

УДК 591.51

**АКУСТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МАТЕРИ И ДЕТЕНЬША ДЕЛЬФИНА
АФАЛИНА (*TURSIOPS TRUNCATUS PONTICUS BARABASCH*) В РАННЕМ
ОНТОГЕНЕЗЕ В УСЛОВИЯХ ОКЕАНАРИУМА**

Чечина О.Н., Кебкэл К.Г., Кондратьева Н.Л.

*Научно-исследовательский центр «Государственный океанариум» Украины, Севастополь,
Украина
E-mail: chechina0001@mail.ru*

Изучена акустическая активность матери и родившегося в океанариуме детеныша афалины *Tursiops truncatus* (возраст 1,5 месяца) в процессе их синхронного и одиночного плавания, отдыха, ориентировочно-исследовательского поведения, а также в процессе кормления тренером самки рыбой. Сигналы дельфинов записывались в цифровом виде на аудио-дорожку видеокамеры в процессе видеосъемки элементов поведения дельфинов. В результате проведенных исследований выделено 16 типов акустических сигналов, 8 из которых в свою очередь подразделены на подтипы. Выявлено изменение частоты встречаемости тех или иных видов сигналов в определенных обстоятельствах. Полученные данные свидетельствуют о разнообразии акустических сигналов в процессе взаимодействия матери и детеныша, а также связи акустической активности с формой их взаимодействия.

Ключевые слова: дельфин, поведение, акустическая активность.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что дельфины афалины (*Tursiops truncatus*) имеют сложную акустическую коммуникативную систему. Наблюдения за дельфинами в естественной среде обитания и дельфинариях выявили существование корреляции между акустической активностью и поведением животных [1, 2]. Но описание акустической коммуникативной системы находится еще на ранней стадии, а данные по вопросу коммуникации матери и детеныша особенно немногочисленны и разрозненны. Известно, что детеныш после рождения держится около матери, плавает рядом с ней, узнает ее, находит сосок. Узнавание матери может осуществляться посредством акустических сигналов, которые она издает [3]. У афалин мать новорожденного производит очень большое число свистов, что должно создавать сильный акустический стимул для импринтинга. В работе [2] представлены сведения о важности акустических сигналов в общении матери и новорожденного, где сообщается, что в случае разлуки с детенышем мать может почти непрерывно издавать свистовые сигналы до тех пор, пока тот не вернется. Кроме того, известно, что взаимодействие матери и детеныша афалины может длиться годами [3, 4]. В связи с этим особый интерес представляют сведения об их акустической активности, как средстве поддержания контакта.

Цель настоящей работы — исследование акустической активности матери и детеныша дельфина афалина (*Tursiops truncatus*) в процессе их взаимодействия в различных ситуациях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение акустической активности дельфинов осуществлялось в Государственном океанариуме Украины. Для проведения работ был выбран период раннего постнатального онтогенеза детеныша дельфина, во время которого формируется его акустическое поведение.

Детеныш дельфина афалины (*Tursiops truncatus*) был рожден в условиях неволи и содержался вместе с матерью в открытом вольере. Такие условия содержания позволяли проводить запись элементов поведения матери и детеныша одновременно с регистрацией акустических сигналов в процессе их взаимодействия в различных ситуациях. Возраст детеныша в период проведения работы составлял 1,5 месяца.

Акустические сигналы записывались в разнообразных поведенческих ситуациях, в частности, в процессе синхронного плавания матери и детеныша, одиночного плавания, отдыха, ориентировочно-исследовательского поведения, а также при кормлении тренером самки рыбой.

