

НИЗКОИНТЕНСИВНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В ДИАПАЗОНЕ КРАЙНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ КАК ФАКТОР МОДИФИКАЦИИ ВЫЖИВАЕМОСТИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ КЛЕТОК РАСТЕНИЙ

Н. В. Гордия

Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины, Киев

Исследовано комбинированное воздействие низкоинтенсивного электромагнитного излучения в диапазоне крайне высоких частот (ЭМИ КВЧ) и ионизирующей радиации на выживаемость дифференцированных клеток высшего водного растения *Elodea canadensis*. Установлено, что ЭМИ КВЧ может выступать как радиопротекторный модификатор лучевого поражения растительных клеток.

Одной из актуальнейших проблем современной радиобиологии является проблема модификации лучевого поражения. На протяжении длительного времени изучается модифицирующее действие факторов физической и химической природы и вследствие этих исследований определилась перспективность использования ЭМИ КВЧ в качестве модифицирующего агента [1, 2].

В последнее время в связи с увеличением распространения ионизирующей и неионизирующей радиации все более обостряется интерес к использованию данного рода влияний на живые организмы. Однако исследования в данной области еще не обрели систематического характера. Слабые электромагнитные поля разной формы и частоты широко используются в медицинской практике. С другой стороны, сейчас в окружающей среде существует большое количество неконтролируемых электромагнитных полей, созданных различными источниками от силовых линий электропередач до сотовых телефонов, оценка влияния которых на состояние здоровья человека должна базироваться на понимании возможных механизмов влияния ЭМИ КВЧ на биологические объекты [3].

Важным также является изучение комбинированного действия электромагнитных излучений низкой интенсивности и ионизирующей радиации, поскольку на данном этапе развития цивилизации экологическая обстановка сложилась таким образом, что эти два типа излучения непременно сопровождают существование живых организмов.

Увеличение интенсивности ЭМИ КВЧ в окружающей среде иногда на шесть порядков превышает уровень природных ЭМИ КВЧ, в связи с чем их действие на биологические объекты выходит за рамки чисто сигнального влияния и поэтому исследования этого действия играют большую роль. Не менее актуальным является установление возможности модифицировать ответ дифференцированных клеток на действие ионизирующей радиации.

Большинство исследователей выявляют радиобиологические эффекты на уровне функционирования стволовых клеток. В современной литературе практически отсутствуют данные о том, что на развитие синдромов лучевого поражения также влияет реакция дифференцированных клеток.

В данной работе исследовалась выживаемость дифференцированных клеток высшего водного растения *Elodea canadensis*, подвергнутых облучению ионизирующей радиации, и модификация выживаемости клеток с помощью электромагнитного излучения низкой интенсивности в диапазоне крайне высоких частот. Была использована аквариумная культура, которая выращивалась в условиях дневного освещения при температуре 19 °С на водопроводной воде.

Для оценки выживаемости дифференцированных клеток мы использовали метод витального окрашивания, а именно окрашивание метиленовым синим. Препараты листочков *Elodea canadensis* выдерживали в растворе метиленового синего, который готовили из расчета 100 мг в 100 мл дистиллированной воды, а потом через 40 мин после облучения подсчитывали количество живых и умерших клеток в разных вариантах [4]. Наблюдения проводились в проходящем свете (микроскоп NU, объектив 63, окуляр 15).

В качестве источника электромагнитных излучений использовали генератор высокочастотных колебаний “Порог”, который обеспечивает генерацию импульсов излучения в диапазоне частот от 30 – 70 ГГц с частотой повторения 100 Гц и плотностью потока мощности 10^{-8} Вт/см². Длительность облучения ЭМИ КВЧ составляла 30 мин, поскольку из литературных источников известно, что выраженность эффектов ЭМИ КВЧ не зависит от длительности облучения. Облучение ионизирующей радиацией изолированных листочков осуществляли на установке “Исследователь” с источником радиации ⁶⁰Со при мощности дозы 0,6 Гр/с в диапазоне доз от 25 до 4600 Гр. Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью пакета программ SPSS.

Исследуя дозовую зависимость выживаемости дифференцированных клеток *Elodea canadensis*, выявили их необычайную радиоустойчивость. Дозы до 700 Гр вообще не вызывали смерть дифференцированных клеток. Дозовая кривая на рис. 1 соответствует выживаемости клеток сразу после действия острого гамма-излучения и характеризуется наличием «плеча», что в данном случае отображает не восстановление клеток, а тот факт, что глубоко дифференцированные клетки способны переносить очень интенсивное лучевое поражение, поскольку смерть клеток наступает при дозе 4870 Гр. Кривые такого типа можно отнести к зависимостям типа «все или ничего».

Анализируя дозовую зависимость выживаемости клеток *Elodea canadensis*, через 420 мин после облучения (рис. 2), мы пришли к заключению, что характер дозовой зависимости изменяется, поскольку при дозах 3370 и 4300 Гр практически 97 % клеток гибнут.

