

БИОФИЗИКА И МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА

Влияние электромагнитного излучения низкой интенсивности на токсичность водной среды

М. Г. Гапочка

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, физический факультет, кафедра радиофизики. 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2. E-mail: ludgar@phys.msu.ru

Исследована токсичность растворов фенола в комбинации с кадмием и кобальтом для культуры микроводорослей и возможность снижения их токсичности под влиянием электромагнитного излучения диапазона крайне высоких частот (КВЧ-облучения). Обнаружено наличие синергизма в системе фенол — металлы и снижение их токсичности под влиянием облучения.

PACS: 87.23.-n, 87.50.U-

Ключевые слова: токсикант, водная среда, культура микроводорослей, детоксикация, КВЧ-облучение, синергизм.

Статья поступила 26.12.2007, подписана в печать 26.03.2008.

Создание мощных источников когерентного электромагнитного излучения (ЭМИ) для радиосвязи, локации, промышленности и медицины привело к тому, что электромагнитный фон нашей планеты увеличился (по сравнению с естественным) за последние полвека в 50000 раз [1] и ЭМИ искусственного происхождения стало биосферным фактором, существенно изменяющим экологическую обстановку на нашей планете. Но если последствия воздействия ЭМИ на биологические объекты активно исследуются [2], то опосредованное воздействие ЭМИ на живые организмы через среду их обитания изучается недостаточно.

В настоящей работе исследована токсичность растворов фенола в комбинации с кадмием и кобальтом для культуры микроводорослей и возможность снижения их токсичности под влиянием ЭМИ диапазона крайне высоких частот (КВЧ-облучения).

Ранее было показано, что КВЧ-облучение способно снижать токсичность среды, содержащей металлы, для культуры микроводорослей [2].

Объекты и методы исследования

Тест-объектом в настоящем исследовании служила культура зеленой микроводоросли *Scenedesmus quadricauda* Vreb., выращиваемая в среде Кратца–Майерса при температуре 22–24°C, pH ≈ 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. Фенол, кадмий и кобальт использовали в виде растворов фенола и солей металлов (CdCl₂ и CoCl₂). В предварительных экспериментах были определены и использованы токсические (фенол — 0.3 г/л и Cd и Co — 0.3 мг/л) и нетоксические (фенол — 0.1 г/л и Cd и Co — 0.1 мг/л) концентрации используемых соединений. О токсичности фенола и металлов судили по изменению численности клеток водорослей в процессе роста культуры. Растворы облучали с донной стороны тефлоновых стаканчиков немодулированным ЭМИ длиной волны λ = 7.1 мм (мощность излучения менее 1 мВт/см²) и добавляли в культуральную среду перед внесением инокулята. В качестве источника КВЧ-волн использовался промышленный генератор Г4-141.

Контролем служила культура микроводорослей, выращенная в среде без токсиканта.

Результаты

Кривые роста микроводорослей в средах, содержащих облученный и необлученный фенол (0.3 г/л), свидетельствуют о частичной детоксикации раствора фенола под влиянием облучения (рис. 1). Численность клеток водорослей в культуре с облученным фенолом на протяжении всего развития превышает количество клеток в культуре с необлученным фенолом. При этом максимальная разность (≈ 30%) в численности клеток наблюдается к концу эксперимента, что вообще характерно для проявления эффекта облучения.

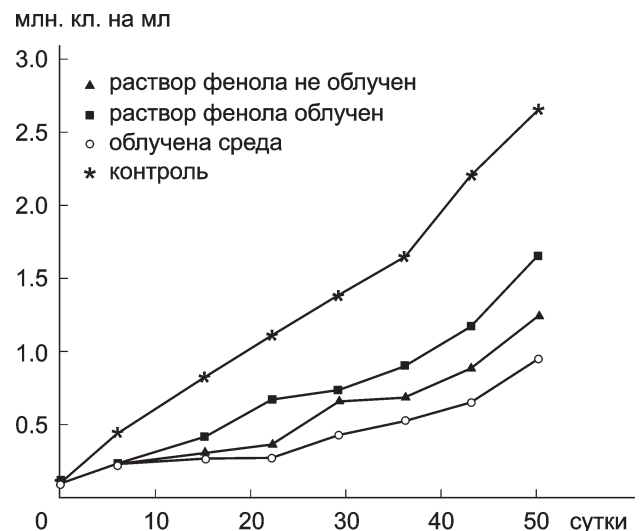


Рис. 1. Влияние КВЧ-облучения на токсичность фенола (0.3 г/л) для культуры микроводорослей

Однако облучение культуральной среды с последующим добавлением в нее необлученного фенола и водорослей приводит даже к некоторому увеличению токсичности фенола (рис. 1).

