

УДК 577.3

И. А. Степанюк, О. М. Горохова, А. Л. Заянчковский

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ МЕТАЛЛ-ВОДА

Проблема изучения автоколебательных процессов в электрохимических системах интересна не только с позиции коррозии металлов в естественных средах (пресная вода, морская вода, водяной пар), что имеет конкретные практические приложения, но также как упрощенная модель функционирования биохимических систем. В биохимических системах широко известны автоколебательные процессы (реакции), в частности – реакции Белоусова-Жаботинского (например [1]). В литературе (например [2]) описано влияние внешних магнитных полей на характер протекания подобных реакций.

В то же время автоколебательные реакции предполагаются одним из возможных генераторов (задатчиков) внутренних ритмов жизнедеятельности биологических объектов. Действительно, такие геофизические факторы как вращение Земли, лунные суточные и полусуточные приливные процессы (для гидробионтов) и другие столь же длиннопериодные факторы не могут оправдать внутрисуточную ритмику, в частности, у тех же гидробионтов. В противоположность этому автоколебательные реакции могут претендовать на роль "задающих генераторов".

В наших работах, например [3], по-видимому, впервые было установлено *подавление* спектральной плотности ультрадианных (т.е. короткопериодных) *биоритмов активности гидробионтов* при естественных ГМ-возмущениях. Моделирование этих процессов в лабораторных условиях позволило подтвердить эффект подавления и выявить наиболее активные частотные диапазоны воздействия.

Совокупность подобных результатов позволяет рассматривать проблему автоколебательных процессов и их зависимости от внешних факторов наиболее широко. А именно – в следующем аспекте: существуют *разного типа* (химические, биохимические, электрохимические, термодинамические и др.) автоколебательные процессы, на характер протекания которых воздействуют *переменные магнитные поля* естественного уровня напряженности. Можно попытаться найти некоторую общность подобных воздействий, соответственно, выявить *общие* активные частоты и установить какие-то единые закономерности.

В этом плане особенно привлекательной является "похожесть" двойных электрических слоев (ДЭС) в зоне контакта металл-вода и биологических мембран.

На наш взгляд, именно здесь появляется как бы "стыковка" чисто биологических проблем с физико-химическими проблемами.

В наших ранних экспериментах с электрохимическими системами [4] отмечалось формирование *нешумовых* (т.е. полиэкстремальных) функций спектральной плотности характеристик двойных электрических слоев (потенциала, емкости, тангенса угла диэлектрических потерь) при воздействии на систему измерительной электрохимической ячейки внешних переменных магнитных полей. Выявленный эффект ранее подробно не исследовался.

В докладе представляются результаты экспериментальных исследований формирования устойчивых автоколебательных процессов в электрохимических системах металл-морская вода и влияния на них внешних сверхслабых переменных магнитных полей. Для таких условий модель системы представляется следующей. Двойной слой зарядов, располагаемый непосредственно на границе металла 1 и морской воды (рис.1) содержит слой 2 зарядов одного знака (например, положительных; знак зависит от вида металла), а в воде – слой 3 противоположного знака. Сочетание этих двух слоев с расстоянием между ними порядка межмолекулярных промежутков, как известно, называют *плотной частью* ДЭС. Напряженность электрического в плотной части может достигать 10^6 В/м. Для воды кроме плотной части характерна так называемая *диффузная часть* 3 слоя, где наблюдается повышенное содержание зарядов того же знака, что и в плотной части. Суммарный заряд плотной и диффузной частей в воде соответствует заряду в металле. Ширина диффузной части зависит от вида металла и от концентрации ионов в воде. Она примерно соответствует 0,1-0,2 мм. Несомненно, что из-за термодинамических процессов эти заряды не являются "приклеенными", но при "ухуде" какого-либо заряда (нарушение равновесия) возрастает локальная напряженность электрического поля в этой зоне, а в результате "захватывается" ближайший движущийся заряд из объема воды. Тем самым, равновесие восстанавливается. Подобное равновесие является динамическим, и при точных измерениях всегда регистрируется шумовая составляющая характеристик двойного слоя – емкости, потенциала, заряда и т.д. Однако, при ограниченных размерах ячейки, что характерно, например, для условий язвенной коррозии металлов, для лабораторных условий, а также для аналогов биологических мембран, необходимо учитывать облако 5 объемного заряда. Ведь выделяемые из электрически нейтрального раствора заряды плотной и диффузной частей должны оставлять в растворе *некомпенсированные* заряды противоположного знака. Это облако уравнивает электрохимическую систему всей ячейки. Любые отклонения от равновесия как облака 5, так и диффузной части 3 системы ДЭС, не могут обеспечивать *всего лишь возвращение* к точке равновесия, но обязательно вызывают *переход* через такую точку, т.е. процесс автоколебаний.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Электрохимическая ячейка, показанная на рис.1, подключалась непосредственно к комплексному измерителю емкости и тангенса угла диэлектрических потерь. Конструкция помещалась в зону однородного магнитного

поля соленоида. Поле создавалось с помощью генератора крайних низких частот при контроле формы сигнала и создаваемой напряженности (индукции).

