

УДК 574.24

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КОРОТКОВОЛНОВЫХ ЧАСТОТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ГИДРОБИОНТОВ К СОЛЯМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

© 2012 Н.А. Шилова, С.М. Рогачева, М.В. Линник

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина

Поступила в редакцию 09.10.2012

Исследован эффект воздействия электромагнитного излучения коротковолновых частот (ЭМИ КВЧ) низкой интенсивности на микроводоросли *Scenedesmus quadricauda* и рачков *Daphnia magna Straus* в условиях загрязнения водных сред ионами тяжелых металлов, в частности Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} в диапазоне концентраций от 1 до 0,001 мг/л. Показано, что под действием ЭМИ у гидробионтов повышается толерантность к воздействию тяжелых металлов.

Ключевые слова: *Daphnia magna*, *Scenedesmus quadricauda*, тяжелые металлы, фильтрационная активность, флуоресценция хлорофилла, биотестирование, токсичность

В настоящее время наибольшая техногенная нагрузка приходится на водные объекты. Постоянно возрастающий уровень антропогенного воздействия на водную среду повсеместно приводит к ее деградации, под которой понимается ухудшение качества среды. В общем объеме токсического загрязнения водной среды основную часть составляет загрязнение тяжелыми металлами. Актуальной является задача экологической реабилитации и восстановления заросших и зеленеющих деградированных водоемов. Восстановление водных экосистем возможно путем искусственного внесения микроскопических продуцентов и ракообразных фильтраторов. Эти гидробионты являются основными звеньями трофических цепей. Они чрезвычайно чувствительны к техногенным загрязнениям, и повышение их устойчивости будет способствовать восстановлению нарушенных экосистем, что в конечном итоге приведет к самоочищению водоема. Известно, что ЭМИ КВЧ низкой интенсивности способно повышать адаптационные способности биосистем различного уровня организации к техногенной нагрузке [1].

Цель исследований: определить эффекты воздействия ЭМИ КВЧ низкой интенсивности на микроводоросли *Scenedesmus quadricauda* и рачков *Daphnia magna Straus* в условиях загрязнения водных сред солями тяжелых металлов.

Шилова Наталья Александровна, аспирантка. E-mail: tysacomsa@rambler.ru

Рогачева Светлана Михайловна, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Природная и техносферная безопасность». E-mail: smro13@land.ru

Линник Мария Владимировна, студентка

Материалы и методы. Эксперименты проводились в растворах сульфатов Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} с концентрацией 1,0; 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001 мг/л. В качестве источника ЭМИ КВЧ низкой интенсивности использовали генератор Г4-142 (частота 65 ГГц, плотностью потока энергии 120 мкВт/см², время облучения 30 минут). **Объектами исследования** служили одноклеточные зеленые водоросли *Scenedesmus quadricauda* и рачки *Daphnia magna Straus*. Тест-объекты были разделены на 2 группы: необлученные (1-я группа) и облученные (2-я группа). В каждой группе ставился контроль. Использовали альгологически чистую культуру микроводорослей, находящуюся в экспоненциальной стадии роста. Для поддержания этой стадии роста пересев культуры осуществляли ежедневно. Культуру водорослей выращивали на среде Прата в конических плоскодонных колбах объемов 250-300 см³ в люминостате с интенсивностью освещения не менее 2000-3000 лк при температуре (20±2)°С. Для определения токсичности вышеперечисленных растворов была использована стандартная методика биотестирования водной среды по изменению уровня флуоресценции хлорофилла водорослей [2]. Критерием токсичности среды являлось подавление интенсивности флуоресценции (I_f) хлорофилла водорослей по сравнению с контролем. Измерения проводили на спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама». В контрольных колбах I_f замеряли через 30 минут и 72 часа от начала биотестирования. Замеры I_f в исследуемых растворах проводили в конце эксперимента (72 часа), рассчитывали относительное изменение параметра, в %. Культуру дафний выращивали в помещении, не содержащем токсических паров или газов. Оптимальная температура для культивирования

дафний и биотестирования составляла $20 \pm 2^\circ\text{C}$, освещенность 400-600 лк при продолжительности светового дня 12-14 ч. Дафний кормили одноклеточной зеленой водорослью *Scenedesmus quadricauda*. Биотестирование с использованием рачков выполняли в пробирках объемом 100 мл, которые заполняли 50 мл исследуемых растворов. В каждую пробирку помещали по 10 дафний в возрасте 6-24 ч. Биотестирование проводили при температуре 20°C и 12-часовом световом дне. Через 24 часа после воздействия ЭМИ дафний помещали в растворы солей металлов, оставляли их на сутки, корм не добавляли. Через сутки в пробы помещали водоросли *Scenedesmus quadricauda*. На спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама» измеряли интенсивность флуоресценции сред сразу после добавления водорослей и по прошествии 1 часа. Определение фильтрационной активности проводили методом, описанным в работе [3].

