

## ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА И ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧАСТОТАХ ОКСИДА АЗОТА НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

**А.А. Цымбал** – ГОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Росздрава, кафедра нормальной физиологии им. И.А. Чувеевского, доцент, кандидат медицинских наук; **В.Ф. Киричук** – ГОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Росздрава, заведующий кафедрой нормальной физиологии им. И.А. Чувеевского, профессор, доктор медицинских наук; **М.О. Куртукова** – ГОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Росздрава, кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии, ассистент, кандидат медицинских наук.

## INFLUENCE OF CHRONIC STRESS AND TERAHERTZ RADIATION AT NITRIC OXIDE FREQUENCY ON FUNCTIONAL ACTIVITY OF THYROID GLAND

**A.A. Tsymbal** – Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Department of Normal Physiology, Assistant Professor, Candidate of Medical Science; **V.F. Kirichuk** – Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Head of Department of Normal Physiology, Professor, Doctor of Medical Science; **M.O. Kurtukova** – Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Department of Histology, Cytology and Embryology, Assistant, Candidate of Medical Science.

Дата поступления – 13.09.2010 г.

Дата принятия в печать – 14.12.2010 г.

**Цымбал А.А., Киричук В.Ф., Куртукова М.О.** Влияние длительного стресса и терагерцового излучения на частотах оксида азота на функциональную активность щитовидной железы // Саратовский научно-медицинский журнал. 2010. Т. 6, № 4. С. 767-771.

Изучалось влияние терагерцового облучения на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц на функциональную активность щитовидной железы в условиях длительного (хронического) стресса. Функциональную активность щитовидной железы в условиях длительного стресса и облучения терагерцовыми волнами на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц исследовали у 75 белых беспородных крыс-самцов. В условиях длительного стресса обнаружено угнетение функциональной активности щитовидной железы. Показано, что при 15-минутном режиме воздействия терагерцовыми волнами на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц у стрессированных животных наблюдается частичное восстановление изучаемых показателей активности щитовидной железы. При 30-минутном режиме воздействия указанными волнами наблюдается полное восстановление нарушенных показателей функционального состояния щитовидной железы. Выявлен факт положительного влияния терагерцового излучения на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц на активность щитовидной железы у животных, находящихся в состоянии хронического стресса.

**Ключевые слова:** щитовидная железа, длительный стресс, терагерцовое излучение, оксид азота.

**Tsymbal A.A., Kirichuk V.F., Kurtukova M.O.** Influence of chronic stress and terahertz radiation at nitric oxide frequency on functional activity of thyroid gland // Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2010. Vol. 6, № 4. P. 767-771.

In the chronic stress conditions oppression of functional activity of thyroid gland is revealed. Influence of terahertz radiation at the nitric oxide frequency of 150,176-150,664 GHz on functional activity of thyroid gland in the conditions of chronic experimental stress was studied. It was shown that during 15 minutes of influence of terahertz waves at nitric oxide frequency partial restoration of studied indicators of activity of thyroid gland was observed in stressed animals. At 30 minute mode of influence of specified waves a complete recovery of broken indicators of functional condition of thyroid gland was determined.

**Key words:** thyroid gland, chronic stress, terahertz radiation, nitric oxide.

**Введение.** Тиреоидные гормоны необходимы для нормального развития органов и систем организма, поддержания основного обмена и тканевого дыхания [1]. Нарушения функционального состояния щитовидной железы, ее регуляторных механизмов в звене гипоталамус – гипофиз – щитовидная железа, а также в процессах конверсии тироксина в трийодтиронин приводят к развитию тиреоидной патологии [1, 2]. Известно, что щитовидная железа и система ее регулирования обладают уникальной чувствительностью к разнообразным стрессорным воздействиям [1, 2].

Следовательно, коррекция функциональной активности щитовидной железы при различных патологических состояниях, в том числе стрессорных, является патогенетически обоснованной.