Акустический материал, представленный ниже, получен при анализе продолжительного фрагмента видео- и акустической информации (в течение 57 минут). Акустический тракт состоял из широкополосного гидрофона 2-40 кГц с неравномерностью принимающей АЧХ не более ± 3 дБ. Предусилитель гидрофона содержал полосно-пропускающий фильтр с полосой пропускания 2-30 кГц. Частота оцифровки усиленного сигнала составляла 48 кГц. Принимающий гидрофон располагался в отсеке на глубине 2 м при глубине места измерений около 4,5 м. Для отображения сигналов записанная в цифровом виде последовательность (аудиодорожка) импортировалась в рабочее пространство программы Matlab. Отображение сигналов выполнялось с помощью стандартных средств программы Matlab в виде сонограмм.

Звуковые эмиссии дельфинов разбивались условно на две группы. Первая группа содержала локационные сигналы, состоящие из одиночных, коротких импульсов или целых серий таких импульсов. Вторая группа содержала разнообразные свисты, обычно называемые коммуникационными сигналами, и состояла из одиночных свистов или из продолжительных серий непрерывных или прерывающихся свистовых фрагментов. Для последующего анализа вторая группа сигналов представляла наибольший интерес.

Анализ выполнялся в отношении спектральных и временных структур свистов, при этом регистрировались следующие параметры: продолжительность, верхняя и нижняя частоты сигнала, форма огибающей частотной модуляции. По формам частотной огибающей сигналы причислялись к тому или иному контуру. Кроме того, оценивались также частота встречаемости сигналов и коэффициент заполнения временного интервала наблюдения. Частота встречаемости сигналов определялась как отношение числа зарегистрированных сигналов к длительности

эпизода наблюдения, а коэффициент заполнения как отношение суммарной длительности данных сигналов к длительности эпизода наблюдения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Систематизация свистов. В течение 57-минутной записи общее количество зарегистрированных свистов составило 452. На Рис. 1 представлены формы зарегистрированных контуров.

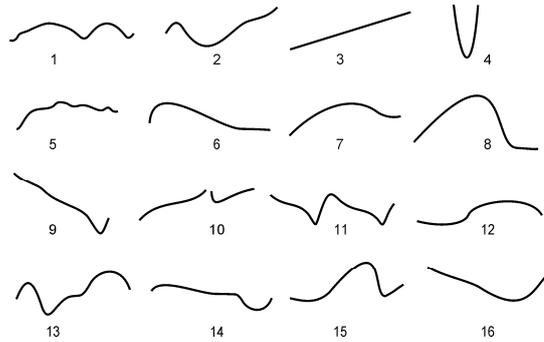


Рис. 1. Формы акустических сигналов, издаваемых дельфином (объяснение в тексте).

Общее число форм — 16. Большая часть контуров имела несколько разновидностей. Эти разновидности характеризовались несколько отличающимися частотами и продолжительностями. Контур, причисленный к одной разновидности, характеризовались устойчивыми значениями длительности излучения и занимаемых частот.

Структура любой свистовой реализации содержала, как правило, основной тон, имеющий характерный рисунок изменения частоты, и несколько гармонических компонентов. Частота основного тона обычно находилась в пределах 4-22 кГц. С увеличением частоты энергетический уровень компонента существенно снижался (в среднем на 16 дБ на октаву). Кроме того, флуктуации вокруг среднего достигали почти 50% измеряемой величины. Такая большая разница уровней может объясняться, с одной стороны, модуляцией компонентов, производимой дельфинами при коммуникации и, с другой стороны, изменением направления излучения сигналов при движении дельфинов (девиацией от осевого направления на приемный гидрофон).

Этолого-акустическое описание различных типов поведения дельфинов. Характеристики акустической активности матери и детеныша при различных типах поведения представлены в Табл. 1.

Как следует из таблицы, каждый тип поведения характеризовался определенным набором сигналов, частотой воспроизведения каждого из них, а также суммарной длительностью передаваемых сигналов (коэффициентом заполнения интервала наблюдения). Например, для такого поведенческого

элемента, как синхронное плавание матери и детеныша (спокойное движение дельфинов в акватории отсека), характерны акустически разнообразные типы сигналов, а также наибольшая частота воспроизведения и наибольший коэффициент заполнения интервала наблюдения.

