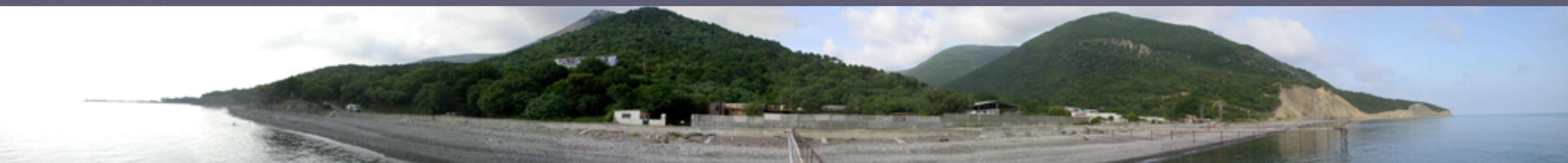


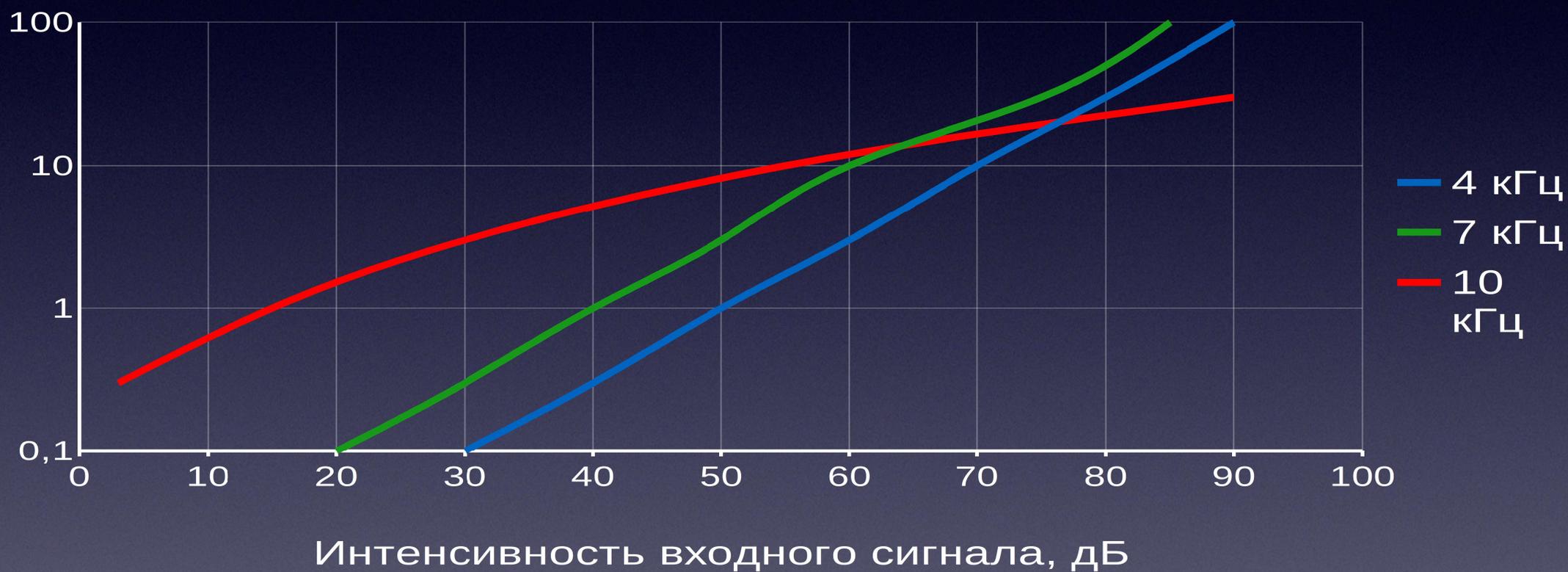
# Компрессионная нелинейность в слуховой системе дельфина

Нечаев Д.И.

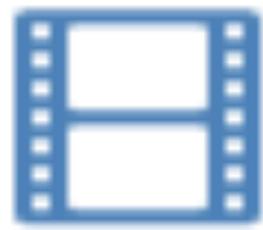


- Динамический диапазон слуха составляет 120 дБ
- Это соответствует изменению по мощности в  $10^{12}$  раз
- Компрессия в слуховой системе сужает диапазон в 120 дБ до 20 – 30 дБ
- Слуховая система способна различать изменения в 1 дБ

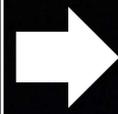
Смещение БМ, нм



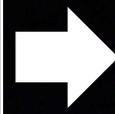
Регистрация смещения базилярной мембраны (БМ) в точке, соответствующей 10 кГц



