

УДК 612.014.45+619.164

К. А. Панчулазян, А. Г. Аракелян

## Специфические реакции организма на эквивалентные уровни акустической энергии

(Представлено академиком М.А. Давтяном 7/V 2005)

**Ключевые слова:** *сдвиг порога слуха, гипотеза "равных энергий"*

Достоверно определить воздействие шумового фактора на человека с учетом его величины и продолжительности - дозы шума невозможно без экспериментального подтверждения величины коэффициента  $q$ , выражающего число децибел, на которое следует изменить уровень шума при каждом изменении экспозиции вдвое для обеспечения одинакового биологического эффекта. В свете гипотезы "равных энергий" (ГРЭ) коэффициент  $q$  - либо константа, действительная для всех уровней шума, либо переменная величина, числовые значения которой меняются в зависимости от количественных (уровень), качественных (частота) и временных характеристик акустического шума [1-3]. В настоящее время используют значения  $q$ , соответствующие усреднению по интенсивности ( $q = 3$ ) или по звуковому давлению ( $q = 6$ ); в гигиенических нормах США принято  $q = 5$  с учетом восстановления исходного порога слуха за обеденный перерыв [4-8].

В данной работе представлены результаты исследования специфического слухового индикатора реактивности организма при воздействии акустическими раздражителями энергетически эквивалентных уровней с коэффициентом эквивалентности  $q = 3$ .

Исследование функции слухового анализатора проводили на 28 испытуемых-добровольцах в возрасте от 20 до 40 лет в акустической камере с фоновым уровнем не более 20 дБА (40 дБL) после 15-минутной адаптации методом пороговой тональной аудиометрии в двух модификациях с помощью: а) клинического аудиометра МА-31 (Robotron, Германия) на всех стандартных частотах по воздушному проведению для отбора лиц с нормальным слухом с разбросом порога слуха (ПС) не более  $\pm 5$  дБ от нормы; б) тональной аудиометрии в условиях "открытого поля" (бинауральное восприятие) на речевых частотах 500, 1000 и 2000 Гц для определения временного сдвига порога (ВСП) слуха сразу после выключения шума (ВСП<sub>0</sub>).

Шумовая нагрузка подавалась от генератора шума типа 03004 (RFT, Германия), аттенюатора, предварительного усилителя М60Т (RFT, Германия), усилителя мощности LV-102 (RFT, Германия) и двух громкоговорителей типа 4А-32, размещенных в фазоинверторы. Контроль параметров шума проводился измерительным микрофоном типа МК-102 на уровне подголовника кресла, предварительным усилителем MV-102 (RFT, Германия), прецизионным шумомером типа 00025 (Robotron, Германия) и анализатором спектра в реальном масштабе времени типа 01012 (Robotron, Германия). Перед каждой экспериментальной серией проводилась акустическая калибровка по звуковому давлению с помощью пистона 00003

(Robotron, Германия). Одновременно методом опроса определялось субъективное отношение испытуемых к акустической нагрузке, в зависимости от ее количественных и качественных параметров раздражителя.

Субъективная оценка энергетически эквивалентных уровней широкополосного шума 88 дБА/60 мин и 94 дБА/15 мин показала, что все 28 испытуемых предпочли короткую экспозицию шума более длительной. При энергетически эквивалентных уровнях белого шума 97 дБА/60 мин и 103 дБА/15 мин из 28 испытуемых 22-м более терпимой показалась короткая экспозиция, двое легче перенесли более длительный шум, а четверо не смогли сориентироваться.

