

ОБ ОДНОМ МЕХАНИЗМЕ ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Гапочка М.Г.

Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова», 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, д. 1, стр. 2, **E-mail:** gapochka@physics.msu.ru

В настоящей работе в результате анализа наших и литературных данных о влиянии облучения электромагнитным полем (ЭМП) крайне высокочастотного (КВЧ) диапазона на развитие культуры водорослей и на токсичность растворов кадмия [1, 2] предложен механизм действия ЭМП КВЧ на микроводоросли.

Объектом исследования служила культура зеленой микроводоросли *Scenedesmus quadricauda* Vreb, которую выращивали в среде Кратца-Майерса при температуре 22-24⁰С, рН~7.6÷7.8 и освещенности ~ 1000 лк. Для посева использовали десятидневную культуру; исходная плотность клеток посевного материала (инокулят) составляла 0.1 млн кл/мл. Численность клеток определяли на ФЭК-56 и выражали в млн кл/мл. В качестве токсического вещества был использован кадмий в виде водного раствора соли CdCl₂ в концентрации 0.3 мг/л. Растворы кадмия облучали ($\nu=42,25$ ГГц) в течение 30 минут с донной стороны тefлоновых стаканчиков. Облученные растворы кадмия добавляли в культуры водорослей через 1, 3, 5 и 7 суток после их облучения. Культуру водорослей в объеме 100 мл облучали ($\nu=42,25$ ГГц) в течение 30 мин., 1, 2, 3 и 6 часов в день постановки эксперимента (стадия инокулята), на 10-е и 20-е сутки роста, то есть на разных фазах развития водорослей. В качестве источника КВЧ-волн использовался промышленный генератор Г4-141. Оценку влияния КВЧ-облучения на рост микроводорослей проводили на основе анализа численности их клеток по кривым роста контрольных и опытных культур. Контролем служила культура микроводорослей, выращенная в среде без токсиканта и облучения.

Одноклеточные организмы являются удобной моделью для изучения отклика биологических систем на внешнее воздействие, т.к. они обладают коротким жизненным циклом и за ограниченный срок дают ряд поколений, что позволяет проследить за изменением отклика на внешние воздействия в процессе развития.

Оказалось, что влияние ЭМП КВЧ-диапазона на микроводоросли зависит от стадии развития культуры.

При облучении водорослей в лаг-фазе в день постановки эксперимента были получены неоднозначные эффекты (стимуляция, ингибирование, отсутствие эффекта) и, как правило, слабо зависимые от времени облучения.

Облучение 10 - и 20 - суточных водорослей (в середине и конце лог-фазы) дает практически однозначный эффект – разная степень ингибирования. При этом обнаружено, что облучение 10-суточной культуры ингибирует рост водорослей только к концу эксперимента, а 20 - суточной – сразу же после облучения.

При исследовании влияния облучения на токсичность кадмия для водорослей облученный раствор кадмия добавляли в культуру через 1, 3, 5 и 8 суток после его облучения. Для сравнения параллельно были поставлены эксперименты по такой же схеме, но с необлученным кадмием. Оказалось, что через сутки после облучения различия в токсическом действии облученного и необлученного кадмия не наблюдается.

Через три дня после облучения токсичность кадмия падает.

Через пять суток после облучения облученный кадмий в два раза более токсичен для культуры водорослей, чем необлученный, а кадмий, добавленный в культуру через восемь суток после облучения, полностью ингибирует рост водорослей, в то время как необлученный кадмий вызывает гибель лишь 50 % клеток.

Таким образом, эффект облучения растворов кадмия не только не исчезает со временем, но усиливается и становится разнонаправленным: токсичность кадмия сразу после облучения не изменяется; на третьи сутки – уменьшается, а на пятые и, особенно, восьмые – увеличивается.

Облучение культуры водорослей на разных фазах развития позволило получить результаты, которые свидетельствуют о том, что эффект облучения зависит от фазы роста микроводорослей и проявляется он, как правило, не сразу, а по мере развития культуры: чем старше культура, подвергшаяся облучению, тем быстрее проявляется реакция на

облучение и тем более однозначен и стабилен эффект. Так, последствия облучения культуры водорослей в лаг-фазе непредсказуемы: оно может привести и к стимуляции роста водорослей, и к его угнетению, а может - и к отсутствию всякого эффекта. Облучение в лог-фазе (10-суточной культуры) приводит, как правило, к ингибированию роста водорослей, возможно отсутствие эффекта, но никогда не проявляется стимуляция роста культуры. Облучение 20-суточной культуры приводит всегда только к ингибированию роста водорослей.

На первый взгляд, облучение растворов кадмия приводит к увеличению их токсичности во времени после облучения. Но с другой стороны, этот эффект также может быть связан с фазой роста микроводорослей, а не с изменением токсичности самого металла под действием ЭМП.

