

Ю. А. Владынцева

**ДЕЙСТВИЕ НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДИАПАЗОНА
МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ (900 МГц) НА ПОЛИХРОМНЫЕ КЛЕТКИ
КОСТНОГО МОЗГА ОБЛУЧЕННЫХ КРЫС**

Известно, что наиболее чувствительным звеном в системе организма позвоночных, к действию ионизирующего и неионизирующего излучения являются активно пролиферирующие клетки крови и красного костного мозга. В этой связи представляется актуальной оценка частоты пролиферативных нарушений, которые возникают под действием ионизирующего и неионизирующего излучения.

Интенсивное развитие мобильных средств телекоммуникаций сопряжено с постоянным действием электромагнитного поля радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) на организм. Электромагнитное излучение (ЭМИ) все больше становится неотъемлемым фактором среды обитания городского жителя. Необходимость ограничения неблагоприятного действия ЭМИ является постоянным предметом научных дискуссий. К настоящему времени опубликовано огромное количество работ по оценке генотоксического действия неионизирующих электромагнитных полей, в том числе [1–5], однако поднятая проблема не может быть исчерпана. По настоящее время не установлены общие закономерности распределения естественных и искусственных ЭМИ в среде обитания человека, существуют трудности статистического описания параметров излучений различных источников, распределенных в пространстве и имеющих различные режимы работы. Перечисленные причины существенно сужают изучение характера, степени и основных закономерностей влияния ЭМИ на различные уровни организации биосистем, пределы и возможности компенсаторно-приспособительных реакций организмов на это воздействие, достоверного определения экологического значения ЭМИ, их роли в патологии населения, прогнозирования состояния здоровья людей [4, с. 170]. В этой связи научно-практический интерес представляет проблема действия неионизирующего излучения на человека и животных и, выделение наиболее репрезентативных структур организма, позволяющих оценить действие этого фактора.

Одним из широко распространенных тестов на действие, в том числе и неионизирующее, излучения на организм является микроядерный тест. Метод впервые был предложен независимо друг от друга Heddle и Schmid в начале 70-х годов. Сущность открытого ими феномена, положенного в основу разработанного метода состоит в том, что во время деления клеток ацентрические фрагменты хромосом и отставшие хромосомы, не вошедшие в дочерние ядра, формируют в цитоплазме клеток одно, реже два ДНК-содержащих образования, получивших название микроядер (МЯ) [6]. Учет микроядер очень часто проводится в полихромных эритроцитах. Это, прежде всего, связано с тем, что полихромные эритроциты легко распознаются, имеют короткий жизненный цикл, и любое содержащееся в них микроядро является следствием хромосомных aberrаций в эритробластных клетках, возникших спонтанно или индуцированных исследуемыми агентами. В настоящее время микроядерный тест является обязательным при различных токсикологических исследованиях, проводимых лабораториями США, ЕС и Японии. Широко используют микроядерный тест и в других странах, так как по сравнению с уже имеющимися на вооружении генетиков методами, данный является наименее трудоемким и наиболее производительным [7]. В рамках проекта «REFLEX» (2000–2004 гг.) проведено совместное исследование 12-ти научных групп из семи европейских стран, давших оценку биологического действия радиочастотных ЭМП РЧ *in vitro* на субклеточном и клеточном уровне. Результаты этих исследований позволили прийти

к следующим выводам: ЭМП РЧ (1800 МГц) индуцирует генотоксические эффекты, а именно однонитевые и двунитевые разрывы ДНК, которые приводят к повышению частоты микроядер в клетках HL-60; ЭМП РЧ при воздействии 2 Вт/кг ($\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$), что приводит к повышению частоты хромосомных аберраций в культуре фибробластов человека и нарушению репарации ДНК.

Таким образом, целью данной работы являлась оценка генотоксического действия электромагнитного излучения диапазона мобильной связи (900мгц) на полихромных клетки косного мозга облученных крыс *in vivo*. Для достижения цели исследования определяли частоту микроядер в полихромных эритроцитах костного мозга белых беспородных крысах-самцах стадного разведения, возраста, на момент начала эксперимента, 1 месяц. Все животные, содержащиеся в типовых условиях, были разделены на две группы: животных: контрольная группа и группа животных, которые в дневное время подвергались воздействию переменного электромагнитного излучения диапазона мобильной связи (897,2 МГц, 35-й канал, 0,2–0,3 мВт/см²; источник излучения – установка, имитирующая сигнал мобильного телефона в режиме разговора, вместо речи использовали модулированный по стандарту GSM псевдослучайно сгенерированный шум, предварительно сглаженный по Гауссу) ежедневно по 8 часов в день (16, 30-минутных фракций с 5-минутными интервалами) непрерывно на протяжении 60 суток. Животные выводились из эксперимента сразу после 1, 2 месяцев облучения и на 3, 7, 14 и 28-е сутки после окончания облучения. Материалом исследования служили клетки костного мозга. Для получения суспензии клеток костного мозга бедренную кость животного промывали 5 мл раствора Хэнкса без фенолового красного, содержащего 10 % сывротки, 0,5 % раствор антибиотиков (Antibiotic/antimicotik cocktail, Sigma) и гепарин (2,5 Ед/мл). Уровень микроядер в полихромных эритроцитах костного мозга определялся по стандартной методике с использованием метанольной фиксации и окраски Гимза [8]. Для оценки достоверности различия частоты микроядер, использовался критерий Стьюдента, для уровня статистической значимости различий $p \leq 0,05$. Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.0.