Таблица 1.
Характеристики акустической активности матери и детеныша при различных типах поведения

Тип поведения	Типы сигналов	Частота воспроизведения	Коэффициент заполнения
Синхронное плавание	1-10, 11, 13	0,232	0,242
Одиночное плавание	6, 8, 9, 11	0,108	0,088
Отдых	4	0,006	0,006
Ориентировочное поведение на водолаза	2-4, 6, 8, 9, 15, 16	0,108	0,078
Ориентировочное поведение	1-4, 6, 8, 11	0,135	0,110
Кормление матери	2, 3, 4, 11	0,108	0,121
Тактильный контакт тренера с матерью	1-4, 7-9, 11	0,074	0,084

Одиночное плавание детеныша на расстоянии нескольких метров от матери сопровождалось меньшим количеством типов сигналов (6, 8, 9 и 11). Частота воспроизведения и коэффициент заполнения были значительно меньше, чем при синхронном плавании.

Отдых (зависание у поверхности воды в горизонтальной позе) характеризовался исключительно слабой акустической активностью. Лишь изредка регистрировались единичные сигналы типа 4.

Ориентировочное поведение матери и детеныша на различные раздражители в водной среде проявлялось поворотом головы в сторону раздражителя и сопровождалось наличием различных сигналов, включая типы 1-4, 6, 8 и 11, с высокими значениями частоты воспроизведения сигналов и коэффициента заполнения интервала наблюдения. При ориентации на водолаза, кроме вышеперечисленных сигналов, присутствовали сигналы типа 15, 16.

Акустическая активность матери и детеныша в ситуации кормления матери тренером и ситуации тактильного контакта тренера с матерью характеризовалась тем, что во второй ситуации разнообразие типов сигналов было большим, чем в первом, а частота воспроизведения сигналов и коэффициент заполнения, наоборот, имели значительно меньшие значения.

В целом, анализ полученных сигналов показал, что ни одна из выделенных форм сигналов не являлась строго приуроченной к какой-либо ситуации. Однако, частота воспроизведения сигналов и коэффициент заполнения менялись при

переходе от одной ситуации к другой. Кроме того, в разных ситуациях одни формы контуров встречались чаще, другие реже. Частоты встречаемости всех зарегистрированных форм представлены на Рис. 2.

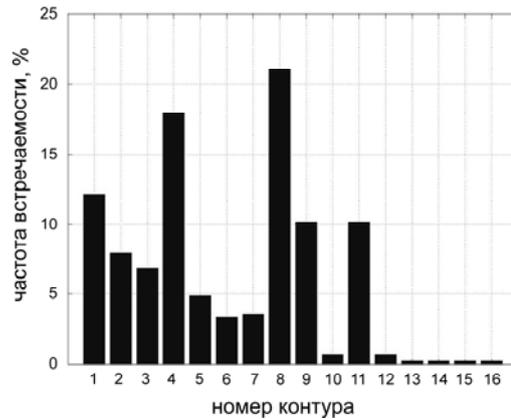


Рис. 2. Частота встречаемости контуров свистов (по типам).

Как следует из рисунка, более половины из всех зарегистрированных сигналов имели контуры 1, 4 и 8.

Наиболее разнообразные сигналы зарегистрированы при совместном плавании и во время ориентировочно-исследовательского поведения; наименьшая акустическая активность у животных наблюдалась при отдыхе в статической горизонтальной позе.

Одновременное излучение контуров разными дельфинами. При проведении подробного анализа записей зарегистрирован ряд фрагментов, содержащих контуры одной разновидности, поступающие на прием одновременно или пересекаясь во времени (рис. 3).

