



**COMPANY GROUP**  
**«INTELLEKT»**

**SCIENCECENTRE**

**Наука и образование в современном мире. Сборник научных трудов, выпуск 2: по материалам II международной научно-практической конференции, Москва, 31 июля 2015 г.**

**Овчинников Е.Л., Адыширин-Заде К.А., Ромашова Н.А.,  
Владимирова Т.Ю., Минаева Т.И.**

**КОМПЬЮТЕРНАЯ БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННЕГО УХА:**

**4. ЛОКАЛИЗАЦИЯ ДЕФЕКТНЫХ ЗОН УЛИТКОВОГО ПРОТОКА**

*Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия*

*DOI:10.18411/sc2015-07-14-16*

**Реферат**

**Цель:** Обоснование неинвазивного способа расчета координат дефектных зон улиткового протока.

**Объекты:** Пациенты при аудиометрическом обследовании.

**Методы:** Биоматематическое (компьютерное) моделирование слуховых феноменов, численные методы математического анализа.

**Результаты:** По установленному распределению координат слуховых рецепторов по частотам и аудиометрически определенным частотам воспринимаемого искаженно звука разработан неинвазивный способ расчета координат дефектных зон улиткового протока.

**Ключевые слова:** акустическая модель слуха; распределение слуховых рецепторов по частотам, частотные искажения звука, координат дефектных зон улиткового протока.

**ВВЕДЕНИЕ**

Теория Н. Helmholtz о восприятии звука [1], классические эксперименты по слуховым эффектам [2, 3], их теоретическое обоснование [4, 5] с последующим анализом [6, 7] стали основой акустической модели слуха. Модель получила научное обоснование, представленное как полумодель в

патенте [8], статьях [9, 10], и как полная модель – в работе [11]. Она не только соответствует наблюдаемым феноменам [12], но и позволяет прогнозировать новые эффекты [13].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

### **1. Возможности акустической модели слуха в биологии**

Одной из особенностей слуха многих людей является наличие искажений и нарушения восприятия ими частотных характеристик звука на любом (даже самом низком) уровне громкости. Одна из причин подобного феномена обычно связывается с наличием дефекта на участке базилярной мембраны улиткового протока, обусловленного патологическим процессом в улитке (так называемой сенсоневральной тугоухостью).

### **2. Расчет координат дефектных рецепторов**

Нарушение восприятия частотных характеристик улиткой происходит по многим причинам, приводящих к дисфункции, деградации и/или деструкции слуховых рецепторов.

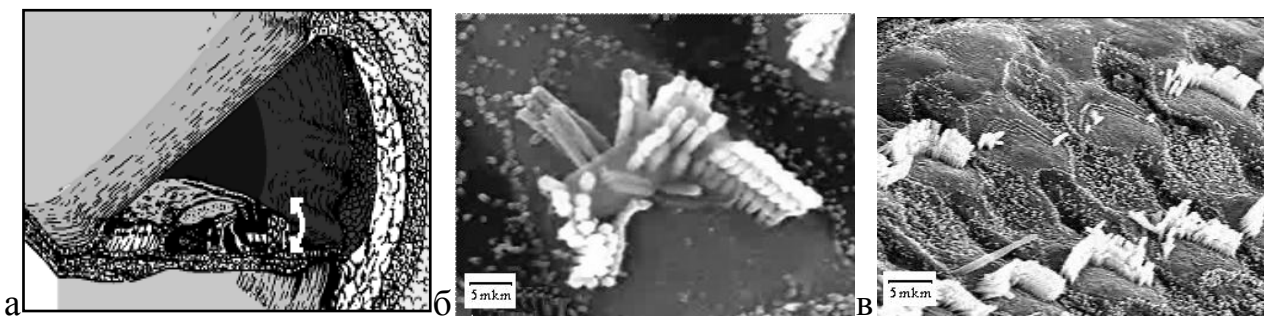


Рис. 1. Зона деструкции слуховых рецепторов по длине покровной и сетчатой мембран (а) и микрофотографии (J.O.Pickles, 1988 [14]) деградирующей НВК (б); почти разрушенного наружного ряда НВК (в).

