

# Современный подход к верификации подбора слуховых аппаратов детям

Стандарт ANSI для RECD\*, сравнение нормативных диапазонов MAOF\*\* и SII\*\*\* в наиболее распространенных измерительных системах

*Моника Бауман (Monika Baumann)  
Магистр-Акустик, детский акустик*

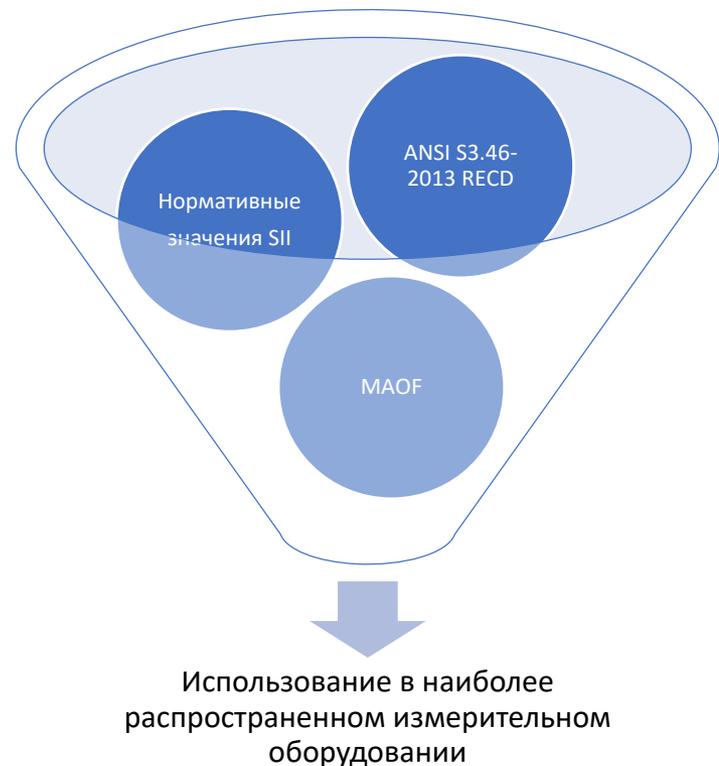
\*Разность между реальным ухом и куплером

\*\*Максимальный слышимый диапазон выходных частот

\*\*\*Индекс разборчивости речи

# Требования, предъявляемые к верификации

- Стандартизация измерения RECD
  - ANSI S3.46-2013 / RECD
- Нормативные значения SII для детей
  - PaedAmp (Университет Западного Онтарио) 
- Диапазон MAOF как целевое значение частотного понижения
  - Максимальный слышимый диапазон выходных частот
  - PaedAmp (Университет Западного Онтарио) 

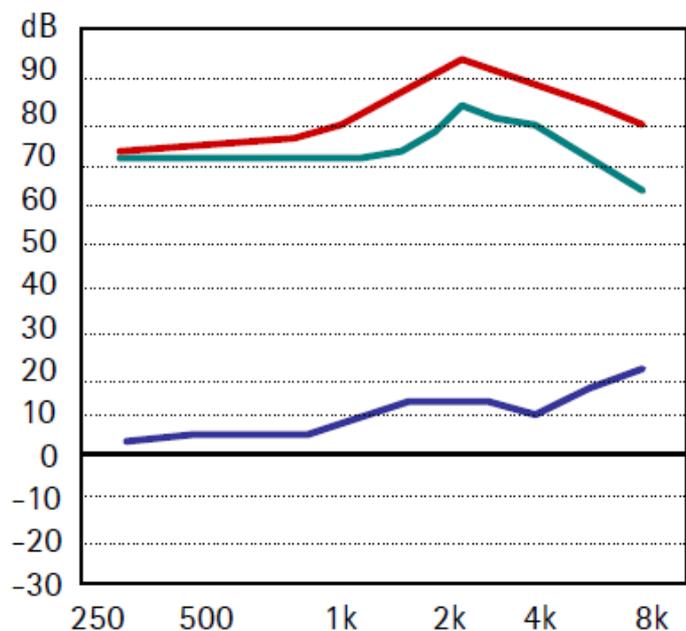


# RECD

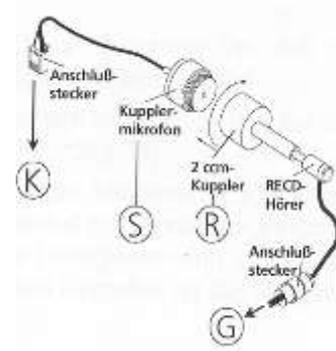
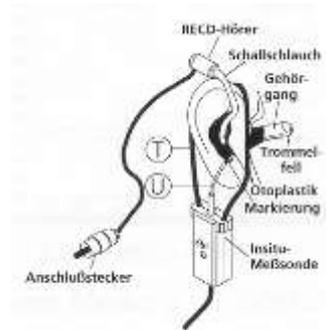
Новшества, точность и практическое применение

# "Классическая" RECD

Основной метод измерения, предложенный в 1995 г., подразумевает использование куплера HA2:  $\text{дБ УЗД (реальное ухо)} - \text{дБ УЗД (куплер HA2)} = \text{RECD}$



- Характеристика в куплере
- Характеристика в реальном ухе
- Измеренная RECD



# Стандарт ANSI S3.46-2013 / RECD

- ANSI S3.46: Североамериканский стандарт измерений в реальном ухе (REM)
  - 2013 – вошедшие в стандарт S3.46 рекомендации по измерению RECD:
    - использование куплера HA1
    - использование преобразователя с высоким сопротивлением для подачи сигнала
    - использование индивидуального или губчатого вкладыша как для измерений в ухе, так и для измерений в куплере
  - Почему?
  - Последствия?
  - Изменения в практическом использовании?

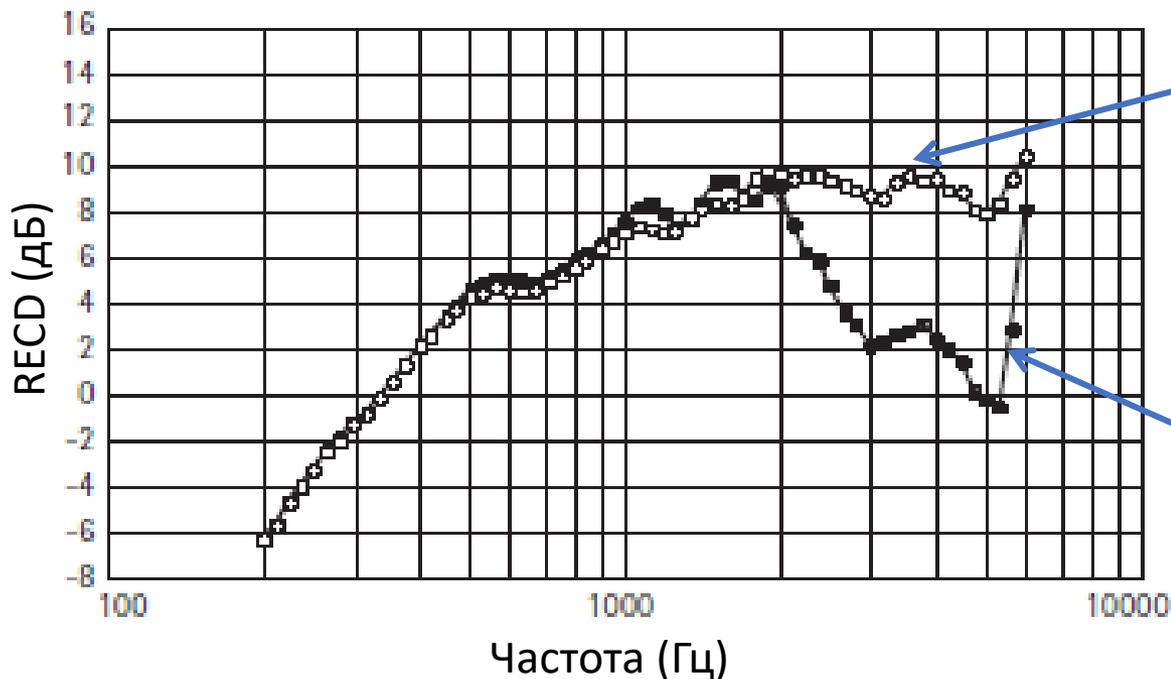
# RECD – точность метода

## Тип куплера

- RECD были получены путем вычитания УЗД, измеренного в закрытом слуховом проходе, из УЗД, измеренного в куплере HA1 (незакрашенные кружки) и куплере HA2 (черные кружки) объемом 2 см<sup>3</sup>



HA1-RECD,  
измеренная в  
куплере для ITE



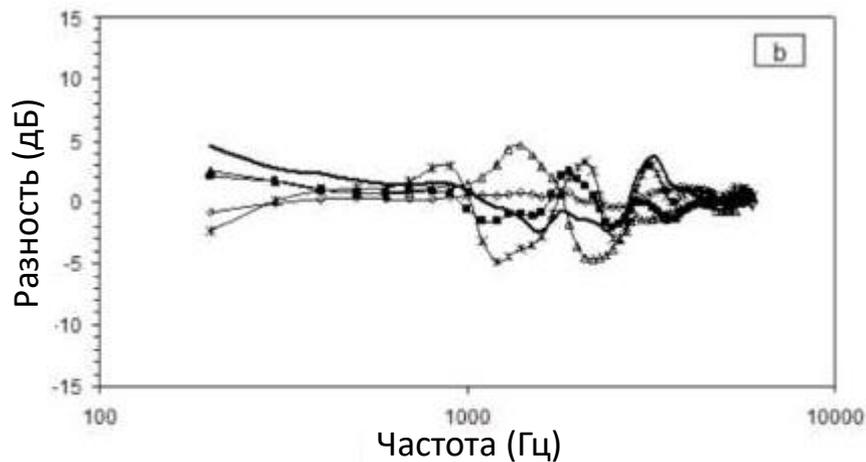
HA2-RECD,  
измеренная в  
куплере для BTE



# RECD – точность метода

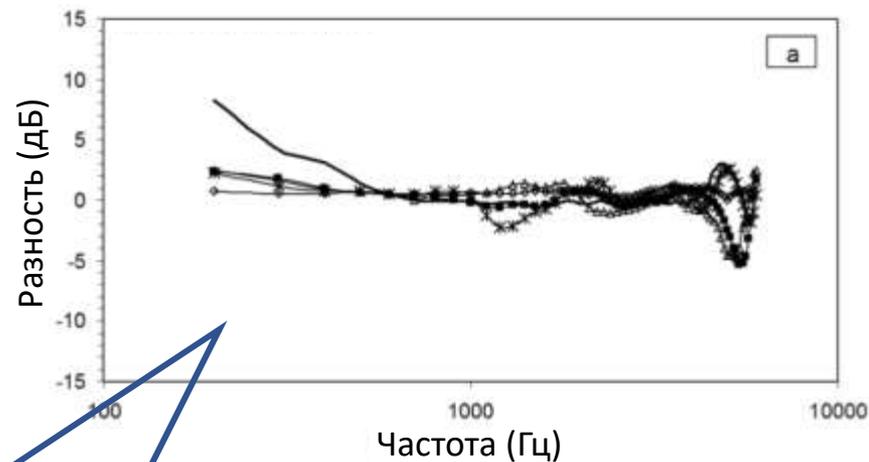
Преобразователь и длина звуковода вкладыша

Длина звуковода вкладыша 45 мм



ER3A 50 Ом    ER5    KY770  
CA фильтр.    CA нефилтр.

Длина звуковода вкладыша 35 мм



ER3A 50 Ом    ER5    KY770  
CA фильтр.    CA нефилтр.

Чем короче звуковод...

- ...тем меньше резонансных пиков
- ...тем меньше влияние типа преобразователя

# RECD – точность метода

Сравнение губчатых/стандартных и индивидуальных вкладышей

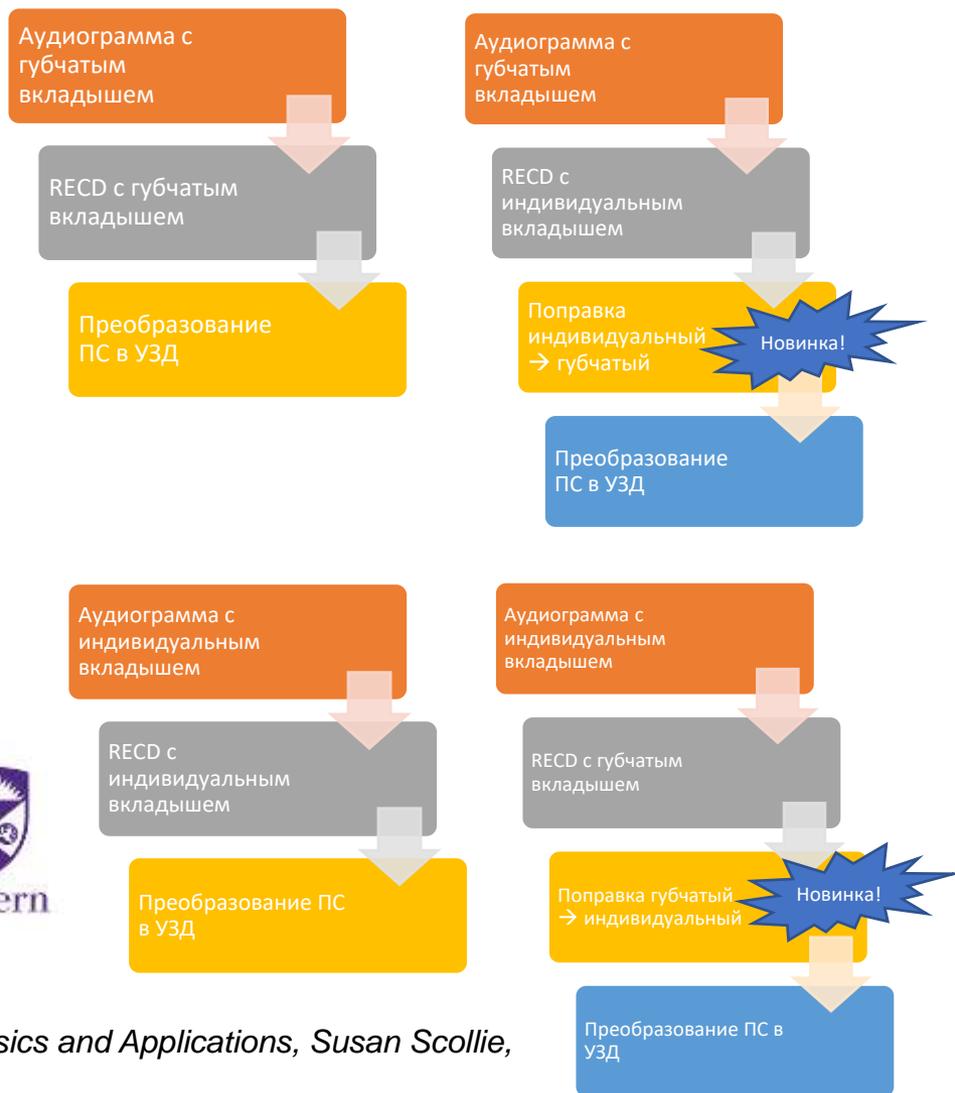
- Звуководы вкладышей
  - Короткие и стандартные для губчатых/стандартных вкладышей
  - Длинные и переменные для индивидуальных вкладышей
- Применение
  - Аудиометрия с использованием внутриушных телефонов – губчатые/стандартные вкладыши
  - Подбор СА – индивидуальные вкладыши
- Значение для измерения RECD
  - Высокая точность требует измерения двух RECD!



