

О целенаправленном изменении дельфином
спектрального состава эхолокационных
импульсов

Е. В. Романенко

До последнего времени оставался открытым вопрос, способны ли дельфины к целенаправленному изменению спектрального состава эхолокационных импульсов в ответ на изменение окружающей обстановки /включение помехи, ухудшение условий эхолокации, появление незнакомых предметов и т.п./. Анализируя немногочисленные и во многом противоречивые литературные данные о способности дельфинов изменять спектр эхолокационных импульсов в процессе адаптации к изменившимся условиям, Н. А. Дубровский в своем превосходном обзоре /1975/ делает вывод: "В результате мы пришли к мнению, что у дельфинов в условиях бассейна отсутствует целенаправленная подстройка спектрального состава эхолокационного импульса". При этом считается, что дельфины пользуются в целях эхолокации главным образом стереотипными импульсами, форма и спектр которых достаточно устойчивы по отношению к меняющимся внешним условиям. Однако такие выводы следует считать, по-видимому, преждевременными. Они сделаны на основе немногочисленных результатов, полученных, к тому же, с помощью методов, едва ли стимулирующих полное раскрытие адаптационных способностей дельфинов. В частности, предположение дельфину шумовой помехи в фиксированной точке водоема, как это обычно делается, по-видимому, оставляет ему возможность избежать мешающего воздействия, не прибегая к такой радикальной мере, как целенаправленная подстройка спектра. Необходимо искать такие методы активного воздействия на слуховую систему дельфина, которые не оставляли бы ему возможности избежать этого воздействия и вынуждали бы максимально использовать адаптационные способности. Одним из таких методов, по нашему мнению, может служить активное акустическое воздействие непосредственно на область головы дельфина, через которую предположительно осуществляется вход акустической информации. К числу таких областей следует отнести область наружных слуховых проходов. Именно на эти области осуществлялось активное акустическое воздействие в виде широкополосного шума в наших экспериментах.

Об изменении дельфином спектрального состава импульсов

Целью эксперимента было выяснение способности дельфина афалины преодолевать мешающее действие помехи в процессе эхолокационного обнаружения рыбы в бассейне размером 12,5 x 6 x 1,2 м³. Эксперимент проводился в полной темноте и состоял в следующем.

В начальный момент времени дельфин находился на стартовой позиции в одном конце бассейна. На его спинном плавнике была закреплена автономная аппаратура, включающая в себя трехканальный широкополосный магнитофон, генератор шума, приемники дистанционного включения магнитофона и генератора шума, световой трассер и источники питания аппаратуры. На голове дельфина были закреплены два излучателя /в области наружных слуховых проходов/ и три гидрофона, как показано на рис. 1. Излучатели представляли собой пьезокерамические сферы диаметром 30 мм, покрытые слоем сплава воска и канифоли толщиной 2 - 3 мм. Гидрофон Г1 представлял собой сферу диаметром 12 мм, также покрытую слоем воска и канифоли, гидрофоны Г2 и Г3 имели цилиндрическую форму /диаметр цилиндра 2 мм, высота 3 мм/. Излучатели и гидрофоны крепились на присосках. Более подробное описание магнитофона и гидрофонов дано в книге /Роменко, 1974/. В некоторый момент времени в противоположном конце бассейна в воду с плеском опускали рыбу, привязанную на конце тонкой хлопчатобумажной нити /швейная нить №10/, и бесшумно перемещали в ту или иную сторону на 2,5 - 3 м. Услышав плеск, дельфин начинал движение в направлении рыбы, почти непрерывно лоцируя ее. В этот момент осуществляли дистанционное включение магнитофона. Когда дельфин находился в 5 - 6 м от рыбы, включали генератор шума /также дистанционно/. В результате излучатели шума начинали излучать когерентный шум одновременно на оба уха дельфина. Спектр шума постоянный в диапазоне частот от 5 до 30 кГц, на более высоких частотах спадающий по закону 6 - 7 дБ на октаву. Уровень шума по давлению в общей полосе частот составлял 120 ± 6 дБ относительно $2 \cdot 10^{-4}$ дин/см². В момент включения шума дельфин вздрагивал, что хорошо было заметно по изменению траектории светового трассера. Кроме того изменялся режим эхолокации:

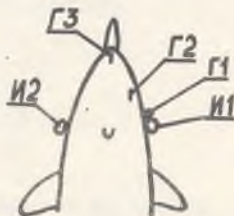


Рис. 1. Схема расположения излучателей шума /И1, И2/ и гидрофонов /Г1, Г2, Г3/ на голове дельфина.

