

ЗАПИСЬ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОЗДАВАЕМЫХ РЫБАМИ ЗВУКОВ

Инж. Е. В. ШИШКОВА

Для звука вода является средой, обладающей некоторой объемной упругостью. Поэтому в ней, как и в других жидкостях, в газах (в частности, в воздухе), могут распространяться звуковые волны. Если поместить в воду источник звука, представляющий собой колеблющееся тело, то в воде, соприкасающейся непосредственно с поверхностью этого тела, будет изменяться давление. Изменение состояния среды передается от частицы к частице, и таким образом создается процесс распространения звуковых волн, исходящих от источника звука.

Скорость распространения продольной волны в упругой среде выражается формулой

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

где: E — модуль объемной упругости, или величина, обратная сжимаемости среды;
 ρ — плотность среды.

Скорость распространения звука в воде примерно в 4,5 раза больше, чем в воздухе, и составляет около 1500 м/сек.

В воде звук распространяется дальше и быстрее, чем в воздухе.

Значительные уровни шумов создают под водой живые организмы, населяющие море (рыбы, щелкающие рачки, дельфины и др.).

Движением тела в воде рыба создает гидродинамические шумы, которые в большом рыбном скоплении достигают высоких уровней и могут быть прослушаны с помощью гидрофона. Кроме гидродинамических шумов, рыба создает и другие разнообразные звуки, причем у различных видов рыб различен и механизм, создающий звук: перепончатые мышцы на плавательном пузыре, движение газов из пузыря, глоточные зубы, зубы при хватании пищи.

Кнудсен [7] указывает, например, что рыба *сгоакег*, обитающая в Атлантическом океане, путем сокращения мышц плавательного пузыря производит шум, напоминающий барабанный бой. «Барабанщик» шумит главным образом во время питания, которое начинается вечером. Этим обстоятельством, а также вертикальными и горизонтальными миграциями рыб объясняются весьма значительные суточные и сезонные колебания шумов, производимых данным видом рыб. Нарастание шума начинается за 2—3 часа до захода солнца, после чего шум начинает уменьшаться и почти полностью прекращается через 4—5 часов после захода солнца. Днем наблюдались только периодические всплески шума у отдельных рыб.

Вследствие присущих рыбе миграций общий характер сезонного колебания интенсивности шумов, вероятно, одинаков во всех местах; максимальная величина шума наступает в северных широтах в начале июня и уменьшается с приближением более холодного времени.

В местах вдоль побережья Атлантического океана в районе Чесапикского залива общие уровни шума в диапазоне частот от 100 до

10 000 гц во время максимальной активности достигают 100 дб в начале июня и понижаются примерно до 95 дб в июле.

К числу представителей морской фауны Атлантического океана, создающих интенсивные шумы, относятся «морской демон», рыба gobins, некоторые разновидности рыб «барабанщиков», дельфины и неопознанный источник шума, создающий «вечерний шум»; Кнудсен указывает, что «вечерний шум» появлялся регулярно при закате солнца и исчезал через 3—4 часа. Этот шум наблюдался всегда в районах, населенных креветкой, и мог маскироваться, если уровень шумов, создаваемых креветкой, был достаточно высок. Шум креветки похож на непрерывный треск, получающийся при горении сухих веток; в Атлантическом океане наблюдался при температуре воды на поверхности моря до 11°. Наивысший уровень шума креветок зарегистрирован на глубинах между 9 и 45,5 м. Креветки обитают на каменистом дне, а также среди ракушек, кораллов и других легких укрытий. На илистом или песчаном дне креветки не живут. По данным Кнудсена, они создают шумы в диапазоне частот от 1 до 25 кгц.

Приведенные здесь примеры показывают, что подводные шумы, вызываемые морскими организмами, имеют достаточно большую интенсивность, вследствие чего могут мешать работе гидроакустической аппаратуры (например, шумы креветок). В других случаях (шумы, создаваемые рыбами) их можно в какой-то мере использовать для распознавания видового состава скоплений рыб, обнаруженных с помощью гидроакустических приборов, если дополнить к последним чувствительную гидрофонную установку. В связи с этим и была поставлена задача изучения звуков, создаваемых рыбами, обитающими в наших промысловых бассейнах.

