

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Смарышев М.Д.* Направленность гидроакустических антенн. – Л.: Судостроение. – 1973. – 275 с.
2. *Мальцев В.Ю., Прокопчик С.Е.* Гидроакустические волноводные антенны и перспективы их применения в технических средствах исследования океана // Подводные исследования и робототехника. – 2010. – № 2 (10). – С. 51-71.
3. *Кириченко И.А., Пивнев П.П., Чаус Т.А.* Увеличение эффективности антенн гидролокаторов бокового обзора путем использования криволинейной излучающей поверхности // Радиолокационные системы специального и гражданского назначения / Под ред. Ю.И. Белого. – М: Радиотехника. – 2011. – С. 812-813.
4. *Кириченко И.А., Пивнев П.П.* Управление направленными свойствами акустических антенн для дистанционного зондирования шельфа океана // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 9 (122). – С.67-72.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н., доцент В.Л. Сахаров.

Кириченко Игорь Алексеевич – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: igork@fep.tsure.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП 17А; кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; доцент.

Пивнев Петр Петрович – кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; доцент.

Kirichenko Igor Alekseevich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail igork@fep.tsure.ru; GSP 17A, 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; the department of hydroacoustics and medical engineering; associate professor.

Pivnev Peter Petrovich – the department of hydroacoustics and medical engineering; associate professor.

УДК 612.424:613.693:615.471

**В.И. Короченцев, В.Т. Коваль, Г.А. Шабанов, А.А. Рыбченко, А.И. Волков,
И.В. Гарасев**

ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Были проведены исследования, с целью оценить факт влияния УЗИ-исследования на состояние организма человека. Для оценки состояния использовался высокочувствительный аппарат «Магнитоэнцефалограф индукционный МЭГИ-01». Пациенту проводилось фоновое исследование на аппарате МЭГИ-01, затем стандартная процедура ультразвукового исследования, и далее контрольное исследование на МЭГИ-01. Максимальная реакция частотных ячеек «матрицы функциональных состояний», полученной на аппарате МЭГИ-01, наблюдалась через 20 минут после экспозиции ультразвуком. У отдельных лиц раздражение органа наблюдалось на протяжении 3–4 дней. Такая длительная задержка очага повышенной активности в центральной нервной системе характерна для развития выраженных дисфункций, которая может перейти в патологическое состояние.

Ультразвук; оценка состояния; «магнитоэнцефалограф индукционный».

V.I. Korochencev, V.T. Koval, G.A. Shabanov, A.A. Rybchenko,
A.I. Volkov I.V. Garasev

**PROBLEMS OF INVESTIGATION WEAK POWER ULTRASONIC
RADIATION EFFECTS ON HUMAN BODY**

Studies were conducted to assess the impact of the fact of ultrasound studies of the human condition. To assess the state used a highly sensitive apparatus "induction magnetoencephalograph MEGI-01". Patient was conducted background research on MEGI-01, then the standard procedure – ultrasound, and further control study on the MEGI-01. The maximum response frequency in cells of the "matrix of the functional states", obtained at the MEGI-01 unit was observed 20 minutes after exposure to ultrasound. At the individual body stimulation was observed for 3–4 days. Such a long delay in the focus of increased activity in the central nervous system characterized by the development expressed dysfunction, which may progress to a pathological condition.

Ultrasound; assessment; harmful effects.

