

УДК 574:[579.23-06:[537.531:549.746.1/4]](045)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ИЗУЧЕНИЕМ СОЧЕТАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКО ИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА И СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

© 2012 И.А. Чесноков¹, Ю.Ю. Елисеев², Е.П. Ляпина^{2,3}, Н.А. Бушуев¹, Г.А. Кутузова⁴,
Ю.Д. Храмова⁵

¹ ОАО «НПП» Алмаз», г. Саратов

² Саратовский государственный медицинский университет им. В.И.Разумовского

³ Саратовский НИИ сельской гигиены Роспотребнадзора

⁴ Саратовский государственный аграрный университет

⁵ Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

Поступила в редакцию 10.10.2012

Исследована протективная активность низко интенсивного электромагнитного излучения крайне высокочастотного (НИ ЭМИ КВЧ) диапазона в отношении микробиологических объектов, подвергшихся воздействию поллютантов.

Ключевые слова: *тяжёлые металлы, крайне высокочастотный диапазон, низкоинтенсивное электромагнитное излучение, поллютанты, кишечная палочка*

Особое значение в современном экологическом состоянии биосферы приобрело загрязнение окружающей среды группой поллютантов под общим названием тяжелые металлы (ТМ). Сегодня широко известно что к ним относится более 40 химических элементов периодической системы Д.И. Менделеева. Сотни тонн ТМ техногенного происхождения, являющихся отходами предприятий тяжелой промышленности (выбросы, образующиеся при высокотемпературных процессах в черной и цветной металлургии, обжиге цементного сырья, сжигании минерального топлива, поступлении газовых составляющих по скважине при добыче органического топлива (газа, нефти); машиностроения, транспорта, тепловых электростанций и т.д. попадают ежегодно в биосферу. Кроме того, источником загрязнения биоценозов могут служить воды с повышенным содержанием ТМ, используемые для орошения, бытовые сточные воды, которые применяют в качестве удобрения почвы. Загрязняться окружающая среда может вследствие выноса ТМ из отвалов рудников или металлургических предприятий водными или воздушными потоками, а также при внесении высоких доз

органических, минеральных удобрений и пестицидов, содержащих ТМ.

Все ТМ – биологически активные соединения. Попадая в результате антропогенной деятельности в природную среду, они начинают мигрировать, включаясь в биологический круговорот, а при определенных биогеохимических условиях и концентрациях, оказывать токсическое воздействие на живые организмы. ТМ обладают широким спектром токсического действия. Попав в организм теплокровных, металлы нарушают биохимические процессы, ингибируют активность многих ферментов, угнетают белковый и нуклеиновый обмен, блокируют поступление в организм жизненно важных элементов. ТМ способны аккумулироваться в организме, при этом повышенной экотоксичностью и накоплением в биологических тканях обладают кадмий, ртуть и свинец. Токсичность ТМ связана с их физико-химическими свойствами, их способностью к образованию прочных соединений с рядом функциональных группировок на поверхности и внутри клеток [4]. Таким образом, можно сделать вывод, что ТМ могут накапливаться в воде, воздухе, почве, аккумулироваться в микроорганизмах, растениях и животных, а затем по трофическим цепям попадать и в организм человека. ТМ относятся к наиболее опасным загрязняющим веществам и изучение их поведения в почве, воде, растениях, а также возможная оценка защитных свойств почвы является важной экологической проблемой [3]. Учитывая значение ТМ для биосферы и здоровья населения Земли, решение вопросов их утилизации и обезвреживания с созданием комплекса мер защиты биологических объектов

Чесноков Игорь Алексеевич, кандидат биологических наук, главный конструктор

Елисеев Юрий Юрьевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общей гигиены и экологии
Ляпина Елена Павловна, доктор медицинских наук, профессор кафедры инфекционных болезней. E-mail: LMN_SON@rambler.ru.