В настоящее время большой интерес вызывают два внутриклеточных посредника (мессенджера) – оксид азота и окись углерода, являющиеся универ-

сальными регуляторами физиологических и метаболических процессов как в отдельной клетке, так и в организме в целом [3]. В биологической науке возникло новое направление – биология NO, дающее новые фундаментальные сведения, которые могут быть полезны и использованы в медицине [3]. Появилось новое перспективное направление в экспериментальной медицине – NO-терапия, или терагерцовая терапия [4].

Терагерцовый диапазон частот (100 ГГц-10 ТГц) интересен тем, что именно в нём в основном сосредоточены частотные спектры поглощения и излучения важнейших клеточных метаболитов (NO, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, OH- и др.) [4]. Фундаментальной основой функционирования сложных биологических систем являются молекулы-метаболиты, стабильные и строго воспроизводимые молекулярные структуры биосреды. Поэтому детерминированное управление их реакционной способностью излучением, совпадающим по спектрам их излучения и поглощения, может направленно регулировать процесс метаболизма в

**Ответственный автор** – Цымбал Александр Александрович.  
Адрес: 410012, г. Саратов, ул. Б. Казачья, 112.  
Тел.: 89172172525; 8(8452) 669744.  
E-mail: AA-Tsymbal@yandex.ru

биосреде. Анализ биомедицинских эффектов электромагнитного излучения на частотах молекулярных спектров атмосферных газов-метаболитов показывает прямую связь спектров заданного метаболита и его свойств в биосреде. Это соответствует представлениям о веществе и поле как о единой системе [4].

Целью настоящего исследования явилось изучение влияния электромагнитных волн терагерцового диапазона на частотах молекулярного спектра облучения и поглощения оксида азота 150,176-150,664 ГГц на функциональную активность щитовидной железы в условиях длительного стресса.

**Методы.** Изучали образцы крови 75 белых беспородных крыс-самцов массой 180-220 г. В качестве модели, имитирующей нарушения функциональной активности щитовидной железы, применяли длительный (хронический) иммобилизационный стресс – фиксация крыс в положении на спине в течение трех часов каждый день в течение пяти дней. Исследование проводилось в пяти группах животных по 15 особей в каждой: 1-я группа – контрольная – интактные животные; 2-я группа – сравнения – животные в состоянии хронического иммобилизационного стресса; 3, 4 и 5-я группы – опытные, в которых животные подвергались однократному облучению терагерцовыми волнами на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц в течение 5, 15 и 30 минут соответственно на фоне хронической иммобилизации.

Экспериментальные животные содержались в стандартных условиях вивария. Для устранения влияния сезонной и циркадной зависимости на функциональную активность щитовидной железы эксперименты проводились в осенне-зимний период в первой половине дня, в одно и то же время. Все животные при проведении эксперимента находились в одинаковых условиях. Опыты проводились в отдельной лаборатории, при постоянной температуре, со стандартным уровнем освещения, посторонние раздражители исключались.

Облучение животных проводилось электромагнитными волнами на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц с помощью аппарата «КВЧ-Орбита», разработанного в Медико-технической ассоциации КВЧ (Москва) и Центральном научно-исследовательском институте измерительной аппаратуры (Саратов) на участок кожи площадью 3 см<sup>2</sup> над областью мечевидного отростка грудины. Облучатель располагался на расстоянии 1,5 см над поверхностью тела животного. Мощность излучения аппарата – 0,7 мВт, а плотность мощности, падающей на участок кожи размером 3 см<sup>2</sup>, составляла 0,2 мВт/см<sup>2</sup>.

Забор крови для исследования осуществляли в пластиковые пробирки путем пункции сердца. О функциональной активности щитовидной железы судили по концентрации в сыворотке крови свободных и связанных фракций тироксина и трийодтиронина, концентрации тиреоглобулина и тиреотропного гормона, концентрации антител к тиреопероксидазе и тиреоглобулину, определяемых методом твердофазного иммуноферментного анализа с применением моноклональных антител.