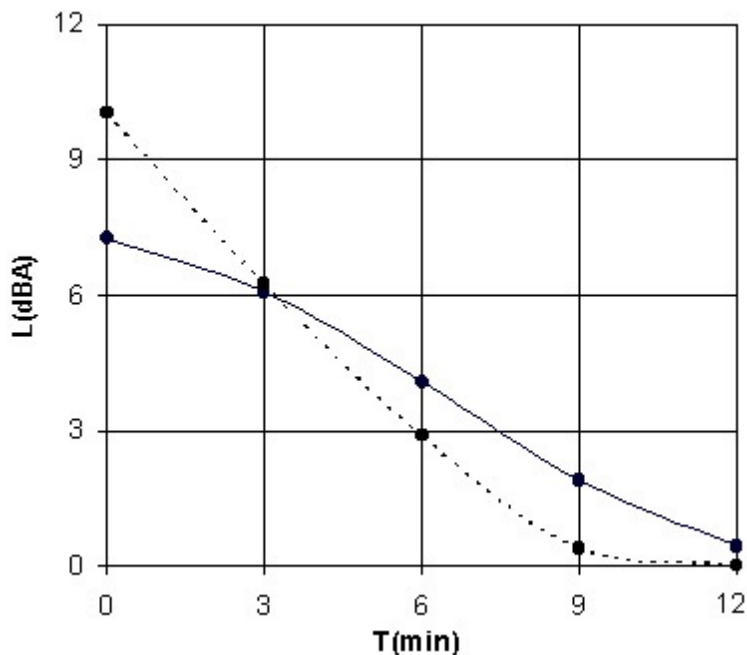


Рис. 1. Восстановление ПС после шумовой нагрузки энергетически эквивалентными уровнями 88 дБА/60 мин (сплошная линия) и 94 дБА/15 мин (пунктир).

Статистическая обработка экспериментального материала по Стьюденту выявила достоверную разницу (в обоих случаях  $p < 0.001$ ) между показателями ВСП слуха при энергетически эквивалентных уровнях широкополосного шума 88 дБА/60 мин и 94 дБА/15 мин, 97 дБА/60 мин и 103 дБА/15 мин с коэффициентом эквивалентности  $q = 3 + 3$  (шаг в 3 дБА).

Восстановление ПС на 3-й минуте  $ВСП_3 = 6.07$  дБА при 88 дБА/60 мин незначительно опережает восстановление ПС на той же минуте  $ВСП_3 = 6.25$  дБА при 94 дБА/15 мин. Затем картина резко меняется:  $ВСП_6 = 4.07$  дБА при 88 дБА/60 мин и  $ВСП_6 = 2.89$  дБА при 94 дБА/15 мин;  $ВСП_9 = 1.89$  дБА при 88 дБА/60 мин и  $ВСП_9 = 0.39$  дБА при 94 дБА/15 мин;  $ВСП_{12} = 0.43$  дБА при 88 дБА/60 мин (полное восстановление фонового ПС) и  $ВСП_{12} = 0$  дБА при 94 дБА/15 мин (фоновый ПС равен 0.25 дБА) (рис. 1).