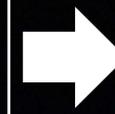
Звуковая волна



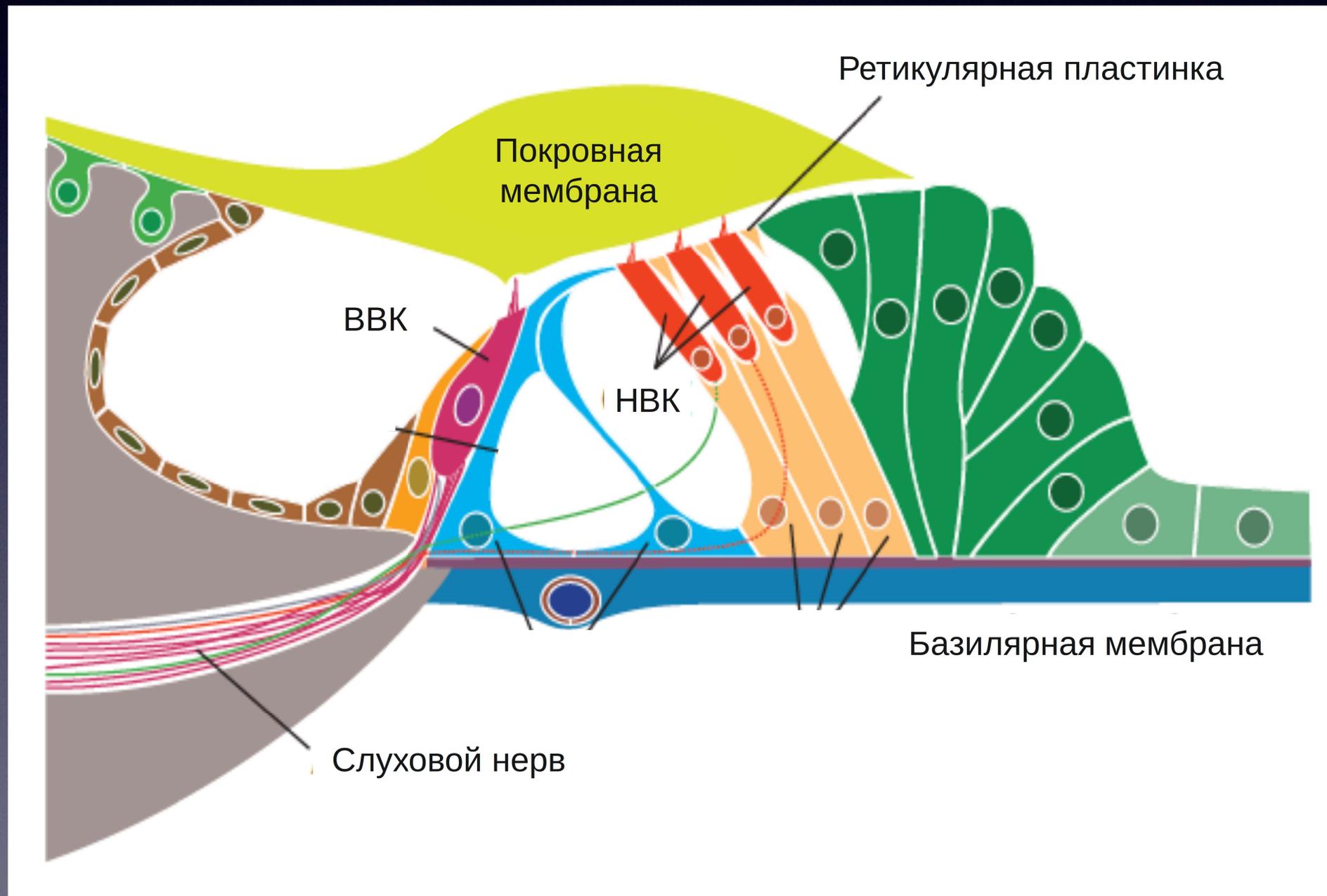
Колебания барабанной перепонки



Слуховые косточки



Колебания базилярной мембраны



- Сохраняется ли механизм компрессии в области высокочастотного слуха дельфина?
- Какая величина компрессии в области высокочастотного слуха дельфина?

# Способы оценки компрессии в слуховой системе:

- Прямое измерение колебаний базилярной мембраны
- Оценка компрессии в улитке при регистрации ответов слухового нерва
- Оценка ответов базилярной мембраны в психоакустических исследованиях

Низкочастотная маскировка



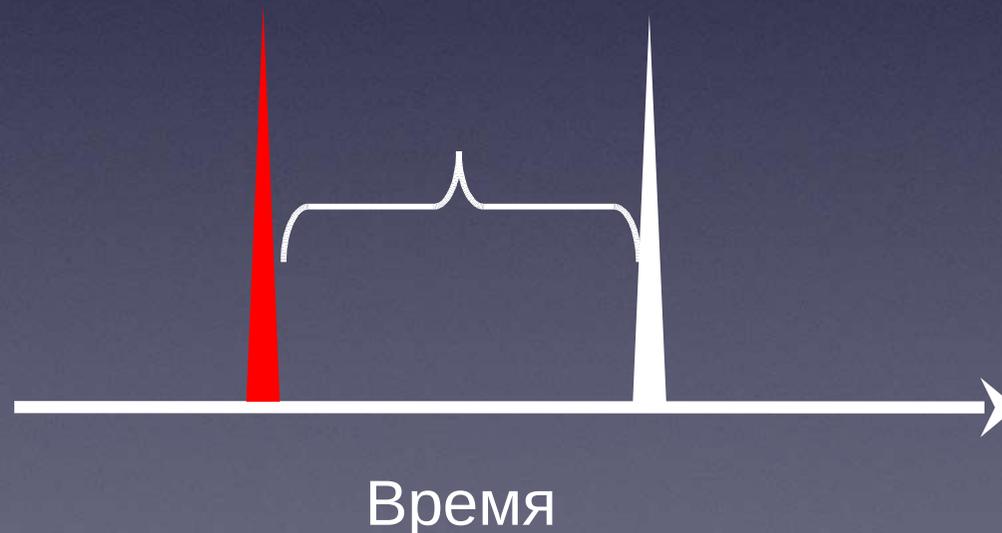
Ответ на *маскер* в точке  
сигнала линеен

