

P. V. АВАКЯН

О ПРЕДЕЛАХ РАЗЛИЧЕНИЯ ЧИСТЫХ ТОНОВ У ЧЕЛОВЕКА
В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВЫРАБОТКИ
ДИФФЕРЕНЦИРОВОК ПО УСЛОВНЫМ
МИГАТЕЛЬНЫМ РЕФЛЕКСАМ*

Вопрос о факторах, определяющих изменения количественных характеристик функции звукового анализатора, является одним из существенных вопросов физиологии слуха [6, 7, 10].

В результате многочисленных работ установлено, что человек может различать друг от друга очень близкие по частоте тоны—дифференциальный порог по частоте $\left(\frac{\Delta F}{F}\right)$ составляет 0,002—0,008 в диапазоне частот от 100 до 8000 гц [11, 14, 17]. Однако измерение порога производится, как правило, в строго определенных стандартных условиях, существенно отличающихся от реальных условий различения тех звуковых сигналов (речь, музыка и т. д.), которыми человек оперирует в естественной жизни. Приближение условий эксперимента к естественным условиям различения (устранение стандартного тона, требование различить не два, а несколько сигналов) приводит к ухудшению различения [4, 5, 13, 15, 16]. Одной из особенностей стандартного эксперимента по определению дифференциальной чувствительности является постепенная выработка тонкой дифференцировки: человеку сначала предъявляются два значительно отличающихся сигнала, каждый из которых связывается с определенным ответом (например «звук высокий» и «звук низкий»), затем разность частот между сигналами постепенно уменьшается. Как известно, в работах павловской школы [2, 3, 8, 9 и др.] было установлено, что достигаемый предел дифференцирования зависит от последовательности перехода от грубых к тонким дифференцировкам. Можно думать, что в процессе выработки тонкой дифференцировки не только специализируется временная связь между раздражением и реакцией (человек научается правильно квалифицировать слышимые раздражения), но улучшается, уточняется также и сам анализ раздражения.

Целью настоящей работы явилась проверка этого предположения—определение тех минимальных изменений в частоте положительного сигнала, которые констатируются испытуемым в условиях выработки у него грубой дифференцировки по частоте. Кроме того, была проведе-

* Работа выполнена на базе лаборатории физиологии слухового анализатора Института физиологии им. И. П. Павлова АН СССР.

на близкая по смыслу серия опытов по определению той минимальной интенсивности звукового сигнала, при которой испытуемый обнаруживает сигнал в условиях предварительной выработки реакции на звук значительной интенсивности. Случай выработки реакции на сильный звук может рассматриваться как случай грубой дифференцировки, где положительным сигналом является наличие звука, а тормозным его отсутствие.

Таким образом, выяснялись существенные для изменения пределов различения частоты и интенсивности звуков условия, устанавливаемые в процессе выработки дифференцировки по условному мигательному рефлексу и речевому отчету.

Методика. Испытуемый во время опыта помещался в звукозаглушенную камеру. На ушах испытуемого укреплялись электродинамические телефоны, через один из которых наносились звуковые раздражения от генератора звуковых частот ЗГ-2А. Длительность звуковых сигналов равнялась 1 сек. Для выработки условных мигательных рефлексов звуковые сигналы сочетались с воздушной струей на роговицу глаза. Длительность безусловного раздражения составляла 0,2 сек. Время отставления—1 сек.

Мигательные рефлексy и речевой отчет испытуемого регистрировались одновременно на чернилопишущем осциллографе (методика выработки и регистрации мигательных рефлексов описана нами раньше [1]).

Связь экспериментатора с испытуемым осуществлялась с помощью микрофона. Длительность опытов не превышала одного часа. Опыты проводились на 16 практически здоровых людях, студентах вузов. Всего проведено 37 опытов.

