

УДК 615.849.11:612.015:546.176.6]-092.9(045)

**ОКСИГЕНАЦИЯ КРОВИ У ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ  
ЖИВОТНЫХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЕРАГЕРЦОВЫМИ  
ВОЛНАМИ НА ЧАСТОТАХ ОКСИДА АЗОТА ПРИ СТРЕССЕ  
BLOOD OXYGENATION IN EXPERIMENTAL ANIMALS UNDER  
THE INFLUENCE OF FREQUENCY TERAHERTZ WAVES NITRIC  
OXIDE UNDER STRESS**

*ЦЫМБАЛ А.А.**TSYMBAL A.A.**САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ.**В.И. РАЗУМОВСКОГО**SARATOV STATE MEDICAL UNIVERSITY V.I. RAZUMOVSKY*

*The effect of terahertz radiation at frequencies of nitric oxide 150.176 - 150.664 GHz at the level of oxygenation of the blood of white rats in a state of acute and prolonged stress. It is shown that the 15 minute exposure mode terahertz waves at frequencies of nitric oxide 150.176 - 150.664 GHz observed a partial restoration of blood oxygenation in stress animals. With 30 minute mode effects of these waves is observed full restoration of the level of oxygen concentration in the blood.*

Недостаточная степень обеспеченности организма кислородом (гипоксия) является одним из наиболее часто встречающихся состояний организма [3]. Практически любые экстремальные состояния организма и любой патологический процесс прямо или косвенно связаны с нарушением кислородной обеспеченности организма. Более того, нередко гипоксия и вызванные ею метаболические нарушения, являются ведущими патогенетическими факторами ряда тяжелых осложнений при экстремальных состояниях самого различного генеза [3].

Следовательно, коррекция газового состава крови, в частности уровня оксигенации крови является патогенетически обоснованным.

Терагерцовыми называют электромагнитные волны в частотном диапазоне  $10^2 \dots 10^4$  ГГц, или с длинами волн от 3 мм до 30 мкм [1]. Биологические эффекты волн терагерцового диапазона дают основания и открывают перспективы развития инновационных направлений в биомедицинской технологии: «терагерцовая терапия» и «терагерцовая диагностика» [1].

Целью настоящего исследования явилось изучение влияния волн терагерцового диапазона на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176-150,664 ГГц на постстрессорные изменения оксигенации крови у белых крыс.

Изучали образцы крови 84 белых беспородных крыс-самцов массой 180-220 г. В качестве модели, имитирующей нарушения газового состава крови, применяли иммобилизационный стресс. В качестве острого стресса использовалась фиксация животных на спине в течение 3-х часов однократно. В качестве длительного стресса использовали ежедневную в течение 5 суток 3-х часовую

иммобилизацию животных в положении на спине. Исследование проводилось в 7-ми группах животных по 12 особей в каждой: 1 группа - контрольная - интактные животные; 2 и 3 группы- группы сравнения, животные в состоянии острого и длительного иммобилизационного стресса; 4 и 5 группы- опытные, в которых животные подвергались однократному облучению в течение 15 и 30 минут соответственно на фоне острой иммобилизации; 6 и 7 группы - опытные, в которых животные подвергались ежедневному в течение 5 дней подряд облучению по 15 и 30 минут соответственно на фоне длительной иммобилизации.

Облучение животных проводилось электромагнитными волнами на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц с помощью аппарата «КВЧ-Орбита», на участок кожи площадью 3 см<sup>2</sup> над областью мечевидного отростка грудины. Мощность излучения аппарата-0,7мВт, а плотность мощности, падающей на участок кожи размером 3 см<sup>2</sup>, составляла 0,2 мВт/см<sup>2</sup> [1]. Все животные при проведении экспериментов находились в одинаковых условиях.

Уровень оксигенации крови (напряжение кислорода - pO<sub>2</sub>) исследовали при помощи анализатора газового состава крови Rapidlab 348 (фирмы Bayer diagnostics, USA).