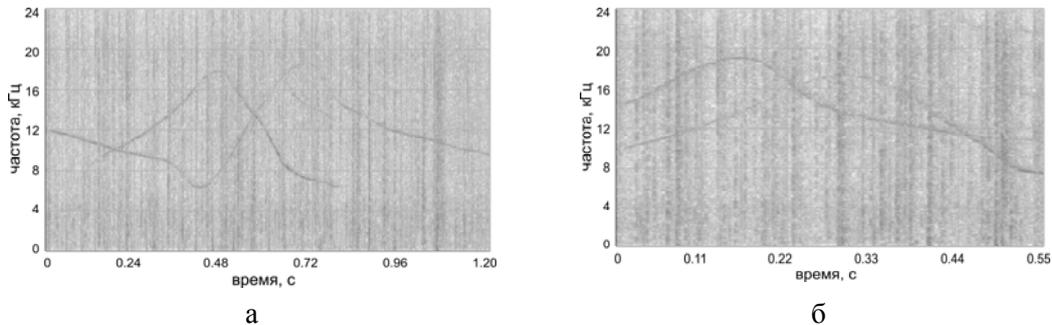


Рис. 3. Образец одновременного излучения контуров одного типа разными дельфинами (а - вариации контура №8, б - контура №11).

Поскольку один дельфин не в состоянии излучать одновременно два сигнала с различными контурами, можно утверждать, что контуры принадлежат двум разным дельфинам.

На всех сонограммах, содержащих контуры одного типа, соответствующие сигналы имели одинаковую продолжительность, но были несколько смещены по отношению друг к другу вдоль оси частот. Эти примеры регистрируют тот факт, что дельфины могут использовать для коммуникации свисты с одинаковыми контурами, но с незначительными индивидуальными вариациями. Факты небольшой вариации параметров однотипных частотных контуров наблюдали также и другие авторы [5-7], однако, зарегистрированные факты одновременного излучения однотипных контуров с индивидуально-специфическими вариациями параметров публикуется впервые. Поскольку условия проведения исследований позволяли отделить сигналы дельфинов, находящихся в интересующем отсеке, от сигналов дельфинов из других (удаленных) отсеков, можно утверждать, что зарегистрированные сигналы излучались матерью и детенышем. Из представленных сонограмм следует, что детеныш повторял свист матери.

Дискретность параметров свистов. Ниже представлен анализ статистического распределения наблюдаемых параметров, характеризующих наиболее репрезентативные формы контуров. В частности, это контуры 1, 4 и 8, встречающиеся наиболее часто (более 50 % из всех зарегистрированных сигналов).

Из-за различий в индексе направленности сигнала дельфина на разных частотах, при неосевой ориентации дельфина на гидрофон нижние частоты сигнала регистрируются лучше (с большим отношением сигнал/шум), чем верхние. Поэтому, для избежания артефактов, сравнение сигналов выполнялось по значению нижней частоты диапазона, занятого сигналом.

Оказалось, что наблюдаемый параметр (нижняя частота диапазона) имеет бимодальное статистическое распределение (рис. 4а, 4б, 4с).

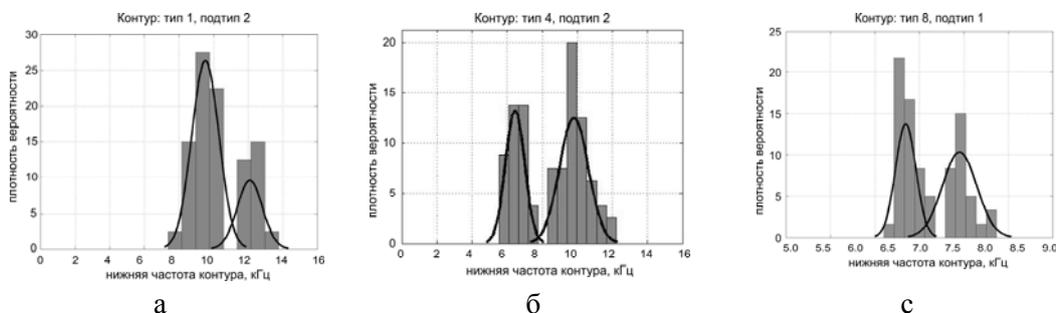


Рис. 4. Статистическое распределение наблюдаемого параметра (нижняя частота) контуров 1, 4 и 8 (соответственно 4а, 4б, 4с).