Эксперименты на животных проводились в соответствии с Женевской конвенцией «International Guiding principles for Biomedical Research Involving Animals» (Geneva, 1990 г.), приказом Минздрава СССР от 12 августа 1977 г. № 755 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных» (по сост. на 20 окт. 2006 г.), Хельсинкской

декларацией Всемирной медицинской ассоциации (в ред. от окт. 2000 г.).

Работа включена в программу РАМН «Научные медицинские исследования Поволжского региона на 2008-2010 г.г.» по направлению «Экспериментальные исследования влияния радиоимпульсного излучения на функциональное состояние белых крыс (биообъекты) при различных видах стресса» (утв. Президиумом РАМН 23 апр. 2008 г., протокол № 7) и выполнена в соответствии с международным договором о научно-техническом сотрудничестве от 2 марта 2010 г. между исследовательским центром по биофотонике Института биомедицинской инженерии и технологий здравоохранения Шеньчженьского института передовых технологий Китайской академии наук, с одной стороны, и ГОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Росздрава, с другой.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием пакета программ Statistica 6.0. Статистически значимыми считали различия при  $P < 0,05$ .

**Результаты.** У крыс, находящихся в состоянии длительного (хронического) иммобилизационного стресса, наблюдалось статистически достоверное угнетение функциональной активности щитовидной железы, что проявлялось в снижении концентрации как свободных, так и связанных форм тироксина и трийодтиронина. Снижалось значение отношения  $T_3/T_4$ , статистически достоверно уменьшалась концентрация тиреоглобулина. На фоне указанных изменений происходило статистически значимое увеличение концентрации тиреотропного гормона гипофиза (табл. 1). Уровень антител к тиреопероксидазе и тиреоглобулину повышался, однако не был статистически значимым (табл. 2).

Воздействие терагерцовым облучением на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц в течение пяти минут на животных, находящихся в состоянии хронического стресса, не вызывает статистически значимых изменений всех исследуемых показателей функциональной активности щитовидной железы. Об этом свидетельствует отсутствие статистически достоверных различий основных изучаемых параметров, характеризующих функции щитовидной железы, данной группы по сравнению с показателями группы животных, находящихся в состоянии стресса. В то же время отмечались статистически значимые различия в исследуемых показателях по сравнению с данными контрольной группы (см. табл. 1, 2).

Показано, что при воздействии на животных на фоне хронического экспериментального стресса волнами терагерцового диапазона на частотах оксида азота в течение 15 минут наблюдается частичная нормализация функциональной активности щитовидной железы. Так, статистически достоверно восстанавливалась концентрация тиреоглобулина, однако все другие исследуемые показатели активности щитовидной железы статистически достоверно отличаются от параметров группы контроля (см. табл. 1). Данный временной режим не оказывает влияния на концентрацию антител к тиреопероксидазе и тиреоглобулину, о чем свидетельствует отсутствие статистически достоверных различий по сравнению с данными группы контроля (см. табл. 2)

При воздействии терагерцовым облучением на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176-150,664 ГГц в течение 30 минут наблюдается полное восстановление нарушенной функциональной активности щитовидной

железы. При этом концентрация как свободных, так и связанных фракций тироксина и трийодтиронина, концентрация тиреоглобулина, отношение  $T_3/T_4$  и активность тиреотропного гормона гипофиза полностью нормализовались и статистически достоверно не отличались от данных группы контроля. Представленные показатели указывают на то, что при данном режиме облучения происходит полная нормализация активности щитовидной железы (см. табл. 1). Количе-

ство антител к тиреопероксидазе и тиреоглобулину при 30-минутной экспозиции на указанных частотах имело тенденцию к снижению, однако указанные изменения статистически значимыми не являлись (см. табл. 2).