На рис. 2 представлены данные о влиянии облучения на токсичность среды при добавлении фенола

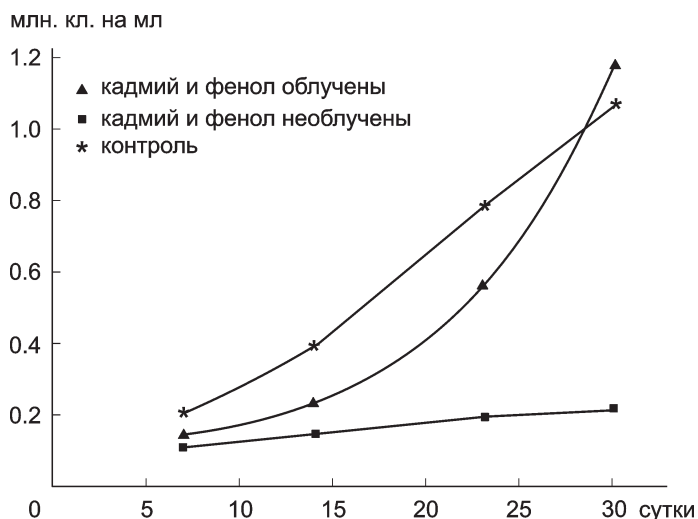


Рис. 2. Влияние КВЧ-облучения на токсичность кадмия (0.1 мг/л) и фенола (0.1 г/л) при их совместном присутствии для культуры микроводорослей

в комбинации с кадмием. В этих экспериментах были использованы концентрации фенола 0.1 г/л и кадмия

0.1 мг/л, каждая из которых не токсична для водорослей. Однако совместное присутствие кадмия и фенола в среде в этих концентрациях почти полностью ингибировало рост культуры. Но несмотря на такой сильный токсический эффект, облучение растворов кадмия и фенола перед их добавлением в культуру полностью снимает токсичность среды.

Наличие в культуре фенола и кобальта в концентрациях 0.1 г/л и 0.1 мг/л не влияет на развитие водорослей. Это свидетельствует о том, что кобальт в этих опытах оказался для водорослей нетоксичным не только при концентрации 0.1 мг/л, но и при 0.3 мг/л (рис. 3, а). Из этого следует, что токсичность среды в других экспериментах определяется только токсичностью фенола в концентрации 0.3 г/л, что и наблюдается при количественном соотношении фенола и кобальта 0.3 г/л:0.3 мг/л (рис. 3, б). Облучение в этих опытах токсичность фенола не снимает.

Подобные результаты получены и при наличии в среде фенола и кобальта в концентрациях 0.3 г/л:0.1 мг/л (рис. 3, в).

Совместное присутствие в культуре фенола и кобальта в нетоксичных концентрациях (0.1 г/л:0.1 мг/л) ингибирует развитие водоросли (рис. 3, г). Однако в этом

