

С. Н. ГОЛЬДБУРТ, П. О. МАКАРОВ

### ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ НА ПОЯВЛЕНИЕ И ИСЧЕЗНОВЕНИЕ КРАТКИХ СЕНСОРНЫХ (СЛУХОВЫХ) СТИМУЛОВ С ЦЕЛЬЮ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОЩУЩЕНИЯ

(Представлено академиком В. Н. Черниговским 16 VII 1970)

Стремление установить различие во времени двигательной реакции на начало и прекращение сенсорного стимула руководило рядом исследований (<sup>1, 2, 11, 13, 15, 16</sup>). Предполагалось, что, поскольку обнаружить исчезновение уже видимого света или уже слышимого звука легче, чем обнаружить их появление, время реакции (в.р.) на прекращение стимула будет меньше, чем на его начало. Однако различие либо оказывалось несущественным (<sup>15, 16</sup>), либо не превышало 30—40 мсек. (<sup>2, 11</sup>). Мы тоже были убеждены, что различие во в.р. на появление и исчезновение раздражителя должно существовать, однако мы полагали, что в.р. исчезновения для достаточно коротких стимулов должно быть значительно больше, чем в.р. появления за счет инерционности нервных процессов и остаточного ощущения (<sup>3-5, 7, 8, 10, 12, 14</sup>) после окончания вызвавших их физических явлений. Мы попробовали экспериментально проверить это.

Источником кратких тональных толчков служил звуковой адекватметр (<sup>6, 9</sup>). Одновременно с запуском звукового стимула запускался электронный миллисекундомер ССЭШ-63, остановку которого испытуемый производил нажимом на ключ, сигнализируя начало или прекращение восприятия звучания. Испытуемый получал инструкцию нажимать на ключ либо как только он услышит звук, либо как только перестанет его слышать. Частое чередование обеих инструкций в ходе эксперимента нарушало стабильность измерений, поэтому в течение первой части опыта измерялось в.р. появления, а второй — в.р. исчезновения или наоборот. В.р.<sub>п</sub> и в.р.<sub>и</sub> измерены для большого набора интенсивностей и длительностей чистого тона 1000 гц: 1; 3; 5; 10; 20; 30; 50; 70; 100; 500; 1000 мсек. при уровнях ощущения от 0 до 80—100 дб (над порогом для 100—1000 мсек.). Звуки выслушивались моноаурально через электродинамический телефон ТД-6. Миллисекундомер запускался включением звука, следовательно, в.р. на выключение звука, регистрируемое нажимом ключа испытуемого, включало в себя длительность звука. Истинное в.р. исчезновения звучания измерялось поэтому как раз-

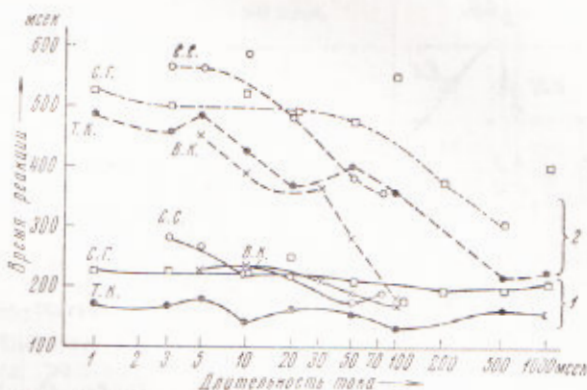


Рис. 1. Время реакции на появление (1) и исчезновение (2) звукового стимула. Интенсивность тона — 70 дб над порогом для  $t_0 = 100$  или 1000 мсек.

ность между в.р. выключения и длительностью звука ( $v.p._{в.р.} = v.p._{выкл.} - t_0$ ) мсек., а  $\Delta v.p.$  — разность между в.р. на исчезновение звучания и на появление его — вычислялось по формуле  $\Delta v.p. = (v.p._{выкл.} - v.p._{п.} - t_0)$  мсек.

В опытах участвовали 4 испытуемых: двое (С.С. и В.К.) в возрасте 22 лет с нормальным слухом и двое в возрасте 58—60 лет (Т.К. с почти