Бушуев Николай Александрович, доктор экономических наук, генеральный директор

Кутузова Галина Анатольевна, ассистент кафедры микробиологии, вирусологии и биотехнологии

Храмова Юлия Дмитриевна, студентка

от компонентов ТМ является актуальнейшей проблемой многих отраслей деятельности людей.

Характер и степень воздействия ТМ на почву определяются комплексом факторов: буферной способностью (устойчивостью) данной почвы к ТМ, природой металла и спецификой его взаимодействия с биологическими агентами (почвенными микроорганизмами, ферментами, растениями). Следовательно, каждому типу почвы, развивающемуся в конкретной экологической обстановке и обладающему характерным для него уровнем биологической активности и буферной способности, соответствует присущий только ему «ответ» на загрязнение ТМ. Попадая в почву, ТМ могут влиять на сообщество живых организмов, обеспечивающих происходящие биологические процессы, значительно снижая плодородие почв. Реакция почвенных микроорганизмов на воздействие ТМ зависит от многих факторов: дозы ТМ, времени и повторяемости воздействия; агрегатного состояния почвы, содержания гумуса, влажности, температуры и других факторов.

Цель исследования: изучение сочетанного воздействия НИ ЭМИ КВЧ диапазона и солей ТМ на микроорганизмы, обеспечивающие процессы самоочищения в почве и, в частности, *Escherichia coli* (*E. Coli*), а также возможности создания протекторных эффектов с помощью воздействия на почву и, следовательно, на почвенные микроорганизмы НИ ЭМИ КВЧ диапазона.

В исследовании использовалась почва, взятая с полей НИИ сельского хозяйства юго-востока Саратовской области. Образцы почвы забирались с участков площадью 1000 м² и содержали до 6% гумуса, рН 7,2-7,5. Почву брали буром, перед взятием почвенного образца удаляли до 3-5 см верхнего слоя. Почву, отобранную из пахотного слоя на глубине 5-20 см, смешивали в пакете для получения средней пробы, высушивали, просеивали через сито с диаметром пор 2 мм, набивали в пластиковые сосуды по 70 г почвы, увлажняли до 70% от полной влагоемкости, вносили ТМ (CdSO₃) в форме легкорастворимых солей из расчета 0,5 мг/кг и инкубировали почву в течение 7 суток, поддерживая заданную влажность. Контролем служила почва, чистая от солей ТМ. Эффект действия соли ТМ (CdSO₃) в дозе 0,5 мг/кг и НИ ЭМИ КВЧ диапазона на микроорганизмы определялся по общему количеству жизнеспособных аэробных и факультативно-анаэробных мезофильных клеток бактерий в образцах почвы по общепринятой методике с последующим высевом разведений почвы на чашки Петри с мясо-пептонным агаром (МПА).

Для воздействия на почву НИ ЭМИ КВЧ диапазона использовали аппарат «Амфит-0,2/10-01» (предприятие-производитель ООО «ФизТех», г. Нижний Новгород), генерирующий излучение типа «белый шум» с неравномерностью ±3дБ в диапазоне частот F=53,57÷78,33 ГГц (длина волны λ=5,6÷3,8мм) Это излучение низкоинтенсивное, неионизирующее. Важная особенность ММ-волн заключается в том, что энергия кванта излучения hν, даже в этой коротковолновой части СВЧ диапазона,

остается меньше энергии теплового движения kT. Для длины волны λ=1 мм hν=1,17·10⁻² эВ, тогда как при комнатной температуре kT=2,53·10⁻² эВ. Энергия кванта в рассматриваемом диапазоне частот оказывается существенно меньше не только энергии электронных переходов (1... 20 эВ) или энергии активации (0,2 эВ), но и колебательной энергии молекул, энергии водородных связей [1, 2].

Опыт проводили в лабораторных условиях на следующих группах почв:

- почва первой группы являлась контрольной (не подвергалась облучению НИ ЭМИ КВЧ диапазона и воздействию ТМ).

- в почву второй группы вносили соли ТМ в дозе 0,5 мг/кг.