# RECD – точность метода

Разница между губчатыми и индивидуальными вкладышами

- Существуют средневозрастные значения RECD как для губчатых, так и для индивидуальных вкладышей
- Пороги могут быть измерены с использованием губчатого вкладыша, тогда как к СА присоединен индивидуальный вкладыш
  - Измерять RECD дважды?
  - Разработать поправочные значения!
- Поправочные значения используются в Verifit VF2



# Разновидности куплеров, используемых для измерения RECD

HA1(2)-RECD  
пересчитанная ✓



Verifit1, RM500SL,  
Axiom

HA1-RECD  
измеренная в куплере ✓



Aurical, Verifit

HA1-RECD  
с RECD УЗД-зондом ✓  
дети в возрасте 0-24 мес.



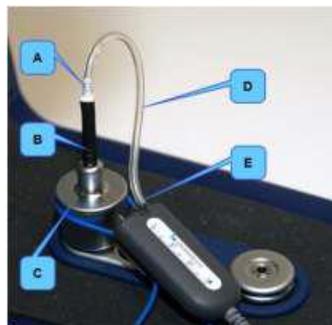
Affinity2.0

WRECD  
пересчитанная ✓  
в HA1-RECD



Verifit2 VF-2  
с куплером 0,4 см<sup>3</sup>

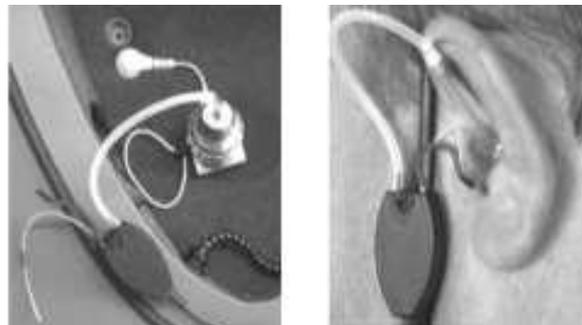
HA2-RECD



Новое программное  
обеспечение 🙄



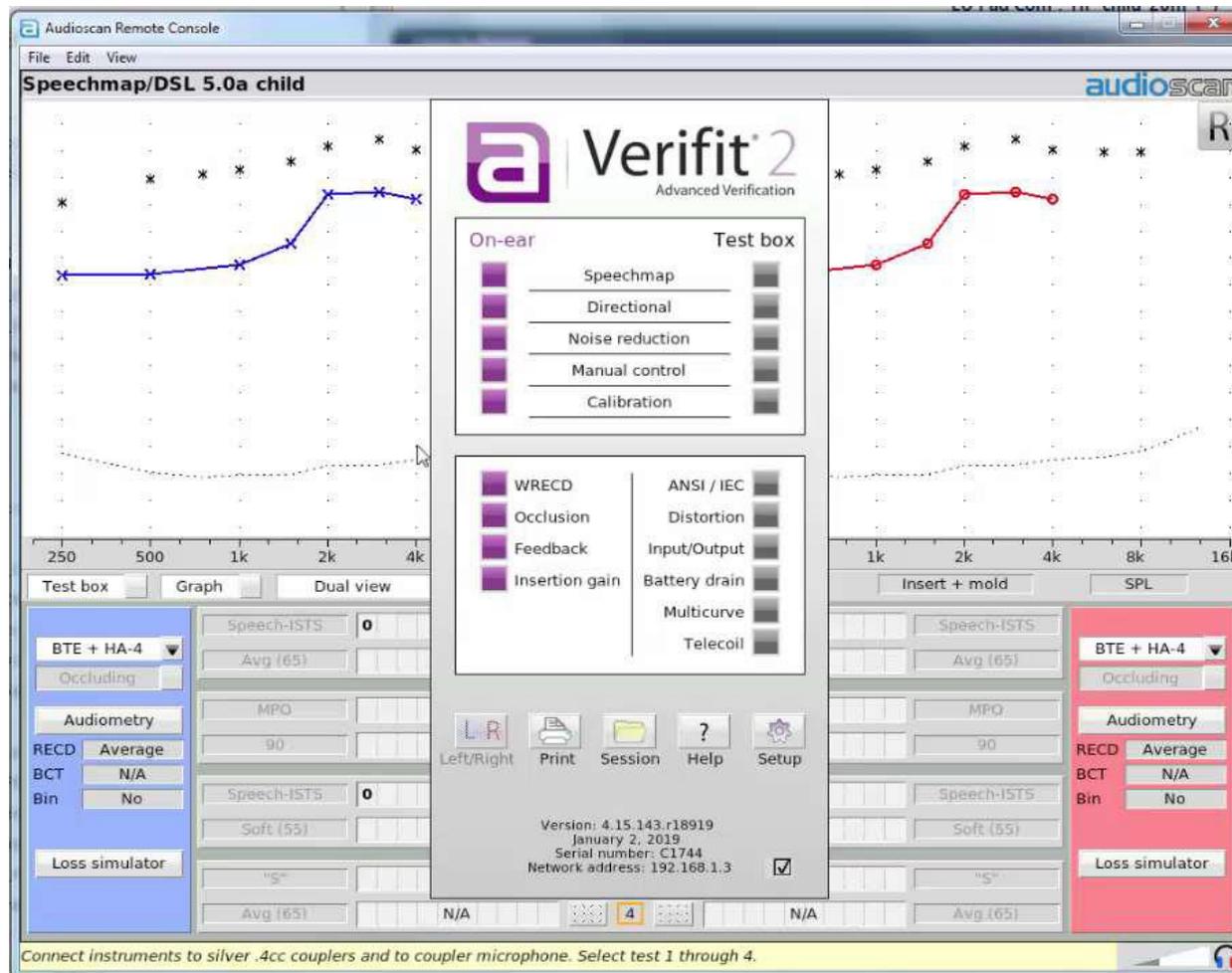
HA2-RECD



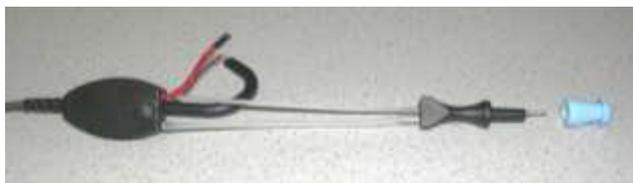
Новое программное  
обеспечение 🙄



# Измерение WRECD системой Verifit VF2 (видео)

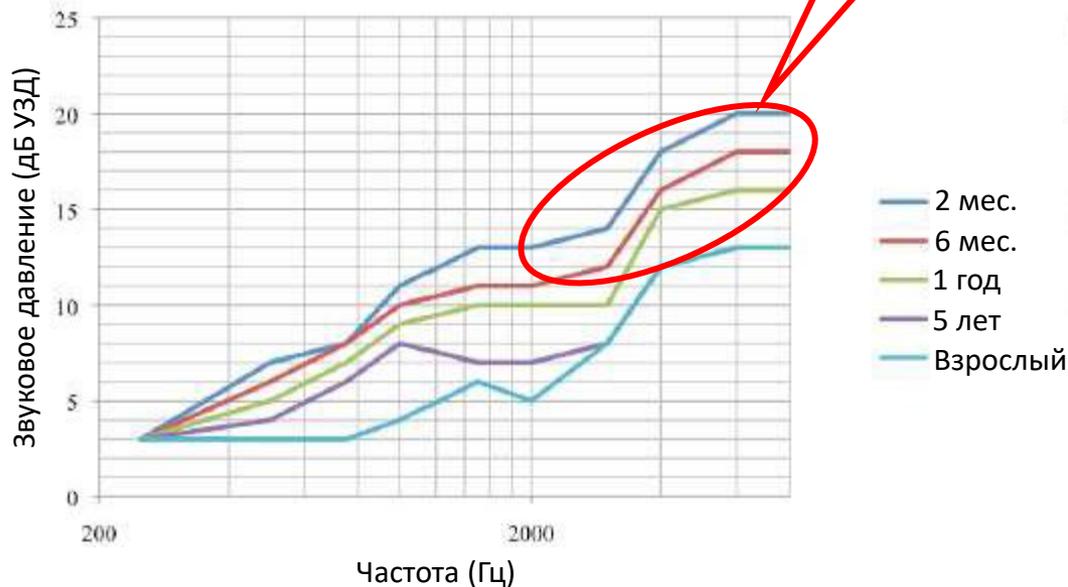


# RECD УЗД-зонд системы Affinity

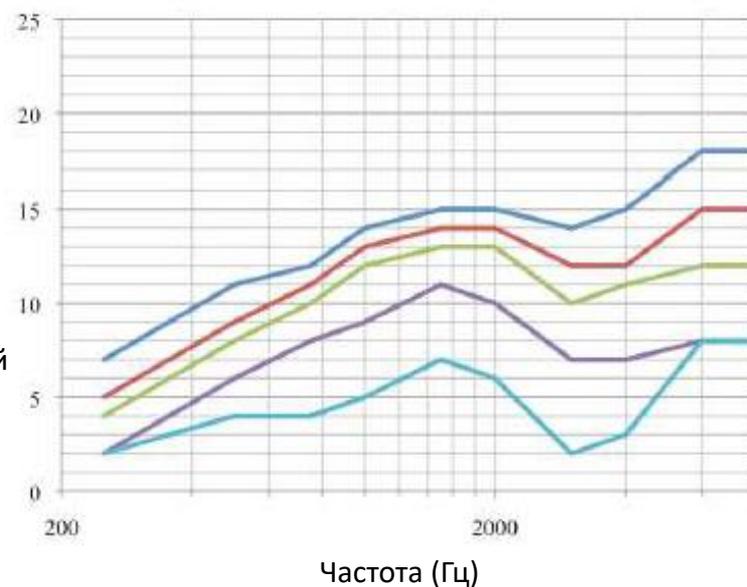


Сопоставимо с  
HA1-RECD

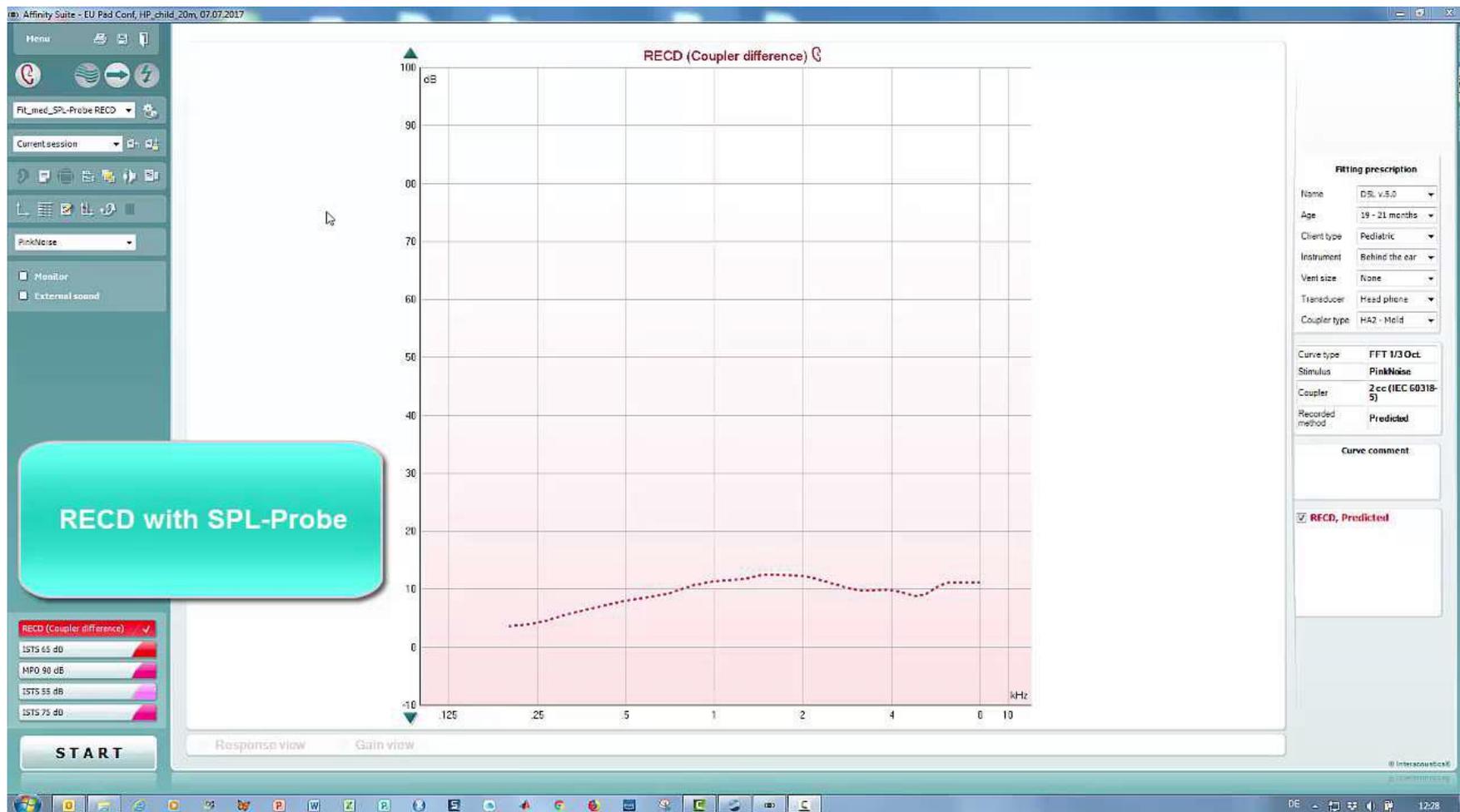
Средневозрастные RECD, измеренные с использованием RECD-вкладыша