Для промысловой разведки особый интерес представляет явление шумов, создаваемых промысловыми рыбами. Однако наблюдать приходилось за самыми различными видами рыб, встречающимися в данном бассейне, так как без этого невозможно было бы классифицировать прослушиваемые звуки.

Для обнаружения и записи создаваемых рыбами звуков особенно важно иметь чувствительный широкополосный гидрофон. В наших работах применялись пьезоэлектрические гидрофоны из кристаллов сегнетовой соли, обладающие широкой полосой пропускания и высокой чувствительностью. Запись звуков рыб производилась как в море, так и в аквариумах, где особенно удобно было наблюдать за поведением рыб в момент прослушивания и записи звуков. Однако не все рыбы, находившиеся в аквариумах, издавали звуки. Так, например, не слышно было звуков в аквариумах, где плавали осетр, смарида (морской окунь), стерлядь, кефаль, камбала, но весьма активны были ставрида, ласкирь (морской карась), рулена зеленушка и ряд других рыб, о которых будет сказано ниже.

Фонограмма с записью звуков рыб подвергалась анализу на электронном спектрометре, где можно было одновременно с прослушиванием записанных звуков визуально наблюдать импульсы всех частот, составляющих спектр сложных звуковых колебаний, создаваемых рыбами. Спектрометр позволял производить анализ шумов в диапазоне частот от 50 до 10 000 гц. Как будет показано ниже, этот диапазон и охватывал спектры различных звуков рыб.

ШУМЫ, СОЗДАВАЕМЫЕ РЫБАМИ В АКВАРИУМАХ

Ставрида — *Trachurus trachurus*

Ставрида длиной 15 см создавала шум, напоминающий звук, получающийся, когда по зубьям гребенки быстро проводят пальцами. Эти звуки можно сравнить также со звуками терки, но первое сравнение

более удачно. Спектр звуков этой ставриды (рис. 1) занимает довольно широкую полосу частот: от 63 до 6300 гц. Наиболее сильно выражены частоты 63, 160, 1000—5000 гц. Звуки, издаваемые вынутой из воды ставридой, хорошо слышны невооруженным ухом.

Звуки, издаваемые крупной ставридой (длиной 38 см), напоминают звуки грубой терки и в общем составляют спектр более низких частот — от 250 до 2500 гц, с наиболее резко выраженными частотами от 400 до 1250 гц. Ставрида создает звуковые импульсы с помощью зубов в момент раскрытия рта. У более крупной ставриды соответственно крупнее

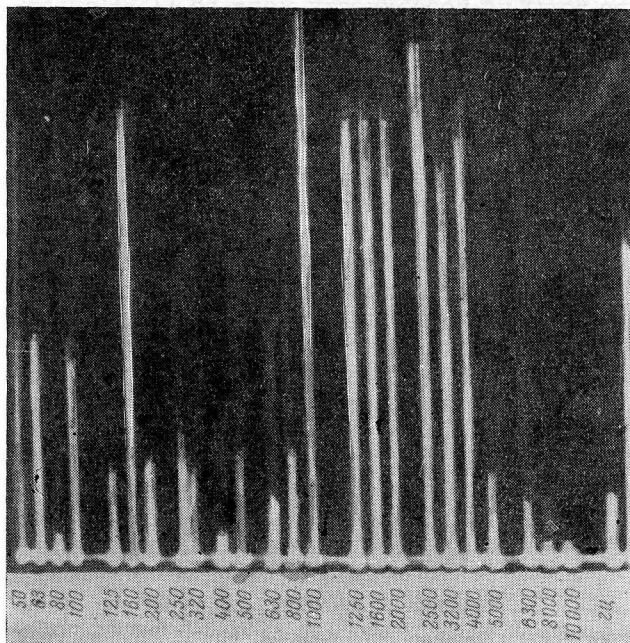


Рис. 1. Спектрограмма звуков, издаваемых ставридой длиной 15 см. Здесь и в некоторых других спектрограммах отражен фон переменного тока 50 гц (первый левый столбик), имевшийся при записи звуков.

и зубы, а следовательно, частота их собственных колебаний должна быть ниже. Резонаторы (полость рта, черепная коробка), способствующие передаче создаваемых зубами звуков в воду, у более крупных рыб имеют также соответственно большие размеры.