- почва третьей группы облучалась НИ ЭМИ КВЧ 20 минут до внесения в нее ТМ в дозе 0,5 мг/кг.

Следующим этапом нашей работы было изучение протекторного влияния НИ ЭМИ КВЧ диапазона при внесении в почву солей ТМ (CoCl₂, HgCl₂, PbCl₂). Для этого из суточной агаровой культуры *E. coli* 113-13 готовили смыв стерильным физиологическим раствором по стандарту мутности по 10 ед. Затем по 0,1 мл смыва высевали в пробирки с 10 мл стерильного мясо-пептонного бульона (МПБ). В качестве контроля оставляли пробирки без ТМ. В остальные добавляли ТМ в концентрации 0,03 мг/л по две пробирки. Все пробирки культивировали при 37°С в течение 24 ч. В течение инкубации первую группу пробирок обрабатывали НИ ЭМИ КВЧ диапазона 3 раза по 20 мин, а вторая группа пробирок с *E. coli* оставалась не обработанной для контроля влияния ТМ на бактериальные клетки без действия НИ ЭМИ КВЧ диапазона. Через 24 часа культивирования определяли количество жизнеспособных клеток в бульонах после воздействия на бактерии ТМ совместно с НИ ЭМИ КВЧ для этого проводили высеивание из пробирок на чашки Петри с МПА. Инкубировали 24 ч при 37°С после чего проводили подсчет выросших колоний.

В результате проведенных исследований оказалось, что воздействие солей ТМ на почву приводит к уменьшению общего количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных почвенных микроорганизмов в 1,8 раза. Предварительное облучение НИ ЭМИ КВЧ диапазона способствовало уменьшению токсического действия солей ТМ, что сопровождалось снижением количества бактериальных клеток в почве только в 1,3 раза по сравнению с контролем (табл. 1).

Таблица 1. Влияние солей ТМ и НИ ЭМИ КВЧ на количество микроорганизмов в образцах почвы

Группы	Количество колоний (10 ⁶ КОЕ/мл)
1 группа (контроль)	900±5,0
2 группа (ТМ)	500±5,7
3 группа (ТМ + ЭМИ КВЧ)	700±6,1

Как известно, кишечная палочка является постоянным обитателем почвы и может служить

оптимальным тест-микроорганизмом для изучения протекторного действия НИ ЭМИ КВЧ диапазона в отношении ТМ. Полученные нами результаты в опыте с *E. coli* 113-13 доказывают, что воздействие НИ ЭМИ КВЧ диапазона стимулирует размножение бактериальных клеток, увеличивая их количество на 18% по сравнению с контролем. Внесение в питательную среду солей ТМ кобальта, свинца и ртути подавляло рост тест-культуры более, чем в два раза, а облучение крайне высокими частотами в течение инкубации 3 раза по 20 минут снижало токсичное влияние ТМ на *E. coli*. Так, например, (рис. 1) количество клеток в облучённой пробирке с CoCl_2 на 42% больше, чем без воздействия КВЧ, с HgCl_2 – на 77%, PbCl_2 – на 22% соответственно.

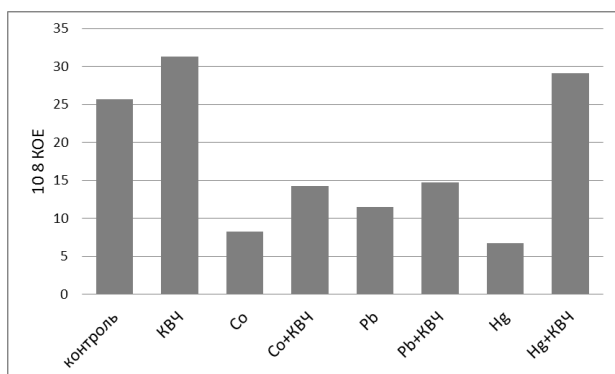


Рис. 1. Воздействие НИ ЭМИ КВЧ и солей ТМ (CoCl_2 , HgCl_2 , PbCl_2) на клетки *E. Coli*