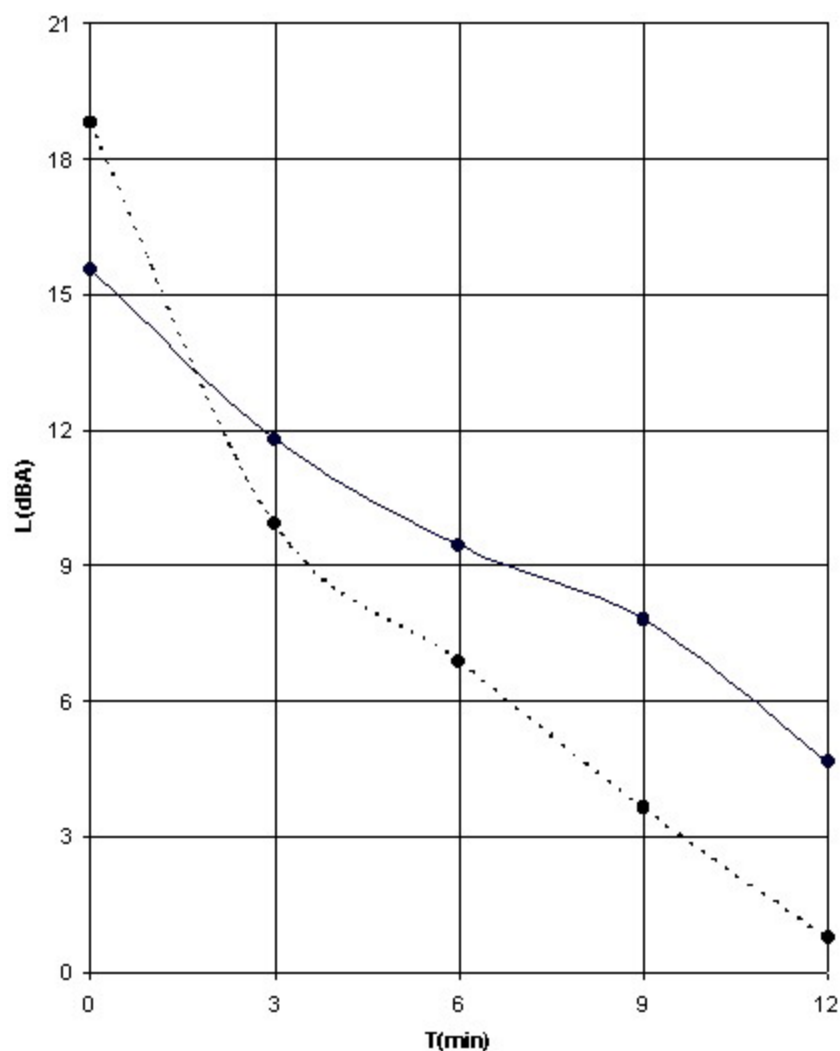


Рис. 2. Восстановление ПС после шумовой нагрузки энергетически эквивалентными уровнями 97 дБА/60 мин (сплошная линия) и 103 дБА/15 мин (пунктир).

Разрыв в восстановлении ПС после шумовой нагрузки уровнями 97 дБА/60 мин и 103 дБА/15 мин начиная со 2-й минуты восстановления ПС прогрессирующе увеличивается:  $ВСП_3 = 11.80$  дБА при 97 дБА/60 мин и  $ВСП_3 = 9.92$  дБА при 103 дБА/15 мин;  $ВСП_6 = 9.44$  дБА при 97 дБА/60 мин и  $ВСП_6 = 6.88$  дБА при 103 дБА/15 мин;  $ВСП_9 = 7.80$  дБА при 97 дБА/60 мин и  $ВСП_9 = 3.64$  дБА при 103 дБА/15 мин;  $ВСП_{12} = 4.64$  дБА при 97 дБА/60 мин (фоновый ПС = 0 дБА) и  $ВСП_{12} = 0.76$  дБА (фоновый ПС = 0.12 дБА).

Как показали результаты экспериментов по субъективной аудиометрии, энергетически эквивалентные уровни акустического шума биологически не эквивалентны, поскольку шум более длительный, но менее интенсивный (88 дБА/60 мин и 97 дБА/60 мин) приводит к меньшему  $ВСП_0$  ( $ВСП$ , измеренный сразу после раздражения) и более затяжному восстановлению ПС, чем шум менее длительный, но более интенсивный (94 дБА/15 мин и 103 дБА/15 мин). ГРЭ не подтвердилась на уровне специфического (слухового) анализатора.

Абсолютный порог слышимости (АПС) определяли в условиях открытого поля (бинауральное восприятие). Усредненный показатель АПС у 28 испытуемых перед акустической нагрузкой энергетически эквивалентными уровнями составлял: 88 дБА/60 мин - 0.43 дБ и 94 дБА/15 мин - 0.25 дБ; 97 дБА/60 мин - 0 дБ и 103 дБА/15 мин - 0.12 дБ.

Субъективная оценка энергетически эквивалентных уровней широкополосного шума 97 дБА/60 мин и 103 дБА/15 мин показала, что из 28 испытуемых 22 предпочли короткую экспозицию шума более продолжительной, 2 легче перенесли более продолжительный шум, а 4 не смогли сориентироваться. При энергетически эквивалентных уровнях белого шума 88 дБА/60 мин и 94 дБА/15 мин всем 28 испытуемым более терпимой показалась короткая экспозиция более интенсивного шума. Ограничение в наших экспериментах речевыми частотами 500, 1000 и 2000 Гц объясняется большей чувствительностью к ним, а также намеренным исключением возможности обратимого восстановления ПС во время проведения аудиометрии у испытуемых по всему диапазону частот (125 - 8000 Гц), поскольку при затягивании процедуры аудиометрии происходит восстановление ПС, а исследование ПС начинается на 2-ой минуте.

