

УДК 614.89:537.868.029.65

С. А. Баджиян, В. Б. Аракелян, Л. В. Гаспарян,
А. М. Меликсетян, Р. С. Авакян

Действие электромагнитных волн мм-диапазона на биомембраны

(Представлено академиком НАН Армении С. С. Оганесяном 31/І 1997)

К настоящему времени накоплен огромный материал по действию электромагнитных волн мм-диапазона на биологические объекты. Исследования были стимулированы необычным характером действия этих волн на биологические объекты различного уровня организации. Установлено, что это действие является нетепловым (1). Во многих экспериментах проявляется резонансный характер взаимодействия миллиметровых волн с биологическими объектами (2). Выявлена довольно высокая терапевтическая эффективность действия миллиметровых волн на разнообразные болезни. Однако, несмотря на интенсивные исследования в этой области, проводимые как на молекулярно-клеточном уровне, так и на уровне целого организма, остается неясным механизм нетеплового действия электромагнитных волн мм-диапазона на клетки и организм в целом. Среди многочисленных гипотез наиболее популярной является мембранная гипотеза, согласно которой первичным актом действия миллиметровых волн на биологические объекты является взаимодействие с клеточной мембраной (1). Причем особо подчеркивается при этом существенность когерентности волн (2). Следует отметить, что имеются многочисленные данные по действию миллиметровых волн на суспензию эритроцитов, из которых следует, в частности, что нетепловое действие миллиметровых волн приводит к снижению осмотической устойчивости, повышению электрической прочности мембран и снижению ионной проницаемости (3).

Наши исследования направлены на выяснение возможности проявления действия электромагнитных волн мм-диапазона на мембраны. В качестве источника излучения использовали принятые

в физиотерапии приборы "Явь-1" и "Арцах-2" с различными характеристиками излучения.

Исследования проводили на 40 белых беспородных крысах-самцах массой 160-180 г. Воздействие низкоинтенсивным когерентным излучением проводили на аппарате "Явь-1" (4) при частоте 53,534 ГГц в полосе ± 50 МГц при выходной мощности 10 мВт. Воздействие низкоинтенсивным шумовым излучением проводили на аппарате "Арцах-2" (4) в интервале частот 40-90 ГГц, при выходной мощности 0,0002 мВт. Облучение крыс производили в двух вариантах: тотальное облучение и локальное облучение по рефлексогенной зоне в области грудины. При тотальном облучении волновод помещали на расстоянии 50 см от облучаемого объекта и облучали в течение 20 мин. В случае локального облучения волновод приближали к исследуемой точке на расстояние 1 см и облучали в течение 20 мин. Для определения мембранного потенциала (МП) и проницаемости ионов калия (P_K) эритроцитарных мембран кровь забирали в количестве 0,5 мл через 1, 5, 10 суток после однократного облучения у одних и тех же животных. МП и P_K определяли по методу, описанному в работе (5).

Были поставлены две серии экспериментов, в которых измерялись потенциал на мембране эритроцитов и поток ионов калия из эритроцитов. Результаты этих экспериментов приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Мембранный потенциал эритроцитов (в мВ) в различные сроки после облучения (числитель – когерентное излучение, знаменатель – шумовое излучение). Максимальная ошибка в измерении среднего потенциала не более 5%

Вид облучения\срок(сутки)	Контроль	1	5	10
Тотальное	6,5	9,2/7	10,8/9,3	11/13,2
Локальное	6,5	6,2/5,8	9,6/9,3	10,8/9,6

Из табл.1 видно, что МП эритроцитов при тотальном и локальном облучении крыс изменяется одинаковым образом, а именно, с увеличением времени после воздействия облучения потенциал растет. При этом имеются некоторые различия в характере потенциала. Если при тотальном облучении рост потенциала наблюдается уже в первые сутки после облучения (независимо от того, когерентное идет облучение или некогерентное), то при локальном облучении рост потенциала наблюдается начиная с пятых суток после

облучения. Наиболее сильно эффект действия миллиметровых волн на МП проявляется при тотальном облучении животных некогерентными волнами (МП на десятые сутки после облучения в два раза больше контроля). Отметим также, что величина МП на пятые и десятые сутки после облучения практически одинакова как при тотальном, так и при локальном облучениях когерентными волнами миллиметрового диапазона.

Эффект действия когерентных и некогерентных волн зависит от того, как проводится облучение — тотально или локально. Как видно из табл.1, при тотальном облучении проявляется разница между когерентным и некогерентным вариантами воздействия. При облучении когерентными волнами величина МП практически не изменяется после пятых суток. При облучении некогерентными волнами величина МП монотонно растет, и его значение на десятые сутки вдвое превышает контроль. Это, на наш взгляд, может быть связано с высокой чувствительностью объекта исследования к шуму в области миллиметровых волн. Такое объяснение согласуется с результатами работы (6), где показано, что биологические объекты различного уровня организации обладают высокой чувствительностью к крайне высокочастотным шумам. Из табл.1 видно также, что при локальном облучении практически не выявляется разница между когерентным и некогерентным облучениями в измерениях МП.