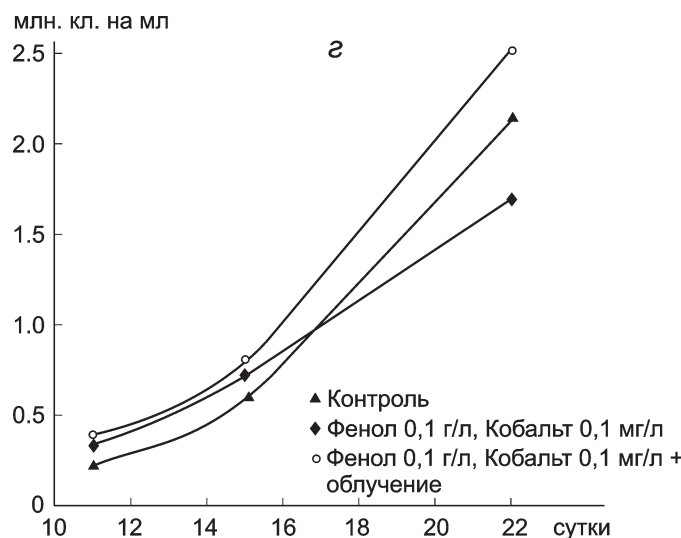
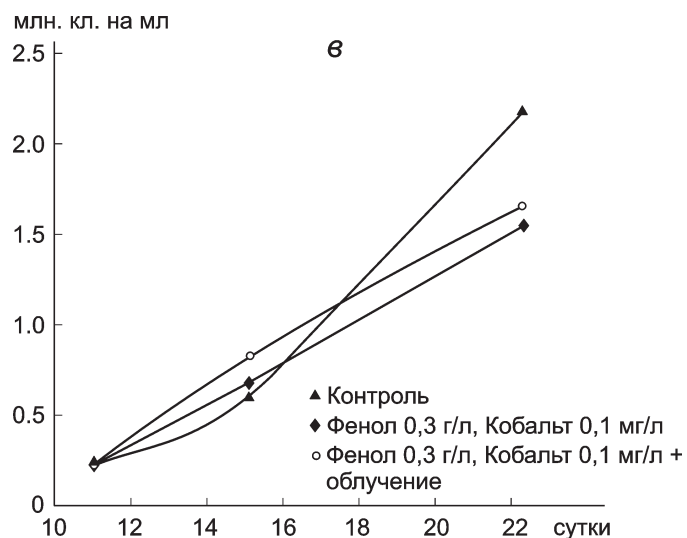
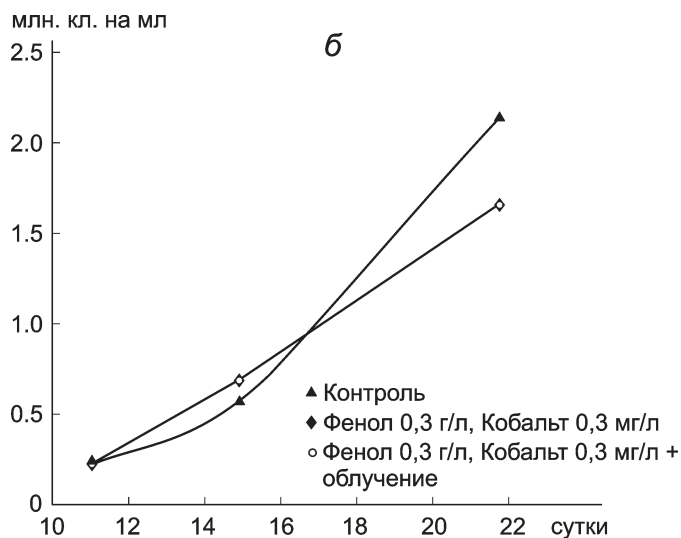
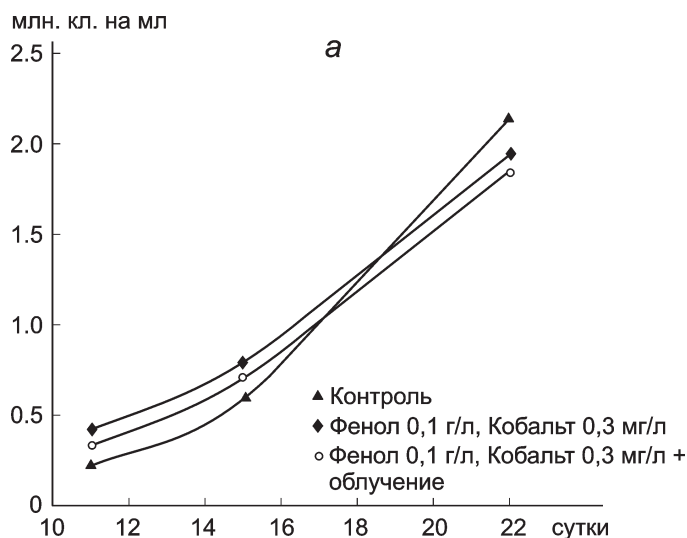


Рис. 3. Влияние КВЧ-облучения на токсичность фенола и кобальта при различных концентрациях

случае облучение растворов фенола и кобальта не только полностью снимает их токсичность, но и стимулирует развитие культуры и рост численности клеток микроводорослей.

Представленные выше экспериментальные данные показали, что добавление в культуру водорослей нетоксических концентраций фенола и кадмия (0.1 г/л : 0.1 мг/л) и фенола и кобальта (0.1 г/л : 0.1 мг/л) приводит к появлению токсических свойств среды, что свидетельствует о наличии синергизма между фенолом и металлами. Особенно ярко это проявляется при одновременном присутствии в среде фенола и кадмия.

