электроизический колыцар.....	18
Выходы.....	37

Жирблик Вячеслав Евгеньевич

Феноменологическое описание и экспериментальное исследование некоторых колыцаров

Препринт Межотраслевого научно-технического центра  
высоких нетрадиционных технологий (МИТЦ "ВЕНТ")

Москва 125190, а/я 214

Подписано в печать 18.01.93 г.  
Печ. л. 2,4.  
Уч.-изд. л. 1,58  
Тираж 300 экз.  
Цена договорная