Совпадающая маскировка

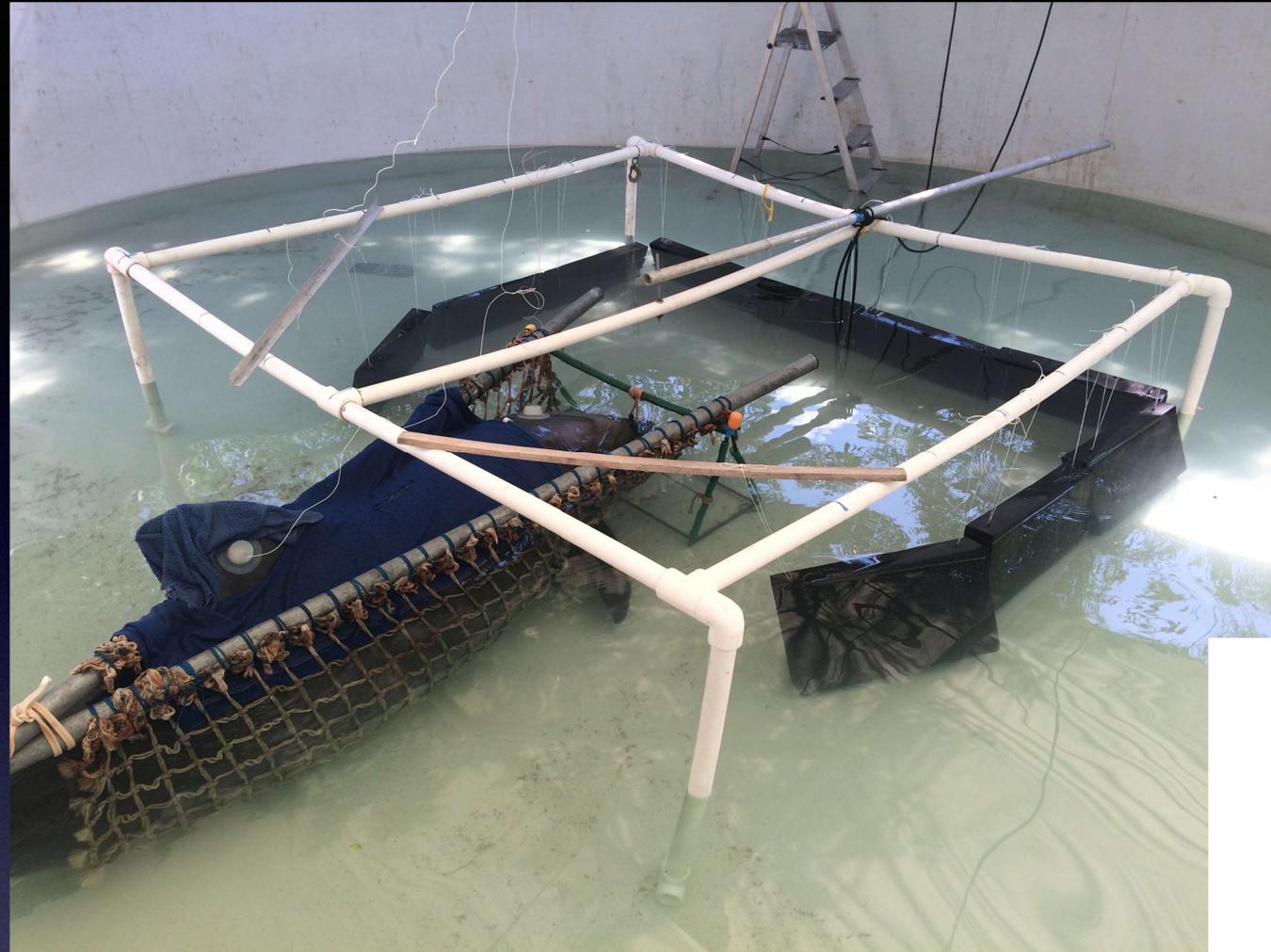


Ответ на *маскер* в точке  
сигнала не линеен

Задержка по времени



# Методика



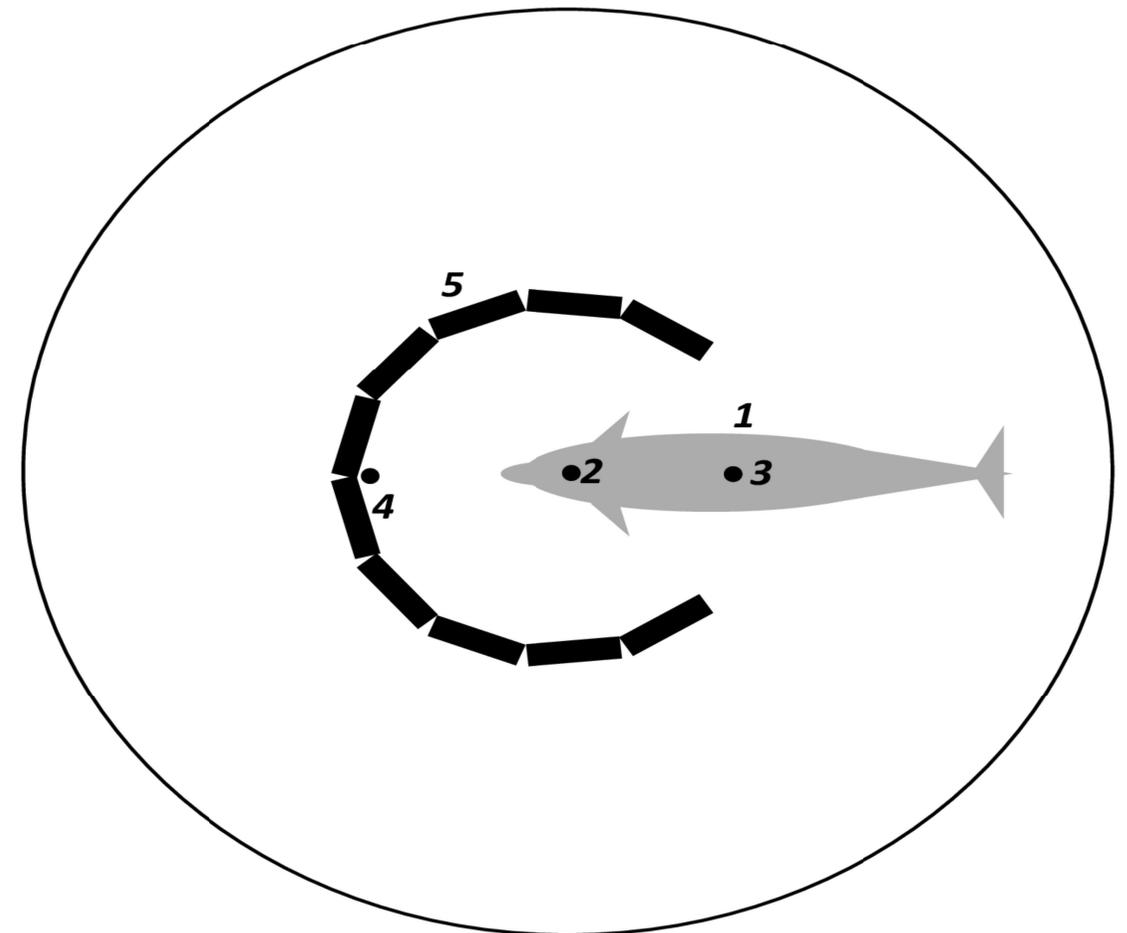