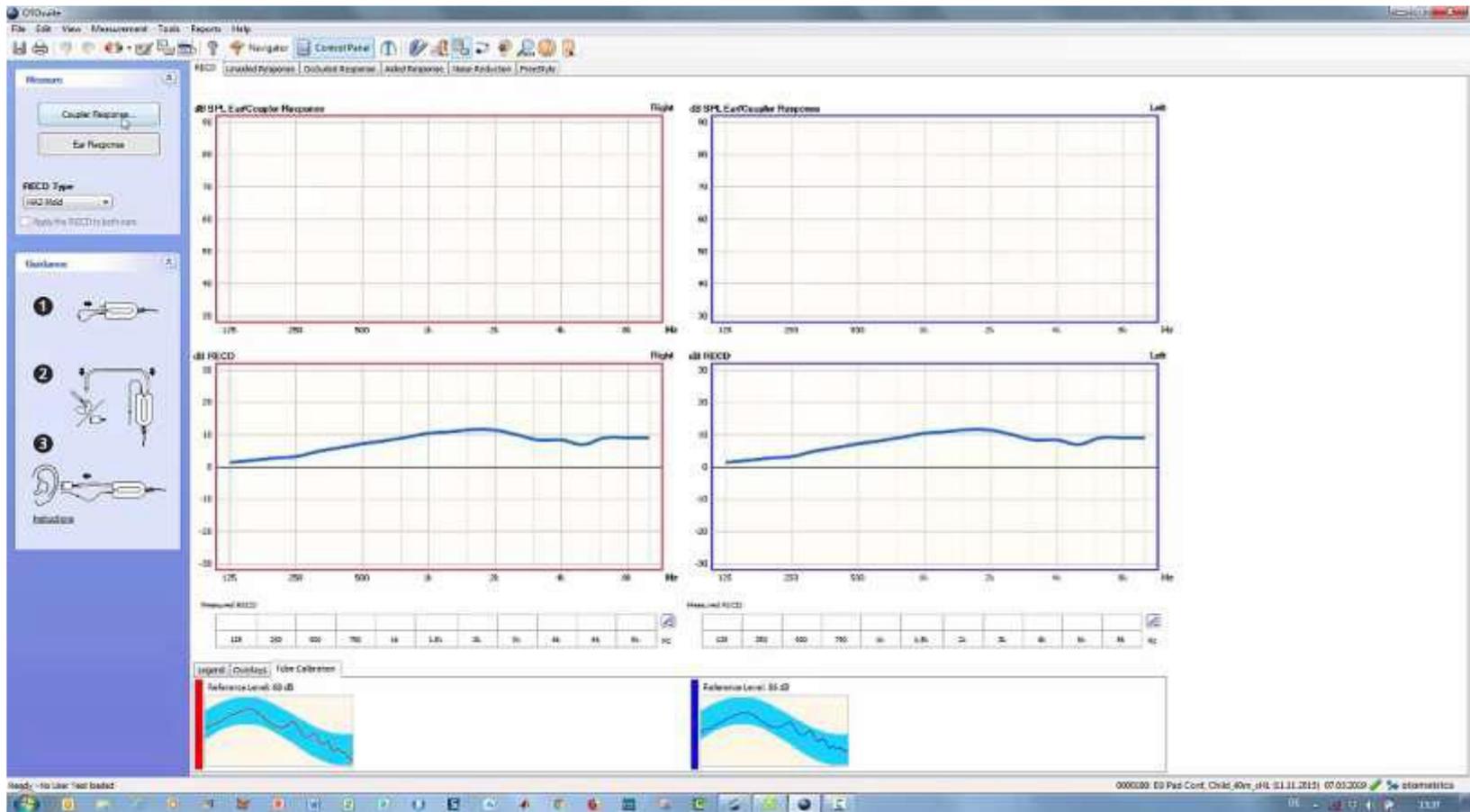
Средневозрастные RECD, измеренные с использованием инд. вкладыша и куплера HA2



# Измерение RECD посредством УЗД-зонда (видео) на примере Affinity2.0



# HA2-RECD, измеренная с использованием индивидуального ушного вкладыша (видео), на примере Aurical



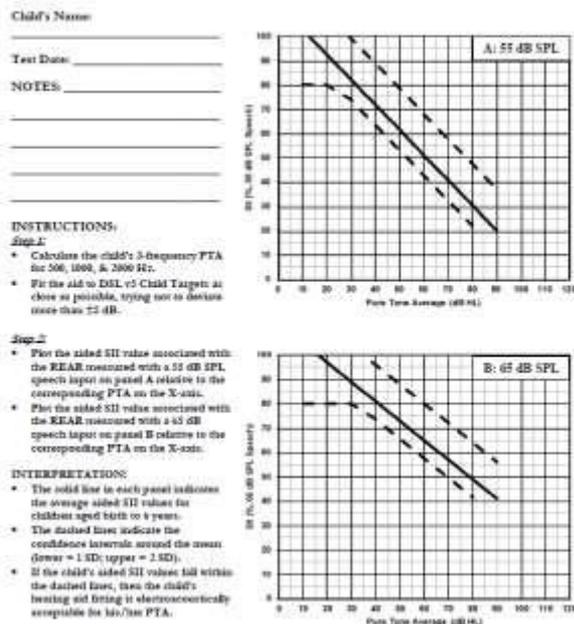
# SII

Нормативные значения для верификации детских настроек

# Оценка настройки: нормативные значения SII (только для детских настроек – DSL детская!)



Aided Speech Intelligibility Index (SII) Normative Values v1.0, Revision 2



[www.dslio.com](http://www.dslio.com)

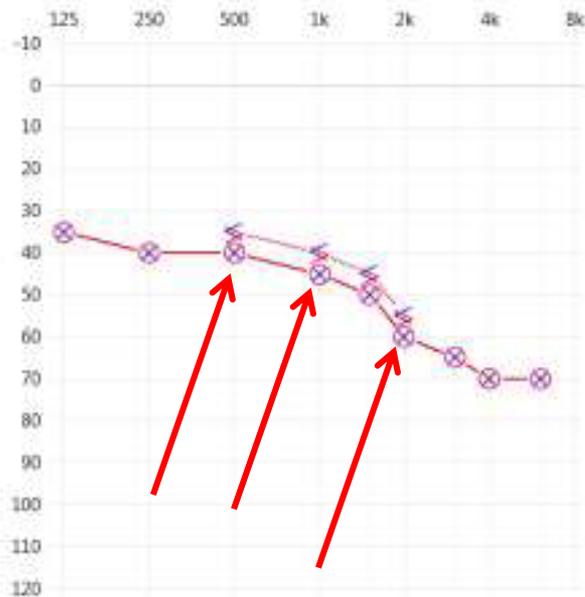
PedAMP → "Нормативные значения SII с СА"

Источник: Marlene P. Bagatto, 2012: “Development and Evaluation of an Audiological Outcome Measure Guideline for Use with Infants, Toddlers and Preschool Children”  
[https://www.uwo.ca/nca/research/research\\_areas/cal/Publications.html](https://www.uwo.ca/nca/research/research_areas/cal/Publications.html)

# Средние тональные пороги слышимости (PTA) и SII

## Вычисление PTA

$$PTA = \frac{HTL_{500\text{Гц}} + HTL_{1000\text{Гц}} + HTL_{2000\text{Гц}}}{3}$$



*HTL = порог слышимости*

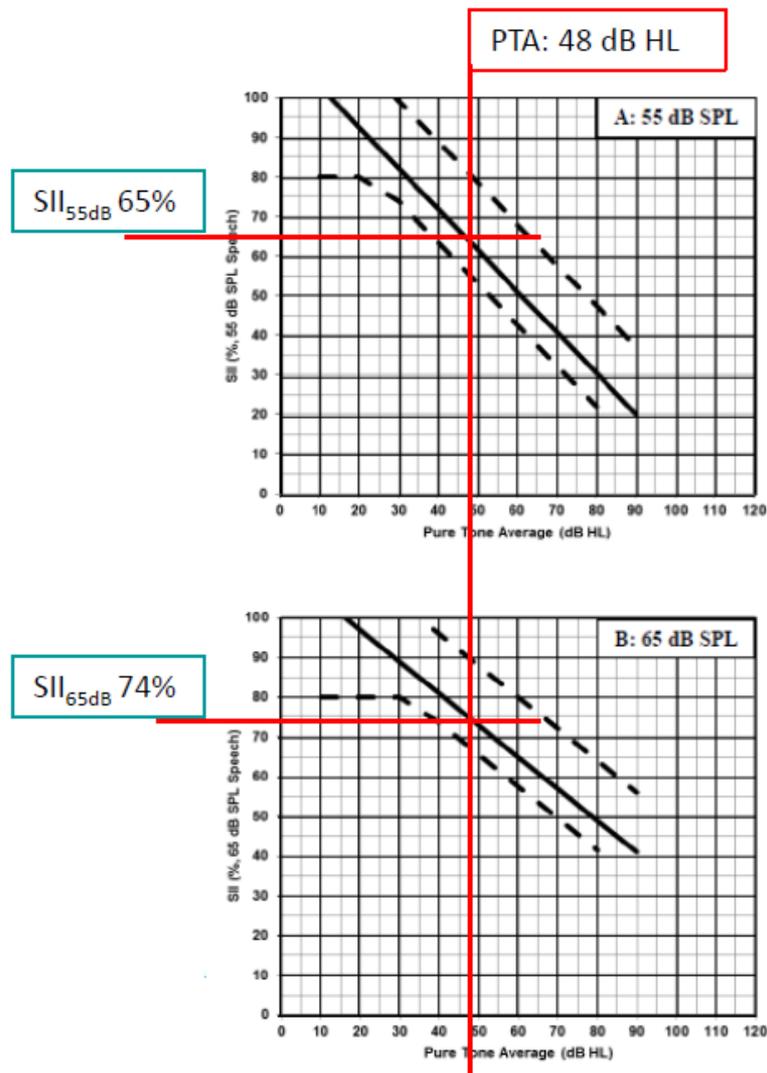
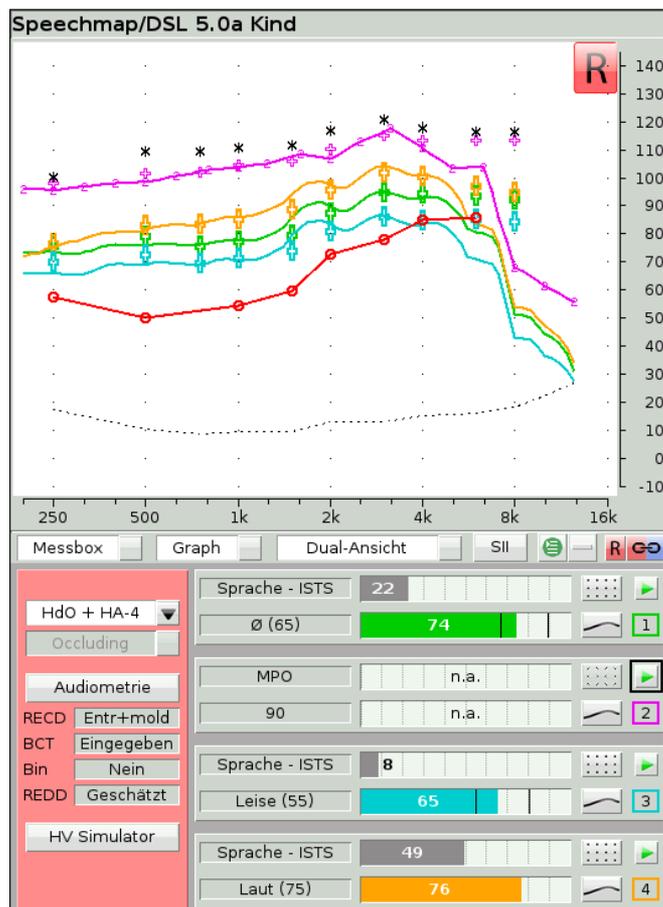
## Вычисление SII



1	<input checked="" type="checkbox"/>	SII: 56%	DSL V5.0 - 65 (89) dB - IS...
2	<input checked="" type="checkbox"/>	SII: 36%	DSL V5.0 - 55 (82) dB - IS...
3	<input checked="" type="checkbox"/>	SII: 68%	DSL V5.0 - 75 (96) dB - IS...
4	<input checked="" type="checkbox"/>	SII: N/A	DSL V5.0 - 90 (N/A) dB - ...

<input checked="" type="checkbox"/>	55 dB - SII: 73%
<input checked="" type="checkbox"/>	65 dB - SII: 73%
<input checked="" type="checkbox"/>	75 dB - SII: 81%
<input checked="" type="checkbox"/>	90 dB - SII: 85%

# Нормативные значения SII на примере Audioscan Verifit VF2



# Верификация

Сравнение оборудования, используемого для верификации

# Наиболее распространенное оборудование для измерений в реальном ухе (REM) в детской практике

- Версии программного обеспечения REM-оборудования:
  - Affinity2.0 *Affinity Suite Software Vers. 2.11.0*
  - Aurical HIT & FreeFit *Otosuite Software Vers. 4.84.00*
  - Verifit & Verifit2 *Verifit2 Software Vers. 4.16.5*
- Основные характеристики:
  - Имитация измерений REM в тестовой камере для младенцев и детей младшего возраста
  - RECD: Измерение разности между реальным ухом и куплером → Золотой стандарт
  - ISTS: Международный речевой тестовый сигнал
  - Процентильный анализ для отображения результатов измерений: для отражения динамики речевого сигнала отображаются 99-й и 30-й процентиля LTASS (долгосрочный средний уровень речевого сигнала)

Aurical FreeFit и HIT



Affinity HIT и REM



Формально, все приборы измеряют одинаково!

Вопрос: Означает ли это, что на экране  
отображаются совершенно одинаковые  
результаты измерений?