В отличие от МП, как следует из табл.2, при тотальном и локальном воздействии характер изменения проницаемости мембран эритроцитов для ионов калия различен. Это различие особенно четко проявляется при воздействии на объект некогерентного облучения. При тотальном воздействии P_k резко увеличивается — на первые и пятые сутки после облучения примерно в 4 раза по сравнению с контролем, а на десятые сутки его значение примерно в 5 раз превышает контроль. Абсолютные значения P_k при когерентном облучении также достаточно высоки, хотя несколько ниже, чем при некогерентном облучении — в 2,5 раза на первые сутки и в 4,7 и 3,5 раза на пятые и десятые сутки. Наиболее сильно эффект действия миллиметровых волн на P_k проявляется при тотальном облучении животных некогерентными волнами на десятые сутки после облучения (P_k в 5 раз больше контроля). Заметим, что относительные изменения МП по отношению к контролю, как это видно из табл.1, не более двух раз. Так что эффект воздействия миллиметровых волн на животное сильнее проявляется на изменении P_k , чем МП.

Проницаемость ионов калия эритроцитов P_k (в единицах 10^{-10} см/с) в различные сроки после облучения (числитель – когерентное излучение, знаменатель – шумовое излучение). Максимальная ошибка в измерении средней проницаемости калия не более 5%

Вид облучения\срок(сутки)	Контроль	1	5	10
Тотальное	5,2	13,2/22	19,2/21	18/25,6
Локальное	5,2	6,0/7,2	12,0/15,6	10,8/8,0

Из табл.2 видно также, что при локальном воздействии миллиметрового излучения на животное P_k эритроцитов увеличивается со временем после воздействия излучения и достигает максимального значения на пятые сутки, а затем снова уменьшается. Абсолютные значения P_k значительно ниже, чем при тотальном воздействии. Как видно из табл.2, при тотальном воздействии после первых суток эффект действия некогерентных волн на выход ионов калия из эритроцитов сильнее, чем при воздействии когерентными волнами.

Таким образом, проведенные эксперименты показывают, что как при тотальном, так и при локальном облучениях животных независимо от вида излучения (когерентного или некогерентного) происходят изменения уровней МП и P_k эритроцитов, а именно, наблюдается их увеличение по сравнению с контролем. Следует особо отметить то обстоятельство, что несмотря на то, что разница в мощностях источников когерентного и некогерентного излучений значительна (в 50000 раз), величины эффектов их воздействия на изменение МП и P_k весьма близки по абсолютному значению как при локальном, так и при тотальном облучениях. Объяснение этого факта может быть в том, что поскольку мощность обоих источников излучения выше пороговой, то в силу специфичности действия миллиметровых волн на живые объекты величина эффекта практически не должна зависеть от дальнейшего увеличения мощности в довольно широких пределах, вплоть до появления тепловых эффектов (7). В случае микроорганизмов величина эффекта не изменяется при изменении мощности в 10^5 раз. В работе показано, что при тотальном облучении МП по-разному изменяется во времени в зависимости от того, когерентное излучение или некогерентное. Показано также, что при воздействии на животных электромагнитных волн мм-диапазона P_k эритроцитов является более чувствительным параметром, чем МП.

Ս. Ս. ԲԱԶԻՆՅԱՆ, Վ. Բ. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ, Լ. Վ. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ,

Ա. Մ. ՄԵԼԻՔՍԵԹՅԱՆ, Ռ. Ս. ԱՎԱԳՅԱՆ

**Մմ-տիրույթի էլեկտրամագնիսական ալիքների ազդեցությունը
կենսաթաղանթների վրա**

Կենդանիների վրա մմ-տիրույթի ցածր ինտենսիվության էլեկտրամագնիսական ալիքների ազդեցության ժամանակ ոչ ցեղական արու սպիտակ առնետների մոտ հայտնաբերվել է այրան էրիթրոցիտների թաղանթային պոտենցիալի (ԹՊ) և կալիումի իոնների թափանցելիության (P_k) մակարդակների փոփոխություն: Ցույց է տրվել, որ կենդանիների ինչպես տոտալ (անբողջական), այնպես էլ լոկալ (տեղային) ճառագայթման ժամանակ էրիթրոցիտների ԹՊ և P_k մակարդակները ճառագայթումից հետո տարբեր ժամկետներում (1,5 և 10 օր) ավելի բարձր են, քան ստուգիչ խմբում: Կոհերենտ և ոչ կոհերենտ ալիքներով տոտալ ճառագայթման ժամանակ հայտնաբերվել է ԹՊ փոփոխությունների ժամանակային տարբեր բնութագիր: Ցույց է տրվել, որ մմ-տիրույթի ալիքների ազդեցության դեպքում P_k -ն ավելի զգայուն ցուցանիշ է, քան ԹՊ-ը:

ЛИТЕРАТУРА – ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения низкой интенсивности. М., АН СССР ИРЭ, 1987. ² Миллиметровые волны в медицине и биологии. М., АН СССР ИРЭ, 1989. ³ М.Б.Голант, В.А.Шашлов, Применение миллиметрового излучения низкой интенсивности в биологии, М., АН СССР ИРЭ, 1985. ⁴ С.В.Беляков, Ю.В.Дедяк, В.А.Кичаев, Аппаратура для КВЧ терапии, М., 1993. ⁵ С.А.Баджиян и др., Радиационная биология, радиоэкология, т.35, №3 (1995). ⁶ Н.Д.Колбун, Тезисы докладов VII-го Всесоюзного семинара "Применение КВЧ-излучения низкой интенсивности в биологии и медицине", М., 1989. ⁷ W.Grundler, F.Keilmann, Phys. Rev. Letters, v.51, №13 (1983).