Поэтому локализация координат и/или зон поражения и целостности улиткового протока и его структур становится важной диагностической и лечебной задачей (рис. 1). Согласно акустической модели слуха [11] распределение по частотам координат  $l(f)$  волосковых клеток на базилярной

мембране при их раздражении звуковыми волнами частотой  $f$  может быть выражено формулой

$$\ell(f) = L_0 \cdot 2^{2 \cdot \lg \frac{f}{f_{mo}}} \quad (1)$$

при их отсчете от апекса улиткового протока.

### 3. Расчет координат дефектных зон улиткового протока

Нарушение работы рецепторов вследствие их дисфункции и деградации, вызванное их разрушением или гибелью, биофизически может быть представлено расчетом границ дефектного участка  $\Delta \ell_d$  по аудиометрически определенным частотам ухудшения слуха  $f_{d1}$  и  $f_{d2}$  с использованием (1)

$$\Delta \ell_d = L_0 \cdot 2^{2 \cdot \lg \frac{f_{d1}}{f_{mo}}} \div L_0 \cdot 2^{2 \cdot \lg \frac{f_{d2}}{f_{mo}}} \quad (2)$$

На рис. 2 представлен пример расчета дефектного участка базилярной мембраны, не способного к восприятию звука в диапазоне  $4 \div 6$  кГц. Расчет выполнен как от апикальной части улиткового протока для  $\Delta \ell_d$ , так и вдоль хода перилимфатической камеры от базальной части протока  $\Delta x_d$ .

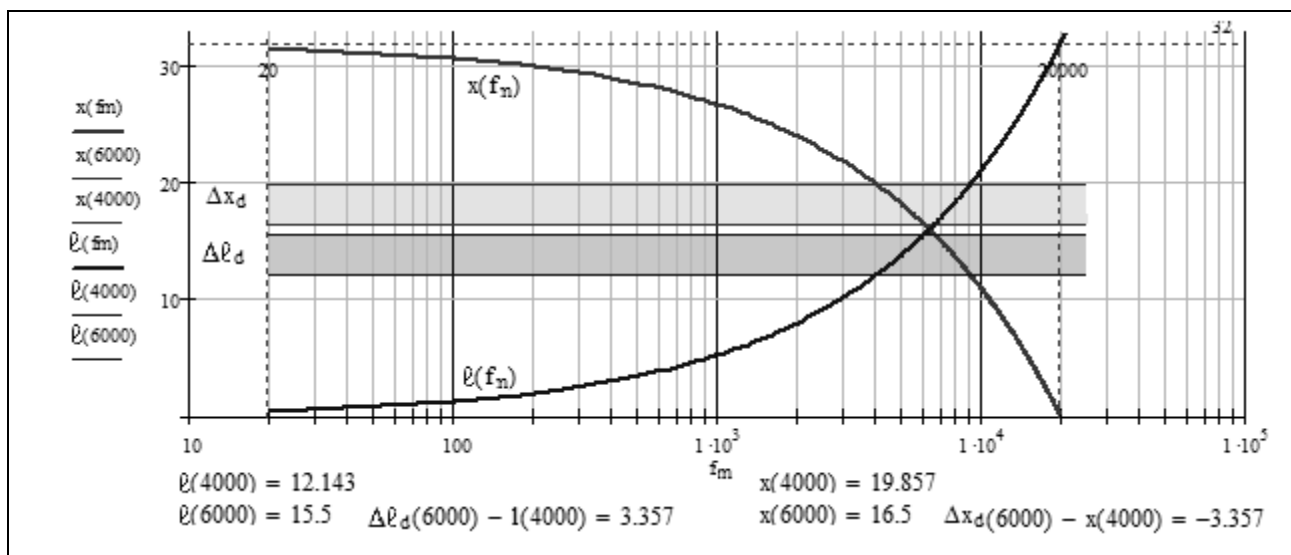


Рис. 2. Расчет координат и общей длины дефектного участка улиткового протока, влияющего на восприятие звука, по соотношению (1) при отсчете от апекса для  $\ell(f)$  и с использованием обратных координат для  $x(f) = L_0 - \ell(f)$ .

Приведен пример расчета для пациента, не воспринимающего звуки в дефектном диапазоне частот  $\Delta f_d = 4 \div 6$  кГц.

## **ВЫВОДЫ**

Таким образом, акустическая модель слуха устанавливает координаты и зоны дефектных участков улиткового протока и содействует познанию анатомо-гистологической организации в нем слуховых рецепторов.