На сегодняшний день ультразвуковое исследование (УЗИ) является одним из самых распространенных методов медицинской диагностики. УЗИ – это исследование состояния органов и тканей с помощью ультразвуковых волн. Были проведены исследования, с целью оценить факт влияния УЗИ-исследования на состояние организма человека. Контроль исследования производился высокочувствительным аппаратом «Магнитоэнцефалограф индукционный МЭГИ-01» [7]. Аппарат предназначен для регистрации диффузной магнитоэлектрической активности головного мозга и выделения сигналов от интерорецепторов внутренних органов в системе частотных координат из 840 спектральных гармоник. Регистрация магнитоэнцефалограммы осуществляется по двум независимым каналам в лобной области, в левом и правом полушарии. МЭГИ-01 представляет собой две пары катушек, включенных дифференциально. Конфигурация катушек и их расположение на голове выполнены таким образом, чтобы добиться максимального подавления помех (токов, наведенных промышленными магнитными полями). Используется для функционально-топической диагностики заболеваний внутренних органов и вычисления спектральных (частотных) координат очагов патологической активности в центральной нервной системе с целью последующей коррекции. Обладает высокой разрешающей способностью на уровне групп рецепторов внутренних органов и организма в целом, различает стадии воспалительного процесса в органе, признаки неконтролируемого клеточного деления. Вычисляет ряд интегральных коэффициентов для оценки уровня адаптации и здоровья. Чувствительность приемных катушек 2 пТл/см. Частотная полоса анализа – 0,1–30 Гц. Два канала – «левое» и «правое» полушарие. Время интегрирования – 160 с. Аппарат базируется на представлениях о длительно текущих ритмических процессах в активирующей системе мозга, о пространственно частотном представлении схемы тела в соматосенсорной коре и работает в единой соматической (метамерно организованной) системе координат «Сегментарная матрица» – матрицы функциональных состояний ретикулярного общего пути. Исследования проводились на группе добровольцев с соблюдением всех этических норм. Пациенту проводилось фоновое исследование на аппарате МЭГИ-01, затем стандартная процедура ультразвукового исследования и далее контрольное исследование на МЭГИ-01. Максимальная реакция частотных ячеек «матрицы функциональных состояний», регистрируемых на аппарате МЭГИ-01, наблюдалась через 20 минут после экспозиции ультразвуком. У отдельных лиц раздражение органа наблюдалось на протяжении 3–4 дней. Такая длительная задержка очага повышенной активности в центральной нервной системе характерна для развития выраженных дисфункций или патологических состояний с изменениями в структуре органа [7].

При облучении сердца помимо данных МЭГИ-01 каждому испытуемому снималась ЭКГ до и после УЗИ. Получены предварительные данные по достоверному расширению QT интервала, что говорит об уменьшении интервала расслабления миокарда и следовательно снижении функциональных возможностей сердца.

Как видно, УЗИ все-таки вносит изменения в характеристики органов на которые был направлен ультразвук. Следовательно, ультразвуковое исследование влияет на состояние организма человека.

Известно, что УЗИ луч используется в физиологических исследованиях для экспериментального раздражения органов и различных отделов центральной нервной системы. Это свойство было использовано для тестирования диагностических возможностей магнитоэнцефалографа индукционного МЭГИ-01.

Понятно, что смоделировать у человека безопасное раздражение для таких органов, как щитовидная железа, сердце, легкие, поджелудочная железа, печень, почки и т.п. очень сложно. В этом случае мы использовали оригинальный метод зондирования участка органа ультразвуковым лучом, который на время исследований «подсвечивает» этот участок и создает повышенную активность в проекционных зонах центральной нервной системы.

Впервые воздействие ультразвука на живые организмы и нервную систему прослеживается начиная с работ Fry W.J. [1]. Использовались в основном большие мощности УЗ излучения, что могло приводить к тепловым и механическим эффектам в тканях. Так, в работе Bachtold M.R. [2] было использовано излучение мощностью 80 Вт/см^2 , частотой 0,75 МГц, длительность экспозиции 2,5–15 мин. В отдельных работах приводятся исследования по успешному возбуждению нервной ткани и при более слабых воздействиях от 30 до 500 мВт/см^2 (Young R.R., Henneman E., 1961; Dinno M.A. et al., 1989; Dalecki D., 2004; O'Brein W.D., 2007; Tyler W.J. et al., 2008 [3]).

Авторами обсуждаются различные механизмы возбуждения сфокусированным ультразвуковым пучком различных органов и отделов нервной системы – механическое, тепловое воздействие, биофизические эффекты в мембранах клеток, модуляции ионного тока и т.п. (Gavrilov L.R., Gersuni G.V. et al., 1976; Mihran R.T., Barnes F.S., Wachtel H., 1990; Tsui P.H., Wang S.H., Huang C.C., 2005; William J.Tyler, 2010 [4]). Описаны различные физиологические эффекты при фокусировке ультразвукового луча на различные подкорковые образования (Rinaldi P.C. et al., 1991; Bachtold M.R., Rinaldi P.C. et al., 1998; Hynynen K., Clement G., 2007[5]), использование локального неинвазивного ультразвукового облучения в терапевтической практике (Raso V.V. et al., 2005; Wagner T., et al., 2007[6]; Clement G.T., 2004).