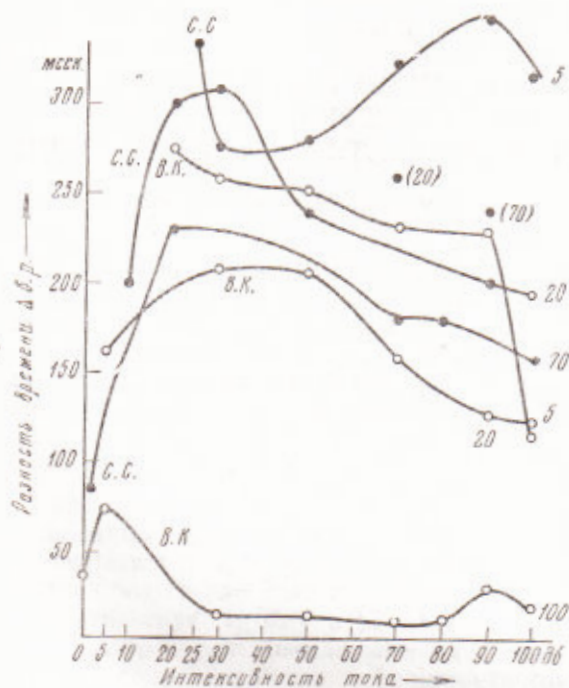


Рис. 2. Разность времени реакции на появление и прекращение звучания. Интенсивность тона, дБ над порогом для 100 мсек. Числа у кривых — длительность тона в мсек.

ку в.р.<sub>п.</sub> может быть больше в.р.<sub>в.</sub> (табл. 1). При интенсивностях, очень близких к порогу,  $\Delta v.p.$  нередко уменьшается. Однако при 5—10—30 дБ над порогом  $\Delta v.p.$  также часто и возрастает (табл. 1, рис. 2). Различия между в.р.<sub>п.</sub> при  $t_0$  от 1 до 50—70 мсек. у всех испытуемых, кроме В.К., недостоверны, хотя тенденция к уменьшению в.р.<sub>п.</sub> при возрастании  $t_0$ , начиная с 20—30 мсек., совершенно очевидна (рис. 1). Различия между в.р.<sub>п.</sub> для соседних  $t_0$  становятся достоверными для испытуемого В.К. с  $t_0 = 30$  мсек.; для испытуемой Т.К. с  $t_0 = 100$  мсек. и для С.Г. — различия для всех  $t_0$  недостоверны. Однако различия между  $\Delta v.p.$  становятся достоверными уже при сравнении данных для  $t_0 = 1—10$  мсек. и  $t_0 = 20—70—100$  мсек., но внутри этих групп различия недостоверны и сравнение возможно только при интенсивностях не меньше 40—100 дБ над порогом для  $t_0 = 100$  или 1000 мсек.

Мы заранее предвидели полученные нами результаты, они вытекали из наших предыдущих работ о длительности предощущения (<sup>7, 8</sup>) и слухового ощущения (<sup>2-5</sup>). Время реакции на исчезновение сенсорного стимула превышает время реакции на его появление на величину, примерно равную длительности ощущения. Как видно из табл. 1 и рис. 2, ощущение, вызванное тонами, физическая длительность которых 1; 3; 5; 10; 20; 50 мсек., длится примерно одинаковое время от 200 до 300—400 мсек. По данным (<sup>3-5</sup>), длительность ощущения мало изменяется при варьировании

нормальным слухом, прекрасно тренированная в экспериментах по акустике, и С.Г. с возрастным ухудшением слуха).

Как видно из рис. 1, 2 и табл. 1, в.р. на окончание звучания превышает в.р. на начало звучания на сотни миллисекунд. Различия очень велико, высоко достоверно и составляет примерно 200—300 мсек. для  $t_0 \leq 20$  мсек. у всех испытуемых, кроме В.К., у которого различия значительно меньше. При  $t_0 = 20—30$  мсек. в.р.<sub>п.</sub> начинает уменьшаться, но продолжает оставаться больше в.р.<sub>в.</sub> на сотни миллисекунд до  $t_0 = 500—1000$  мсек. У испытуемого В.К.  $\Delta v.p.$  становится несущественной при  $t_0 = 100$  мсек. (рис. 1 и 2). При  $t_0 = 500—1000$  мсек.  $\Delta v.p.$  у испытуемой Т.К. в ряде случаев оказывается отрицательной, поскольку

$t_0$  звука от 20 до 100 мсек. Как видно из табл. 1 и рис. 2, вблизи порога (но немного выше его) разность  $v.p._н - v.p._п = \Delta v.p.$  увеличивается, т. е. воспринимаемая длительность как бы возрастает. Это, вероятно, связано с уменьшением адаптации, несомненно укорачивающей восприятие длительности звука. По-видимому, по этой же причине, т. е. из-за применения слишком сильных звуков (60—80 дБ над порогом), ранее (<sup>3-5</sup>) были из-

Таблица 1

Время реакции (мсек.) на появление (П) и исчезновение (И) тонов 1000 гц различной длительности. Средние данные испытуемой Т. К.  
( $M \pm \sigma$ ;  $n = 30-40$ )

Уровень ощущения, дБ над порогом для 1000 мсек.	1 мсек.		5 мсек.		10 мсек.		20 мсек.	
	П	И	П	И	П	И	П	И
80—90	160±38	401±78	145±51	490±125	156±47	452±110	146±29	455±102
60—70	172±47	484±120	180±71	490±135	139±26	426±80	161±26	366±51
40—50	175±43	602±135	177±56	530±110	192±86	470±100	188±43	401±87
20—30	—	—	230±84	680±152	—	—	—	—
15—20	—	—	—	—	236±69	460±140	270±37	447±135