Результаты исследования. Целью первой серии опытов являлось определение того минимального изменения в частоте положительного звукового сигнала, которое обнаруживал испытуемый в условиях выработки у него грубой дифференцировки по частоте. Для этого, после инструкции экспериментатора, требующей речевого отчета испытуемого о наличии звука, наносились звуковые раздражения (частоты 1000 гц и интенсивности 40 дб над средним нормальным порогом слышимости), подкрепляемые воздушной струей на роговицу глаза. После стабилизации скрытых периодов условных мигательных рефлексов и речевого отчета о звуке, испытуемому 1—3 раза предъявлялся звуковой сигнал частоты 250 гц, интенсивности 40 дб над порогом. На этот звуковой сигнал условный мигательный рефлекс обычно не возникал, а если и возникал, то с большим скрытым периодом и исчезал после двух, трехкратного его применения. При этом речевой отчет также отличался большей величиной скрытого периода и своим содержанием, испытуемый этот звук квалифицировал обычно, как «другой» или «низкий» звук. Таким образом, мы получали различную характеристику условных мигательных рефлексов и речевого отчета на положительные и дифференцировочные звуковые раздражения. Скрытые периоды условных мигательных рефлексов на положительные звуковые раздражения были постоянно короткими,

их амплитуда значительна (рис. 1А), также стабильны были и скрытые периоды речевого отчета «звук». На дифференцировочный же тон, при отсутствии условного мигательного рефлекса, возникал речевой отчет «другой» или «низкий» звук.

После того, как грубая дифференцировка была выработана и упрощена, мы приступали к определению тех минимальных различий в положительном сигнале, которые могли быть обнаружены испытуемым. Для этого испытуемому между подкрепляемыми тонами в 1000 гц, без какой-либо очередности, наносились неподкрепляемые звуковые сигналы убывающей частоты, начиная с 995 гц, степенями по 5 гц. Таким образом, мы находили ту разницу частот, на которую возникал впервые условный мигательный рефлекс, отличный по своей характеристике от рефлекса на тон 1000 гц, который изредка применялся и без подкрепления.

Обычно, на эту же частоту возникал и речевой отчет с большим скрытым периодом и отличающийся своим содержанием («звук ниже») рис. 1Б. Такие реакции, отличные по своей характеристике, возникали при разнице частот, равной 25—70 гц от основной частоты (табл. 1).

После нахождения частоты, на которую впервые обнаруживалась относительная дифференцировка по обеим реакциям (или по одной из них), мы начинали выработку абсолютной дифференцировки по обеим реакциям (в наших условиях опыта они совпадали). Как это видно из данных, приведенных в табл. 1, предел дифференцировки по обеим реакциям (после выработки тонкой дифференцировки) составлял 8—20 гц.

Целью второй серии опытов являлось определение той минимальной интенсивности звукового сигнала, которая необходима для возникновения реакций, в условиях предварительной выработки реакции на интенсивный сигнал. Для этого, как и в первой серии опытов, после предварительной инструкции, требующей речевого отчета испытуемого о наличии звука, вырабатывались условные мигательные рефлексy. Для этого звуковые сигналы частоты 1000 гц и интенсивности 40 дб над средним порогом сочетались с ударом воздушной струи на роговицу

