

РЕЗОНАНСНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ ГЛУТАМИНОВОЙ АМИНОКИСЛОТЫ В СЛАБЫХ КОЛЛИНЕАРНЫХ ПОСТОЯННЫХ И ПЕРЕМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Новиков В.В.

Учреждение Российской академии наук Институт биофизики клетки РАН, 142290, Россия, МО, г. Пущино, ул. Институтская 3, **E-mail:** docmag@mail.ru

Аннотация: показана реакция ионного тока в водном растворе глутаминовой аминокислоты на действие комбинированных постоянных и переменных низкочастотных магнитных полей. Ясно наблюдаются острые изменения величин (пики) ионного тока. Эти пики стабильно воспроизводятся (~ 96 % случаев) только вблизи циклотронной частоты иона глутаминовой кислоты (например, $4,4 \pm 0,2$ Гц амплитудой 40 нТл при постоянном МП 42 мкТл). Они хорошо определяются по амплитуде (~ 5 нА) и ширине (от 2 до 8 сек), приблизительно в 50 раз превышая уровень шума.

Ключевые слова: магнитное поле, аминокислоты, глутаминовая аминокислота, ионный ток, кооперативный эффект

Мы показали, что комбинированное магнитное поле (МП) является причиной быстрых изменений в ионном электролитическом токе в водных растворах аминокислот [1, 2]. Амплитуда индуцированного воздействием МП в пике составляет ~ 30% от электролитического тока фона. Показана реакция ионного тока в водном растворе глутаминовой аминокислоты на действие комбинированных постоянных и переменных низкочастотных МП. Ясно наблюдаются острые изменения величин (пики) ионного тока (Рис.1).

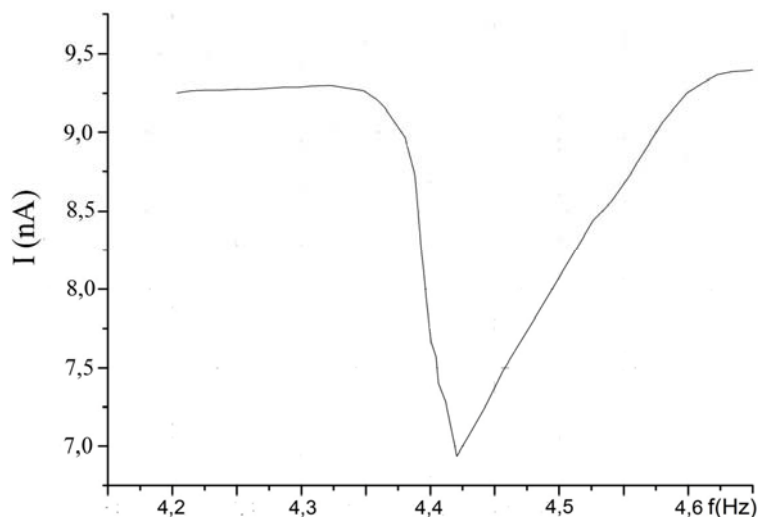


Рис.1. Реакция ионного тока в растворе глутаминовой аминокислоты с pH 2.85 при постоянном напряжении между электродами 80 мВ на действие комбинированных МП (постоянное МП 42 мкТл, переменное МП амплитудой 40 нТл) при сканировании частоты переменного МП в окрестности циклотронной частоты Glu (от 4 до 5 Гц) при постоянном напряжении между электродами 80 мВ (фрагмент).

Эти пики стабильно воспроизводятся только вблизи частоты циклотронного резонанса иона глутамата (например, $4,4 \pm 0,2$ Гц амплитудой 40 нТл при постоянном МП=42 мкТл). Они хорошо определяются по амплитуде ($5 \pm 0,5$ нА) и ширине (от 2 до 8 сек), приблизительно в 50 раз превышая по величине уровень шума. Этот эффект, наблюдающийся на циклотронной частоте аминокислотного иона, исчезает при увеличении амплитуды переменного поля до уровня ~ 1 мкТл. Наши опыты были воспроизведены в других лабораториях [3,4,5,6]. Выявление непосредственной реакции на воздействие столь слабым МП явилось аргументом в пользу существования резонансного физического механизма, реализующего биологический магнитный эффект.