В одной из наших работ [3] было рассказано об изменении некоторых физических характеристик воды под действием ЭМП. В частности, было обнаружено изменение оптической плотности облученной бидистиллированной воды на дифференциальных спектрах оптической плотности, снятых в диапазоне 190-900 нм. Нетепловое непрерывное микроволновое излучение не вызывает больших изменений оптической плотности в диапазоне 350-900 нм, а в диапазоне 190-350 нм (ближняя ультрафиолетовая область) приводит к ее существенному увеличению. Для контроля снимались дифференциальные спектры необлученной воды, изменений в которых практически не наблюдалось. Увеличение оптической плотности воды в ультрафиолетовой части спектра связано с возбуждением электронной конфигурации молекулы воды. Данные изменения оказались долгоживущими, так как спектры оптической плотности снимались через двое суток после облучения.

А теперь обратимся к работам, на мой взгляд, незаслуженно забытого русского биолога А.Г. Гурвича, его учеников и последователей [4, 5]. В 1923 году им экспериментально было открыто митогенетическое излучение. Оно представляет собой электромагнитное излучение ультрафиолетового диапазона (190-330 нм) чрезвычайно низкой интенсивности (несколько десятков тысяч фотонов на квадратный сантиметр/сек) и связано с рекомбинацией свободных радикалов. Было показано, что митогенетическое излучение является необходимым условием для начала и протекания процесса клеточного деления. Более того, оказалось, что митогенетическое излучение может ускорять процесс клеточного деления. И, что для нас особенно важно, введение тушителя (поглотителя) митогенетического излучения приводит немедленно к полному замиранию митозов.

Попробуем найти связь между эффектами облучения и митогенетическим излучением А.Г. Гурвича. Развитие культуры микроводорослей проходит несколько стадий. Стадия лаг-фазы – подготовка клеток к делению и начало клеточного деления. Следующая стадия, лог-фаза – экспоненциальный рост клеток, культура интенсивно делится (максимальная скорость роста), переходя в стационарную фазу роста, когда число новых и погибших клеток становится приблизительно одинаковым. Культура, находящаяся в стационарной фазе, является наиболее устойчивой к действию неблагоприятных факторов среды. В нашем случае действие ЭМП в лаг-фазе предсказать трудно. Обычно это или отсутствие эффекта или стимуляция роста клеточной культуры. ЭМП при этом, действуя на воду, увеличивает ее оптическую плотность в ультрафиолетовом диапазоне. Вода, приобретая свойства тушителя, поглощает собственное митогенетическое излучение культуры клеток и срывает начало процесса деления. Это может привести, в зависимости от физиологического состояния культуры и внешних условий, к синхронизации и к дальнейшему более интенсивному росту культуры. Срыв митотического деления в логарифмической фазе роста (облучение на 10 день) приводит к переходу культуры к следующей стационарной фазе развития, а возможно и к гибели культуры. Облучение на 20 день при выходе культуры на стационарную фазу развития приводит к резкому ингибированию роста культуры.

Влияние ЭМП на токсичность кадмия также можно объяснить приобретением водой свойств тушителя митогенетического излучения под действием ЭМП, а не изменением токсичности самого металла. В данном случае при добавлении облученного раствора кадмия на пятые и особенно восьмые сутки роста культуры водорослей проявляются сразу два эффекта – токсическое действие кадмия и тушение водой собственного митогенетического излучения культуры на стадии ее экспоненциального роста (5 и 8 сутки), что приводит к срыву клеточного деления и гибели культуры.

ABOUT ONE MECHANISM OF ACTION OF AN ELECTROMAGNETIC FIELD ON BIOLOGICAL SYSTEMS

M.G.Gapochka

Faculty of Physics, M.V.Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia, E-mail: gapochka@physics.msu.ru

Литература

1. Гапочка М.Г. Особенности биологического действия электромагнитного излучения низкой интенсивности (популяционные аспекты) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. 2008. №.6. С. 33.
2. Гапочка Л.Д., Гапочка М.Г., Дрожжина Т.С., Шавырина О.Б. Влияние электромагнитного облучения компонентов водной среды миллиметровым диапазоном низкой интенсивности на токсичность кадмия для микроводорослей // Биомедицинская радиоэлектроника. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. № 9. 2011. С. 51-56.
3. Гапочка Л.Д., Гапочка М.Г., Королев А.Ф., Костиенко А.И., Сухоруков А.П., Тимошкин И.В. Воздействие электромагнитного излучения КВЧ- и СВЧ-диапазонов на жидкую воду // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. Т.35., №4. 1994. С. 71-76.
4. Гурвич А.А. Проблема митогенетического излучения как аспект молекулярной биологии. Издательство «Медицина», 1968.
5. Biophotonics and Coherent Systems in Biology by L. V. Belousov (Editor), V. L. Voeikov (Editor), V. S. Martynyuk (Editor), Springer Science + Business Media, LLC., 2007, New York.