Обсуждение

Последние десятилетия характеризуются прогрессирующим ухудшением качества водной среды, что представляет угрозу не только для гидробионтов, но и для жизни человека. Это происходит в результате попадания в естественные водоемы как промышленных и бытовых стоков, так и подземных вод, загрязненных могильниками твердых промышленных отходов, которых образуется в России ежегодно более 3 млрд т [3].

Поэтому весьма актуальным является решение задачи детоксикации стоков, попадающих в водоемы и содержащих большой набор химических соединений, токсичность которых для гидробионтов определяется во многом не только химическими свойствами каждого из них, но и возможными взаимодействиями между отдельными веществами, изменяющими их токсические свойства. Как показали наши исследования, кадмий, взаимодействуя с фенолом, образует фенолята, характеризующиеся большей токсичностью, чем образующие его вещества.

Фенол, кобальт и кадмий относятся к очень опасным загрязнителям водной среды. Но особую тревогу вызывает кадмий. Загрязнение кадмием природной среды планеты вследствие уникального разнообразия его свойств приняло в прошлом веке угрожающие масштабы. По оценкам В. Эйхлера, ежегодный выброс кадмия в планетарную окружающую среду составляет примерно 500 т, а по данным ВОЗ, загрязнение им продуктов питания в среднем уже достигло предельных норм — 2 мг/кг.

Кадмий признан из всех элементов таблицы Менделеева самым опасным тяжелым металлом в связи с тем, что из организма человека он практически не выводится и накапливается с возрастом [4]. Поэтому для кадмия характерна наиболее низкая безвредная концентрация как в питьевых водах — 1 мкг/л, так и в пищевых продуктах (0.02–0.03 мг/кг сухого вещества).

Присутствие кадмия и кобальта в среде вместе с фенолом не только влияет на изменение ее токсичности, но и на детоксикацию под влиянием КВЧ-облучения. Облучение собственно раствора фенола перед добавлением в культуру лишь частично снижает его токсичность, несмотря на незначительное ингибирование роста водорослей. Но облучение растворов фенола и кадмия, значительно ингибирующих развитие культуры, практически полностью снимает их токсичность для водорослей.

Таким образом, совместное присутствие фенола и металлов в среде приводит, с одной стороны, к образованию более, чем они сами, токсичных соединений и соответственно к появлению токсичности среды, а с другой — способствует более эффективной детоксикации среды ЭМИ. При этом наблюдается зависимость процесса детоксикации от концентрационных соотношений между фенолом и металлами.

Обнаруженная в работе возможность снижения токсичности широко распространенных загрязнителей водной среды и их смеси делает перспективным практическое применение ЭМИ для снижения токсичности водных растворов, в том числе и сточных вод.

Список литературы

1. *Готовский Ю.В., Перов Ю.Ф.* Особенности биологического действия физических и химических факторов малых и сверхмалых интенсивностей и доз. М., 2003.
2. *Гапочка Л.Д., Гапочка М.Г., Королев А.Ф., Кочерженко Н.Н.* // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2003. № 1. С. 33.
3. *Верецагин А.И., Панов В.Г., Митин А.В., Корсаков М.Н.* // Экология урбанизированных территорий. 2007. № 1. С. 74.
4. *Эйхлер В.* Яды в нашей пище. М., 1993.

Influence of low-intensity electromagnetic radiation on toxicity of aqueous medium

M. G. Gapochka

*Department of Radiophysics, Faculty of Physics, Moscow State University, Moscow 119991, Russia.
E-mail: ludgap@phys.msu.ru.*

Influence of the ultra-high frequency low-intensity electromagnetic radiation on toxicity of phenol solutions in combination with cadmium and cobalt for the culture of microseaweed was studied in detail. Synergism in the system phenol–metals was discovered, as well as decreasing the toxicity of the system under the action of electromagnetic radiation.

PACS: 87.23.-n, 87.50.U-.

Keywords: toxicant, aqueous medium, culture of microseaweed, detoxication, UHF-irradiation, synergism.

Received 26 December 2007.

English version: *Moscow University Physics Bulletin* 1(2009)

Сведения об авторе

Гапочка Михаил Германович — к. ф.-м. н., ст. преподаватель; e-mail: ludgap@phys.msu.ru.