Морской карась — *Sargus annularis* (Linnè)

Морской карась относится к числу наиболее «разговорчивых» рыб. Помимо тех случаев, когда он ест и при этом громко хрустит, морской карась самопроизвольно создает и другие характерные звуки.

В летний и осенний периоды эта рыба ведет себя более активно, чем зимой. Часто она издает громкие протяжные звуки, напоминающие скрипы заводимой пружины будильника (рис. 2). Другие звуки морского карася напоминают кряканье утки, иногда переходящее в певучий звук «эа» (рис. 3). Спектр частот морского карася примерно соответствует спектру ставриды (100—6300 гц), однако сочетания частот у него совсем не те, что у ставриды. Отсутствует пик на низких частотах, а с 800 до 5000 гц имеется значительный подъем. Вследствие этого звуковые сигналы морского карася на слух воспринимаются совершенно иначе, чем

звуки, создаваемые ставридой. Отличить их на слух так же просто, как просто, например, стлчить звуки двух различных животных.

Морской карась издает также звуки, напоминающие скрежет металла при работе напильником. Эти звуки содержат частоты от 500 до 6300 гц.

Воспринимаемые на слух ритмичные поскрипывания отражались в спектрограмме в виде таких же ритмичных сокращений и вытягиваний

Рис. 2. Спектрограмма звуков морского карася, напоминающих звуки заводимой пружины будильника.

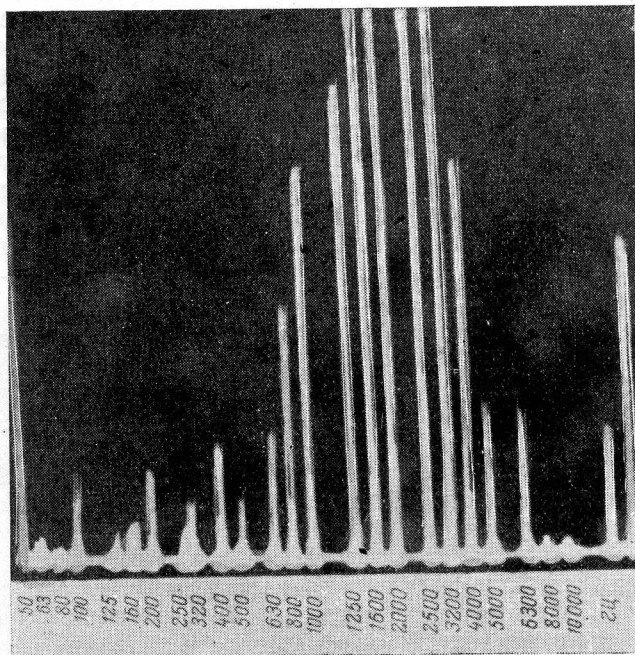
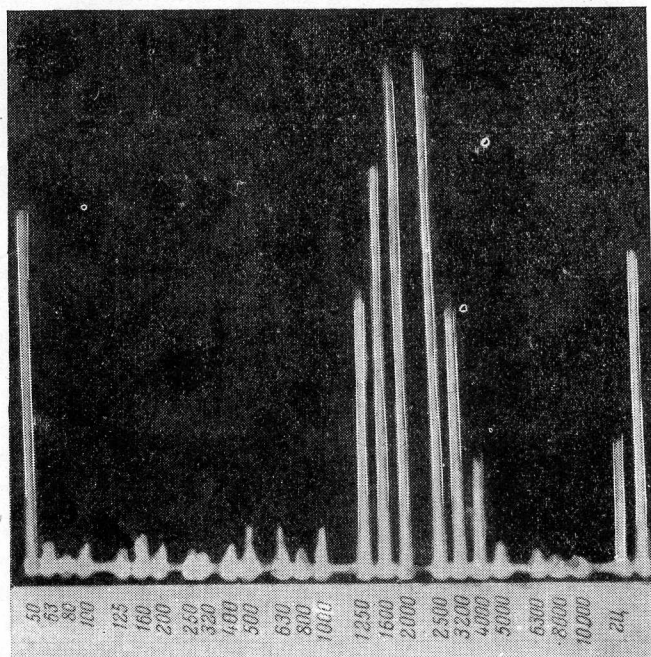


Рис. 3. Спектрограмма звуков морского карася, напоминающих кряканье утки, иногда переходящих в певучий звук «эа».