1. Дельфин

2. Активный электрод

3. Индифферентный электрод

4. Гидрофон

5. Экран



# Звуковые сигналы

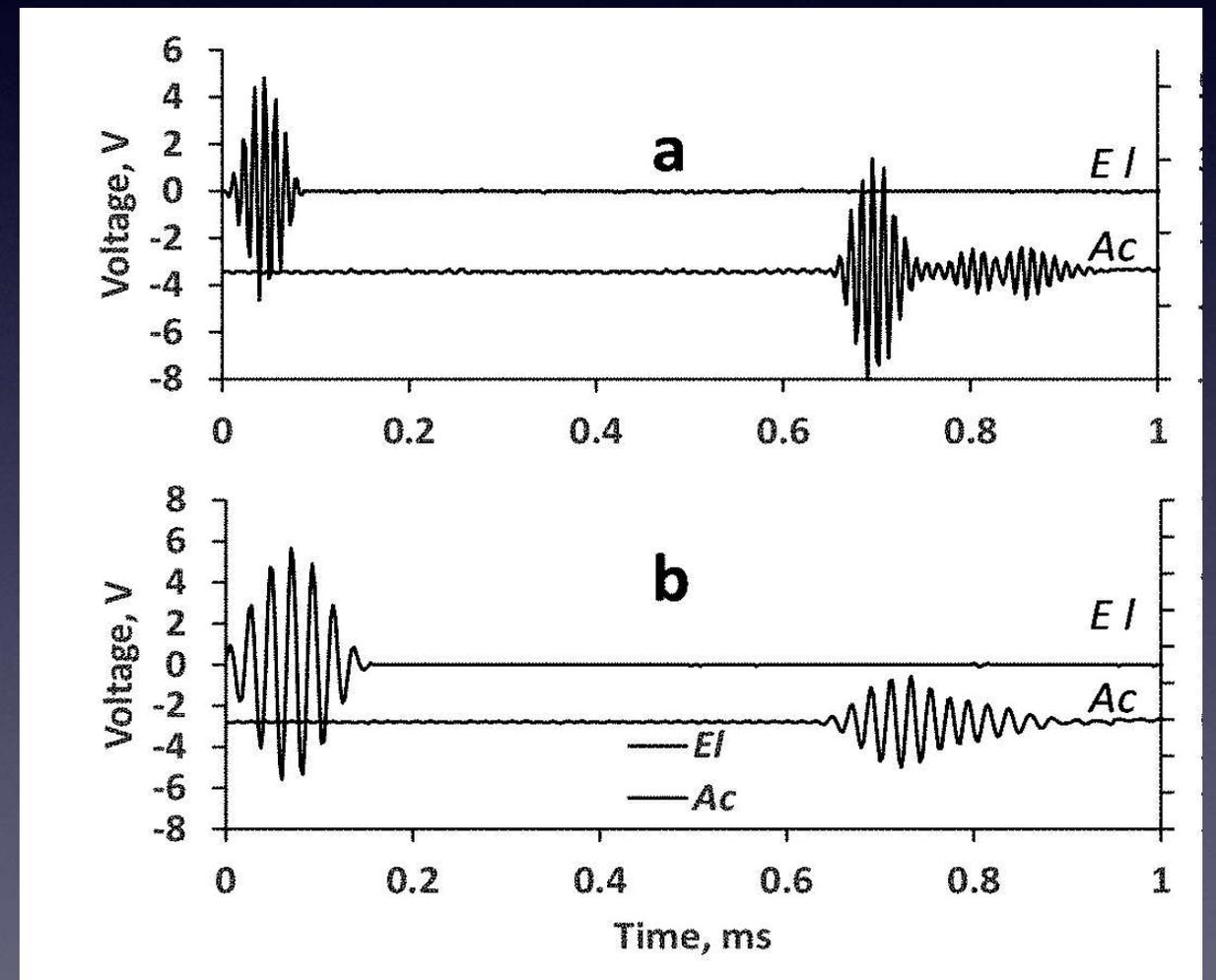
Тестовый сигнал - одиночная тональная посылка