Для исследования использовался ультразвуковой сканер Mundry DC-3 [7] в режиме узконаправленного луча (частота излучения 3 МГц). Время экспозиции на различные участки органов (от 3 до 10 мин), вызывающее эффективное раздражение интерорецепторов органа. Максимальная реакция частотных ячеек «матрицы функциональных состояний», регистрируемых на аппарате МЭГИ-01, наблюдалась через 20 мин после экспозиции ультразвуком. У отдельных лиц раздражение органа наблюдалось на протяжении 3–4 дней. Такая длительная задержка очага повышенной активности в центральной нервной системе характерна для развития выраженных дисфункций или патологических состояний с изменениями в структуре органа [7].

На рис. 1 показано место фокусировки ультразвукового луча в области верхушки сердца. Время экспозиции – 10 мин. Максимальная реакция в пределах всей сегментарной матрицы наблюдалась в сегменте Th5. На рис. 2 график реакции через 20 мин после экспозиции.

Аналогичное исследование было проведено на печени. Место фокусировки ультразвукового луча в правой доли печени. Время экспозиции – 10 минут. Максимальная реакция в пределах всей сегментарной матрицы наблюдалась в сегменте Th8.

В результате зондирования ультразвуковым лучом различных участков внутренних органов, анализа очаговых структурных изменений внутренних органов при различных патологических процессах, удалось подтвердить метамерную (сегментарную) организацию интероцептивного анализатора. В многочисленных исследованиях были получены частотные координаты различных участков каждого органа и их сегментарные проекции на соматическую матрицу функциональных состояний (СМ). Приведем некоторые наиболее важные результаты сегментарной привязки органов:

- ◆ правое предсердие – Th1;
- ◆ левое предсердие – Th2;
- ◆ правый желудочек сердца – Th3;
- ◆ левый желудочек сердца – Th4-5;
- ◆ печень – Th7-Th9

Как видно из приведенных исследований, ретикулярный общий путь, активирующая система мозга или пространственно-частотная матрица функциональных состояний кодирует латеральность парных органов через расположение на различных сегментарных уровнях, т.е. для надежности разносит левый и правый орган по различным центральным частотам [7].