**Обсуждение.** Щитовидная железа и система регуляции ее функциональной активности обладают высокой чувствительностью к многообразным и разнородным воздействиям [1, 2]. В ответ на хи-

Таблица 1

**Функциональная активность щитовидной железы и изменения концентрации тиреотропного гормона при длительном стрессе и воздействии электромагнитным облучением терагерцового диапазона на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц**

Показатель	Интактные животные (n = 15)	Стресс (n = 15)	Облучение на фоне стресса в течение		
			5 минут (n = 15)	15 минут (n = 15)	30 минут (n = 15)
Трийодтиронин ( $T_3$ общий), нмоль/л	<b>2,44</b> (1,33; 4,43)	<b>1,10</b> (1,03; 2,20) $P_1 < 0,05$	<b>1,11</b> (1,02; 2,22) $P_1 < 0,05$ ; $P_2 > 0,05$	<b>1,51</b> (1,21; 2,84) $P_1 < 0,05$ ; $P_2 < 0,05$ ; $P_3 < 0,05$	<b>2,22</b> (1,43; 4,00) $P_1 > 0,05$ ; $P_2 < 0,05$ ; $P_3 < 0,05$ ; $P_4 < 0,05$
Тироксин ( $T_4$ общий), нмоль/л	<b>120,0</b> (90,1; 144,3)	<b>87,7</b> (75,4; 100,2) $P_1 < 0,01$	<b>90,2</b> (84,2; 101,2) $P_1 < 0,01$ ; $P_2 > 0,05$	<b>94,2</b> (85,2; 111,2) $P_1 < 0,05$ ; $P_2 < 0,05$ ; $P_3 < 0,05$	<b>115,2</b> (94,7; 133,5) $P_1 > 0,05$ ; $P_2 < 0,01$ ; $P_3 < 0,05$ ; $P_4 < 0,05$
$T_3/T_4$ , усл.ед.	<b>0,021</b> (0,018; 0,02)	<b>0,0125</b> (0,006; 0,013) $P_1 < 0,01$	<b>0,0123</b> (0,01; 0,017) $P_1 < 0,05$ ; $P_2 > 0,05$	<b>0,016</b> (0,012; 0,02) $P_1 < 0,05$ ; $P_2 < 0,01$ ; $P_3 > 0,05$	<b>0,0193</b> (0,021; 0,026) $P_1 > 0,05$ ; $P_2 < 0,01$ ; $P_3 < 0,05$ ; $P_4 < 0,05$
Трийодтиронин ( $T_3$ свобод.), пмоль/л	<b>6,84</b> (4,0; 8,2)	<b>3,00</b> (2,10; 4,84) $P_1 < 0,05$	<b>3,11</b> (2,17; 5,00) $P_1 < 0,05$ ; $P_2 > 0,05$	<b>4,22</b> (3,00; 5,75) $P_1 < 0,05$ ; $P_2 < 0,05$ ; $P_3 < 0,05$	<b>6,00</b> (4,42; 8,23) $P_1 > 0,05$ ; $P_2 < 0,05$ ; $P_3 < 0,05$ ; $P_4 > 0,05$
Тироксин ( $T_4$ свобод.), пмоль/л	<b>21,0</b> (18,8; 26,6)	<b>16,2</b> (13,1; 18,03) $P_1 < 0,05$	<b>15,25</b> (12,24; 16,31) $P_1 < 0,05$ ; $P_2 > 0,05$	<b>16,2</b> (15,3; 18,4) $P_1 < 0,05$ ; $P_2 > 0,05$ ; $P_3 > 0,05$	<b>20,0</b> (18,0; 25,4) $P_1 > 0,05$ ; $P_2 < 0,05$ ; $P_3 < 0,05$ ; $P_4 < 0,05$
Тиреоглобулин, нг/л	<b>1,50</b> (1,0; 2,22)	<b>0,60</b> (0,4; 1,4) $P_1 < 0,05$	<b>0,62</b> (0,41; 1,48) $P_1 < 0,05$ ; $P_2 > 0,05$	<b>1,40</b> (0,92; 1,70) $P_1 > 0,05$ ; $P_2 < 0,05$ ; $P_3 < 0,05$	<b>1,62</b> (1,01; 2,28) $P_1 > 0,05$ ; $P_2 < 0,05$ ; $P_3 < 0,05$ ; $P_4 > 0,05$
Тиреотропный гормон, мМЕ/л	<b>0,62</b> (0,41; 0,90)	<b>1,25</b> (1,00; 1,67) $P_1 < 0,01$	<b>1,19</b> (0,94; 1,27) $P_1 < 0,05$ ; $P_2 > 0,05$	<b>1,10</b> (0,93; 1,15) $P_1 < 0,05$ ; $P_2 < 0,05$ ; $P_3 > 0,05$	<b>0,71</b> (0,48; 0,95) $P_1 > 0,05$ ; $P_2 < 0,01$ ; $P_3 < 0,05$ ; $P_4 < 0,05$