Расчет фильтрационной активности *D. magna* (F) проводили по формуле:

$$F = \frac{(I_t / I_o - I_\phi)V}{nt}$$

где V – общий объем пробы, мл; n – количество дафний в пробе, шт.; t – время опыта, час; I_t/I_o – коэффициент, соответствующий интенсивности флуоресценции в конечный (I_t) и начальный (I_o) момент опыта; I_ϕ – коэффициент, соответствующий фоновой интенсивности флуоресценции; F – объем воды, профильтрованный дафнией в единицу времени, мл/даф.час.

Эксперименты проводили трижды. Математическую обработку проводили с использованием компьютерной программы Microsoft Excel. Рассчитывали среднее арифметическое, доверительный интервал, стандартное отклонение. Статистическая достоверность всех представленных результатов оценивалась с использованием t-критерия Стьюдента и составляла 95%.

Результаты и обсуждение. Известно, что ростовая и фотосинтетическая активности водоросли *Scenedesmus quadricauda*, которые определяют по интенсивности флуоресценции хлорофилла, являются показателями уровня токсичности среды и степени толерантности организмов к этой среде. Нами изучалось влияние растворов солей Ni, Cu, Co, Zn в концентрациях 1,0; 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001 мг/л на интенсивность флуоресценции клеток микроводорослей предварительно облученных ЭМИ 65 ГГц и необлученных (рис. 1).

Из рис. 1А видно, что присутствие тяжелых металлов в среде приводит к снижению интенсивности флуоресценции культуры водорослей. Наибольшей токсичностью для клеток обладают ионы меди: интенсивность флуоресценции хлорофилла в присутствии сульфата меди в

диапазоне исследуемых концентраций 0,0001-1 мг/л снижается на 66-88%.

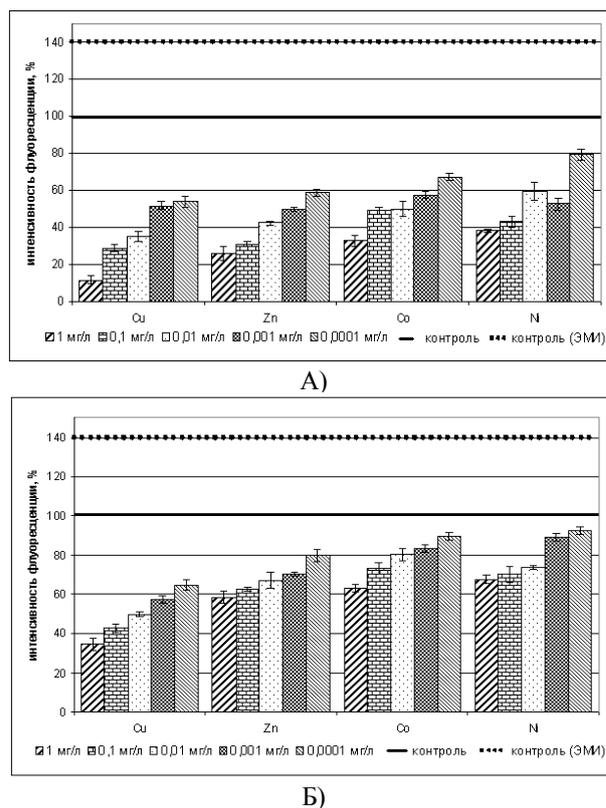


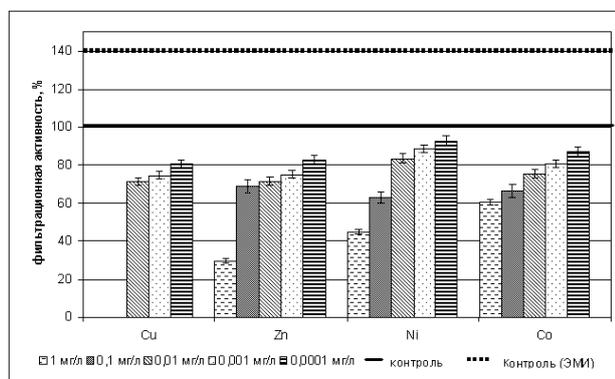
Рис. 1. Относительные значения интенсивности флуоресценции хлорофилла водорослей, подвергнутых:

А – изолированному воздействию ионов металлов, Б – комбинированному с ЭМИ воздействию ионов металлов. За 100% принимали уровень флуоресценции хлорофилла необлученной культуры *Sc. Quadricauda*