**Маскер** – одиночна тональная посылка

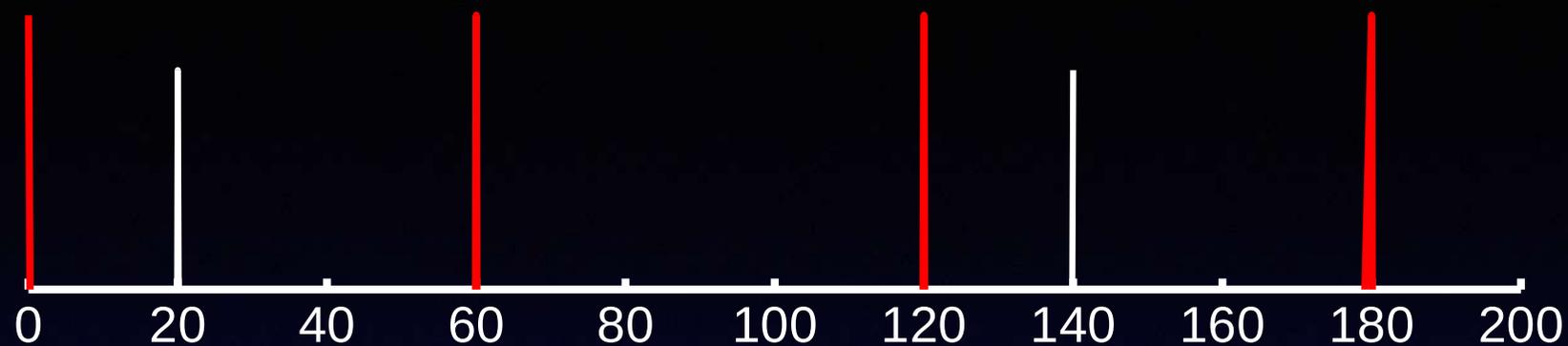
Частота тест-сигнала 90 кГц (a),  
частота **маскера** 90 и 54кГц

Частота тест-сигнала 45 кГц (b),  
частота **маскера** 45 и 27 кГц

Задержка между **маскером** и тест-сигналом составляла от 2 до 20 мс



# Схема стимуляции



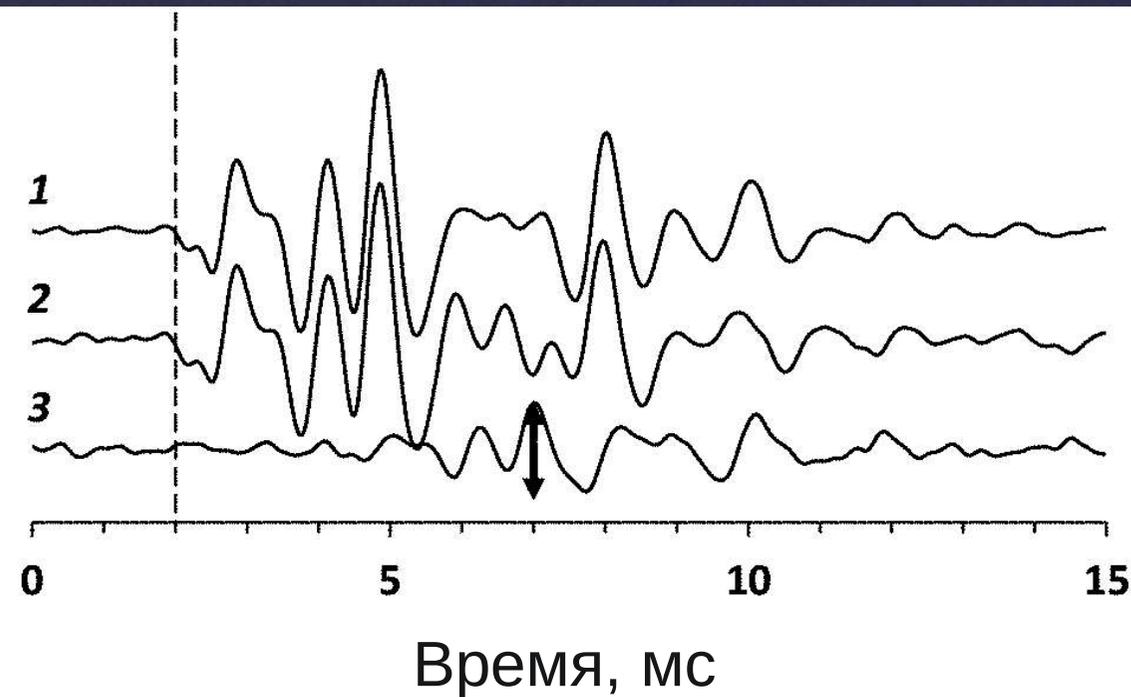
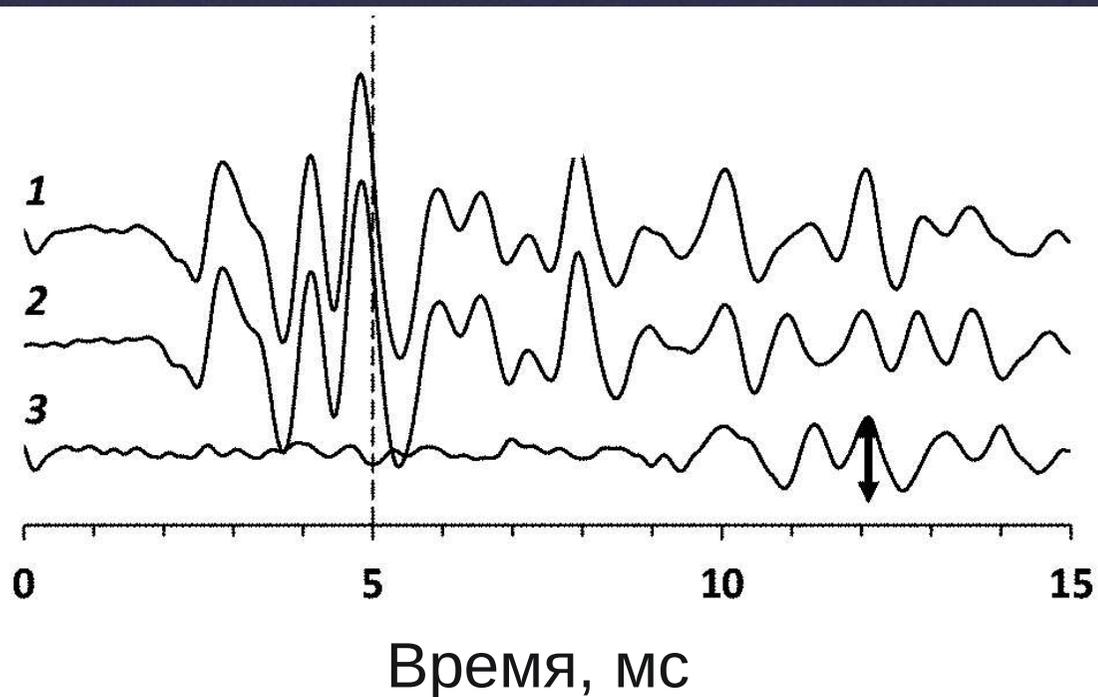
Время, мс