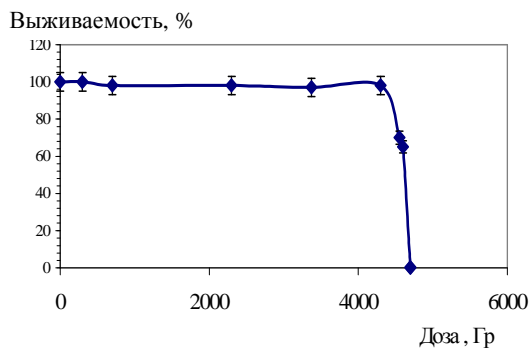


Рис. 1. Кривая выживаемости клеток *Elodea canadensis* вследствие гамма-облучения.

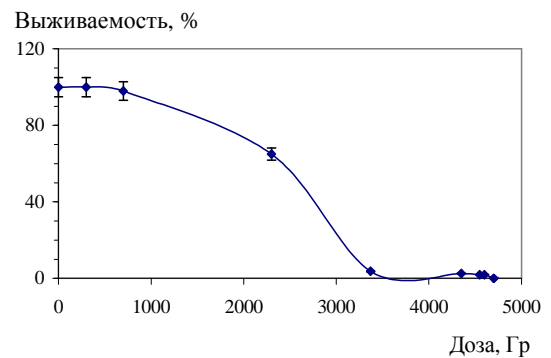


Рис. 2. Кривая выживаемости клеток *Elodea canadensis* через 420 мин после облучения.

Поскольку ответ многоклеточного растительного организма на воздействие ионизирующей радиации состоит из нескольких этапов, достаточно трудно установить, какие именно процессы сыграли решающую роль в лучевом поражении клеток.

Как известно, эффективность модифицирующего фактора оценивают, сравнивая данные выживаемости клеток в дозовых зависимостях с модификатором и без него. Эффект действия модификатора в значительной степени зависит от последовательности его использования [5, 6]. Более того, как видно из литературных источников, от того, будет ли модификатор применен перед облучением ионизирующей радиацией или при обратной последовательности применения этих двух влияний, эффект может быть прямо противоположным [7 - 11]. Мы в своих экспериментах проанализировали обе последовательности влияния на клетки *Elodea canadensis*, чтобы ответить на вопрос, может ли ЭМИ КВЧ выступать как модификатор лучевого поражения, и если может, то при какой последовательности применения.

Сравнивая дозовые кривые выживаемости без модификатора и под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, мы пришли к заключению, что ЭМИ КВЧ может модифицировать

лучевое поражение. Из рис. 3 видно, что гибель клеток при использовании ЭМИ КВЧ наблюдается при дозе 5460 Гр, а не при 4870 Гр, как это происходит в варианте без модификатора. Расчет фактора изменения дозы показал, что для ЭМИ КВЧ он составляет 1,23.

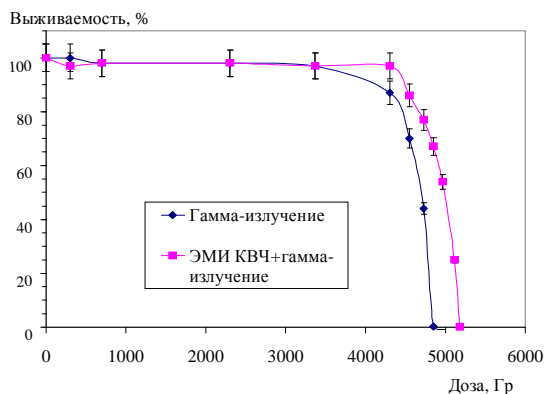


Рис. 3. Кривая выживаемости клеток *Elodea canadensis* при предварительном влиянии ЭМИ КВЧ.

может быть связана с развертыванием целого комплекса биохимических реакций, индуцированных ЭМИ КВЧ. Эффект может быть связан с предварительным конформационным изменением макромолекул, что приводит к уменьшению радиационных повреждений. Освобождение ионов кальция из среды клеток замедляет фрагментацию хроматина, что также может вызывать радиопротекторный эффект.

Как известно, для осуществления радиопротекторного эффекта очень важным фактом является вмешательство в осуществление цепных реакций на действие облучения и, как следствие, торможение перекисного окисления липидов. ЭМИ КВЧ может в данном процессе выступать в качестве фактора антиоксидантного действия, влияя на инактивацию свободнорадикальных состояний липидов. Кроме того, в клетках происходит ускорение репарации структуры мембран, а поскольку известно, что репарация мембран зависит от биоэнергетических и биосинтетических процессов, которые происходят в цитоплазме, вероятно, что ЭМИ КВЧ вызывает ускорение клеточного метаболизма, влияя на биосинтез липидов и белков. В свою очередь это отражается на таком важном для растительного организма показателе, как скорость движения цитоплазмы [12, 13], и на увеличении выживаемости дифференцированных клеток *Elodea canadensis*, облученных электромагнитным излучением.