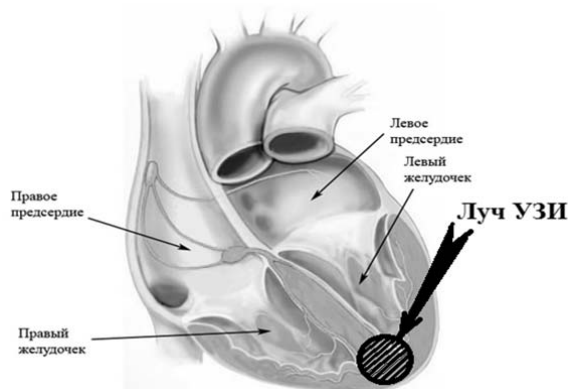


Рис. 1. Место фокусировки ультразвукового луча в области верхушки сердца

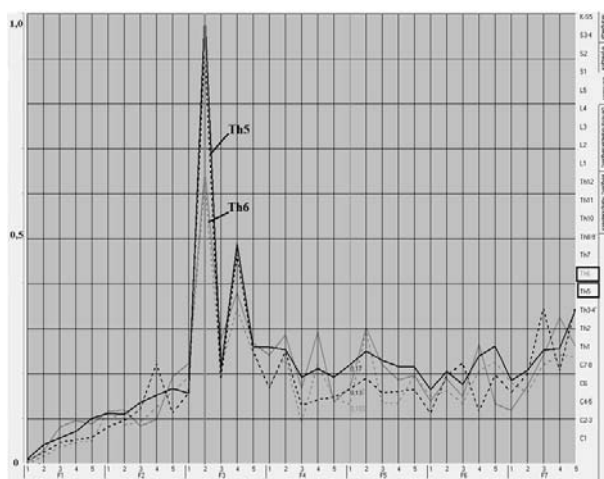


Рис. 2. График реакции базовой функции F3-2 в сегментах Th5, Th6, Th7

Таким образом, УЗИ-исследование однозначно раздражает интерорецепторы (висцеральные рецепторы) внутренних органов, оставляя значительный и продолжительный след в проекционных центрах коры головного мозга и подкорковых образованиях у практически здоровых людей. Можно предположить, что при наличии очагов повышенной возбудимости в органах (дисфункцию или патологическое состояние) такое воздействие создает предпосылки для усиления возбуждения органа и может спровоцировать обострение патологического процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Fry F.J., Ades H.W., Fry W.J. Production of reversible changes in the central nervous system by ultrasound // *Science*. – 1958. – № 127. – P. 83-84.
2. Bachtold M.R., Rinaldi P.C., Jones J.P., Reines F., Price L.R. Focused ultrasound modifications of neural circuit activity in a mammalian brain // *Ultrasound Med. Biol.* – 1998. – № 24. – P. 557-565.
3. Tyler W.J., Tufail Y., Finsterwald M. et al. Remote excitation of neuronal circuits using low-intensity, low – frequency ultrasound // *PLoS ONE*. – 2008. – № 3(10). – P.3511.
4. Hynynen K., Clement G. Clinical applications of focused ultrasound the brain // *Int.J. Hyperthermia*. – 2007. – № 23 (2). – P. 193-202.
5. Wagner T., Valero-Cabre A., Pascual-Leone A. Noninvasive human brain stimulation // *Annu Rev. Biomed. Eng.* – 2007. – № 9. – P. 527-565.
6. Шабанов Г.А., Максимов А.Л., Рыбченко А.А. Функционально-топическая диагностика организма человека на основе анализа ритмической активности головного мозга. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 206 с.
7. Пат. 72395 РФ. Магнитоэнцефалографический спектральный анализатор сумматор биопотенциалов головного мозга человека / Лебедев Ю.А., Шабанов Г.А., Рыбченко А.А., Максимов А.Л. // Официальный бюл. «Изобретения. Полезные модели». – 2008. – № 11.

Статью рекомендовал к опубликованию д.б.н. В.М. Чудновский.

Короченцев Владимир Иванович – Дальневосточный федеральный университет; e-mail: vkoroch@mail.ru; 690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8; тел.: 84232450982; кафедра приборостроения; зав. кафедрой; д.ф.-м.н.; профессор.

Коваль Василий Трофимович – кафедра приборостроения; к.м.н.; доцент.

Гарасёв Иван Васильевич – кафедра приборостроения; магистр.

Шабанов Геннадий Анатольевич – Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, лаборатория экологической нейрокибернетики; e-mail: neurokib@mail.ru; 690022, г. Владивосток, ул. Кирова, 95; тел.: +74232313321; с.н.с.; к.б.н.

Рыбченко Александр Алексеевич – лаборатория экологической нейрокибернетики; ведущий лабораторией; д.т.н.; профессор.

Волков Андрей Игоревич – лаборатория экологической нейрокибернетики; аспирант.

Korochencev Vladimir Ivanovich – FEFU; e-mail: vkoroch@mail.ru; 8, Suhanova street, Vladivostok, 690091, Russia; phone: +74232450982; the department of instrumentation; head the department; dr. of phis.-math. sc.; professor.

Koval Vasilij Trofimovich – the department of instrumentation; dr. of phis.-math. sc.; professor.

Garasev Ivan Vasilevich – the department of instrumentation; master.

Shabanov Gennadiy Anatolevich – Research center “Arctica” FEB RAS; e-mail: neurokib@mail.ru; 95, Kirova street, Vladivostok, 690022, Russia; phone: +74232313321; ecological neurocybernetic laboratory; senior research assistant; cand. of boil. sc.

Rybchenko Alexander Alekseevich – ecological neurocybernetic laboratory; director of laboratory; dr. of eng. sc.; professor.

Volkov Andrey Igorevich – ecological neurocybernetic laboratory; postgraduate student.