

Biophysica. 1988. 125, N 3. P. 173. [4] Бриллиантов Н. В., Квяткевич А. И., Петрусевиц Ю. М., Ревокатов О. П.//ДАН СССР. 1989. 304С. С. 340. [5] Schwan H. P.//Biophys. J. 1959. 47, N 11. P. 1841. [6] Foster K. R., Sauer F. A., Schwan H. P.//Biophys. J. 1992. 63. P. 180. [7] Kyber J., Hansgen H., Pliquett F.//Phys. Med. Biol. 1992. 37, N 8. P. 1675. [8] Золотушин А. Н., Макухин В. Н., Нестеренко М. Т., Чистяков В. В.//Зарубежная радиоэлектроника. 1975. № 1. С. 91.

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1994. Т. 35, № 4

УДК 621.317

КОМБИНИРОВАННОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО И МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНОВ НА РОСТ ОДНОКЛЕТОЧНЫХ

Т. И. Белая, Л. Д. Гапочка, М. Г. Гапочка, Т. С. Дрожжина,
Г. А. Карауш, А. П. Сухоруков

Изучено совместное действие лазерного облучения (ЛО) и облучения электромагнитными волнами крайне высокой частоты (КВЧ) на рост одноклеточных организмов: простейших и водорослей. При этом ЛО либо снимает ингибирующий эффект КВЧ-облучения, либо усиливает его действие. Особенно ярко это выявлено на простейших. Для проявления совместного эффекта КВЧ-облучения и ЛО на рост одноклеточных важна последовательность облучения культуры.

Введение

Источники электромагнитного излучения находят широкое применение в приборах и оборудовании, используемых, в частности, в медицине. В медицинской практике показано положительное влияние электромагнитного излучения крайне высокой частоты (КВЧ) при лечении лазерных ран [1]. Целью настоящей работы является исследование комбинированного действия лазерного облучения (ЛО) и КВЧ-облучения низкой интенсивности на рост одноклеточных организмов: водорослей и простейших.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования служили культуры зеленой водоросли *Scenedesmus quadricauda* и инфузорий *Spirostomum ambiquum*.

В качестве источника излучения миллиметровых волн применялись генераторы ГЧ-141 и ГЧ-142. Образцы помещались в тефлоновые стаканы; облучение проводилось со стороны дна металлическими рупорами при длинах волн 4 и 5 мм в течение 15 и 30 мин. Мощность излучения контролировалась и была не выше 5 мВ/см². Источником ЛО в настоящей работе служил лазер типа «Колокольчик» с длиной волны $\lambda=1,3$ мкм и мощностью 20 мВт.

Ранее было изучено влияние КВЧ-облучения на рост водорослей при различных длинах волн и разном времени облучения [2]. Облучение проводилось в день постановки эксперимента на стадии инокулята (посевной материал). Было показано, что оптимальное время облучения для водорослей — 30 мин. Предварительные опыты по ЛО водорослей показали, что оптимальное время облучения — 45 с.

О действии излучения на рост простейших и водорослей судили по изменению их численности по сравнению с контрольными. Численность водорослей контролировали на фотоэлектронном калориметре, а простейших — в камере Богорова под бинокулярном.

При изучении совместного действия лазерного и миллиметрового облучения на рост одноклеточных последовательность облучения была такой: КВЧ+лазер и наоборот.

Результаты и их обсуждение

Проведенные эксперименты позволили обнаружить, что КВЧ-облучение приводит к значительной стимуляции роста простейших при $\lambda=5$ мм и времени облучения $T=15$ мин (рис. 1).

Стимуляция роста простейших получена и при облучении лазером. Резкое увеличение численности инфузорий отмечено при облучении в течение 45 с (рис. 2).