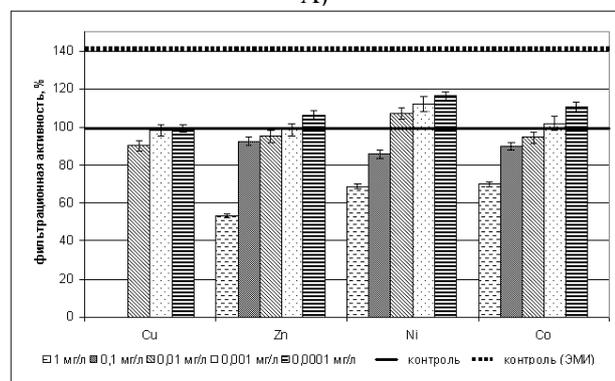
Наименьшее воздействие оказывает сульфат никеля: интенсивность флуоресценции хлорофилла при его наличии в среде в тех же концентрациях уменьшается на 20-60%. При облучении клеток ЭМИ интенсивность их флуоресценции после инкубирования в среде с солями металлов значительно возрастает (рис. 1Б). Так, для ионов меди и цинка (1 мг/л) – этот показатель увеличивается по сравнению с полученным для необлученной культуры в 2,5 раза; для ионов кобальта (1 мг/л) – в 2 раза, для ионов никеля (1 мг/л) – в 1,5 раза. Отмечено, что чем выше концентрация соли металла и чем токсичнее металл, тем в большей степени снижается уровень его воздействия на облученные ЭМИ клетки микроводорослей.

Для оценки жизнеспособности дафний, облученных ЭМИ и необлученных, в присутствии ионов металлов в различных концентрациях нами определялись показатели их смертности и фильтрационной активности (рис. 2). Полученные результаты (рис. 2А) свидетельствуют о том, что фильтрационная активность дафний 1-ой группы уменьшается во всех тестируемых растворах солей металлов. Наибольшее влияние

оказывают ионы меди. Растворы CuSO_4 1,0 и 0,1 мг/л вызывают 100% гибель тест-объектов, как необлученных, так и облученных ЭМИ, в течение 24 часов. Соль меди в концентрациях 0,0001-0,01 вызывает снижение фильтрационной активности на 20-27%.



А)



Б)

Рис. 2. Относительные значения фильтрационной активности дафний, подвергнутых: А – изолированному воздействию ионов металлов, Б – комбинированному с ЭМИ воздействию ионов металлов. За 100% принимали фильтрационная активность необлученных рачков *Daphnia magna*

Наиболее значительное снижение фильтрационной активности дафний зафиксировано в присутствии сульфатов цинка и никеля в концентрации 1,0 мг/л – на 70 и 55%, соответственно. У дафний, предварительно облученных ЭМИ, фильтрационная активность заметно увеличивается. В присутствии солей металлов в концентрациях меньше 0,01 мг/л она приближается к контрольным значениям и даже превышает их. В присутствии солей цинка, никеля и кобальта в концентрациях 1,0; 0,1 мг/л она увеличивается по сравнению с активностью необлученной культуры в среднем на 20%.

Выводы: установлено, что предварительное воздействие ЭМИ 65 ГГц низкой интенсивности на микроводоросли *Scenedesmus quadricauda* и рачков *Daphnia magna* увеличивает жизнеспособность гидробионтов в водных средах, содержащих ионы тяжелых металлов, в частности Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} в диапазоне концентраций от 1 до 0,001 мг/л. Это еще раз подтверждает адаптационный эффект ЭМИ КВЧ на живые системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Зотова, Е.А. Влияние комбинированного воздействия электромагнитного излучения и химических реагентов на биологические системы: автореф. дис. ... к. б.н. – Саратов, 2007. 20 с.
2. ФР 1.39.2007.03223 Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей.
3. Маторин, Д.Н. Биотестирование токсичности вод по скорости поглощения дафниями микроводорослей, регистрируемых с помощью флуоресценции хлорофилла / Д.Н. Маторин, П.С. Венедиктов // Вестник Московского университета. Сер.16, Биология. 2009. №3. С. 28-33.

INFLUENCE OF SHORT-WAVE FREQUENCIES ELECTROMAGNETIC RADIATION ON HYDROBIONTS STABILITY TO SALTS OF HEAVY METALS

© 2012 N.A. Shilova, S.M. Rogatchyova, M.V. Linnik

Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin

The effect of impact of short-wave frequencies electromagnetic radiation (SVF EMR) of low intensity on microalga *Scenedesmus quadricauda* and crustaceans *Daphnia magna* Straus in the conditions of water pollution by ions of heavy metals, in particular Ni^{2+} , by Cu^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} in a range of concentration from 1 to 0,001 mg/l is investigated. It is shown that under the influence of EMR at hydrobionts tolerance to influence of heavy metals raises.

Key words: *Daphnia magna*, *Scenedesmus quadricauda*, heavy metals, filtration activity, chlorophyll fluorescence, biotesting, toxicity

Nataliya Shilova, Post-graduate Student. E-mail: tysacomsa@rambler.ru; Svetlana Rogachyova, Doctor of Biology, Professor, Head of the Department "Natural and Technospheric Safety". E-mail: smro13@land.ru; Maria Linnik, Student