При тестировании ВСП слуха как специфического индикатора субъективной аудиометрии нами выявлены существенные различия в восстановлении ПС после озвучивания двумя парами энергетически эквивалентных уровней акустического шума с коэффициентом эквивалентности  $q = 3 + 3$  (шаг в 3 дБА). Экспериментальные данные, полученные с использованием специфической реакции организма на энергетически эквивалентные уровни акустической энергии, согласуются с результатами опытов, в которых нами использовались неспецифические реакции организма: сдвиг объема потребляемого кислорода, вибрационная чувствительность и критическая частота световых мельканий. Во всех случаях экспозиция акустического шума является биологически довлеющим фактором по сравнению с уровнем шума.

Таким образом, энергетически эквивалентные уровни шума не являются биологически эквивалентными ни по временному сдвигу порога слуха, измеренному сразу после озвучивания, ни по временному восстановлению порога слуха. Временный сдвиг порога слуха, измеренный сразу после озвучивания, больше после акустической нагрузки менее длительным, но более интенсивным шумом. Порог слуха восстанавливается медленнее после действия более длительного, но менее интенсивного шума. Гипотеза "равных энергий" при коэффициенте эквивалентности  $q = 3$  не подтверждается.

Акустический научный центр МЗ РА

**Կ. Ա. Պանչուլազյան, Ա. Գ. Առաքելյան**

**Օրգանիզմի յուրահատուկ հակազդումները ակուստիկ էներգիայի էկվիվալենտ մակարդակներին**

Հետազոտված են էներգետիկորեն էկվիվալենտ մակարդակներով լսողության ժամանակավոր շեղումները (ԼԺՇ)՝ լայնաշերտ ադմուլկի ներգործության առկայության հավասար էներգիաների հիպոթեզին (ՀԷՀ) համապատասխան:

Բացահայտվել են լսողության շեմի վերականգնման տարբերությունները երկու՝ զույգ ակուստիկ ադմուլկի էներգետիկորեն էկվիվալենտ մակարդակներով, հնչյունավորումից հետո ԼԺՇ թեստավորման ընթացքում:

Ադմուլկի էքսպոզիցիան, ադմուլկի մակարդակի համեմատ, կենսաբանորեն ճնշող գործոն է: ՀԷՀ-ն, որտեղ էկվիվալենտի ցուցանիշը հավասար է 3-ի, չի հաստատվում:

**K. A. Panchulazyan, A. G. Arakelyan**

**Specific Reaction of the Organism to the Equivalent Levels of the Acoustic Energy**

Temporary threshold shift (TTS) of hearing influenced by two couples energetically equivalent levels of wide-band noise in accordance with the equal-energy hypothesis (EEH) have been investigated.

Differences in hearing threshold shift after insonification by two couples energetically equivalent levels of acoustic at TTS testing were identified.

Exposure of the acoustic noise proves to be a biologically dominant factor in comparison with the noise level.

It has been shown that the EEH is not confirmed in case of when the equivalent index is 3.

## Литература

1. *Ward W. D., Nelson D. I.* In: Robinson D. W. Ed. Occupational hearing loss. London. New-York. Academic Press. 1971. P. 225-231.
2. *Ward W. D.* The Hazard of Intermittent Noise Proceed. XI World Congress on Otolaryngology. Buenos Aires. 1977.
3. *Miller J. D., Watson C. S., Covell W. P.* - Acta Otolaryngol. Suppl. 1963. V.176. P. 91.
4. *Суворов Г. А., Лихницкий А. М.* В кн.: Импульсный шум и его влияние на организм человека. Л. 1974.
5. ISO, Assessment of Occupational Noise Exposure for Hearing Conservation Purposes. Norm ISO-1999. 1971.
6. *Kraak W., Fuder G., Kracht L.* - Acustica. 1977. V. 38. P. 102-117.
7. *Stender J.* - Federal Register. 1974. V. 39. P. 37773-37778.
8. *Pfander F., Bangartz H., Brigman H., Kietz H.* - J. Acoust. Soc. Amer. 1980. V. 67. P. 628-633.