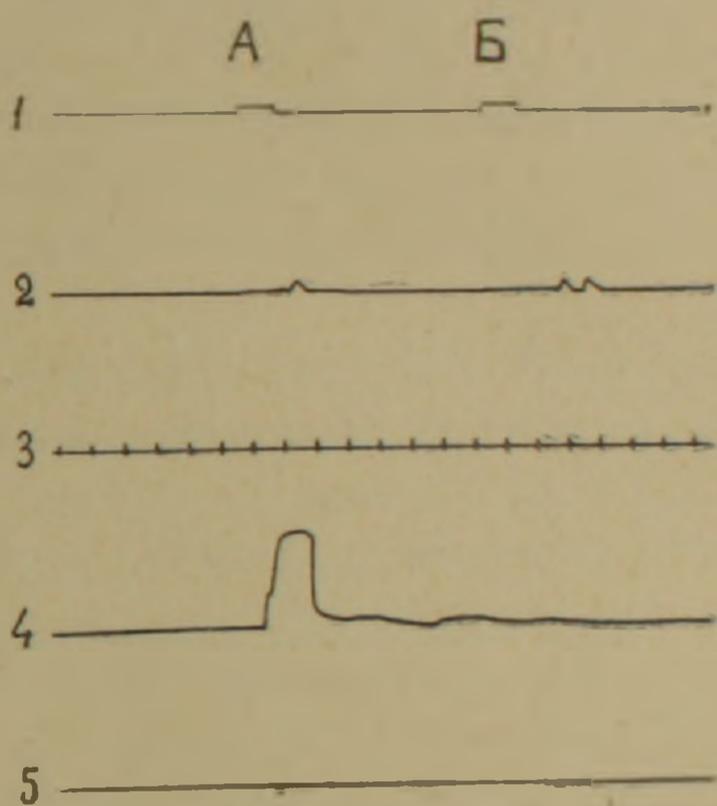


Рис. 1. А. Условный мигательный рефлекс, возникший на положительное звуковое раздражение частоты 1000 гц и интенсивности 40 дб. Отмечается короткий скрытый период 0,6 сек, амплитуда 13 мм и речевой отчет «звук». Б. Отсутствие условного мигательного рефлекса на дифференцировочное звуковое раздражение частоты 250 гц. Наблюдается речевой отчет: «низкий звук». Обозначения сверху вниз: 1. Отметка звукового раздражения. 2. Запись речевого отчета. 3. Отметка времени в сек. 4. Запись условной мигательной реакции. 5. Отметка безусловного раздражителя.

Таблица 1

| Испытуемый | Предел различения, впервые установленный по изменению характера условного мигательного рефлекса и речевого отчета (в гц) | Предел различения, установленный по условному мигательному рефлексу и речевому отчету после выработки тонкой дифференцировки |
|------------|--|--|
| Андр. | 930 | 988 |
| Куз. | 950 | 990 |
| Абр. | 960 | 980 |
| Спор. | 965 | 984 |
| Шип. | 940 | 990 |
| Волк. | 960 | 988 |
| Кис. | 975 | 991 |
| Прох. | 960 | 992 |
| Вес. | 950 | 990 |
| Марк. | 970 | 990 |

глаза. После упрочения условных мигательных рефлексов, испытуемому между подкрепляемыми звуковыми сигналами наносились экстренные звуковые раздражения возрастающей интенсивности, степенями по