— Маскер — Тест-сигнал

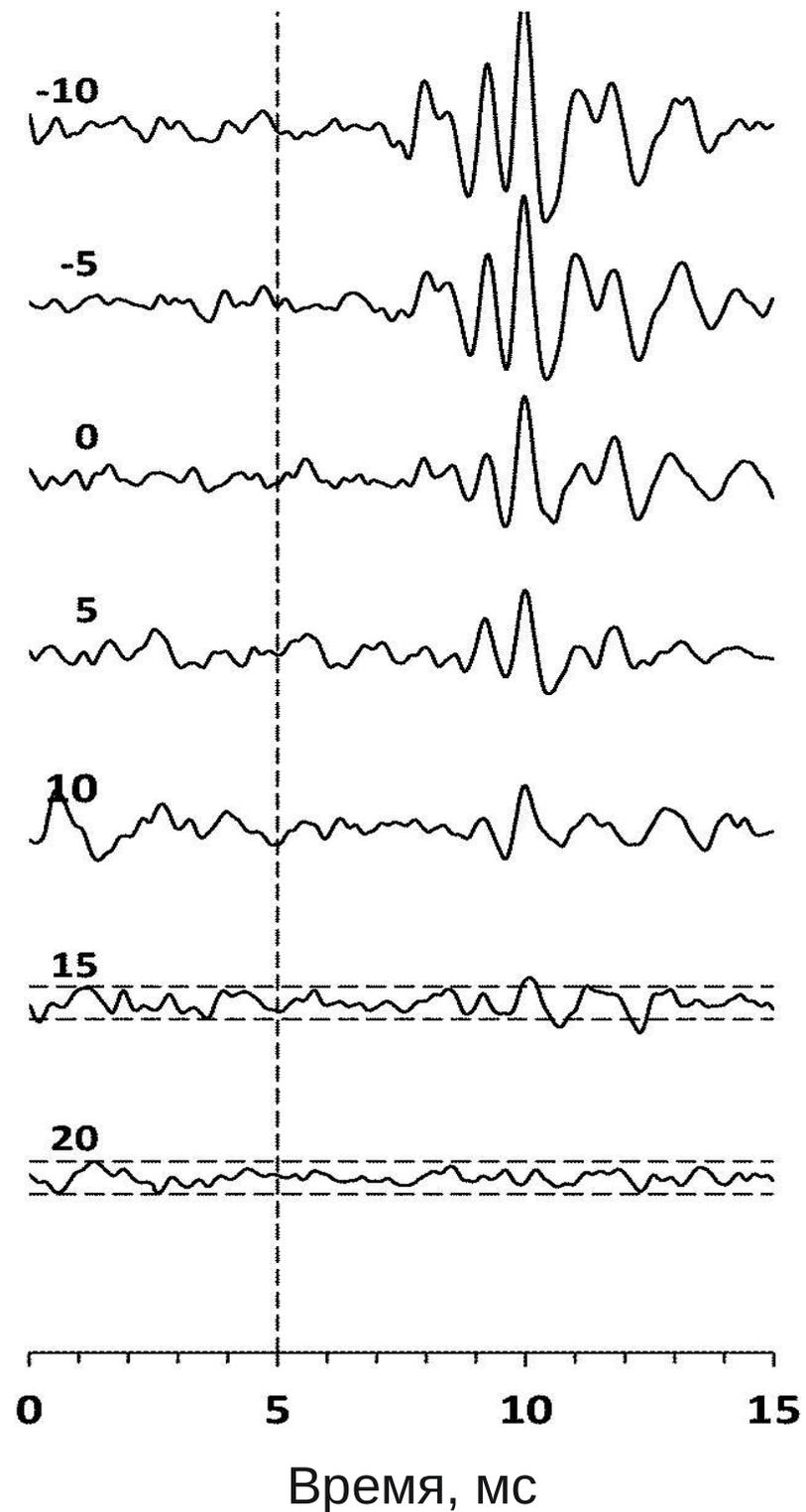
1 – Ответ на маскер

2 – Ответ на маскер+тест-сигнал

3 – Ответ на тест-сигнал



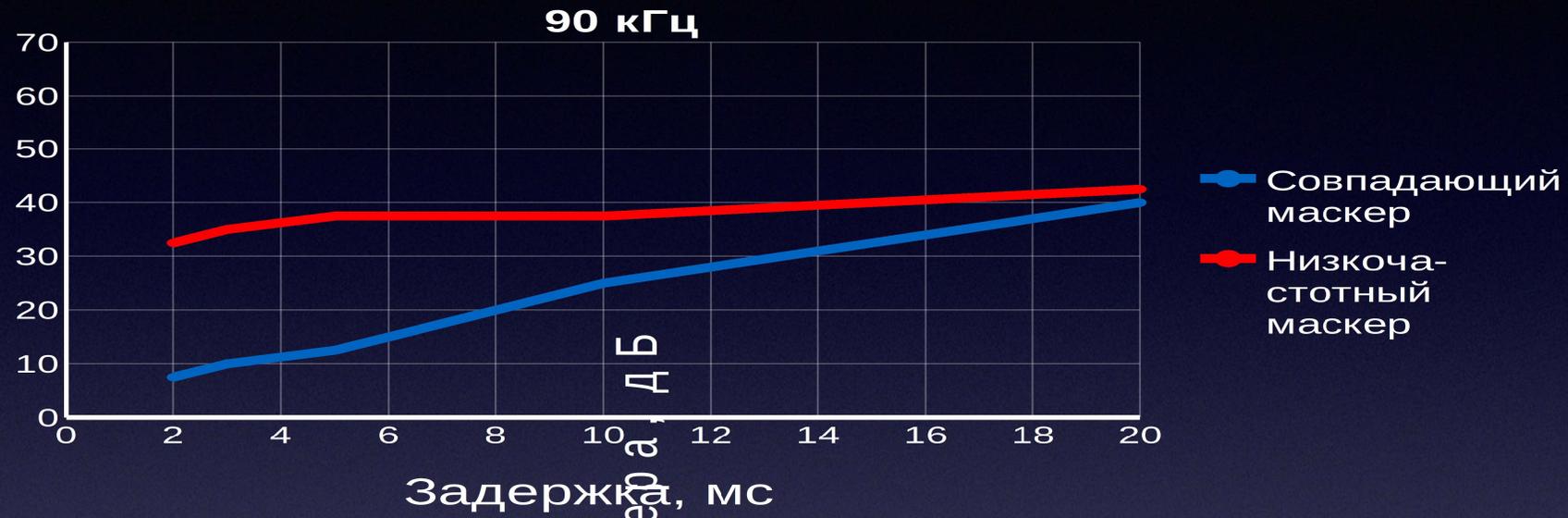
# Определение порога маскировки



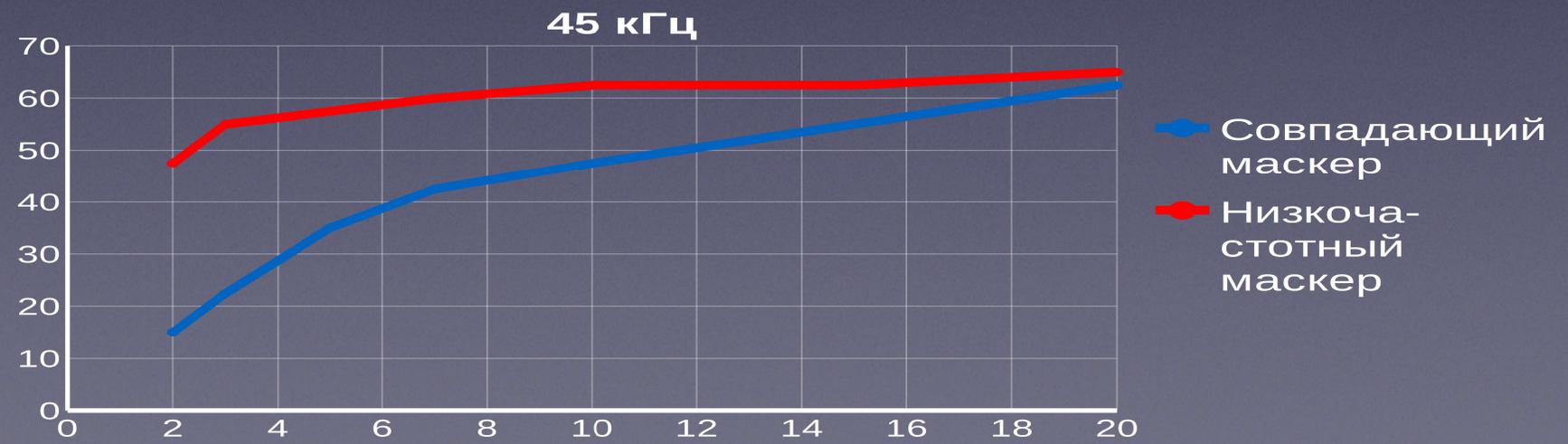
- Громкость тест-сигнала была постоянна
- Громкость маскира увеличивали с шагом 5 дБ до достижения порога маскировки
- За порог маскировки принимали громкость маскира, при которой амплитуда вызванного потенциала была ниже заранее выбранного критерия.