Audioscan Verifit2



Audioscan Verifit



# Verifit2, Aurical PMM, Affinity2.0

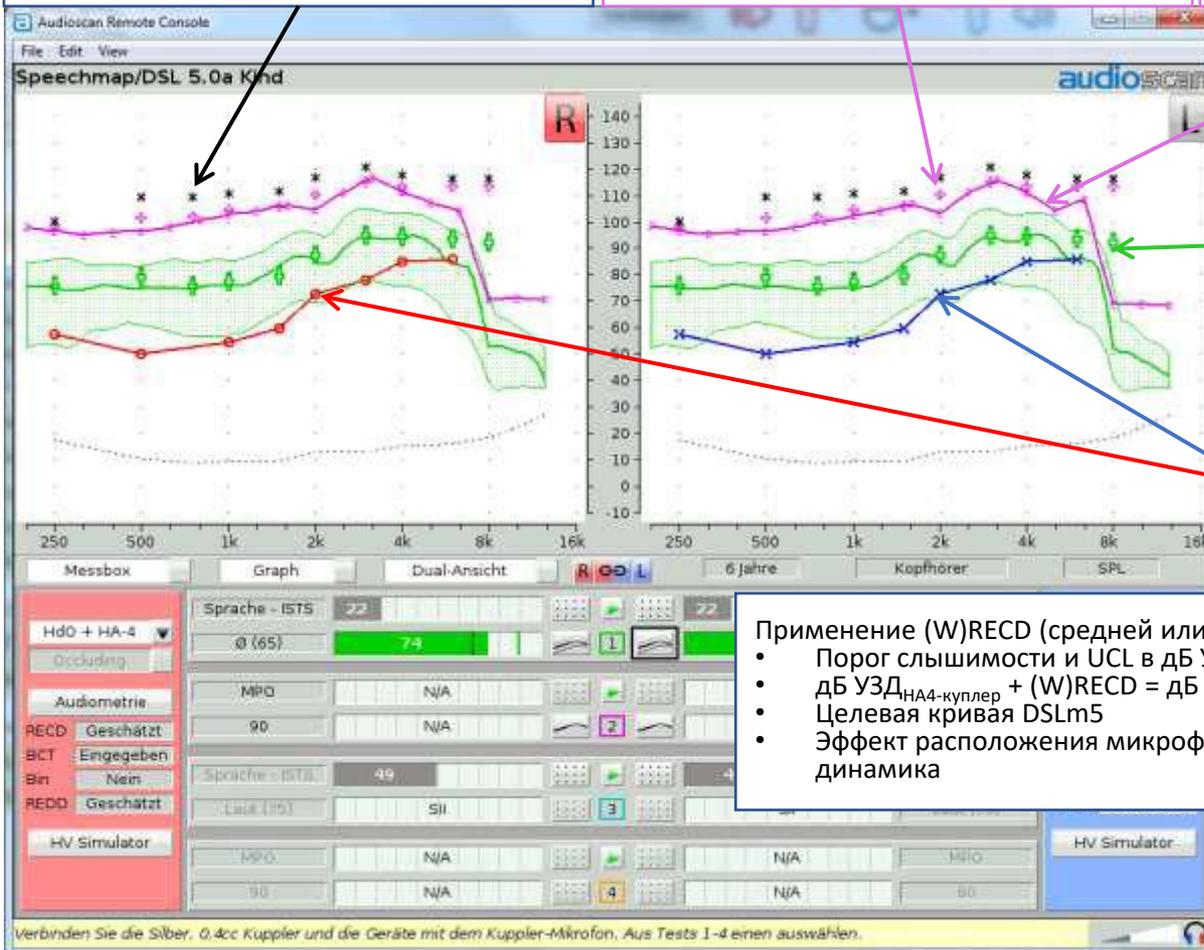
Графическое отображение результатов верификации слуховых аппаратов, основанной на имитации REM в куплере

# Verifit2/Verifit: отображение характеристики реального уха с включенным слуховым аппаратом (REAR), основанное на измерении в куплере

Рассчитанные по методу Pascoe пороги дискомфорта (UCL) в дБ УЗД + (W)RECD = дБ УЗД<sub>симуляция реального уха</sub>

Целевые значения порогов слышимости широкополосного выходного сигнала (BOLT) для ВУЗД<sub>макс</sub> по формуле DSLv5

ВУЗД<sub>макс</sub>, измеренный в дБ УЗД<sub>НА4-куплер</sub> + (W)RECD



СА, измеренный с использованием ISTS 65 дБ в дБ УЗД<sub>НА4-куплер</sub> + (W)RECD = дБ УЗД<sub>симуляция реального уха</sub>

— LTASS  
 □ Динамический диапазон ISTS

Порог слышимости справа/слева в дБ ПС + РЭПУЗД<sub>преобразователь</sub> + (W)RECD = дБ УЗД<sub>симуляция реального уха</sub>

Применение (W)RECD (средней или измеренной):

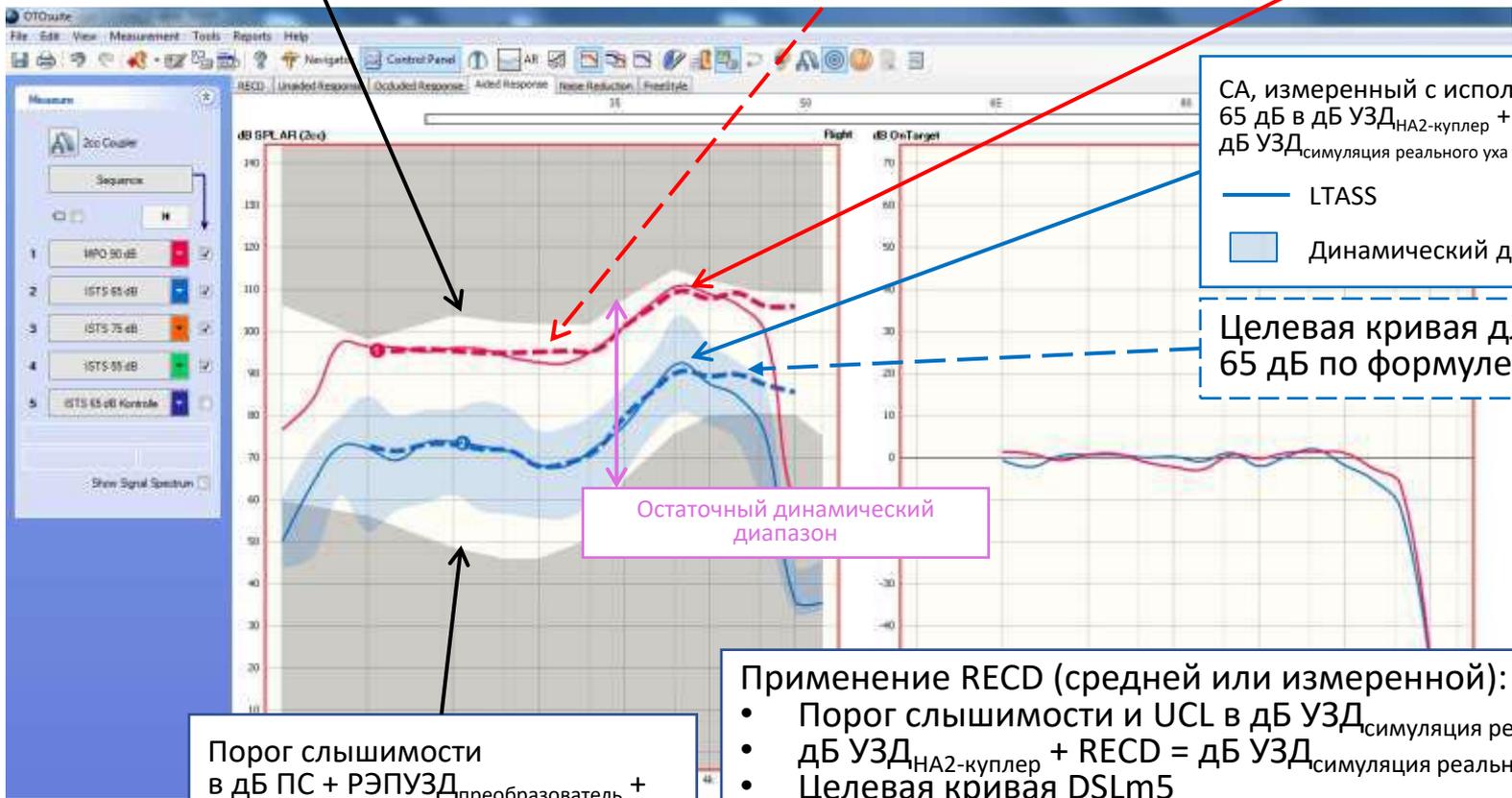
- Порог слышимости и UCL в дБ УЗД<sub>симуляция реального уха</sub>
- дБ УЗД<sub>НА4-куплер</sub> + (W)RECD = дБ УЗД<sub>симуляция реального уха</sub>
- Целевая кривая DSLm5
- Эффект расположения микрофона (MLE), примененный к сигналу динамика

# Aurical PMM: отображение REAR, основанное на измерениях в куплере

Рассчитанные по методу Pascoe пороги дискомфорта (UCL) в дБ УЗД + RECD = дБ УЗД<sub>симуляция реального уха</sub>

Целевые значения порогов слышимости широкополосного выходного сигнала (BOLT) для ВУЗД<sub>макс</sub> по формуле DSLv5

ВУЗД<sub>макс</sub>, измеренный в дБ УЗД<sub>НА2-куплер</sub> + RECD



СА, измеренный с использованием ISTS 65 дБ в дБ УЗД<sub>НА2-куплер</sub> + RECD = дБ УЗД<sub>симуляция реального уха</sub>

— LTASS  
 □ Динамический диапазон ISTS

Целевая кривая для речи 65 дБ по формуле DSLv5

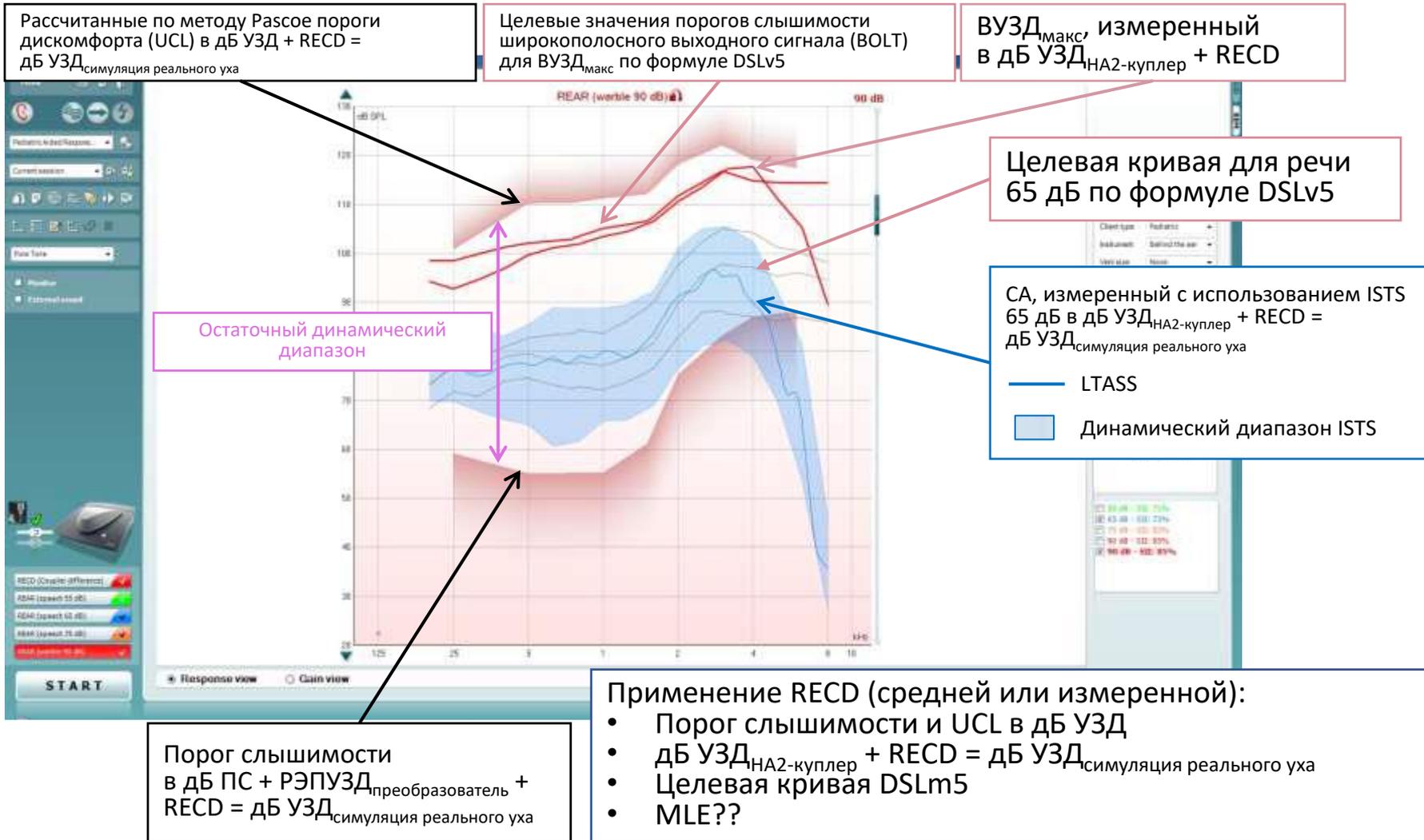
Остаточный динамический диапазон

Порог слышимости в дБ ПС + РЭПУЗД<sub>преобразователь</sub> + RECD = дБ УЗД<sub>симуляция реального уха</sub>

Применение RECD (средней или измеренной):

- Порог слышимости и UCL в дБ УЗД<sub>симуляция реального уха</sub>
- дБ УЗД<sub>НА2-куплер</sub> + RECD = дБ УЗД<sub>симуляция реального уха</sub>
- Целевая кривая DSLm5
- MLE??

# Affinity2.0: отображение REAR, основанное на измерении в куплере

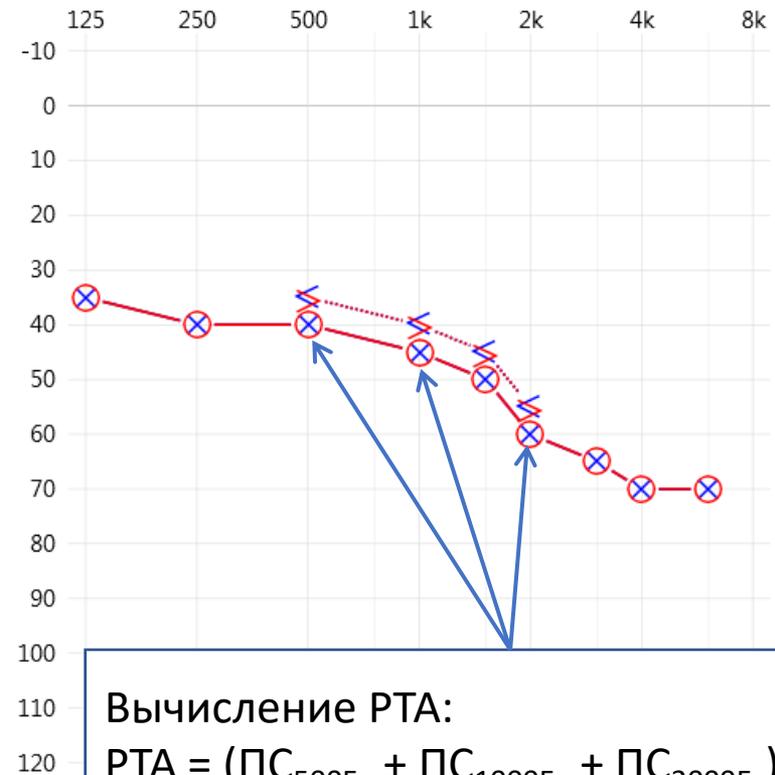


# Affinity2.0, Aurical, Verifit2

Сравнение результатов тематического исследования

# Тематическое исследование: сравнение оборудования для REM

- Ребенок в возрасте 6 лет
  - Аудиометрия с использованием наушников
  - Средневозрастная RECD
  - Заушные слуховые аппараты
  - Закрытые индивидуальные вкладыши
  - DSLv5 детская
  - СА подобраны и настроены с использованием Verifit (непрерывное условие для сравнения)