У крыс, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса, обнаружены изменения газового состава крови. Это выражается в статистически достоверном, по сравнению с группой контроля, уменьшении напряжения кислорода. У крыс, находящихся в состоянии длительного стресса, выявлены более выраженные статистически достоверные изменения газового состава крови, что проявляется в более значительном уменьшении напряжения углекислого газа, более значительном падении напряжения кислорода.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что эффективным звеном острой и длительной стресс-реакции являются изменения газового состава крови, в частности, уровня оксигенации крови. Наиболее выраженные изменения изучаемого показателя обнаружены в условиях длительного стресса. Это обусловлено тем, что при стрессе активируется симпатoadrenalовая система, усиливается освобождение в синаптических структурах или в кровотоке норадреналина, адреналина, глюкокортикоидов, что приводит с одной стороны, к спазму периферических сосудов, ограничению кровотока, развитию ишемии и гипоксии, сопровождающейся, в свою очередь, комплексом вторичных метаболических и функциональных расстройств [3]. С другой стороны, кислородная недостаточность в тканях усиливается за счет активации под влиянием катехоламинов и глюкокортикоидов процессов гликолиза, липолиза, протеолиза, что приводит к избыточному накоплению кислых продуктов: молочной, пировиноградной кислот, кетокислот и недоокисленных продуктов метаболизма[3].

Воздействие терагерцовым излучением на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц в течение 15 минут на крыс-самцов, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса, вызывает частичную нормализацию газового состава крови. Это проявляется в тенденции к увеличению содержания кислорода в крови.

Воздействие указанным излучением в течение 15 минут на крыс-самцов, находящихся в состоянии длительного иммобилизационного стресса не выявлено статистически достоверных различий в уровне напряжения кислорода.

При воздействии терагерцовым излучением на частотах оксида азота в те-

чение 30 минут на крыс-самцов, находящихся в состоянии как острого, так и длительного иммобилизационного стресса, наблюдается полная нормализация нарушенного газового состава крови. При этом исследуемый показатель оксигенации крови статистически достоверно не отличался от данных группы контроля. Следует отметить, что напряжение кислорода в крови после 30 минутного воздействия терагерцовыми волнами на частотах оксида азота у облученных крыс становится даже несколько выше, чем в контрольной группе.

Известно, что оксид азота выполняет роль стресс-лимитирующего фактора, ограничивая выброс гипоталамических стресс-гормонов, освобождение катехоламинов в синаптических структурах и из надпочечников.

Показано, что проводимое параллельно с действием стрессорного агента облучение терагерцовыми волнами на частотах оксида азота предупреждает развитие стресс-зависимых изменений в показателях газового состава крови, в частности оксигенации крови. Это может быть связано с одной стороны, с повышением реакционной способности свободного эндогенного оксида азота или возрастанием его концентрации за счет воздействия терагерцовым излучением на NO – синтазы [2]. С другой стороны, оксид азота может способствовать активации гемопротеидов и увеличивать сродство гемоглобина к кислороду, тем самым, увеличивая оксигенацию крови [2].

Также следует отметить, что электромагнитное излучение терагерцового диапазона на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц обладает выраженным стресс-лимитирующим эффектом [2].

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о возможности использования данного вида излучения для коррекции нарушений газового состава крови, возникающих при ряде патологических состояний.

#### **Литература:**

1. Бецкий О.В., Креницкий А.П. Биофизические эффекты волн терагерцового диапазона и перспективы развития нового направления в биомедицинской технологии: «Терагерцовая терапия» и «Терагерцовая диагностика» // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2003, № 12, С. 3-6.
2. Киричук В.Ф., Иванов А.Н., Механизм действия терагерцовых волн на частотах оксида азота с физиологической точки зрения // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 2009. № 1-2. С. 47-54.
3. Моррисон В.В. Патофизиология кислотно-основного состояния, Изд-во СарГМУ, 2007.