(продолжение)

Уровень ощущения, дБ над порогом для 1000 мсек.	50 мсек.		100 мсек.		500 мсек.		1000 мсек.	
	П	И	П	И	П	И	П	И
80—90	153±27	388±77	155±23	404±102	151±21	225±41	171±33	330±41
60—70	155±20	404±70	129±13	360±81	160±28	213±33	156±21	250±28
40—50	165±19	405±95	185±47	427±130	194±47	190±17	162±20	266±37
20—30	—	—	228±39	423±105	210±41	183±27	257±70	240±18
8—20	282±87	397±116	—	—	—	—	—	—
5—19	—	—	278±65	375±92	300±85	235±46	—	—
0—10	—	—	—	—	—	—	390±143	240±31

мерены меньшие длительности ощущения, чем это вытекает из данных настоящей работы. Преобладанием адаптации над устойчивостью ощущения, возможно, объясняется расхождение между данными испытуемого В.К. и других. По мере удлинения тона избыточная длительность воспринимаемого звучания сокращается, по сравнению с физической длительностью звука, и при  $t_0 = 500-1000$  мсек. (у В.К. при  $t_0 = 100$  мсек.) испытуемый регистрирует окончание звука с такой же (рис. 1) или даже с меньшей задержкой, чем его выключение (табл. 1). Это подтверждает предположение (<sup>1, 5</sup>) о том, что пролонгация имеет место главным образом для упрочения сигнального значения кратких звуков, а достаточно длительные звуки не пролонгируются.

Как показали опыты (<sup>3-5</sup>), воспринимаемая длительность звука ( $t_1$ ) тем больше превышает его физическую длительность ( $t_0$ ), чем звук короче. По мере удлинения звука до 400—500 мсек. разница ( $t_1 - t_0$ ) уменьшается и исчезает. На основании этого было предсказано, что время реакции на исчезновение (в.р.<sub>н</sub>) краткого сенсорного стимула должно превышать время реакции на его появление (в.р.<sub>п</sub>) на величину, приблизительно равную длительности ощущения.

Измерение в.р.<sub>п</sub> и в.р.<sub>н</sub> для кратких тональных толчков (с  $t_0$  от 1 до 1000 мсек.) показало, что в.р. исчезновения превышает в.р. появления на 200—300 мсек. и более при  $t_0$  от 1 до 100 мсек. Это означает, что даже самые краткие звуки вызывают слуховое ощущение, продолжающееся несколько сотен миллисекунд. Причину расхождения наших данных с цитированными выше мы видим в том, что мы пользовались краткими стиму-

лами — тональными посылками, длительностью ( $t_0$ ) от 1 до 1000 мсек. При увеличении длительности звука до 50—70 мсек. разница между в.р.<sub>н</sub> и в.р.<sub>п</sub> уменьшается и в большинстве случаев становится несущественной при  $t_0$  между 100 и 500 мсек.

Таким образом, разность времени реакции на появление и исчезновение сенсорного стимула может быть использована как мера длительности ощущения.

Ленинградский государственный университет  
им. А. А. Жданова

Поступило  
10 VII 1970

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Е. И. Бойко, Время реакции человека, 1964. <sup>2</sup> А. Н. Васильев, Вопр. психол., 6, 113 (1960). <sup>3</sup> С. Н. Гольдбурт, Биофизика, 6, 717 (1961). <sup>4</sup> С. Н. Гольдбурт, Нейродинамика слуховой системы человека, Л., 1964. <sup>5</sup> С. Н. Гольдбурт, Сборн. Механизмы слуха, Изд. АН СССР, 1967, стр. 150. <sup>6</sup> Ю. Н. Кроль, Цит. по (<sup>4</sup>) стр. 48. <sup>7</sup> П. О. Макаров, Тр. юбил. научн. сесс. Ленингр. ун-ва, Секц. биол. наук, 1946, стр. 74. <sup>8</sup> П. О. Макаров, Уч. зап. Ленингр. ун-ва, 124, 369 (1950). <sup>9</sup> П. О. Макаров, А. В. Лонский, Биофизика, 8, 255 (1963). <sup>10</sup> G. Békésy, Ann. Phys., 16, 844 (1933). <sup>11</sup> T. N. Jenkins, Arch. Psychol., № 86, 56 (1926). <sup>12</sup> G. Miller J. Acoust. Soc. Am., 20, 160 (1948). <sup>13</sup> J. Rains, Aerospace Med., 32, № 12, 1173 (1961). <sup>14</sup> V. Urbantschitsch. Pflüg. Arch., 25, 323 (1881). <sup>15</sup> G. Wells. Psychol. Monogr., 15, № 5 (1913). <sup>16</sup> H. Woodrow, Psychol. Monogr., 17, № 5 (1964).