Примечание. В каждом случае приведены средняя величина (медиана), нижний и верхний квартили (25%, 75%) из соответствующего числа измерений.  $P_1$ -по сравнению с группой интактных животных;  $P_2$ - по сравнению с группой животных, подвергнутых иммобилизационному стрессу;  $P_3$ - по сравнению с группой животных, подвергнутых 5- минутному облучению на фоне стресса;  $P_4$ - по сравнению с группой животных, подвергнутых 15-минутному облучению на фоне стресса.

Таблица 2

**Уровень антител к тиреопероксидазе и тиреоглобулину при длительном стрессе на фоне воздействия электромагнитным облучением терагерцового диапазона на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц**

Показатель	Интактные животные (n = 15)	Стресс (n = 15)	Облучение на фоне стресса в течение		
			5 минут (n = 15)	15 минут (n = 15)	30 минут (n = 15)
Антитела к тиреопероксидазе, МЕ/л	<b>0,78</b> (0,5; 2,27)	<b>0,92</b> (0,45; 2,97) $P_1 > 0,05$	<b>0,85</b> (0,5; 2,26) $P_{1,2} > 0,05$	<b>0,84</b> (0,41; 2,21) $P_{1,2,3} > 0,05$	<b>0,62</b> (0,34; 2,42) $P_{1,2,3,4} > 0,05$
Антитела к тиреоглобулину, МЕ/л	<b>2,25</b> (1,84; 4,11)	<b>3,5</b> (2,2; 4,9) $P_1 > 0,05$	<b>2,94</b> (1,87; 4,59) $P_{1,2} > 0,05$	<b>2,60</b> (1,94; 4,64) $P_{1,2,3} > 0,05$	<b>2,31</b> (1,92; 4,55) $P_{1,2,3,4} > 0,05$

Примечание: то же, что и к табл. 1.

мические, физические и психоэмоциональные раздражения отмечают изменения, прежде всего в гормонообразовательной активности железы [1, 2]. Большинство исследователей наблюдали снижение функциональной активности щитовидной железы при длительных вариантах стресса. Так, хронический стресс, вызываемый ежедневной 30-минутной электростимуляцией в 30 В, угнетающе действовал на функциональную активность щитовидной железы у крыс [2]. Под влиянием длительного (в течение 15 дней) эмоционально-болевого стресса у крыс наблюдались морфологические признаки гипофункции железы [2]. Результаты, полученные в опытах на кроликах, подвергнутых хроническому болевому стрессу, также позволили авторам сделать заключение о снижении функциональной активности щитовидной железы [2].

В результате проведения серии собственных экспериментальных исследований у иммобилизованных крыс обнаружено угнетение активности щитовидной железы, что не противоречит данным, полученным другими авторами [2]. В основе этих изменений могут лежать стресс-зависимые нарушения регуляторных механизмов в звене гипоталамус – гипофиз – щитовидная железа, стресс-зависимые сдвиги в метаболизме тиреоидных гормонов на периферии и изменения субстратного обеспечения гормоногенеза [1, 2].

Известно, что щитовидная железа обладает достаточно выраженной чувствительностью к действию электромагнитных полей [5]. В ходе реализации собственных экспериментальных исследований у иммобилизованных крыс обнаружена чувствительность железы к электромагнитному облучению терагерцового диапазона, которая выражается в изменении ее функционального состояния, что согласуется с данными, полученными другими авторами [5].