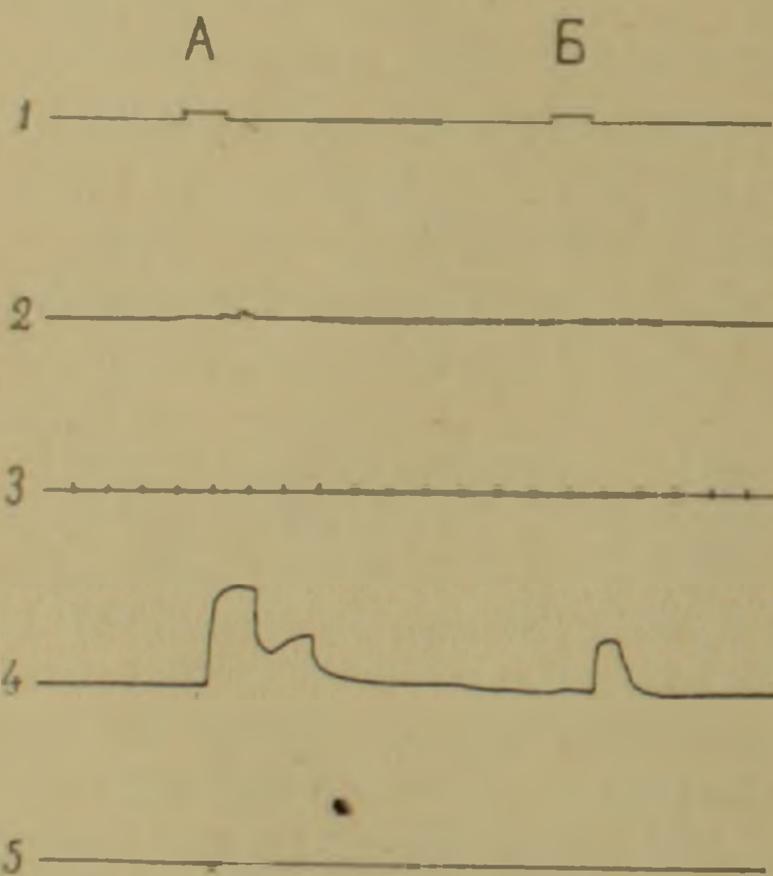


Рис. 2. А. Условный мигательный рефлекс, возникший на звуковые раздражения частоты 1000 гц и интенсивности +40 дб. Наблюдается короткий скрытый период 0,6 сек и амплитуда 13 мм. Речевой отчет „звук“. Б. Условный мигательный рефлекс, возникший на звуковое раздражение частоты 1000 гц, интенсивности +6 дб. Наблюдается большой скрытый период 1,4 сек, незначительная амплитуда 6 мм. Речевой отчет о наличии звука отсутствует.

Обозначения те же, что и на рис. 1.

2 дб, начиная с интенсивности 4—6 дб ниже среднего нормального порога.

Таким способом мы находили ту интенсивность звукового сигнала, на которую впервые возникал мигательный рефлекс. Эти интенсивности, как это показано в табл. 2, оказались на 4—11 дб выше установленного в конце опыта порога. Речевой же отчет о наличии звука возникал лишь на интенсивности 12—30 дб выше установленного порога. Таким образом, речевой отчет впервые возникал на раздражения большей интенсивности, чем условная мигательная реакция. Опрос после возникновения первого условного мигательного рефлекса свидетельствовал о том, что испытуемый слышал этот звуковой сигнал.

На рис. 2 показаны условные мигательные рефлексы, возникшие на малые интенсивности звука и отличающиеся по своей характеристике от условных мигательных рефлексов, возникающих на звуки интенсивности 40 дб над средним порогом. После того, как неподкрепляемый

Таблица 2

| Испытуемый | Интенсивность звука в дб (1000 гц), на которую впервые возник условный мигательный рефлекс | Интенсивность звука в дб (1000 гц), на которую впервые возник речевой отчет „звук“ | Порог обеих реакций в дб* |
|------------|--|--|---------------------------|
| Саб. | 13 | 30 | 7 |
| Овч. | 14 | 35 | 5 |
| Бар. | 20 | 25 | 10 |
| Гол. | 20 | 30 | 9 |
| Мих. | 22 | 30 | 18 |
| Фом. | 6 | 25 | 1 |

* Интенсивность звуков указана в дб от 0,0002 бара.

звуковой сигнал вызывал речевой отчет «звук», он подкреплялся и путем постепенного уменьшения интенсивности, определялся порог обеих реакций, которые в таких условиях опыта совпадали и выражались в величинах, приведенных в табл. 2.

З а к л ю ч е н и е

Приведенный материал показывает, что в условиях выработки грубой дифференцировки по частоте человек обнаруживает изменения частоты положительного сигнала только в том случае, если они достигают весьма значительной величины (в 4—5 раз превышают величину дифференциального порога, измеренного после выработки тонкой дифференцировки). Аналогичным образом человек не различает слабых звуковых сигналов (на 4—11 дб превышающих порог) в тех условиях, когда реакция вырабатывается только на интенсивные раздражения. Из этого следует, что при определении абсолютного порога необходимо постепенно уменьшать интенсивность подкрепляемого сигнала [1].

Работами А. М. Марусевой и Л. А. Чистович [10], Л. А. Чистович [12] было показано, что пороговая интенсивность звука является весьма высокой, тогда как этот звук не имеет сигнального значения (если на его основе не выработана дифференцировка). Результаты настоящей работы свидетельствуют о том, что выработка дифференцировки не является единственным условием повышения чувствительности анализатора—при грубой дифференцировке пороги оказываются весьма высокими. Зависимость величины чувствительности (дифференциальной чувствительности) от условий, поставленных экспериментом или естественной жизнью, позволяет рассматривать слуховую систему, как систему с переменными характеристиками. Существенным шагом в изучении может быть выяснение пределов изменений характеристик и обобщенное описание факторов, которые эти изменения вызывают. К сожалению, данных для этого пока недостаточно.