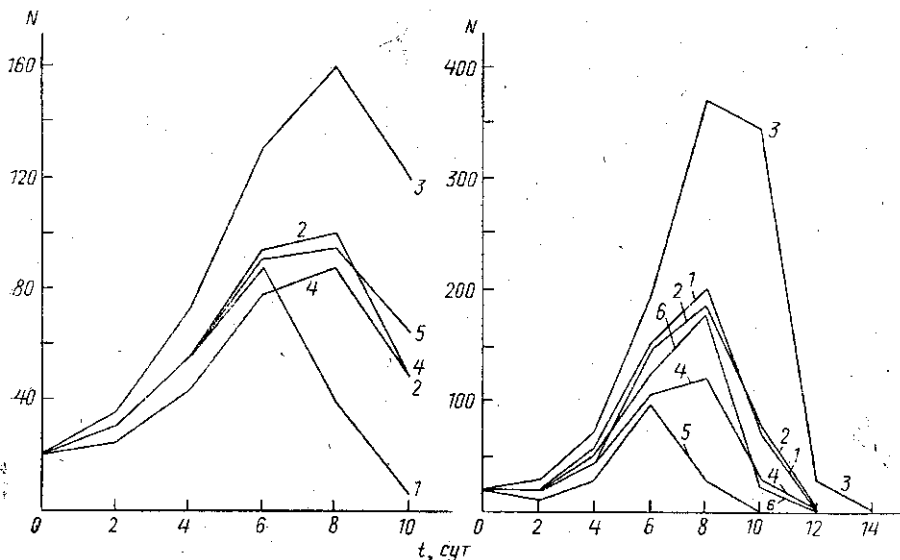


Рис. 1. Влияние КВЧ-облучения на рост простейших (N — количество клеток в 1 мл раствора): $\lambda=4$ мм, время облучения $t_{\text{ex}}=15$ (1) и 30 мин (2); $\lambda=5$ мм, $t_{\text{ex}}=15$ (3) и 30 мин (4); 5 — контроль

Рис. 2. Влияние лазерного облучения на рост простейших: время облучения 15 (1), 30 (2), 45 (3), 60 (4) и 90 с (5); 6 — контроль

Для изучения комбинированного действия КВЧ и ЛО были выбраны следующие параметры излучения:

а) КВЧ-облучение — $\lambda=5$ мм, время облучения — 15 мин;

б) лазерное облучение — $\lambda=1,3$ мкм, время облучения — 45 с.

У водорослей при КВЧ и ЛО отклонения в росте незначительны (рис. 3).

Эксперименты показали, что на рост одноклеточных организмов влияет последовательность воздействия ЛО и КВЧ-облучения.

Обработка ЛО культуры инфузорий, предварительно облученных КВЧ, полностью снимает ингибирующий эффект КВЧ-облучения. С другой стороны, КВЧ-облучение несколько ухудшает рост инфузорий, предварительно обработанных ЛО. Но в обоих вариантах прослеживается определяющий эффект ЛО (рис. 4).

При последовательном облучении водорослей эффект взаимодействия также проявляется (см. рис. 3), и хотя он менее значителен, чем для простейших, но повторяется от опыта к опыту. Причем в том слу-

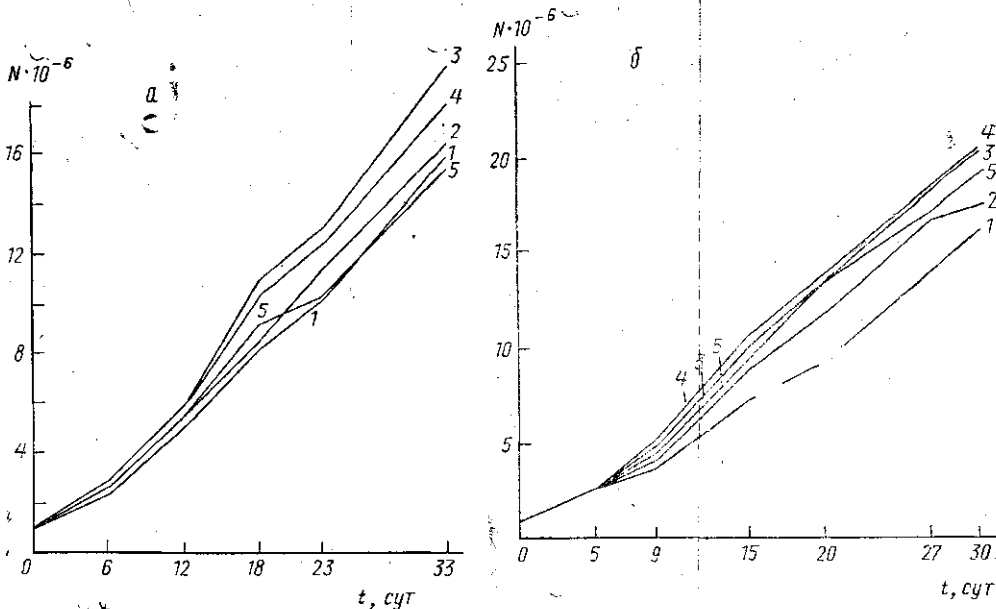


Рис. 3. Влияние различных видов облучения на рост водорослей (а и б — первый и второй эксперименты): 1 — КВЧ-облучение, 2 — ЛО, 3 — КВЧ+ЛО, 4 — ЛО+КВЧ, 5 — контроль