## **Литература**

1. Helmholtz H. Die Lehre den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. Braunschweig: F. Vieweg und Sohn; 1863.

2. von Békésy G. Experiments in Hearing. NY – Toronto – London: McGraw-Hill Book Co.; 1960.

3. Koenig W. A new frequency scale for acoustic measurements // Bell Laboratory Record, 1949.

4. Овчинников Е.Л., Адыширин-Заде К.А., Александрова Н.А., Владимирова Т.Ю. Математическое обеспечение проблем биоакустики и психофизики слуха. 1. Дифференциальные уравнения в обосновании распределения слуховых рецепторов по частотам. // Сб.: Образование и наука: современное состояние и перспективы развития. Тамбов, 2014. С. 112-118.

5. Овчинников Е.Л., Адыширин-Заде К.А., Александрова Н.А., Владимирова Т.Ю. Математическое обеспечение проблем биоакустики и психофизики слуха. 2. Дифференциальные уравнения в обосновании возрастных изменений слуха. // Сб.: Образование и наука: современное состояние и перспективы развития. Тамбов, 2014. С. 118-124.

6. Овчинников Е.Л., Адыширин-Заде К.А., Александрова Н.А., Владимирова Т.Ю. Вычислительная биология внутреннего уха: апикальная связка мембран улиткового протока – от гипотезы к обсуждению. // Сб.: [Наука и образование](#) проблемы и перспективы развития. Тамбов, 2014. С. 117-121.

7. Овчинников Е.Л., Адыширин-Заде К.А., Александрова Н.А., Владимирова Т.Ю. Вычислительная биология внутреннего уха: расчет

линейных параметров улиткового протока. // Сб.: [Наука и образование](#) проблемы и перспективы развития: Тамбов, 2014. С. 121-125.

8. Овчинников Е.Л., Ерёмина Н.В. Способ выявления биофизических процессов, реализующих механизм и биофизическую (волновую) модель слуха человека. // Патент RU № 2146878 С1 РФ от 27.03.2000 по заявке № 97111773 от 08.07.1997.

9. Овчинников Е.Л., Ерёмина Н.В. Акустическая волновая модель слуха: биофизическая концепция. Клинические приложения. // Росс. оториноларингол.– 2002. – № 3(3). – С. 71 – 76.

10. Ovchinnikov E.L. , Ivanov V.V., Ovchinnikova Yu.V. Acoustic-wave hearing model, initial stage: the sound transduction in the inner ear. // European Science and Technology: 3rd International scientific conference, Munich, Germany, 2012, p. 524-535.

11. Ovchinnikov E.L. Acoustic-Wave Hearing Model, The Initial Stage-C: Hydroacoustics of the Inner Ear (Sound Field Formation in the Cochlea) // J. Appl. Bioinform. Comput. Biol., 2014, 3:2 , p. 1 of 6. <http://dx.doi.org/10.4172/2329-9533.1000112>.

12. Альтман А.Я. , Таварткиладзе Г.А. Руководство по аудиологии // М.: ДМК Пресс, 2006.

13. Физиология человека. Т. 2. / Ред. Р.Ф.Шмидт, Г.Тевс // М: Мир, 1985.

14. Pickles J.O., Corey D.P. Mechano-electrical transduction by hair cells // TINS, 1992, v. 15, 7, p. 254-259.

**Ovchinnikov E.L., Adyshirin-Zade K.A., Romashova N.A.,**

**Vladimirova T.Yu., Minayeva T.I.**

*SamSMU, Samara*

## **COMPUTER BIOLOGY OF THE INTERNAL EAR:**

### **4. THE DEFECTIVE ZONES LOCALIZATION OF COCHLEAR DUCT**

***Purpose:*** Substantiation and development of noninvasive way of calculation of defective zones coordinates of a cochlear duct.

**Objects:** Patients at audiometric inspection.

**Methods:** Biomathematical (computer) modeling of acoustical phenomena, numerical methods of the mathematical analysis.

**Results:** On the established distribution of acoustical receptors coordinates on frequencies and audiometric established of sound perceived frequencies in a wrong way the noninvasive way of calculation of coordinates of defective zones of a cochlear duct is developed.

**Keywords:** acoustic-wave hearing model by Ovchinnikov; acoustical receptors distribution on frequencies, sound frequency distortions, defective zones coordinates of a cochlear duct.