На Рис. 4 четко выделяются две моды. Таким образом, анализ значительного по объему статистического материала также указывает на тот факт, что одна и та же разновидность контура может характеризоваться несколькими дискретными наборами параметров. Следует предположить, что каждому из дельфинов может

быть поставлена в соответствие собственная мода (собственный максимум). Другими словами, каждый из дельфинов при излучении однотипных сигналов «предпочитает» использовать собственный набор параметров, несколько смещенный по отношению к набору параметров, характерному для другого дельфина (или другим дельфинам).

Распределение представляет одну из количественных мер, описывающих индивидуальные вариации характерных для одного определенного стада сигналов отдельными особями стада. В литературе сигналы, характерные для одного определенного стада, называют стадо-специфическими. Для иллюстрации функции таких сигналов приведем следующее наблюдение. В эксперименте Fish J.F., Linge G.E. [6] самец пятнистого дельфина, доминирующий в стаде, обосновавшимся в водах Oahu, Гавайи, был отловлен, и его свистовую активность во время пленения удалось записать на магнитную ленту. Спустя неделю записи были воспроизведены тому же стаду, что вызвало бегство животных. Однако, когда эти записи были воспроизведены другому стаду животных данного вида, но обосновавшемуся около одного из удаленных Гавайских островов, они вызвали у дельфинов реакцию приближения, а не тревоги. Очевидно, вариации в сигнале “чужака” не несли передаваемой информации, поскольку опорные характеристики его сигнала не были знакомы животным другого стада (сигнал не ассоциировался с членом группы).

Поскольку зарегистрированные нами сигналы принадлежат матери и детенышу, они являются сигналами, специфичными для стада, из которого происходит самка. В таком случае, вариации сигналов, состоящие в использовании каждым из двух дельфинов собственного (дискретного) набора параметров, относятся к вариациям стадо-специфических сигналов.

Проводя аналогии с техникой, такие индивидуальные вариации стадо-специфических сигналов могут использоваться для передачи информации, например о состоянии отправителя, его действиях и прочее, в то время, как собственно стадо-специфические сигналы, опознаваемые всеми особями стада, несмотря на индивидуальные вариации, могут служить в качестве «акустического моста», соединяющего особи одного и того же стада между собой. Стадо-специфические сигналы с опорными характеристиками, известными членам одного стада, напоминают в технике несущие сигналы, «известные» приемнику и передатчику в качестве опорных. Индивидуальные вариации стадо-специфических сигналов напоминают модуляцию опорного сигнала в технике, т.е. модификацию параметров опорного сигнала в соответствии со значением текущего символа данных.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований акустической активности матери и детеныша выделено 16 типов акустических сигналов, 8 из которых в свою очередь подразделены на подтипы.
2. Ни одна из выделенных форм сигналов матери и детеныша не являлась строго приуроченной к какой-либо ситуации, однако уровень акустической активности заметно изменялся при переходе от одной поведенческой ситуации к другой.

3. Наиболее разнообразные сигналы зарегистрированы во время ориентировочно-исследовательского поведения и синхронного плавания матери и детеныша, а при отдыхе акустическая активность была чрезвычайно низкой. Полученные данные свидетельствуют о разнообразии акустических сигналов в процессе взаимодействия матери и детеныша, а также связи уровня акустической активности с формой их взаимодействия.
4. Установлено, что сигналы одного и того же типа могут воспроизводиться дельфинами одного стада с индивидуальными вариациями. При этом параметры каждого стадо-специфического сигнала могут иметь мультимодальное распределение (в частности, бимодальное при анализе сигналов, зарегистрированных от двух дельфинов). На основе этого наблюдения можно предположить, что каждый из дельфинов при излучении однотипных сигналов «предпочитает» использовать набор параметров, несколько смещенный по отношению к набору параметров, характерных другому дельфину (или другим дельфинам).