Принимая во внимание тот факт, что электромагнитное облучение терагерцового диапазона на частотах оксида азота обладает антистрессорными свойствами, в том числе способно снижать концентрацию кортикостерона [6] – маркера стресс-реакции, катехоламинов [7], моделировать активность стресс-лимитирующей системы NO, а также способно восстанавливать морфофункциональное состояние и микроциркуляцию в эндокринных органах [5], нами изучена возможность коррекции стресс-зависимых изменений функционального состояния щитовидной железы с помощью указанного облучения. Показано, что проводимое параллельно с действием стрессорного агента облучение терагерцовыми волнами на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц предупреждает развитие стресс-зависимых изменений в функциональной активности щитовидной железы.

Прослеживая механизмы выявленного положительного влияния указанного облучения на нарушенную функциональную активность железы, необходимо отметить следующее. В основе изменений гомеостаза организма лежит активация стресс-реализующих систем и соответственно действия их медиаторов, среди которых центральное место занимают кортикотропин-релизинг-гормон, адреноркортicotропный гормон, глюкокортикоиды, в частности кортикостерон [6]. Исходя из собственных данных, можно предположить, что хроническая иммобилизация вызывает активацию гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы с последующим увеличением концентрации стресс-реализующих гормонов, в частности кортикостерона в крови. Высокая кон-

центрация кортикостерона и других стресс-гормонов может являться одной из причин патологических изменений в функционировании щитовидной железы [6]. Известно, что активность гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной системы модулируется гормонами, в частности кортикостероном, поэтому он может изменять исходную и стимулированную секрецию тиреотропин-релизинг-фактора и тиреотропного гормона [6]. Определенную роль в регуляции продукции тиреотропного гормона гипофизом играют также катехоламины [7]. Показано, что именно эндогенная опиоидная система играет ключевую роль в координации реакций организма на стресс, предупреждая подъем уровня глюкокортикоидов в крови [8]. Обнаружено, что первичное восприятие именно электромагнитного облучения миллиметрового диапазона, в том числе и терагерцового спектра, может осуществляться опиоидными рецепторами, что указывает на систему эндогенных опиоидов ( $\alpha$ - и  $\beta$ -эндорфины, метэнкефалин и др.) как возможную цель миллиметрового излучения в ограничении стресс-реакции [8].

В настоящее время обосновано представление о системе генерации оксида азота как об обособленной стресс-лимитирующей системе [3]. NO-эргическая система находится в тесной связи с другими стресс-лимитирующими системами [3]. Так, оксид азота потенцирует ГАМК-эргическую систему за счет блокады ГАМК-трасаминазы, приводя к увеличению концентрации ГАМК, и стимулирует высвобождение опиоидных пептидов в мозге, вследствие чего потенцирует опиоид-лимитирующую систему [3]. Активация NO-эргических нейронов в центральной нервной системе предупреждает гиперсекрецию основных гипоталамо-гипофизарных стрессорных гормонов [3]. NO-эргические нейроны богато иннервируют мозговое вещество надпочечников, непосредственно контактируя с хромоаффинными клетками, и при активации блокируют выброс катехоламинов надпочечниками [3]. Кроме того, оксид азота способен блокировать выделение катехоламинов из нервных окончаний [3].

Согласно данным других авторов обнаружено, что у животных, подвергнутых курсовому терагерцовому облучению на частотах оксида азота на фоне стресса, наблюдаются менее выраженные изменения коллоида щитовидной железы и микроциркуляции в тканях железы [5].

Следовательно, терагерцовое облучение на частотах оксида азота, благодаря описанным механизмам, способно предотвращать стресс-зависимые изменения в функциональном состоянии щитовидной железы.