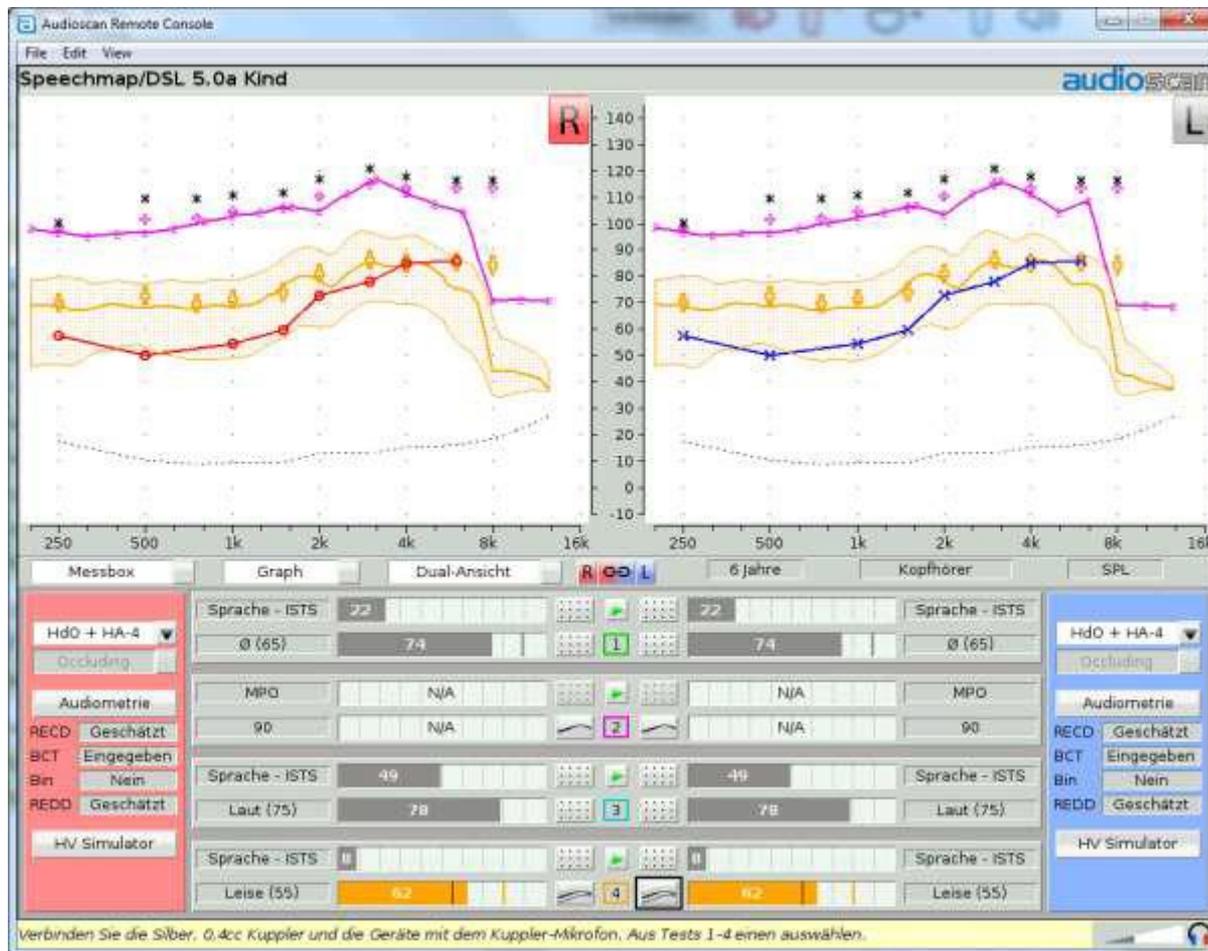


Вычисление РТА:

$$РТА = (ПС_{500\text{Гц}} + ПС_{1000\text{Гц}} + ПС_{2000\text{Гц}})/3$$

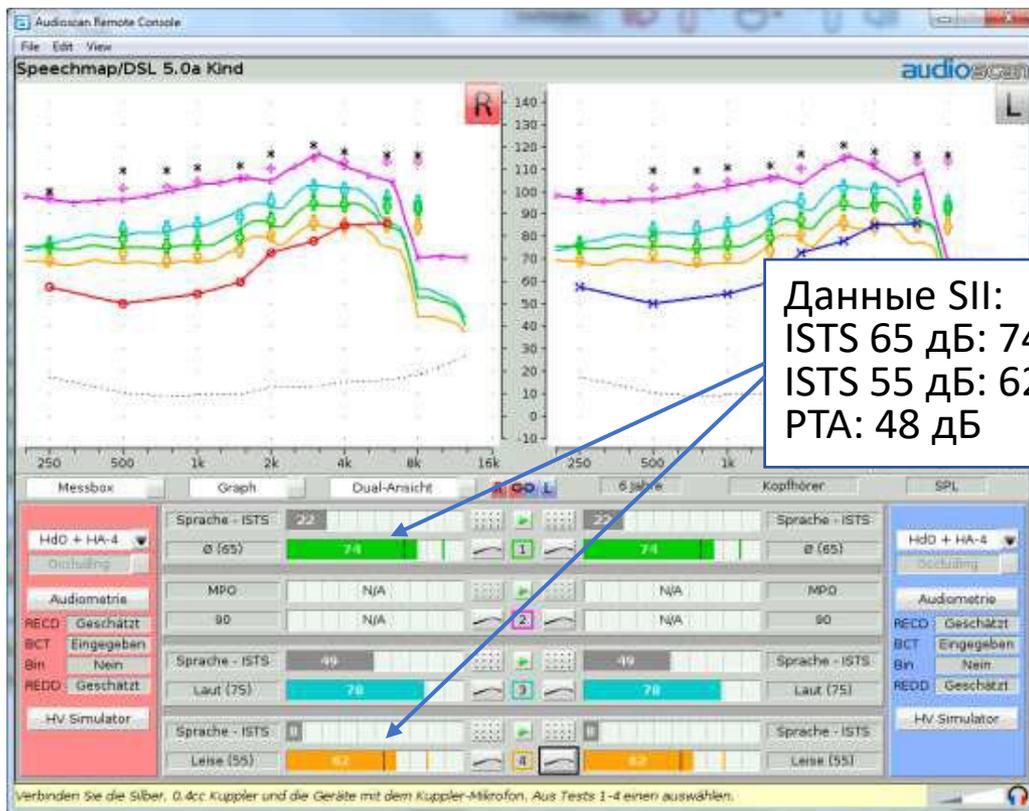
$$РТА = (40 \text{ дБ} + 45 \text{ дБ} + 60 \text{ дБ})/3 = 48 \text{ дБ}$$

# Исходная и точная настройка с использованием Verifit2 VF-2



Audiometrie	
Anpass-Ziele	DSL Kind
Alter	6 Jahre
HL transducer	Kopfhörer
RECD	DSL Durchschnitt
REDD	Geschätzt
<input type="button" value="X"/> <input type="button" value="✓"/> <input type="button" value="?"/>	

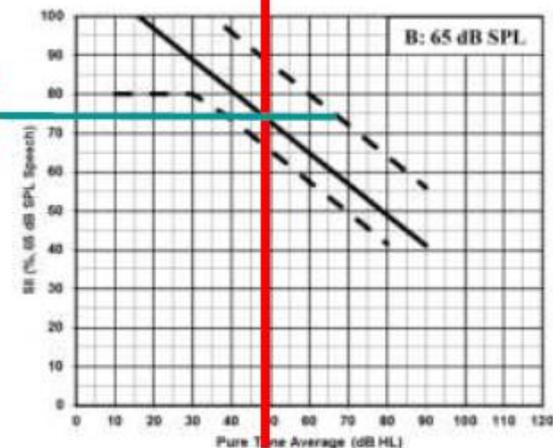
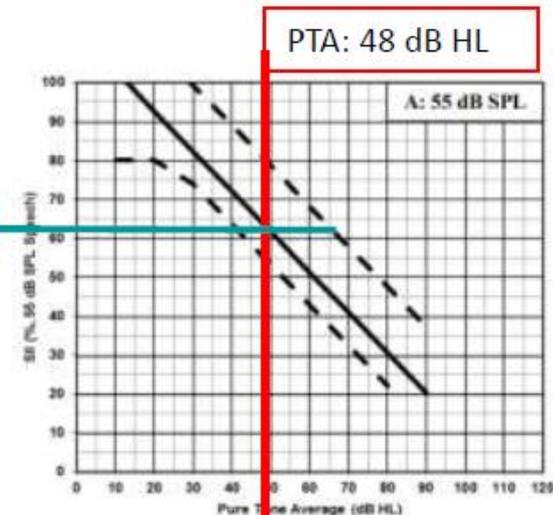
# Исходная и точная настройка с использованием Verifit2 VF-2



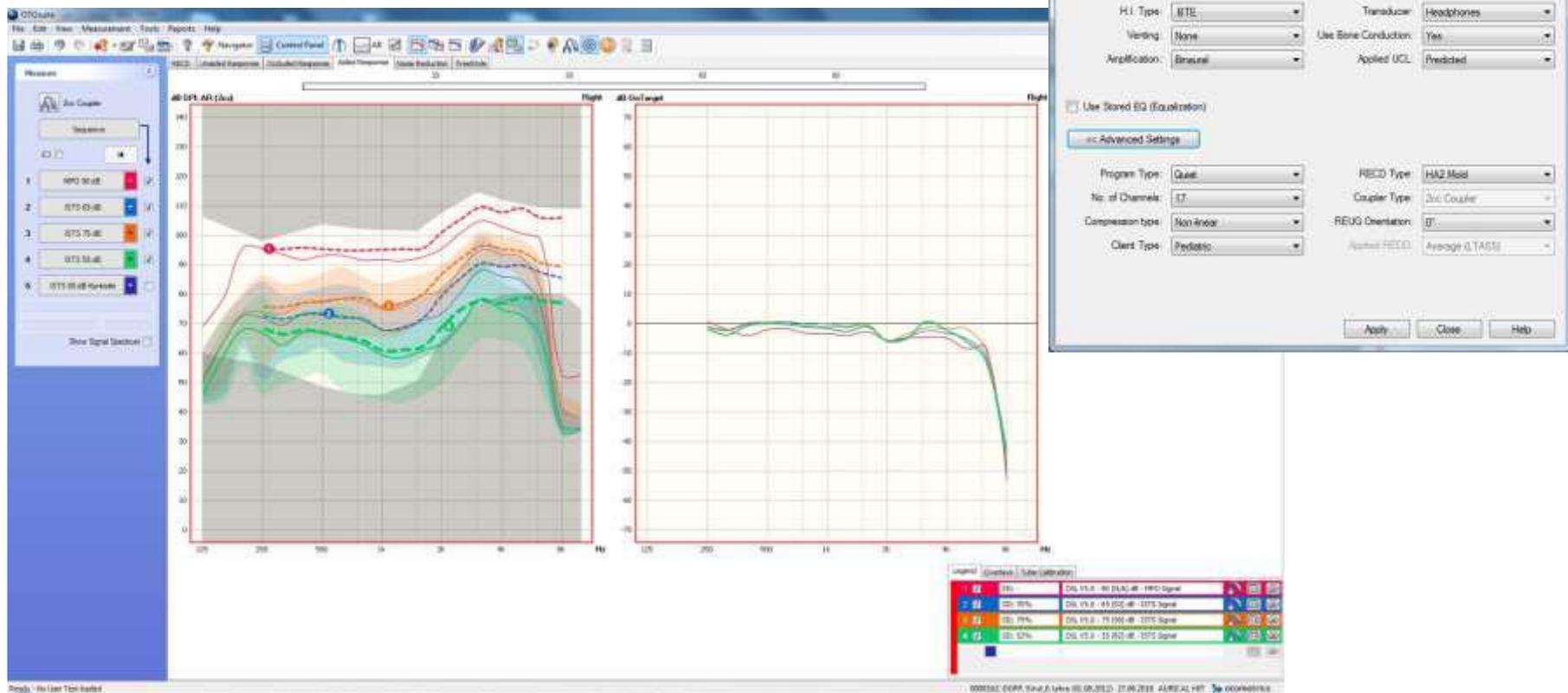
Данные SII:  
ISTS 65 дБ: 74%  
ISTS 55 дБ: 62%  
PTA: 48 дБ

$SII_{55dB}$  62%

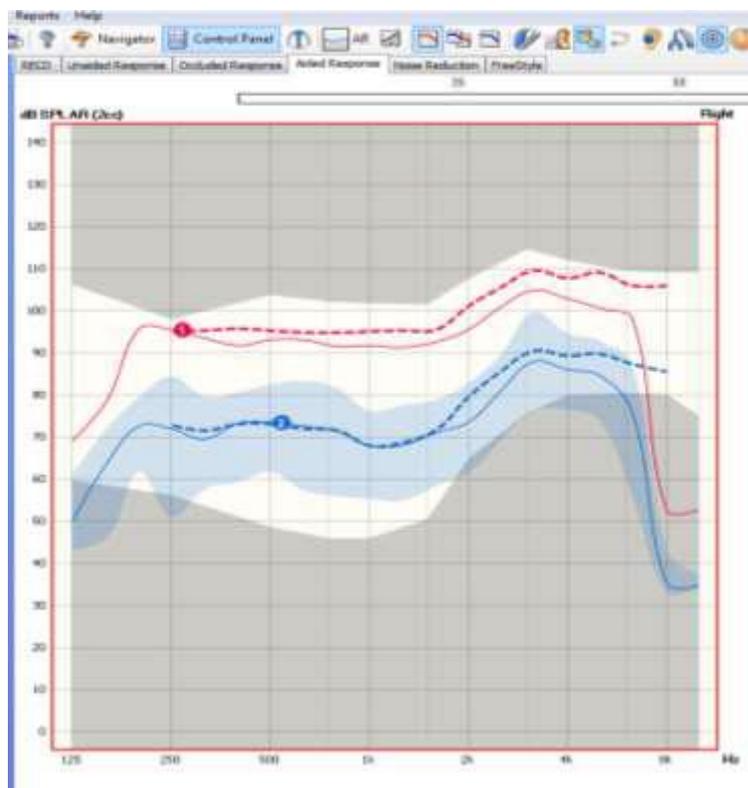
$SII_{65dB}$  74%



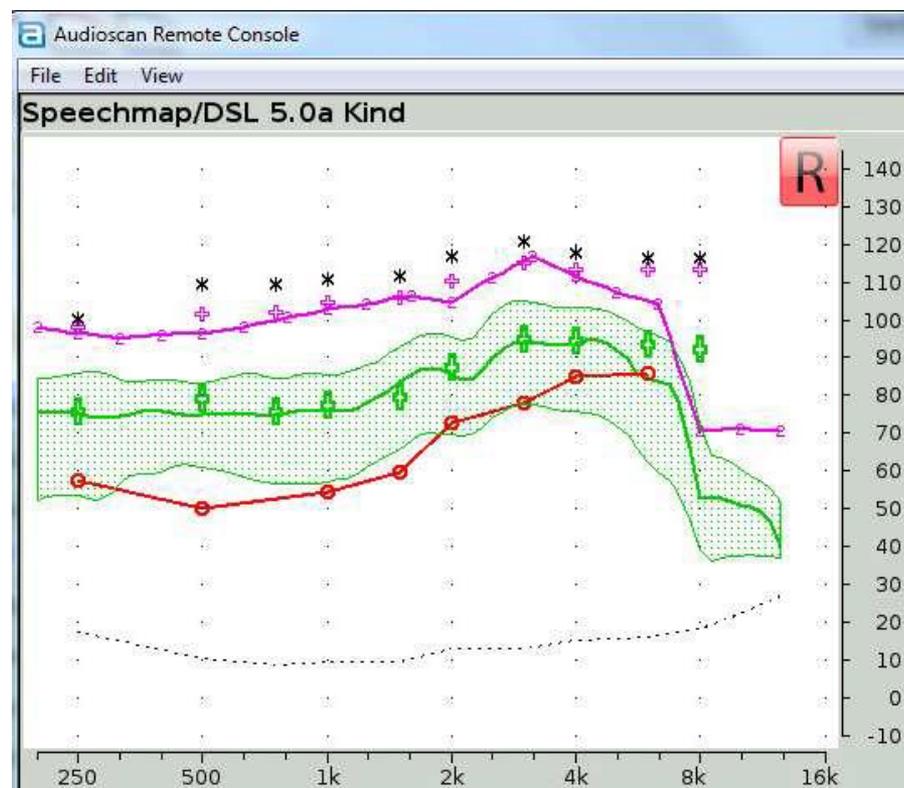
# СА, настроенные с помощью VF2, измерены в Aurical