Об изменении дельфином спектрального состава импульсов

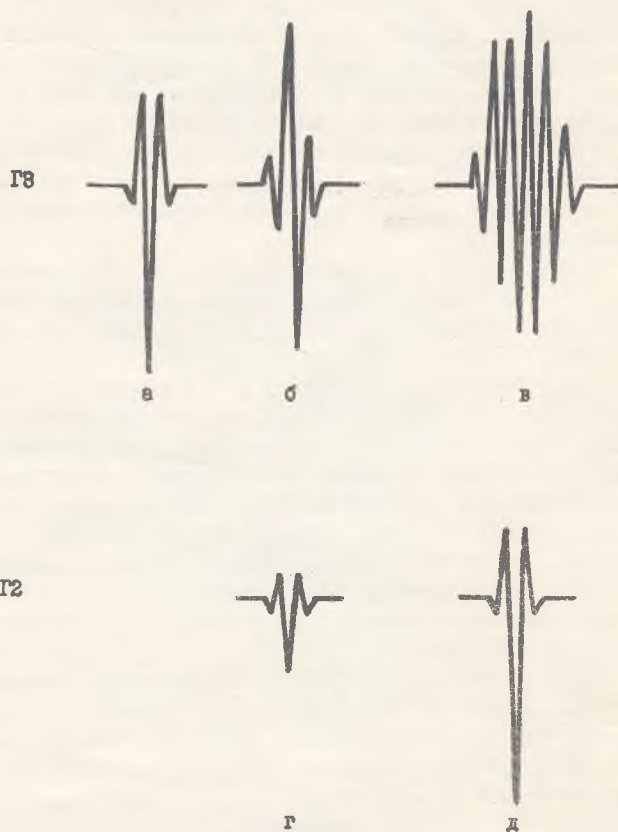


Рис.2. Форма эхолокационных импульсов, регистрируемых гидрофонами ГЗ /а, б/ и Г2 /г/ до включения шума и соответственно после включения шума /в и д/.

если до включения шума гидрофоны Г2 и ГЗ регистрировали стереотипные импульсы или близкие к ним /Рис.2. а, б, г/, то после включения шума за весьма короткий отрезок времени /200-300 мсек/ осуществлялось значительное сужение спектра и увеличение длительности импульсов, распространяющихся вперед и регистрируемых гидрофоном ГЗ /Рис.2в/. Величина импульсов, регистрируемых гидрофоном ГЗ, при этом практически не менялась. Что же касается гидрофона Г2, то он и после включения шума продолжал регистрировать стереотипные импульсы, но величина их возросла в 2,5-3 раза.

Обращает на себя внимание тот факт, что формы импульсов в точках расположения гидрофонов Г2 и Г3 значительно отличаются после включения шума. Иногда гидрофон Г2 регистрирует не только стереотипные импульсы, подобные изображенному на рис. 2Д, но и очень слабые импульсы, подобные импульсу на рис. 2в. При этом оба импульса идут с некоторым временным сдвигом. Этот факт, а также факты, изложенные выше, позволяют сделать вывод о том, что импульсы, распространяющиеся вперед и в стороны, генерируются различными источниками.

Несколько слов о том, какую акустическую картину принимает гидрофон Г1. Первым по времени гидрофон Г1 принимает излучаемый импульс, достигающий гидрофона Г1 по кратчайшему пути. Характерно, что во всех случаях /без шума и с шумом/ это стереотипный импульс. Второй и третий по порядку приема импульсы это импульсы, отраженные от поверхности воды и дна бассейна. Отчетливо виден значительный поворот фазы этих импульсов относительно первого импульса /а также уменьшение длительности/. С значительной временной задержкой приходит четвертый импульс, отраженный от рыбы. Далее приходят импульсы, отраженные от стен бассейна и других удаленных предметов. Импульс, отраженный от рыбы и других предметов, имеет все признаки стереотипного в период времени до включения шума. После включения шума отраженные импульсы имеют колебательный /узкополосный/ характер.

Основной вывод, который следует из изложенных выше фактов, сводится к тому, что дельфин, по-видимому, способен к целенаправленному изменению спектрального состава эхолокационных импульсов, как радикальному средству преодоления мешающего действия широкополосной шумовой помехи.

Литература

- Дубровский Н. А. 1975. Эхолокация у дельфинов /обзор/. Л., 78 с.
Романенко Е. В. 1974. Физические основы биоакустики. М., "Наука".