Лаборатория нейробионики
Института физиологии им. Л. А. Орбели
АН АрмССР

Поступило 10.1.1964 г.

Известия XVII, № 6—3

Ռ. Վ. ԱՎԱԿՅԱՆ

ՄԱՐԴՈՒ ՄՈՏ ՄԱՔՈՒՐ ՏՈՆԵՐԻ ՏԱՐԲԵՐՄԱՆ ՍԱՀՄԱՆՆԵՐԸ
ՏԱՐԲԵՐԱԿՈՒՄՆԵՐԻ ԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ԶԱՆԱԶԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Տվյալ աշխատության մեջ պարզաբանվում են այն պայմանները, որոնք էական են տոների հաճախականության ու ինտենսիվության տարբերման սահմանների փոփոխության համար և հաստատվում են տարբերակման առաջացման սրոցեսում թարթման պայմանական սեփլեքսի ու խոսքային պատասխանի միջոցով:

Պարզվում է, որ կուպիտ տարբերակման առաջացման պայմաններում (ըստ հաճախականության) մարդը դրական ազդանշանի հաճախականության փոփոխությունները դրսևորում է այն դեպքում միայն, երբ նրանք 4—5 անգամ գերազանցում են նուրբ տարբերակումը առաջանալուց հետո շափված դիֆերենցիալ շեմքի մեծությունից: Համանման կերպով մարդը թույլ տոնային ազդանշանները (շեմքից 4—11 դբ-ով գերազանցող) չի տարբերում այն պայմաններում, երբ ռեակցիան առաջանում է միայն ինտենսիվ պրոդումների հետևանքով:

Ներկա աշխատության տվյալները վկայում են այն մասին, որ տարբերակման առաջացումը անալիզատորի պայմանության բարձրացման միակ պայմանը չի հանդիսանում—կուպիտ տարբերակման ժամանակ շեմքերը շատ բարձր են լինում: Զգայունության (դիֆերենցիալ պայմանության) մեծության կախումը էքսպերիմենտալ կամ բնական կյանքի կողմից դրված պայմաններից՝ հնարավորություն է ընձեռում լսողական սիստեմը դիտել որպես փոփոխական ընթացիկներով սիստեմ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Авакян Р. В. Пробл. физиол. акустики, т. III, М.—Л., 1955.
2. Беляков В. В. Материалы к физиологии дифференцирования внешних раздражений. Дисс., СПб., 1911.
3. Бурмакин В. А. Процесс обобщения условного звукового рефлекса у собаки. Дисс., 1909, СПб.
4. Войтинский Е. Я. Тезисы докл. XVII совещ. по пробл. высш. нервн. деят., стр. 44, М.—Л., 1956.
5. Войтинский Е. Я. Исследование точности «абсолютного» различения частоты звуковых сигналов. Дисс. канд., Л., 1958.
6. Гершуни Г. В. Пробл. физиол. акустики, т. III, М.—Л., 1955.
7. Гершуни Г. В. Акустич. журнал, т. II, в. 2, 1956.
8. Губергриц М. М. Более выгодный способ дифференцирования внешних раздражений. Дисс., Пгр., 1917.
9. Зеленый Г. П. Материалы к вопросу о реакции собаки на звуковые раздражения. Дисс., 1907.
10. Марусева А. М. и Чистович Л. А. Журнал в.н.д., 4, 1954.
11. Ржевкин С. Н. Слух и речь в свете современных физических исследований, 1936.
12. Чистович Л. А. Физиол. журнал, т. XL, 1, 4, 1955.
13. Garner W. R. J. Exp. Psychol. 46, 5, 373—380, 1953.
14. Harris I. D. J. Acoust. Soc. Am. 24, 750—755, 1952.
15. Pollack I. J. Acoust. Soc. Am. 24, 745—749, 1952.
16. Pollack I. J. Acoust. Soc. Am. 25, 765—770, 1953.
17. Rosenblith W. a. K. N. Stevens. J. Acoust. Soc. Am. 25, 980, 1953.