# СА, настроенные с помощью VF2, измерены в Aurical

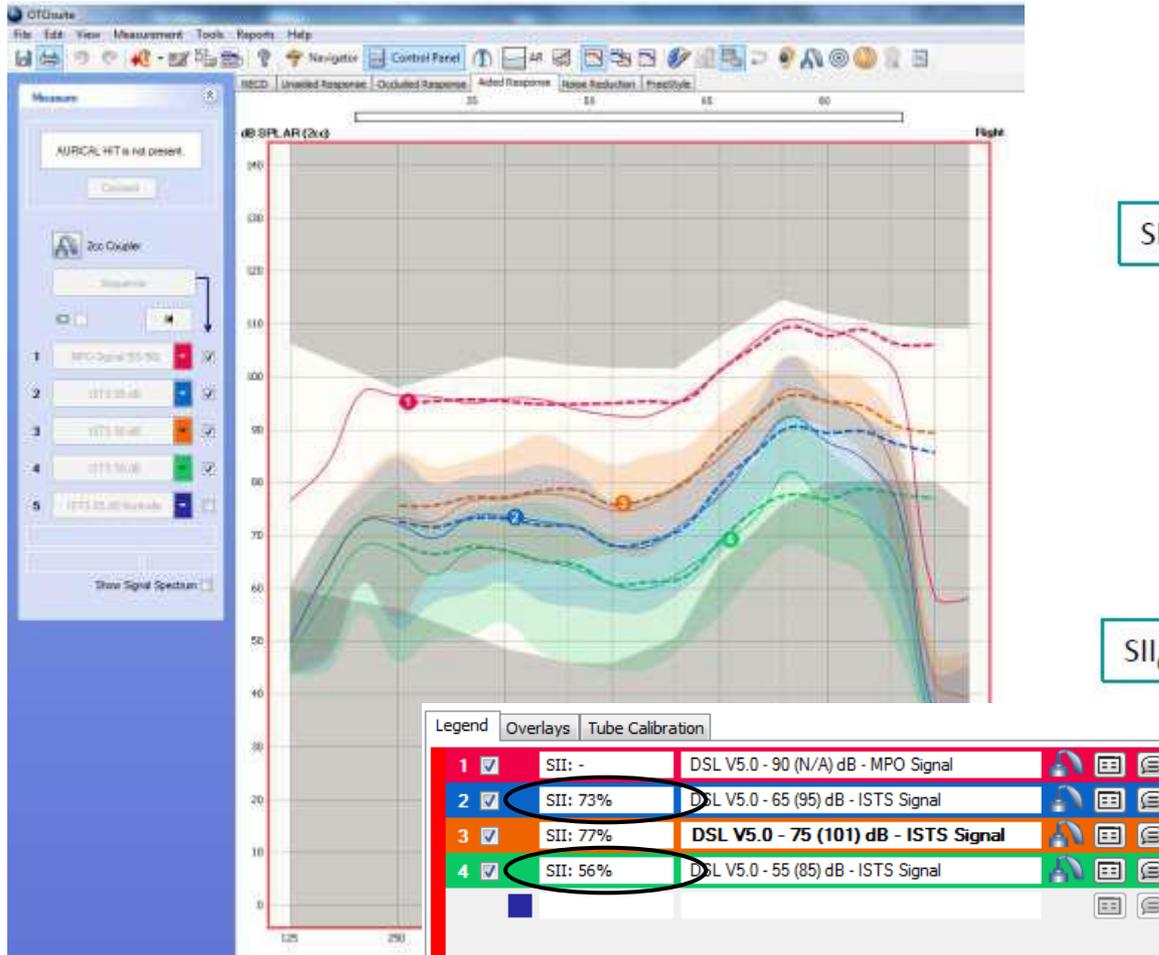


Настройка Verifit2, измеренная  
в Aurical  
*Otosuite Software Version 4.84.0.61*



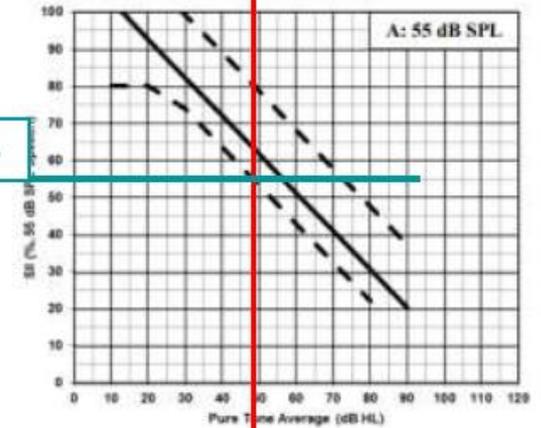
Настройка Verifit2  
*Verifit2 Software Version 4.12.4*

# Первичная и точная настройка до целевых значений в Aurical

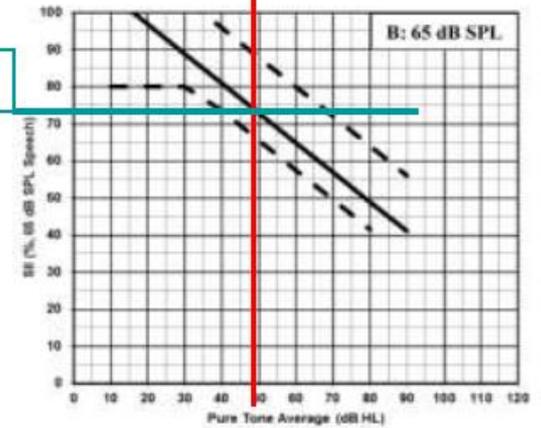


PTA = 48 dB HL

SII<sub>55dB</sub> 56%

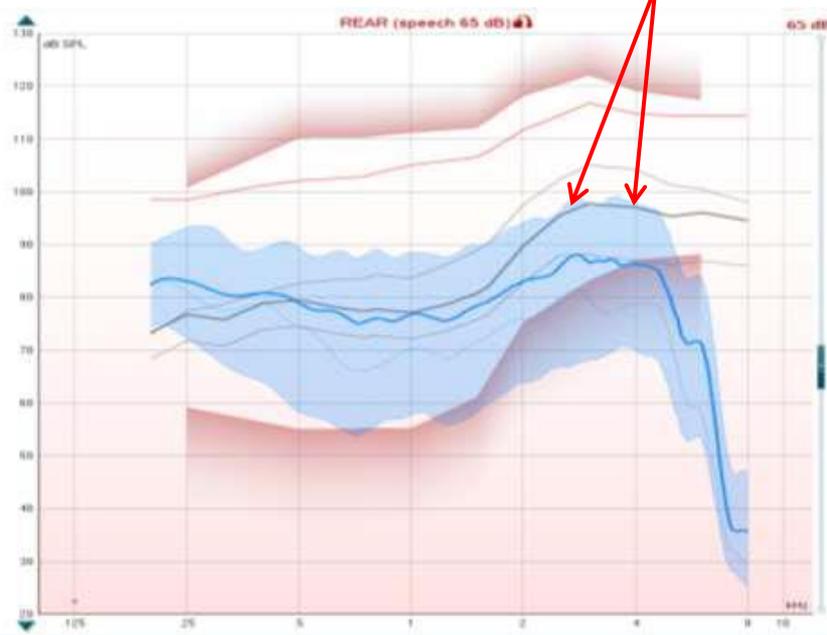


SII<sub>65dB</sub> 73%

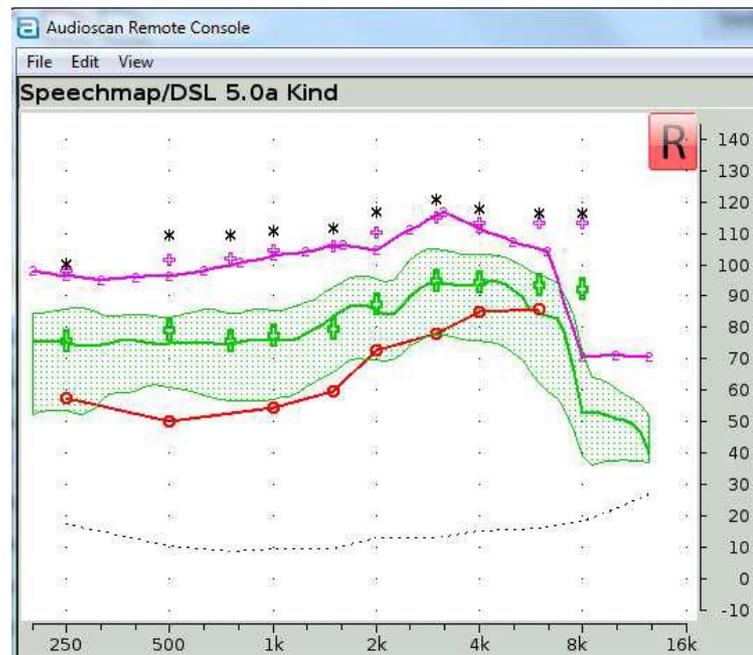


# СА, настроенные с помощью VF2, измерены в Affinity

На 2-4 кГц не хватает около 7-10 дБ

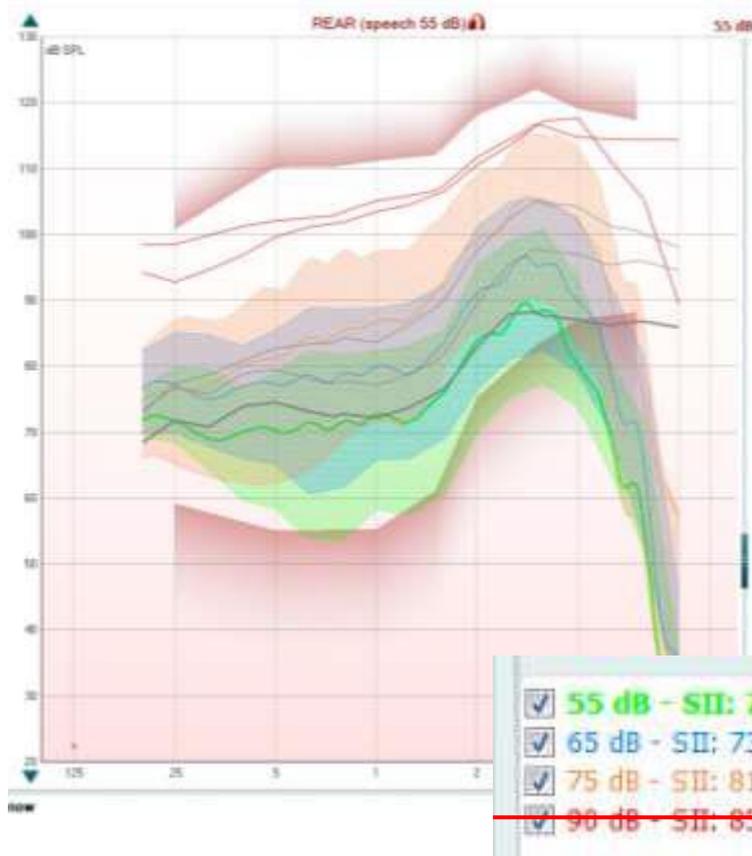


Настройка Verifit2, измеренная  
в Affinity  
*Affinity Suite Software Version 2.11.00*



Настройка Verifit2  
*Verifit2 Software Version 4.16.5*

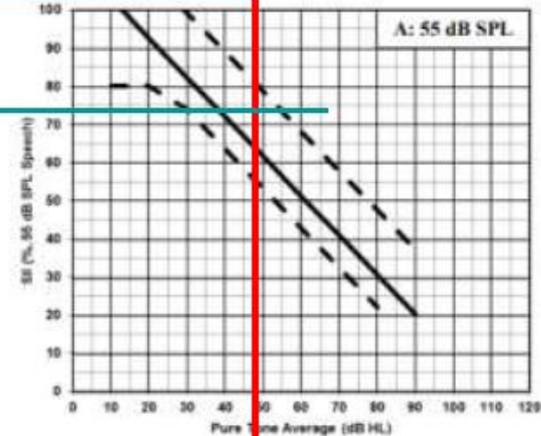
# Первичная и точная настройка до целевых значений в Affinity: SII



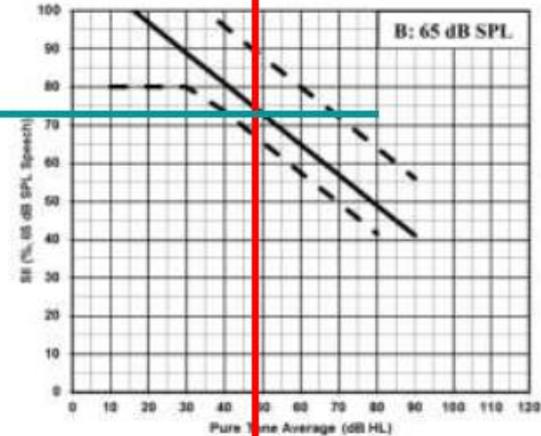
?