Положительное влияние указанного облучения на нарушенное состояние щитовидной железы может быть обусловлено также следующим. При воздействии терагерцовым облучением на частотах оксида азота наблюдается активация эндогенного оксида азота, который является ключевым звеном в NO-стресс-лимитирующей системе организма [9]. При облучении энергия терагерцового облучения расходуется на переход молекул из одного энергетического состояния в другое. При используемых в медико-биологической практике уровнях мощности терагерцового облучения происходит изменение вращательной составляющей полной энергии молекул. При совпадении частоты проводимого облучения с частотой вращения полярных молекул возможна перекачка энергии облучения молекуле оксида азота, сопровождающаяся увеличением ее

вращательной кинетической энергии, влияющей на ее реакционную способность. Известно, что вращательный молекулярный спектр излучения и поглощения оксида азота находится именно в терагерцовом диапазоне – 150,176-150,664 ГГц [4, 9]. Не исключена возможность взаимодействия терагерцовых волн с NO-синтазами [10]. Результатом подобного взаимодействия может являться ускорение внутриклеточного переноса электронов, что приводит к увеличению скорости катализа. Кроме того, возможно взаимодействие терагерцового облучения с гемом NO-синтазы и (или) гуанилатциклазы – главной мишени эндогенного оксида азота, приводящее к переходу его в высокоспиновое состояние, что сопровождается увеличением сродства NO-синтазы к L-аргинину и повышению активности фермента [4, 10].

**Заключение.** Эфферентным звеном хронической стресс-реакции является изменение функциональной активности щитовидной железы. Выявлен факт положительного влияния терагерцового облучения на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176-150,664 ГГц на активность щитовидной железы у животных, находящихся в состоянии хронического стресса.

#### Библиографический список

1. Городецкая И.В. Значение тиреоидных гормонов в предупреждении нарушений сократительной функции и антиоксидантной активности миокарда при тепловом стрессе // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 1998. № 2. С. 80-83.
2. Красноперов Р.А., Глумова В.А. Морфофункциональные изменения щитовидной железы при различных вариантах хронического экспериментального стресса // Проблемы эндокринологии. 1992. № 3. С. 38-41.
3. Anggard E. Nitric oxide: mediator, murderer and function // *Lancet*. 1994. № 343. P. 1199-1206.
4. Механизмы реализации физиологических эффектов волн терагерцового диапазона на частотах оксида азота / В.Ф. Киричук, А.Н. Иванов, А.А. Цымбал [и др.] // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 2009. № 3. С. 58-65.
5. Родзаевская Е.Б., Куртукова М.О. Гистофункциональные преобразования в эндокринных и иммунных органах под влиянием различных режимов электромагнитного излучения терагерцового диапазона частотой молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота  $150 \pm 0,75$  ГГц // Саратовский научно-медицинский журнал. 2009. № 1. С. 36-40.
6. Киричук В.Ф., Цымбал А.А. Изменения концентрации кортикостерона – маркера стресс-реакции под влиянием терагерцового излучения на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2008. № 11. С. 85-90.
7. Способ снижения концентрации катехоламинов в крови в условиях стресса: пат. 2396993 (РФ), МКИ А 61N5/02 / А.Н. Иванов, В.Ф. Киричук, А.П. Креницкий, В.Д. Тупикин, А.В. Майбородин (ГОУ ВПО Саратовский ГМУ Росздрава). № 2008144850/14; заявл. 13.11.2008; опублик. 20.08.2010. Бюл. № 23.
8. Fisher E.G.  $\beta$ -endorphin modulates functions effect of millimeter wave treatment // *Psychoth. Psychosomatic*. 1994. № 42. P. 9-14.
9. Способ восстановления пониженной концентрации нитритов в плазме крови в условиях стресса: пат. 2342961 (РФ), МКИ А 61N5/02 / В.Ф. Киричук, А.Н. Иванов, А.П. Креницкий, В.Д. Тупикин, А.В. Майбородин (РФ, ЦНИИИА; ГОУ ВПО Саратовский ГМУ Росздрава). № 2007130937; заявл. 13.08.2007; опублик. 10.01.2009. Бюл. № 1.
10. Андронов Е.В. Терагерцовое излучение на частоте оксида азота 240 ГГц и агрегационная активность тромбоцитов белых крыс в состоянии оксидативного стресса на фоне введения блокатора эндотелиальной NO-синтазы // Вестник новых медицинских технологий. 2008. № 3. С. 14-16.