Список литературы

1. Белькович В.М. Этолого-акустические корреляты черноморских афалин / В.М. Белькович, Э.А. Хахалкина // Черноморская афалина *Tursiops truncatus ponticus*: Морфология, физиология, акустика, гидродинамика. Москва, 1997. – С. 513–544.
2. McBride A.F. Observations of pregnancy, parturition, post-natal behavior in the bottlenosed dolphin / A.F. McBride, H. Kritzer // *J. Mammal.* – 1951. – 32. – P. 251–266.
3. Tavalga M.C. The behavior of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*): mating, pregnancy, parturition and mother-infant behavior / M.C. Tavalga, E.S. Essapian // *Zoologica.* – 1957. – Vol. 42. – P. 11–31.
4. Essapian F. The birth and growth of a porpoise // *Nat. Hist.* – 1953. – 58. – P. 385–392.
5. Brooks R.J. Individual recognition by song in white-throated sparrows. Discrimination of songs of neighbors and strangers / R.J. Brooks, J.B. Falls // *Can. J. of Zoology.* – 1975. – Vol. 53. – P. 879–888.
6. Fish J.F. Responses of spotted porpoises, *Stenella attenuata*, to playback of distress sounds of one of their own kind / J.F. Fish, G.E. Linge // *Proc. 2nd Conf. Biol. Mar. Mammals, San Diego, Dec. 1977.* – P. 34.
7. Tomilin A.G. Cetacea / A.G. Tomilin // *Mammals of the USSR and Adjacent Countries, Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1967.* – Vol. 9. – 717 p.

Чечина О.М. Акустична активність матері і дитинчати дельфіна афаліни (*Tursiops truncatus ponticus* Barabach) в ранньому онтогенезі в умовах океанаріуму / О.М. Чечина, К.Г. Кебкел, Н.Л. Кондратьєва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 119-127.

Вивчена акустична активність матері і дитинчати афаліни *Tursiops truncatus*, що народилося в океанаріумі, (вік 1,5 місяця) в процесі їх синхронного і одиночного плавання, відпочинку, орієнтовно-дослідницької поведінки, а також в процесі годування тренером самки рибою. Сигнали дельфінів записувалися в цифровому вигляді на аудіо-доріжку відеокамери в процесі відеозйомки елементів поведінки дельфінів. У результаті проведених досліджень виділено 16 типів акустичних сигналів, 8 з яких у свою чергу підрозділені на підтипи. Виявлена зміна частоти зустрічання тих чи інших видів сигналів в певних обставинах. Отримані дані свідчать про різноманітність акустичних сигналів в процесі взаємодії матері і дитинчати, а також зв'язку акустичної активності з формою їх взаємодії.

Ключові слова: дельфін, поведінка, акустична активність.

Chechina O.N. Acoustic activity of a dolphin female and its calf (*Tursiops truncatus ponticus Barabash*) in early ontogenesis in oceanarium conditions / O.N. Chechina, K.G. Kebkal, N.L. Kondratiyeva // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. - Series: Biology, chemistry. - 2009. – V.23 (62). – № 1. – P. 119-127.

We have studied acoustic activity of a *Tursiops truncatus* female and a calf born in oceanarium (6 weeks aged) during their simultaneous and single swimming, rest, orientative-exploratory behavior, as well as feeding the female by a trainer. Dolphin signals were digitally audio-taped during video filming behavior elements. In the result of our researches we've sorted out 16 types of acoustic signals, 8 of which had their sub-types. The change of occurrence frequency in different types due to different conditions is revealed. The results prove diversity of acoustic signals during female-calf interaction as well as relation of acoustic activity with the interaction form displayed.

Keywords: dolphin, behavior, acoustic activity.

Поступила в редакцию 16.04.2010 г.