# Кривые маскировки

Уровень маскира,

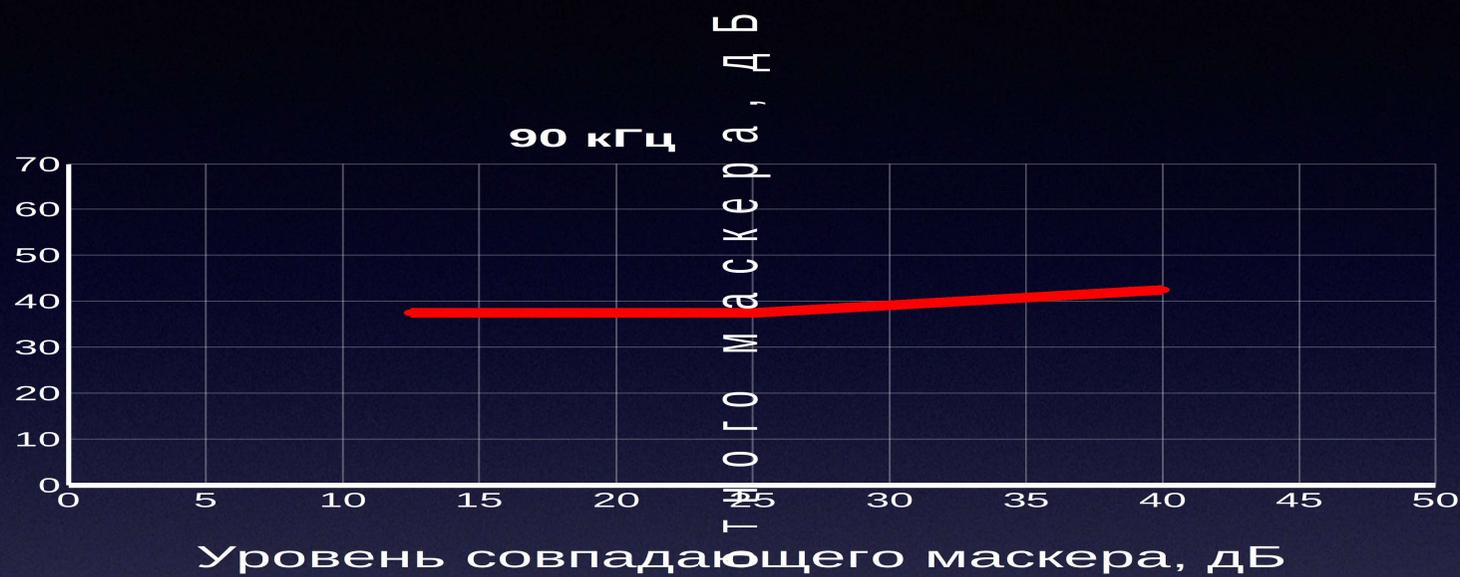


Уровень маскира,



Уровень низкочастот

Величина компрессии 0.18



Величина компрессии 0.39

Уровень низкочастот





# The rate of cochlear compression in a dolphin: a forward-masking evoked-potential study

Vladimir V. Popov<sup>1</sup>  · Dmitry I. Nechaev<sup>1</sup> · Evgenia V. Sysueva<sup>1</sup> · Alexander Ya. Supin<sup>1</sup>

Received: 27 February 2020 / Revised: 22 June 2020 / Accepted: 28 June 2020  
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020

## Abstract

The “active” cochlear mechanism of hearing manifests in the cochlear compression. Investigations of compression in odontocetes help to determine the frequency limit of the active mechanism. The compression may be evaluated by comparison of low- and on-frequency masking. In a bottlenose dolphin, forward masking of auditory evoked potentials to tonal pips was investigated. Measurements were performed for test frequencies of 45 and 90 kHz. The low-frequency maskers were  $-0.25$  to  $-0.75$  oct relative the test. Masking efficiency was varied by masker-to-test delay variation from 2 to 20 ms, and masker levels at threshold (MLTs) were evaluated at each of the delays. It was assumed that low-frequency maskers were not subjected or little subjected to compression whereas on-frequency maskers were subjected equally to the test. Therefore, the compression rate was assessed as the slope of low-frequency MLT dependence on on-frequency MLT. For the 90-kHz test, the slopes were 0.63 and 0.18 dB/dB for masker of  $-0.25$  and  $-0.5$  oct, respectively. For the 45 kHz test, the slopes were 0.69 and 0.39 dB/dB for maskers of  $-0.25$  and  $-0.5$  oct. So, compression did not decay at the upper boundary of the hearing frequency range in the dolphin.

**Keywords** Cochlear compression · Forward masking · Auditory brainstem responses · Dolphin