PTA = 48 dB HL

SII<sub>55dB</sub> 73%



SII<sub>65dB</sub> 73%



# Сравнение значений SII после точной настройки

Verifit2 /  
Verifit 1

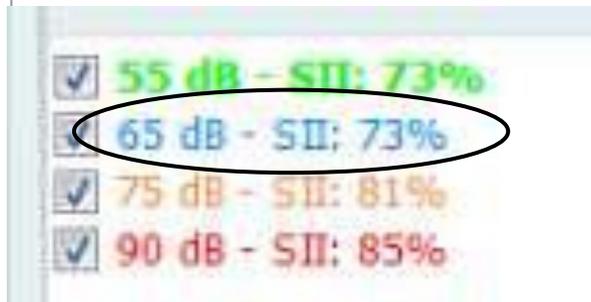


Aurical /  
Calisto

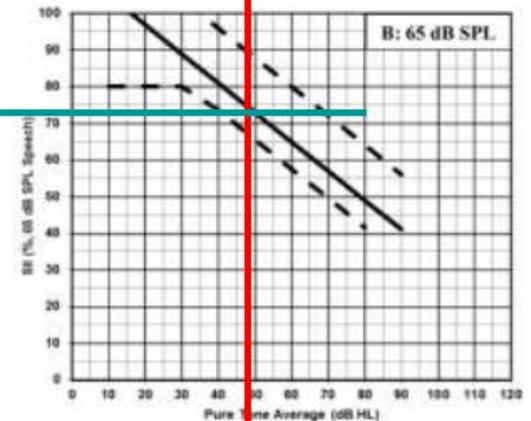
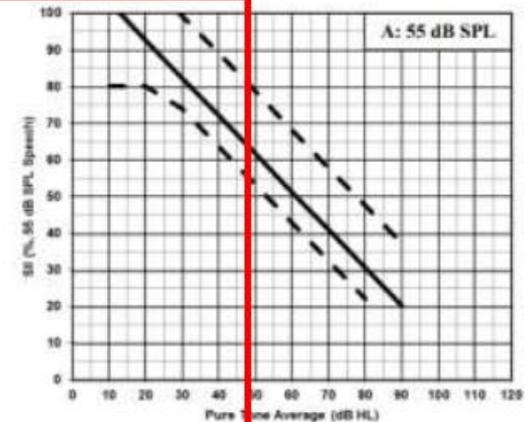
Legend	Overlays	Tube Calibration
1	<input checked="" type="checkbox"/>	SII: - DSL V5.0 - 90 (N/A) dB - MPO Signal
2	<input checked="" type="checkbox"/>	SII: 73% DSL V5.0 - 65 (95) dB - ISTS Signal
3	<input checked="" type="checkbox"/>	SII: 77% DSL V5.0 - 75 (101) dB - ISTS Signal
4	<input checked="" type="checkbox"/>	SII: 56% DSL V5.0 - 55 (85) dB - ISTS Signal

SII<sub>65dB</sub> 73%/74%

Affinity /  
Equinox

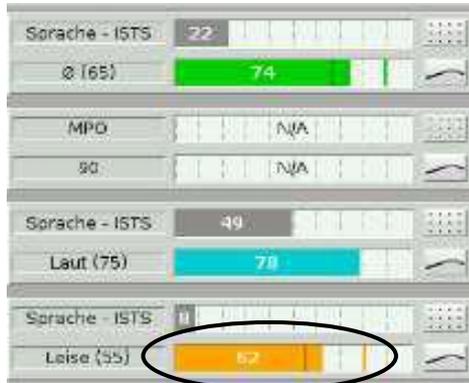


PTA = 48 dB HL



# Сравнение значений SII после точной настройки

Verifit2 /  
Verifit 1

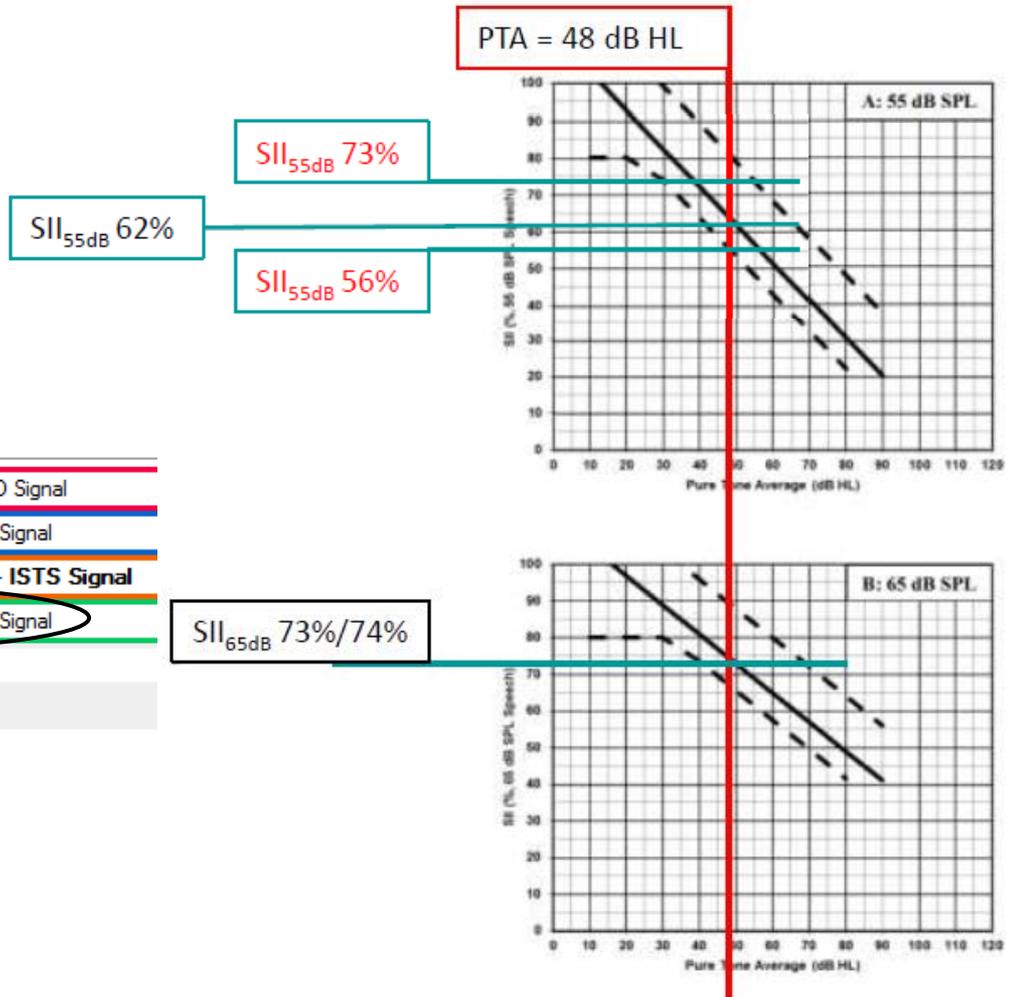


Aurical /  
Calisto

Legend	Overlays	Tube Calibration
1	<input checked="" type="checkbox"/>	SII: - DSL V5.0 - 90 (N/A) dB - MPO Signal
2	<input checked="" type="checkbox"/>	SII: 73% DSL V5.0 - 65 (95) dB - ISTS Signal
3	<input checked="" type="checkbox"/>	SII: 77% <b>DSL V5.0 - 75 (101) dB - ISTS Signal</b>
4	<input checked="" type="checkbox"/>	SII: 56% DSL V5.0 - 55 (85) dB - ISTS Signal

Affinity /  
Equinox

<input checked="" type="checkbox"/>	55 dB - SII: 73%
<input checked="" type="checkbox"/>	65 dB - SII: 73%
<input checked="" type="checkbox"/>	75 dB - SII: 81%
<input checked="" type="checkbox"/>	90 dB - SII: 85%

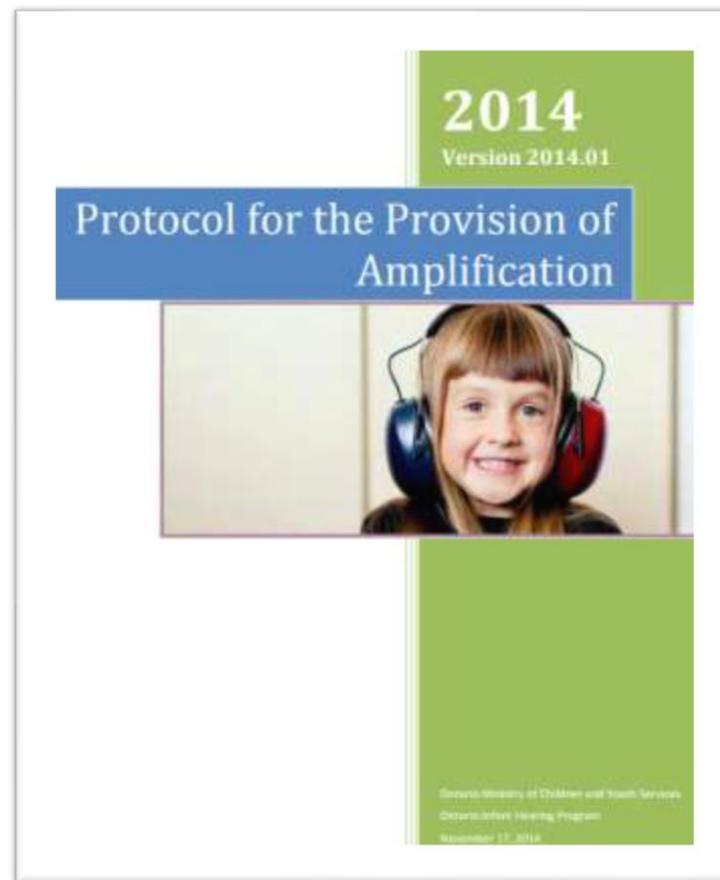


# MAOF

Максимальный слышимый диапазон выходных частот

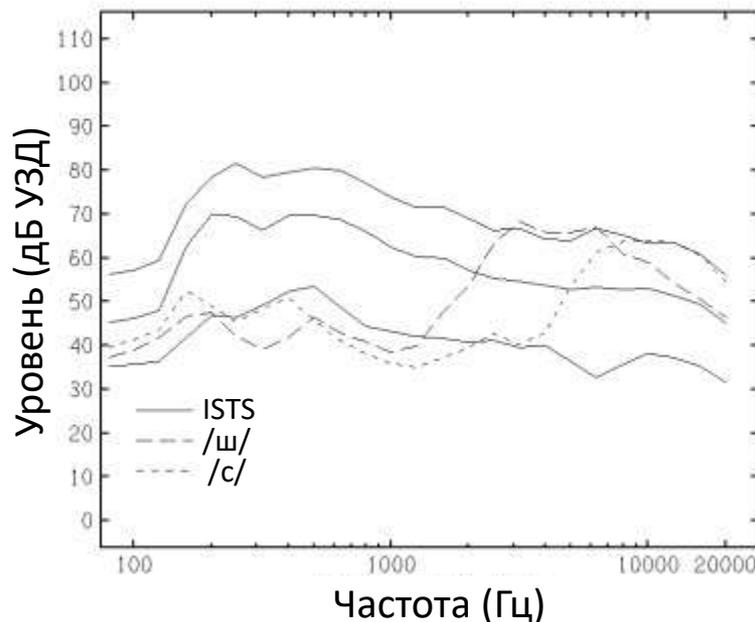
# Верификация частотного понижения

- Руководство по педиатрической настройке
  - UWO, Канада 2014
- Использование и верификация частотного понижения
  - Проверьте и верифицируйте слышимость фрикативов
  - Рекомендации
    - Сигналы: UWO /с/ и /ш/
    - Приложение 2, с. 44-62



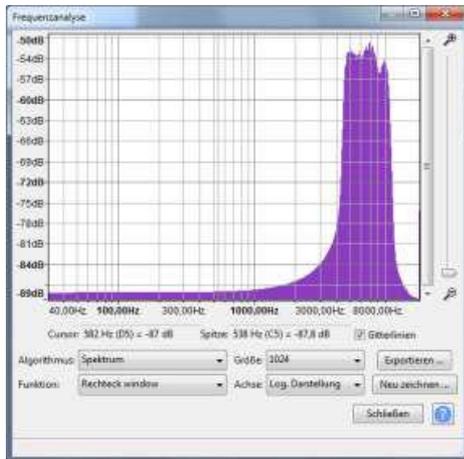
# Сигналы для верификации

- Частотноспецифичные речевые сигналы
- Выделены из ISTS
- Отфильтрованы и адаптированы
  - для лучшей дифференциации
  - адаптированы к уровню речи
    - при выборе уровня речи 65 дБ /с-10 дБ/ и /ш-6 дБ/