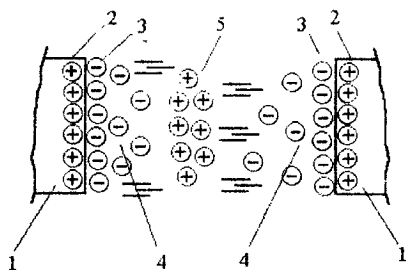


Рис.1. Схема электрохимической ячейки с ДЭС металл-морская вода

Эксперименты проводились по схеме "контроль-опыт-контроль". Выявлялись эффекты воздействия как по отношению к средним характеристикам контрольных серий (каждая серия содержит не менее 100 значений), так и по отношению к первой контрольной серии (для учета наблюдавшегося "последствия" магнитного поля).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 2 представлен пример инициирования автоколебательного процесса при воздействии ПеМП индукцией 1 мкТл частотой 8 Гц. Здесь выделяются три области автоколебаний, обусловленные нарушением динамического равновесия. Анализ всей совокупности имеющихся данных позволяет связать эти области с соответствующими зонами системы. Исследования в частотной области позволили установить, что воздействие ПеМП может приводить как к инициированию автоколебаний, так и к их подавлению, если они изначально возникают вследствие каких-либо иных механизмов (рис.3). Однако, частоты ПеМП инициирования и подавления различны. Предварительные оценки, выполненные для трех основных областей автоколебаний: 7-10 с, 14-20 с и 25-45 с, показывают вполне удовлетворительную воспроизводимость данных по "активным" и неактивным" частотам при различных разведениях дистиллятом морской воды.

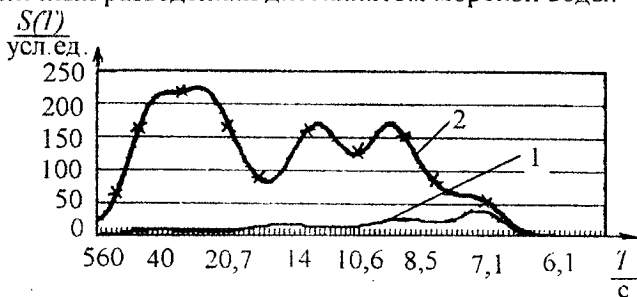


Рис.2. Пример функций спектральной плотности контрольной серии (1) и при воздействии ПеМП частотой 10 Гц (2). Соленость воды - 25 %

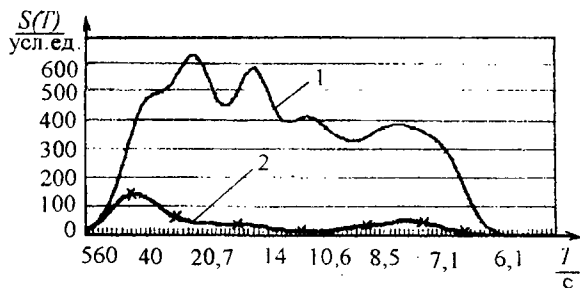


Рис.3. Пример функций спектральной плотности контрольной серии (1) и при воздействии ПемП частотой 8 Гц (2). Соленость воды - 25 ‰

Представляется, что при использованных в экспериментах значениях индукции H (1 мкТл) воздействующего ПемП невозможно предполагать механизм, обусловленный чисто электромагнитным взаимодействием ПемП с электрическими полями в системе. Необходим поиск принципиально иных механизмов.

Список литературы

1. Волькенштейн М.В. Биофизика.—М.: Наука, 1981.— 576 с.
2. Опалинская А.М., Агулова Л.П. Влияние естественных и искусственных электромагнитных полей на физико-химические и элементарные биологические системы.— Томск: Изд-во Томского университета, 1984.— 192 с.
3. Степанюк И.А. и др. Влияние вариаций геомагнитного поля на двигательную активность рыб //Итоговая сессия ученого совета РГГМИ: Тезисы докладов, Санкт-Петербург, 26-27 января 1995г. — СПб.: Изд. РГГМИ, 1995.— С. 45–46.
4. Степанюк И.А. Влияние слабых переменных магнитных полей на физико-химическую систему двойного слоя //Корреляции биологических и физико-химических процессов с космическими и гелио-геофизическими факторами: Тезисы докладов 4-го межд. Пушинского симпоз., Пушино, 23-28 сент. 1996 г.— Пушино: Изд-во Пушинского научн. центра РАН, 1996.— С.148–149.