Суммируя мнения исследователей, необходимо отметить, что опыты при комбинированном действии постоянного и низкочастотного переменных МП в водных растворах аминокислот являются легко воспроизводимыми, но требуют определенных методических приемов. Небольшая величина измеряемых физических параметров требует высокой инструментальной чувствительности. Однако, для того чтобы получать повторяемость результатов, требуется строгое соблюдение условий при подготовке химических реагентов (время, концентрация, pH, температура, газовый состав).

Измерительная двух электродная система и полярографический анализатор используются, как известно, для определения деполаризаторов в случае измерений электролитического тока при постоянном напряжении на электродах. Чувствительность нашего анализатора РА – 2 (Чехославакия) в эксперименте составляла $\sim 10^{-7}$ М. Аминокислота концентрировалась на рабочем электроде. В нашем случае – это катод, следовательно, заряд иона «+». В случае дикарбоновых аминокислот, например, глутамата, для того, чтобы зарядить аминокислоту (со знаком «плюс»), необходимо перевести pH раствора выше изоэлектрической точки Glu ($pI=3,22$) добавкой небольшого количества HCl (до pH 2,85). В этом случае концентрация ионов Glu^+ превысит содержание цвиттерионной формы этой аминокислоты (преобладающей при pH 3,22). Раствор надо готовить *ex tempore* приблизительно за 1 час до измерений. Как показали эксперименты, это время является, по-видимому, оптимальным для воспроизведения результатов опытов. С целью ускорения растворения этой аминокислоты при концентрации 0,33 г/л раствор сначала следует нагреть до 80°C и перемешать (можно, просто интенсивно встряхнуть). Затем раствору надо дать остыть до комнатной температуры $\sim 20^\circ\text{C}$. Ряд авторов рекомендуют использовать атмосферу инертного газа (аргон или азот) – это, по их мнению, повышает чувствительность системы к воздействию слабого магнитного поля [3-6]. Также важно качество электродов, определяющее стабильность их электрических характеристик в течение измерений.

Экспериментальный прибор для наблюдения эффекта (в предложенном нами варианте (Рис.2)) состоит из: кубической 8 мл кюветы; с полностью погруженными в раствор двумя плоскими электродами из золота (катод площадью 20 мм^2 , анод 50 мм^2), двух прямоугольных катушек Гельмгольца размерами $65 \times 85\text{ мм}$ (для формирования переменного и постоянного МП), подключенных к синусоидальному переменному генератору и источнику постоянного тока соответственно; магнитного экрана с коэффициентом экранирования ~ 100 (двойной 1 мм толщиной пермаллой); аналитических приборов – полярографического анализатора и рекордера (или компьютера с программным обеспечением), вместо полярографа может быть использован пикоамперметр. С целью уменьшения электрических помех были использованы внесетевые источники постоянного тока: на электроды и катушку постоянного МП; записывающие устройства, также могут быть подключены вне сети.

Нами была построена теоретическая модель механизма влияния слабых МП на водные растворы, содержащие разные ионы, как вариант, ионы аминокислот [7]. Модель предсказывает перераспределение ионов (например, ионов Glu +/-, протонов и гидроксидов), а также других ионных примесей на пространственных неоднородностях (струнах или кристаллах) в водной среде. Показано, что внешнее поле приводит к синфазировке для одинаковых ионов аминокислоты на стоячей волне, рассматриваемой как неоднородность (Рис.3).