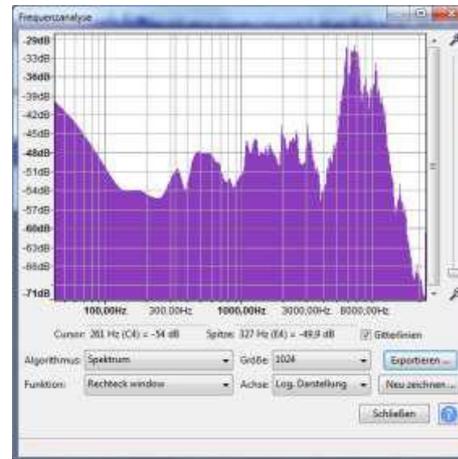


Спектр ISTS на уровне 65 дБ  
и LTASS для UWO /с/ и /ш/

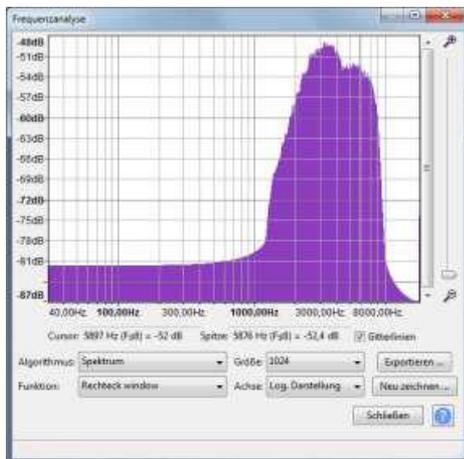
# Сравнение спектров звуков UWO и Ling



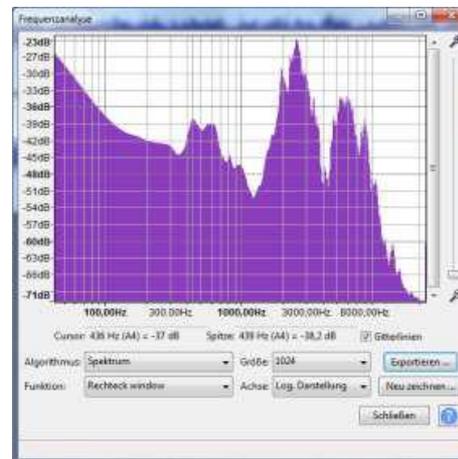
UWO /c/



Ling /c/



UWO /ш/

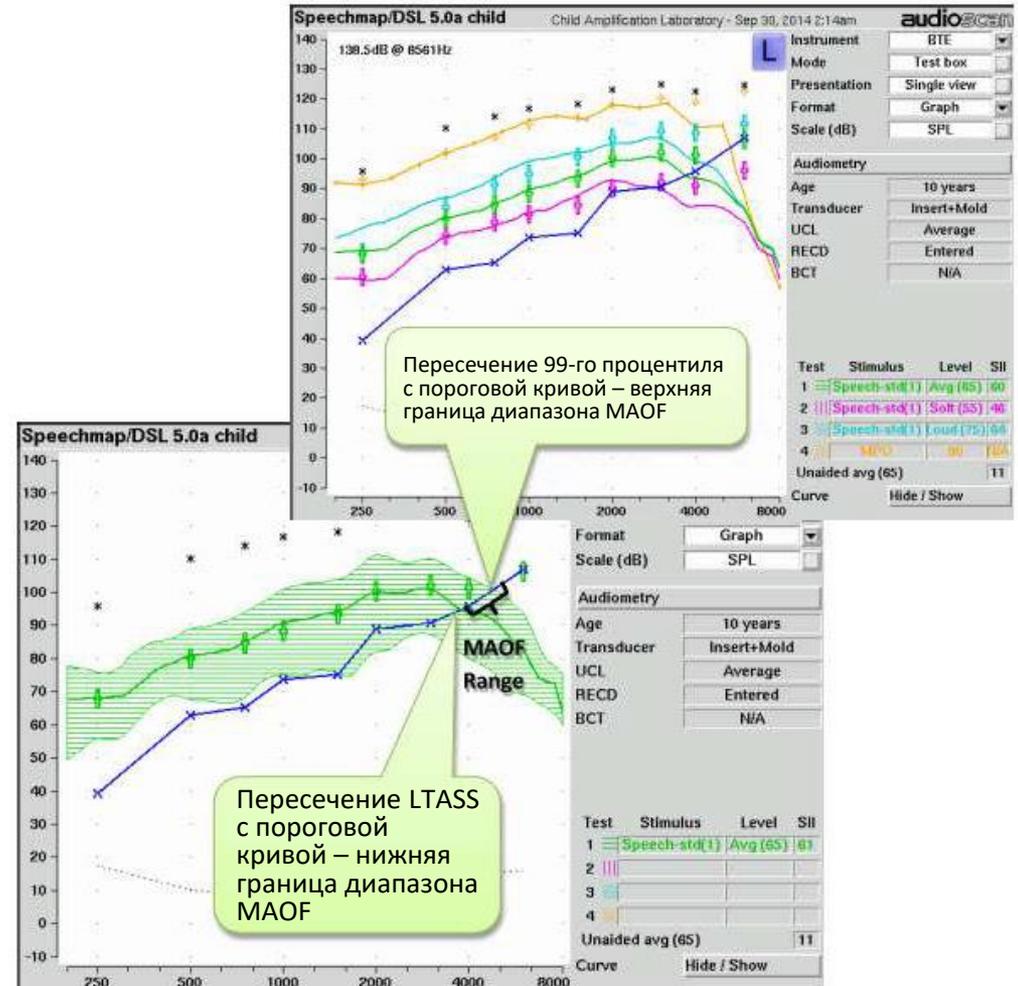


Ling /ш/

# Определение диапазона MAOF

(на основании ISTS 65 дБ без частотного понижения)

- Первичная и точная настройка по DSLv5 (детская)
- Определение диапазона MAOF:
  - Динамический диапазон ISTS 65 дБ
    - пересечение LTASS и пороговой кривой
    - пересечение 99-го перцентиля и пороговой кривой



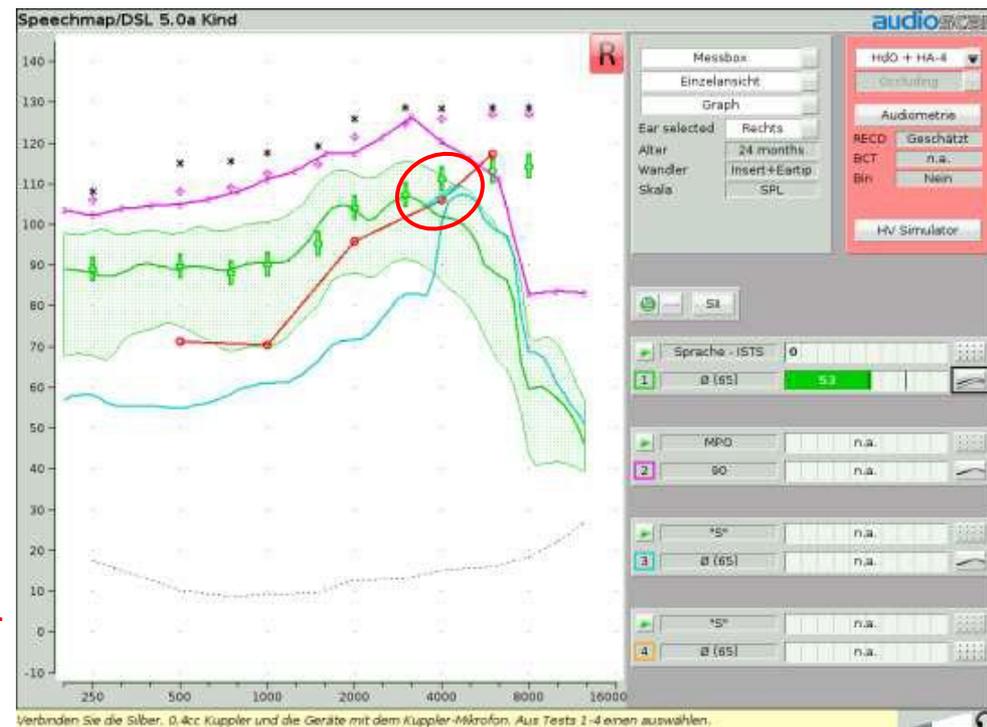
# MAOF в системе Verifit2:

(проверка слышимости /с/ без активации частотного понижения)

- Предварительные условия:
  - Оптимизируйте результаты с ISTS 65 дБ
  - Выберите /с/ для следующего теста
- Отображение диапазона MAOF в VF2
  - Выберите /с/
  - Выберите просмотр "MAOF"
  - Сохраните результат

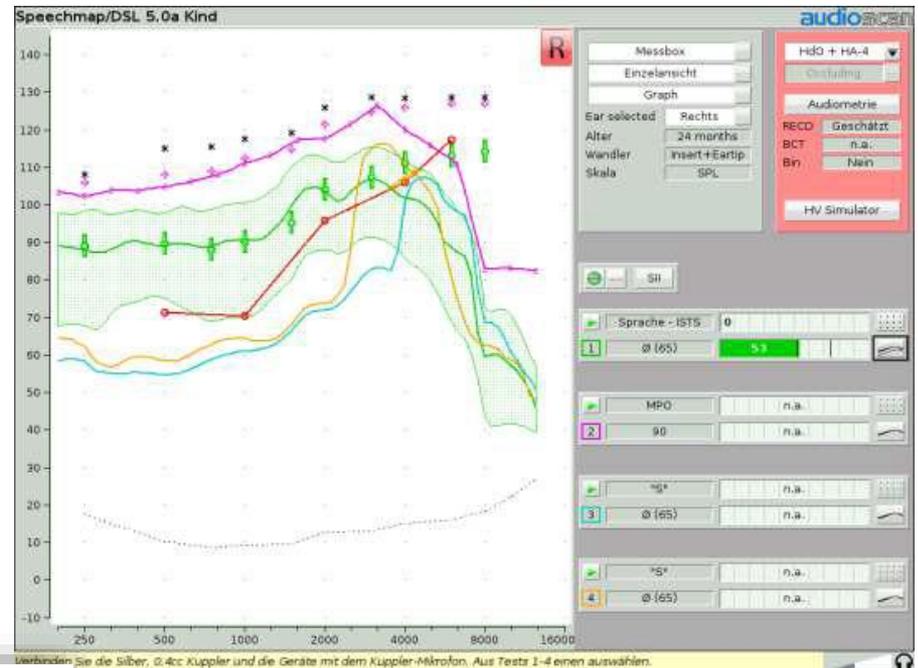
**В данном случае:**

**уровень /с/ ниже диапазона MAOF, поэтому этот звук может быть не слышен в обычной речи**



# MAOF в системе Verifit2: настройка частотного понижения

- Предварительная и точная настройка
  - Активируйте частотное понижение
  - Выберите /с/ для очередного теста
  - С помощью частотного понижения переместите выход /с/ в диапазон MAOF
  - Нисходящее (высокочастотное) плечо /с/ должно находиться в пределах диапазона MAOF



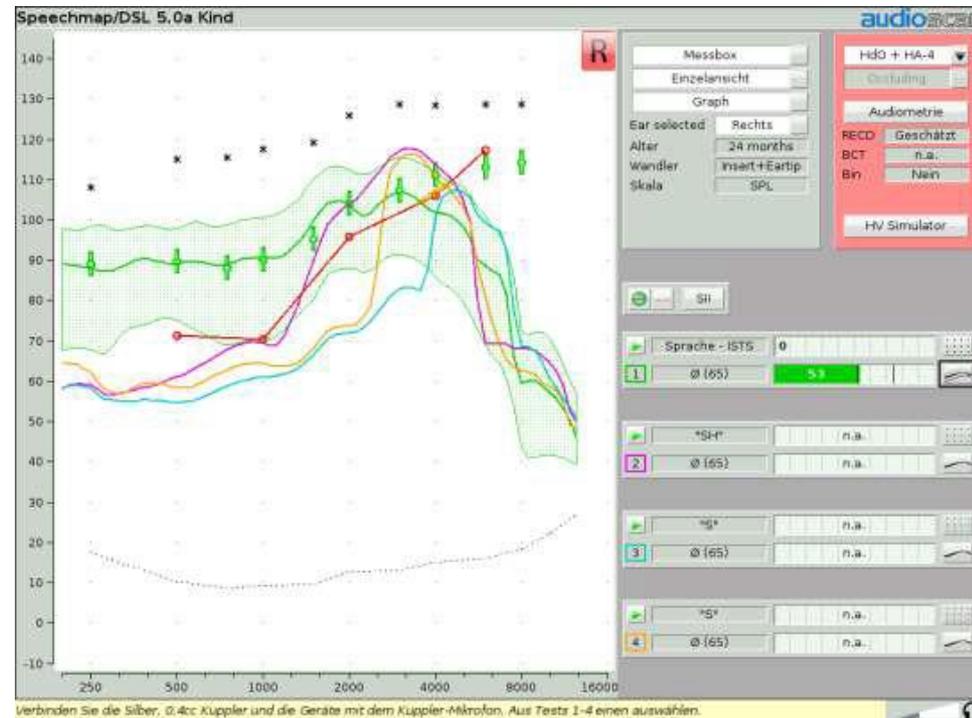
Включить SoundRecover2 (2,5 кГц КК 1,2)

Слышимость  Различимость

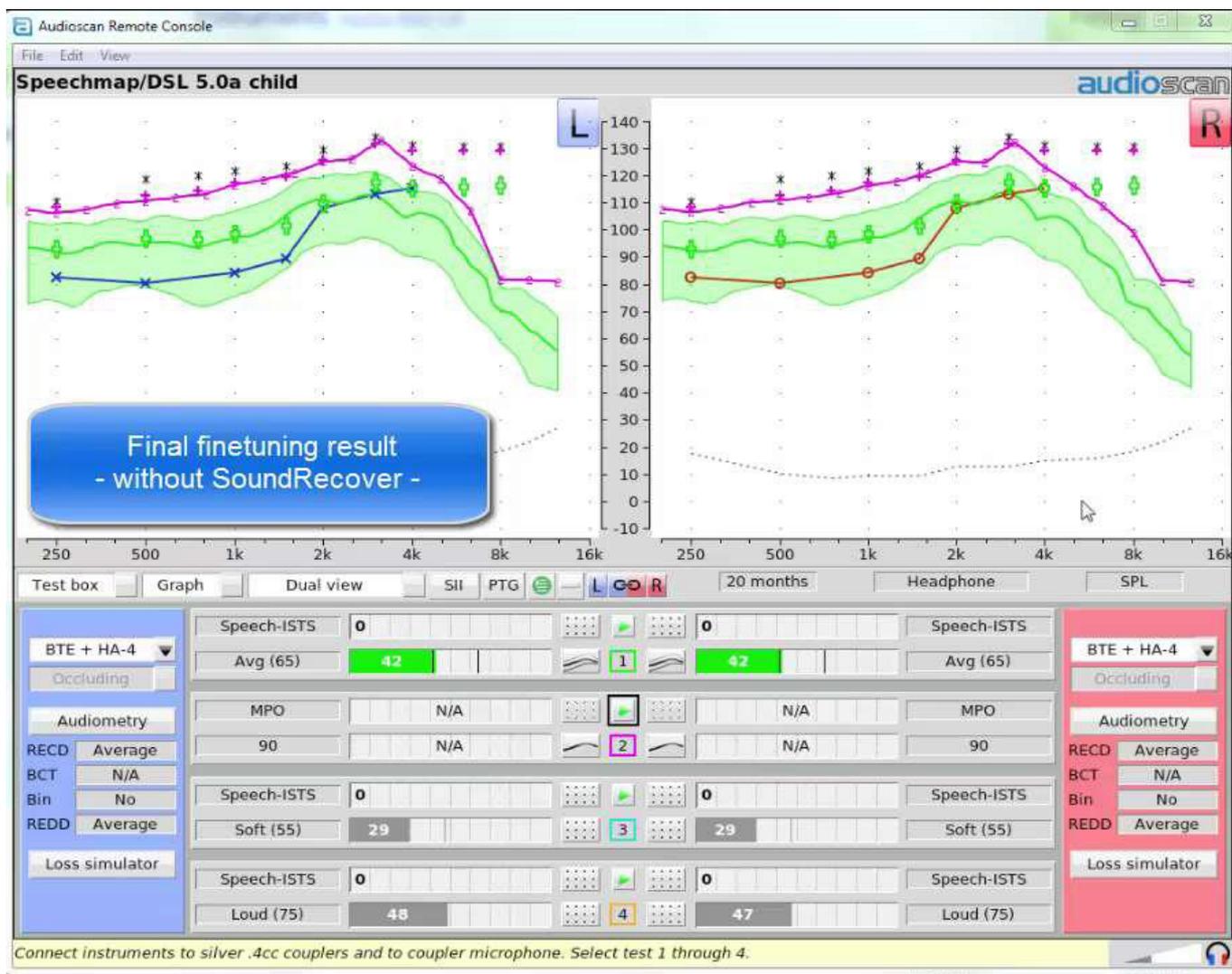
Четкость  Комфорт

# MAOF в системе Verifit2: оптимизация частотного понижения (ЧП)

- Оптимизируйте ЧП:
  - Измерьте /ш/
  - /ш/ и /с/ должны четко различаться
  - При недостаточной дифференциации /ш/ и /с/ уменьшите параметр "четкость"
  - Добейтесь баланса между максимальной слышимостью и неискаженностью речи
- Эффективность необходимо подтвердить
  - Тест восприятия фонем



# Верификация посредством MAOF (видео)



# Выводы

- Измерение RECD – "передовая практика подбора СА детям"; контролируйте качество измерения RECD и соответствие настроек целевым значениям
- Верифицируйте настройку путем симуляции RECD в тестовой камере
  - Небольшие отклонения от целевых значений на некоторых частотах вполне допустимы
  - Отклонения от целевых значений на высоких частотах могут указывать на проблемы с обратной связью и качеством индивидуального вкладыша
  - Нормативные значения SII помогут сравнить результаты верификации со стандартами
  - Средняя RECD основана на статистике → индивидуальные значения на отдельных частотах неизбежно будут отличаться от средних величин
  - Импортируйте значения RECD в программу настройки → это упростит пересчет настроек

Регулярно проводите измерение RECD и верификацию для обеспечения стабильной слышимости!

Спасибо за внимание!



Вопросы? Комментарии?