

© 1992 г. МОРОЗОВ А. Н., ТУРЧАНИНОВ С. О.

**МАКРОСКОПИЧЕСКИЕ ФЛУКТУАЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА  
ДИФФУЗИИ И НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ШУМЫ  
В ЭЛЕКТРОЛИТАХ**

Проведено описание токовых шумов в малых объемах электролита, вызванных макроскопическими флуктуациями коэффициента диффузии. Установлено, что верхняя граница постоянной времени корреляции коэффициента диффузии для электролитов не превышает величины порядка  $\sim 3 \cdot 10^{-8}$  с. Предложен метод повышения чувствительности экспериментов.

Проблема теоретического описания и экспериментальной регистрации макроскопических флуктуаций космофизического происхождения может быть рассмотрена в рамках задачи о случайных колебаниях кинетических коэффициентов в диссипативной среде. Такое рассмотрение основывается на гипотезе о возникновении крупномасштабных корреляций случайных тепловых движений частиц среды вследствие внешних воздействий, причем в рамках данной гипотезы предполагается, что радиус корреляции этих движений зависит от неконтролируемых космофизических факторов. Возникновение в среде корреляций скоростей частиц в первую очередь должно повлиять на характер флуктуаций коэффициентов переноса (например, коэффициента диффузии). В данной работе для проведения теоретического описания и получения количественных оценок получено уравнение диффузии для двумерной плотности частиц в среде. Решение этого уравнения позволяет получить выражения, описывающие изменение характера флуктуаций числа частиц в малом объеме среды, которое вызвано возникновением в среде макроскопических случайных колебаний коэффициента диффузии.

Полученные соотношения могут быть применены для анализа чувствительности экспериментов по регистрации макроскопических флуктуаций космофизического происхождения на основе измерения шумов в малых объемах электролита. В этих опытах проводится измерение токовых шумов в небольшом отверстии в пленке, отделяющей два сосуда с электролитом. Постоянная времени корреляции коэффициента диффузии ионов может быть оценена по формуле

$$\tau_0 = N_0 kTR / U_0^2,$$

где  $N_0$  — число ионов в измеряемом объеме электролита,  $k$  — постоянная Больцмана,  $T$  — температура среды,  $R$  — электросопротивление электролитической ячейки,  $U_0$  — постоянное напряжение, приложенное к ней.

Анализ экспериментов по измерению шумов в электролитах показывает, что за последние 20 лет уровень чувствительности по отношению к указанному параметру  $\tau_0$  повысился всего на один порядок (от  $10^{-6}$  до  $10^{-7}$  с), причем переход к измерению шумов электролита в молекулярных каналах бислойных липидных мембран не привел к существенному увеличению чувствительности экспериментов. Проведенные нами эксперименты позволяют утверждать, что в условиях естественной космофизической обстановки постоянная времени корреляции коэффициента диффузии для электролитов не превышает величины  $\tau_0 \sim 3 \cdot 10^{-8}$  с. Оценка нижней границы величины  $\tau_0$  дается постоянной времени релаксации ионов в электролитах,

лежащей в пределах  $10^{-10}$ — $10^{-12}$  с. Таким образом, достигнутый уровень чувствительности измерений шумов в электролитах, видимо, не достаточен для непосредственной регистрации макроскопических флуктуаций коэффициента диффузии и требуется дальнейшее совершенствование подобных экспериментов.

В качестве одного из перспективных методов дальнейшего повышения чувствительности может стать измерение собственных тепловых шумов в малых объемах электролита с избыточной концентрацией ионов одного знака. Получение подобных электролитов с избыточным зарядом возможно путем размещения в зоне исследования хорошо изолированного от электролита зонда с постоянным электропотенциалом. Технически это может быть реализовано при измерениях шума электролита в отверстии тонкой пленки с введенным в него изолированным проводом, подключенным к источнику постоянного напряжения. Оценки дают, что в таких экспериментах есть возможность достичь чувствительности на уровне  $\tau_0 = 10^{-9} \div 10^{-10}$  с и таким образом подойти к указанному выше минимальному возможному значению постоянной времени корреляции коэффициента диффузии.

Подход, связанный с получением и анализом уравнения диффузии для двумерной плотности частиц, может быть использован не только для исследования проблемы макроскопических флуктуаций космофизического происхождения, но и для рассмотрения целого класса задач, в которых флуктуации коэффициента диффузии возникают вследствие физических воздействий на среду. В частности, предложенный подход позволяет более адекватно описывать флуктуации, вызванные конвективными процессами и явлениями в точке фазового перехода. Указанное описание должно позволить решать как чисто прикладные проблемы, так и анализировать возможность использования различных сильно неравновесных процессов для регистрации флуктуаций космофизического происхождения.

Московский государственный  
технический университет им. Н. Э. Баумана;

Поступила в редакцию  
4.10.1991

Научно-исследовательский институт  
прикладной математики и механики  
МГТУ им. Н. Э. Баумана

#### MACROSCOPIC FLUCTUATIONS OF DIFFUSION COEFFICIENT AND LOW FREQUENCY NOISE IN ELECTROLYTE

MOROZOV A. N., TURCHANINOV S. O.

*N. E. Bauman Moscow State Technical University*

A description of electric current noise in small volumes of an electrolyte induced by macroscopic fluctuation of the diffusion coefficient is presented. It is established that the upper limit of the time constant of the correlation coefficient does not exceed the quantity of  $3 \cdot 10^{-8}$  seconds. The method of increasing the experiments sensitivity is also discussed.