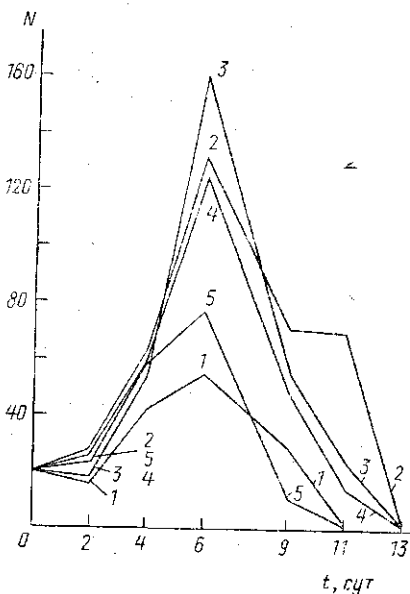


Рис. 4. Влияние разных видов облучения на рост простейших: 1 — КВЧ-облучение, 2 — КВЧ+ЛО, 3 — ЛО, 4 — ЛО+КВЧ, 5 — контроль

чае, когда КВЧ-облучение приводит к угнетению роста водорослей (рис. 3, б), ЛО, как и у простейших (рис. 4), снимает ингибирующий эффект КВЧ-облучения. В другом случае, когда угнетающего действия КВЧ-облучения на рост водорослей не наблюдается, взаимодействие КВЧ+ЛО приводит к увеличению численности клеток (рис. 3, а). Независимо от эффекта воздействия КВЧ-облучения последующее ЛО всегда стимулирует рост одноклеточных организмов.

Отметим, что не всегда облучение (особенно КВЧ) культуры одноклеточных в день постановки эксперимента при одних и тех же выбранных условиях вызывает одинаковые эффекты. В одних случаях КВЧ-облучение может подавлять рост (см. рис. 4), в других — стимулировать (см. рис. 1). Ранее [2] нами была теоретически и экспериментально обоснована важнейшая роль системных взаимодействий при отклике биосистемы на КВЧ-воздействии. Одно и то же специфическое

воздействие на разных этапах формирования биосистемы приводит к разным результатам. На этапе инокулята (первый день эксперимента) облучение действует на каждую отдельную клетку. Реакция инокулята будет зависеть от состояния каждой отдельной клетки. Поэтому облу-

чение на этой стадии развития культуры может привести и к стимуляции роста водорослей, и к его угнетению, а может и не вызывать какого-либо эффекта [2]. Ранее было показано, что стимуляция роста культуры водорослей при КВЧ-воздействии возможна только в лаг-фазе, в самом начале формирования системных (популяционных) отношений. На других стадиях развития популяции происходит в разной степени ингибирование роста водорослей.

Несмотря на отсутствие повторяемости эффекта при облучении культуры в лаг-фазе, результат совместного воздействия ЛО и КВЧ-облучения определен. Оказалось, что наиболее отчетливо стимулирующий эффект воздействия облучений на рост одноклеточных проявляется в варианте КВЧ+ЛО.

Выводы

При совместном действии лазерного и КВЧ-облучения на развитие одноклеточных организмов определяющее значение имеет последовательность их применения. Особенно ярко это выявлено на простейших. Наиболее отчетливо эффект стимуляции роста одноклеточных организмов проявляется тогда, когда ЛО культуры следует после КВЧ-облучения. При этом ЛО либо снимает ингибирующий, либо усиливает стимулирующий эффект КВЧ-облучения.

Сравнение реагирования культур простейших и водорослей на электромагнитное облучение при выбранных условиях эксперимента позволяет говорить о большей чувствительности к облучению простейших, нежели водорослей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Девятков Н. Д. // Миллиметровые волны в биологии и медицине. М., 1989, С. 5 [2] Веселаго И. А., Гапочка Л. Д., Дрожжина Т. С. и др. // Миллиметровые волны в медицине. М., 1991. Т. 2. С. 293.

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1994. Т. 35, № 4

УДК 532.783+536

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КВЧ- И СВЧ-ДИАПАЗОНОВ НА ЖИДКУЮ ВОДУ

Л. Д. Гапочка, М. Г. Гапочка, А. Ф. Королев, А. И. Костиенко,
А. П. Сухоруков, И. В. Тимошкин

Исследуются нетепловые эффекты влияния микроволнового излучения на жидкую воду. Обнаружено увеличение оптической плотности в ближней УФ-области, смещение химического сдвига протона в сильное поле, увеличение времени спин-решеточной релаксации у облученной воды по сравнению с необлученной. Сохранение обнаруженных изменений в течение 2—3 сут указывает на образование в воде под действием микроволн метастабильных состояний и изменение ее структуры.

С помощью известного механизма теплового воздействия микроволнового излучения на воду невозможно объяснить все эффекты взаимодействия микроволн с водными средами.

Нами обнаружены и исследуются нетепловые резонансные явления взаимодействия микроволнового излучения с водными средами, возникновение в воде под действием определенного вида излучения долгоживущих метастабильных состояний, которые проявляются в из-