Подсчет микроядер проводился с помощью светового микроскопа при $\times 600$ кратном увеличении, для каждого стекла выбирались 10 полей обзора. Оценка частоты встречаемости микроядер производилась на 1000 клеток в контрольной и экспериментальной группе. На основании полученных данных выполнено сравнение средних значений частоты микроядер в контрольной и экспериментальной группе. Для сравнения использовались результаты контрольной и экспериментальной группы, полученные в один и тот же день. Достоверность различия средних значений оценена с помощью *t*-критерия Стьюдента, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика частоты микроядер в полихромных эритроцитах костного мозга

Время	Контроль	Облучение	<i>t</i> -value	<i>df</i>	<i>p</i>
3-е сутки	0,23±0,02	0,22±0,05	0,32	10	0,76
7-е сутки	0,23±0,04	0,23±0,06	0,00	10	1,00
14-е сутки	0,32±0,03	0,32±0,07	0,00	10	1,00
28-е сутки	0,25±0,04	0,23±0,04	0,28	10	0,79
30-е сутки	0,23±0,07	0,35±0,08	-1,15	10	0,28
60-е сутки	0,22±0,05	0,40±0,06	2,31	10	0,04

Статистически достоверное различие частоты микроядер в контрольной и экспериментальной группах установлено на момент 60-х суток эксперимента ($p < 0,05$). Установлено, что в контрольной группе и группе облученных животных наблюдается синхронное повышение, а затем понижение частоты микроядер в клетках красного костного мозга. Динамический ряд частот можно разделить на два временных этапа. На первом этапе

(3–14-е сутки) наблюдается повышение частоты микроядер в группе облученных животных. На втором этапе (28–60-е сутки) наблюдается снижение частоты микроядер в контрольной группе и повышение в группе облученных животных. Наблюдаемый феномен второго этапа можно связать с повышением пролиферативной активности клеток костного мозга. Усиление пролиферации может быть результатом накопления клеточных поломок, которые возникают в результате увеличения поглощенной дозы облучения. В результате, в течение двух месяцев в группе облученных животных частота микроядер в клетках красного костного мозга увеличилась 1,8 раза.

Литература

- 1 Шилкова, Т. В. Оценка биологических эффектов электромагнитного поля радиочастотного диапазона низкой интенсивности на систему крови экспериментальных животных / Т. В. Шилкова, Д. З. Шибкова, Н. В. Ефимова, Н. Д. Полевик // Вестник Южно-Уральского государственного университета, г. Челябинск, 2011. – Вып. 26. – № 7. – С. 10–14.
- 2 Шилкова, Т. В. Оценка влияния электромагнитного поля радиочастотного диапазона низкой интенсивности на содержание микроядер в эритроцитах костного мозга / Т. В. Шилкова, Д. З. Шибкова // Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды: материалы III Международной научно-практической конференции 22–23 ноября 2010 г., г. Челябинск. – С. 66–68.
- 3 Пряхин, Е. А. Влияние неионизирующих ЭМИ на животных и человека: монография / Е. А. Пряхин, А. В. Аклеев. – Челябинск : Полиграф-Мастер, 2006. 220 с.
- 4 Рыбалко, С. Ю. Медико-биологические аспекты воздействия электромагнитного излучения мобильного телефона / С. Ю. Рыбалко, И. А. Грецкий, Ю. В. Бобрик, С. Г. Яценко // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. – 2011. Т. 1, № 1. – С. 118–123.
- 5 Новиков, С. В. Влияние электромагнитных полей на человека / С. В. Новиков // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: тр. всерос. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 5–8 мая 2009. Ч. IV. Техн. науки. – Новокузнецк : СибГИУ, 2009. – С. 296–301.
- 6 Mac Gregor, J. T. Guidelines for the conduct of micronucleus assays in mammalian bone marrow erythrocytes / J. T. Mac Gregor, J. A. Heddle, F. Hite, R. R. Tice // Mutat. Res. Genet. Toxicol. Test. 1987. Vol. 189, № 2. – P.103–112.
- 7 Басыйров, А. М. Особенности микроядерного анализа эритроцитов крови в популяции сизого голубя в г. Казани / А. М. Басыйров, И. И. Рахимов // Филология и Культура. – 2006, вып. № 7. – С. 60–70.
- 8 Красовский, Г. Н. Методические указания по изучению мутагенной активности химических веществ при обосновании их ПДК в воде / Г. Н. Красовский, В. С. Журков. – М. : МЗ СССР, 1986. – № 411086.

УДК 533.9.082.5:631.414.3:546.47:546.815:631.445.24

Е. А. Власенко, А. В. Хаданович

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА рК-СПЕКТРОСКОПИИ К ИЗУЧЕНИЮ СОРБЦИИ ИОНОВ ЦИНКА И СВИНЦА (II) ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВОЙ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с изучением сорбции ионов цинка и свинца (II) методом рК-спектроскопии. Показано, что при внесении ионов Zn^{2+} в почву наблюдается преимущественное поглощение исследуемого катиона почвенным