столбиков. Происходило чередование частот, преобладающих в спектре от 1000 до 5000 *гц*, что создавало эффект металлического скрежета. Зимой морские караси в аквариуме принимают пищу менее охотно, становятся менее подвижными и звуки издают реже. Однако временами интенсивность создаваемых ими звуков была настолько велика, что «кряканье» было слышно в воздухе через стекло аквариума на расстоянии 2—3 м от него.

У морских карасей, находившихся в аквариуме зимой, наблюдались и были записаны на магнитофоне отрывистые очень громкие звуковые импульсы, напоминающие звонкие удары по металлу. Такие звуки возникали всякий раз, когда рыбы рывком совершали поступательное движение, устремляясь одна за другой. Можно предположить, что звук издавала та рыба, которая в испуге устремлялась прочь от преследователя. Однако могут быть и другие предположения. Так, например, Кнудсен указывает, что ударные импульсы во время быстрого движения рыбы обусловлены механическим возмущением воды при быстром движении тела. Спектр частот ударных импульсов лежит в пределах от 1000 до 4000 *гц* с преобладанием частот 1250—2500 *гц*.

Помещенные в общий аквариум ставриды и морские караси создавали громкий хруст, составлявший полосу частот от 63 до 6300 *гц* с наиболее интенсивными частотами 1250—4000 *гц*.

Зубарик—*Charax punctazzo* L.

Зубарик, представляющий вид, родственник ласкирю, издает звуки, имеющие много общего со звуками ласкиря. Поедая пищу, зубарик хрустит. Хруст как звуковой процесс относится к числу наиболее сложных колебаний, частотный состав и интенсивность которых непрерывно меняются. Хруст зубарика охватывает спектр частот от 63 до 6300 *гц*.

Более интенсивными звуками, которые зубарик издает самопроизвольно, являются его «пружинные» звуки (рис. 4), имеющие очень большое сходство с аналогичными звуками, издаваемыми ласкирем.

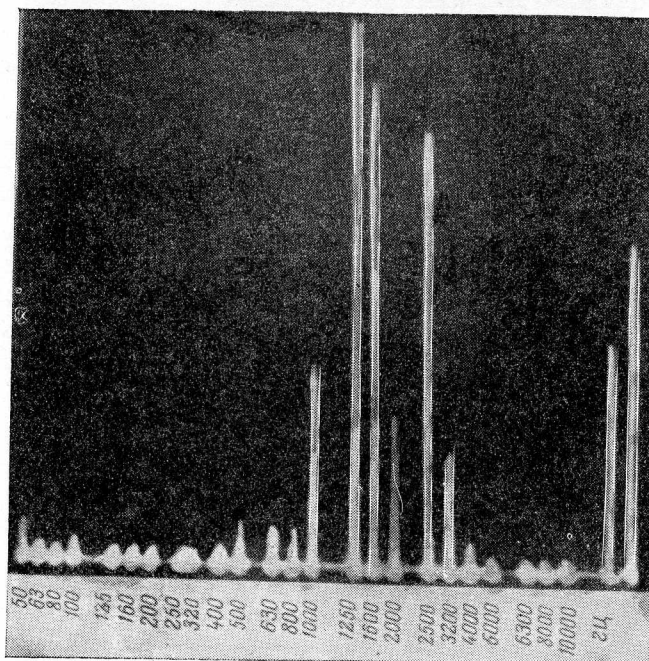


Рис. 4. Спектрограмма «пружинных» звуков, издаваемых зубариком.

**Светлый горбыль — *Corvina umbra* (Linnè) и
темный горбыль — *Sciaenops ocellatus* (Linnè)**

Наблюдения, проведенные в аквариуме над светлым горбылем, показали, что эта рыба издает хруст во время схватывания и пережевывания пищи. Самопроизвольно издаваемых звуков у светлого горбыля не наблюдали. Так же вел себя и темный горбыль. Спектр хруста светлого горбыля охватывает частоты от 500 до 4000 *гц*. Темный горбыль создает более широкий спектр — от 63 до 6300 *гц*. Этим различием спектрального состава и определяются оттенки в звучании хруста той или другой рыбы.