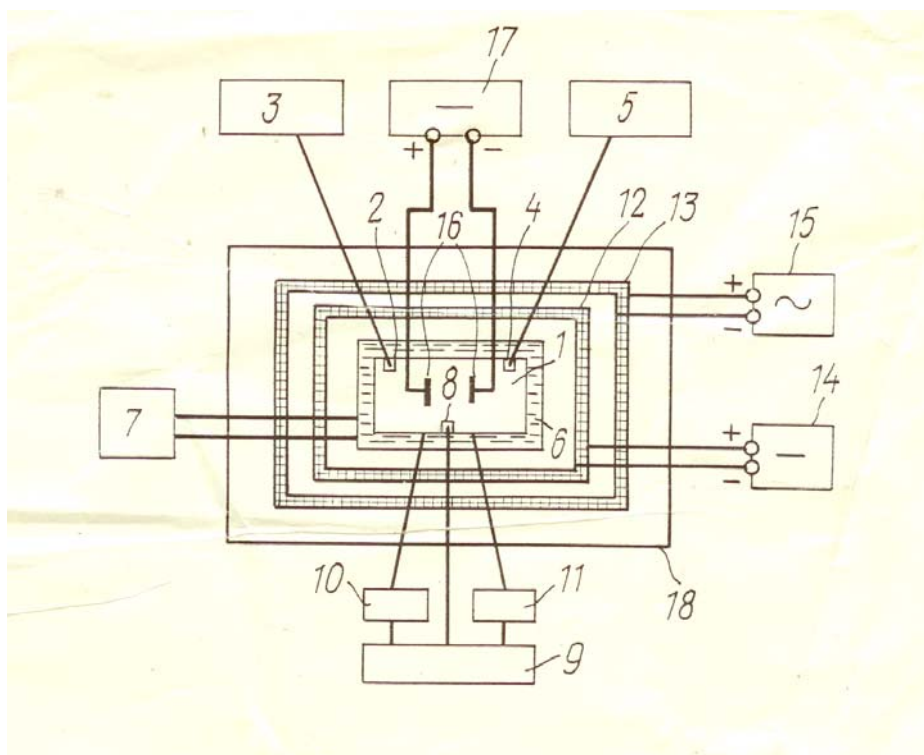


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

1. Кювета с раствором
2. Средство для подачи раствора (насос)
3. Емкость с исходным раствором
4. Средство для забора раствора (насос)
5. Емкость с использованным раствором
6. Термостат с жидким теплоносителем (например, водой)
7. Блок управления термостатом
8. Датчик pH раствора
9. Блок управления pH
10. Емкость для кислоты (HCl)
11. Емкость для щелочи (NaOH)
12. Магнитная катушка (№ 1)
13. Магнитная катушка (№ 2)
14. Источник постоянного тока
15. Источник переменного тока
16. Электроды
17. Источник постоянного напряжения и измеритель тока
18. Магнитный экран из пермаллоя

В результате неравномерного перераспределения ионов появляются локальные области с повышенной и пониженной кислотностью. Эта неоднородность кислотности задается чувствительностью системы к условиям циклотронного резонанса для ионов аминокислот, например, глутамата. Показано, что воздействие слабым комбинированным МП с определенными нами экспериментально параметрами (постоянное МП - геомагнитный диапазон; переменное МП - нанотесловый диапазон, как вариант микропульсации геомагнитного МП) может увеличивать локальную концентрацию ионов одного знака (в нашем случае - Glu^+) в растворе или на поверхности электрода, а также, возможно, в пристеночном пространстве.



Рис. 3. Перераспределение разноименных зарядов на неоднородностях среды.

RESONANCE ELECTROCONDUCTIVITY IN AQUEOUS SOLUTION OF GLUTAMIC AMINO ACID IN WEAK COLLINEAR STATIC AND ALTERNATION MAGNETIC FIELDS

V.V. Novikov

Institute of Cell Biophysics of the Russian Academy of Sciences, **E-mail:** docmag@mail.ru

Литература

1. Новиков В.В., Жадин М.Н. // Биофизика, 1994, т. 39, №.1, с. 45.
2. Zhadin M.N., Novikov V.V., Barnes F.S., Pergola N.F. // Bioelectromagnetics, 1998, №.19, p. 41.
3. Pazur A. 2004. // Biomagnetic Res Technol, 2004, 2:8.
4. Comisso N, Del Giudice E, De Ninno A, Fleischmann M, Giuliani L, Mengoli G, Merlo F, Talpo G. // Bioelectromagnetics, 2006, №27, 16.
5. Alberto D., Busso L., Garfagnini R. et al. Electromagnetic Biology and Medicine, 2008, № 27, 241
6. Giuliani L., Grimaldi S., Lisi A. et al. Biomagn Res Technol. 2008; 6: 1.
7. Пономарев В.О., Новиков В.В., Карнаухов А.В., Пономарев О.А. // Биофизика, 2008, т. 53, № 2, с. 197.