Обобщая данный экспериментальный материал и ссылаясь на литературные источники [14], можно сделать вывод, что ЭМИ КВЧ может быть регулирующим фактором, готовящим растительный организм к воздействию последующих неблагоприятных влияний (в данном случае - ионизирующей радиации), и является радиопротекторным модификатором лучевого поражения, причем его эффективность показана в диапазоне экстремально высоких доз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев Ю.Г., Плеханов П., Дозморов И. и др. Некоторые подходы к оценке комбинированного действия электромагнитных полей и других физических факторов среды // Материалы 3-го сов.-амер. раб. совещ. по проблеме "Изучение биологического действия физических факторов окружающей среды". - К.: Здоровье, 1982. - С. 27 - 32.
2. Гаркави Л.Х. Квакина Е.В. К механизму защитного действия слабых ЭМП по отношению к сильным // Материалы I Рос. конф. «Проблемы электромагнитной безопасности человека. Фундаментальные и прикладные исследования». - М., 1996. - С. 136 - 137.
3. Григорьев Ю.Г. Сотовая связь: радиобиология и оценка опасности // Радиационная биология. Радиозэкология. - 2001.- Т. 41, № 5. - С. 500 - 513.

4. *Баденко А. Л.* Сравнительная оценка действия на клетки растений электромагнитных полей экологической природы // Применение электромагнитных полей в сельскохозяйственных исследованиях и производстве. – Л.: АФИ, 1988. – С. 175 - 176.
5. *Гродзинський Д.М.* Радіобіологія: Підруч. – К.: Либідь, 2000. – 448 с.
6. *Амирагова М.И., Жеребченко П.Г., Комар В.Е.* Пределы модифицируемости лучевого поражения. – М.: Атомиздат, 1978. – 216 с.
7. *Севастьянова Л.А., Бородкина А.Г., Голант М.Б., Реброва Т.Б.* Влияние радиоволн миллиметрового диапазона на рост опухолей у экспериментальных животных // Нетепловые эффекты миллиметрового излучения. - М., 1981. - С. 147 – 152.
8. *Бецкий О. В.* Проблемы КВЧ-терапии // Аппаратный комплекс “Электроника-КВЧ” и его применение в медицине. – М.: НПО “Сатурн”. – 1991. – С. 4 – 10.
9. *Акоев И.Г., Мельников В.М., Усачев А.В.* Модификация летального радиационного поражения мышей пострадиационным интенсивным радиочастотным излучением сантиметрового диапазона // Радиационная биология. Радиозоология. – 1999. - Т. 34. вып. 4 - 5. - С. 675 - 677.
10. *Добров Н.Н., Козлов В.А., Никитин М.Д. и др.* Скорость восстановления радиорезистентности организма в условиях предварительного воздействия электрической составляющей электромагнитного поля низкочастотного диапазона // Радиобиология. – 1980. – Т.20. вып. 2.– С. 278 - 280.
11. *Гордія Н.В., Зезіна Н.В.* Радіомодифікуючий вплив електромагнітних випромінювань надвисокої частоти на швидкість росту коренів гороху // Вісн. Київ. ун-ту імені Тараса Шевченка. – 1999. - № 29.- С. 26 - 27.
12. *Гордія Н.В., Гродзинський Д.М.* Дослідження швидкості руху цитоплазми як цитофізіологічний метод в радіобіологічному експерименті // Цитология и генетика. – 2004. – Т. 38, № 1. – С.71 - 79.
13. *Гордія Н.В., Гродзинський Д.М.* Залежність руху цитоплазми від стану кальцієвих каналів під дією іонізуючої радіації та електромагнітного випромінювання надвисокої частоти // Зб. наук. праць Ін-ту ядерних досл. – 2003. - № 3 (11). – С. 133 - 139.
14. *Девятков Н. Д., Голант М. Б., Бецкий О. В.* Особенности медико-биологического применения миллиметровых волн. – М.: ИРЭ РАН., 1994. – 164 с.

Поступила в редакцию 20.12.04,
после доработки – 28.02.05.

**35 НИЗЬКОІНТЕНСИВНІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ВИПРОМІНЮВАННЯ В ДІАПАЗОНІ
НАДВИСОКИХ ЧАСТОТ ЯК ФАКТОР МОДИФІКАЦІЇ ВИЖИВАНОСТІ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНИХ
КЛІТИН РОСЛИН**

Н. В. Тордія

Досліджено комбінований вплив низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання в діапазоні надвисоких частот (ЕМВ НВЧ) та іонізуючої радіації на виживаність диференційованих клітин вищої водної рослини *Elodea canadensis*. Установлено, що ЕМВ НВЧ може бути радіопротекторним модифікатором променевого ураження рослинних клітин.

**35 LOW INTENSITY RADIATION IN DIAPAZONE OF HIGH FREQUENCY AS FACTOR OF THE
SURVIVAL MODIFICATION OF DIFFERENTIATED PLANT CELLS**

N. V. Tordiya

The combined effect of low intensity electromagnetic emission in highfrequency range (EMI HF) and ionizing radiation on survival of the differential cells of high plant water *Elodea canadensis* is investigated. It was established, that EMI HF is radioprotective modification of the radiation injury of plant cell.