Как видно из приведенного выше существует возможность регулирующего действия НИ ЭМИ КВЧ диапазона на микробиологические объекты, обеспечивая их защиту от экотоксикантов, в том числе суперэкотоксикантов – ТМ. Таким образом, перспективным направлением в решении проблемы загрязнения окружающей среды ТМ может являться использование НИ ЭМИ КВЧ диапазона для

создания протекторного эффекта при воздействии ТМ. Необходимо отметить, что НИ ЭМИ КВЧ диапазона является экологически чистым фактором, а это имеет большое значение для сельскохозяйственных производств.

Выводы:

1. Установлено, что ТМ (CdSO_3) проявляет ярко-выраженное токсическое действие на почвенную микрофлору, снижая количество бактерий на 45%.
2. Выявлено, что действие НИ ЭМИ КВЧ диапазона на почву, содержащую соли ТМ, снижает токсическое влияние CdSO_3 , повышая количество колоний микроорганизмов на 30%.
3. Определено, что действие НИ ЭМИ КВЧ диапазона стимулирует размножение бактерий и снижает токсическое действие солей ТМ (CoCl_2 , HgCl_2 , PbCl_2) на рост и развитие *Escherichia coli*.
4. Отмечен протекторный эффект воздействия НИ ЭМИ КВЧ диапазона на гетеротрофные бактерии и кишечную палочку, заключающийся в повышении устойчивости живых микроорганизмов к токсическому влиянию солей ТМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Голант, М.Б. Применение миллиметрового излучения низкой интенсивности в биологии и медицине / М.Б. Голант, В.А. Шаилов. – М., 1985. С. 127-132.
2. Бецкий, О.В. Миллиметровые волны низкой интенсивности в медицине и биологии / О.В. Бецкий, Н.Д. Девятков, В.В. Кислов // Биомедицинская радиоэлектроника. 1999. №4. С. 41-42.
3. Кривоуцкый, Д.А. Биоиндикация в системе наук о контроле состояния окружающей человека среды // Проблемы экологии. – Петрозаводск: Карелия, 1990. С. 42-69.
4. Walter, H. Fixation with even small quantities of glutaraldehyde effects red bloods cell surface properties in a cell / H. Walter, E.J. Krob // Bioscience reports. 1989. V. 9. P. 727-735.

THE ECOLOGICAL PROBLEMS CONNECTED WITH RESEARCHING THE COMBINED IMPACT OF LOW INTENSIVE ELECTROMAGNETIC RADIATION OF EXTREMELY HIGH-FREQUENCY RANGE AND SALTS OF HEAVY METALS ON MICROBIOLOGICAL OBJECTS

© 2012 I.A. Chesnokov¹, Yu.Yu. Eliseev², E.P. Lyapina^{2,3}, N.A. Bushuyev¹, G.A. Kutuzova⁴, Yu.D. Khramova⁵

¹JSC NPP Almaz», Saratov

²Saratov State Medical University named after V.I. Razumovskiy

³Saratov Scientific Research Institute of Rural Hygiene of Russian Agency for Health and Consumer Rights

⁴Saratov State Agrarian University

⁵Saratov State University named after N.G. Chernyshevskiy

Protective activity of low intensive electromagnetic radiation of extremely high-frequency range concerning the microbiological objects which have undergone influence of pollutant is investigated.

Key words: heavy metals, extremely high-frequency range, low-intensive electromagnetic radiation, pollutant, coliform bacillus

Igor Chesnokov, Candidate of Biology, Chief Designer; Yuriy Eliseev, Doctor of Medicine, Professor, Head of the Common Hygiene and Ecology Department; Elena Kyapina, Doctor of Medicine, Professor at the Infection Diseases Department. E-mail: LMN_SON@rambler.ru; Nikolay Bushuev, Doctor of Economy, General Director; Galina Kutuzova, Assistant at the Department of Microbiology, Virology and Biotechnology; Yuliya Khramova, Student