Морской кот — *Trygon pastinaca* (Linnè)

Морской кот, находясь в аквариуме, издавал два рода звуков: четкие бубнящие звуки низкого тона (ух-ух, ух-ух-ух) и хруст при поедании пищи. Во время прослушивания бубнящих звуков, записанных на пленку магнитофона, на экране спектрометра наблюдались кратковре-

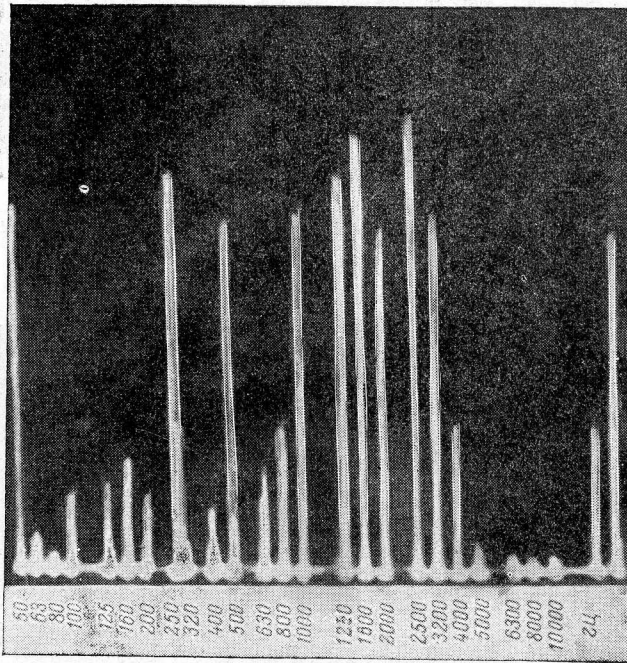


Рис. 5. Спектрограмма звуков, издаваемых морским котом (бубнящие звуки на фоне хруста).

менные импульсы (рис. 5), отбрасываемые одновременно против точек 250 и 500 *гц*. Хруст морского кота охватывал спектр частот от 63 до 500 *гц* с наиболее сильно выраженной частотой 1250 *гц*.

Барабуля — *Mullus barbatus ponticus* Essipov

Барабуля самопроизвольно издает отрывистое цоканье, охватывающее широкий спектр частот от 63 до 10 000 *гц* (рис. 6). Находясь у дна аквариума, барабуля шевелит усиками по песку, создавая шорохи, которые прослушиваются с помощью гидрофона. Однако интенсивность их значительно слабее цоканья.

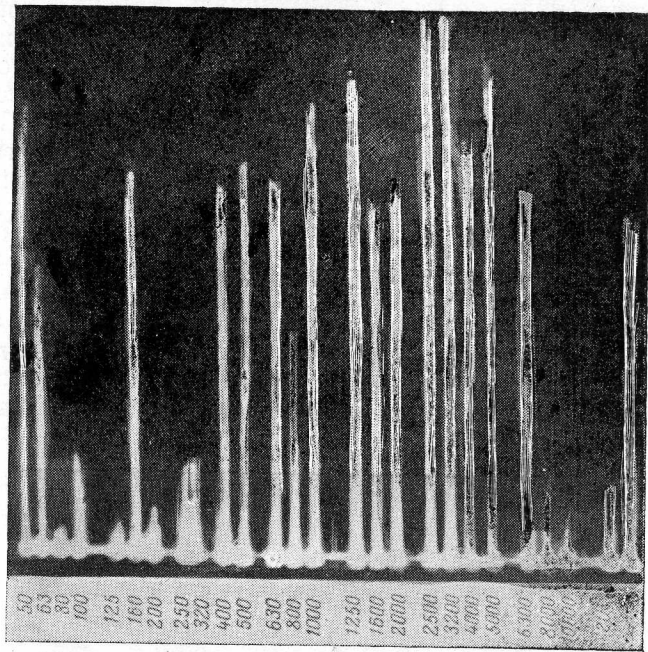


Рис. 6. Спектрограмма звуковых импульсов (отрывистых цоканий), издаваемых барабулей.

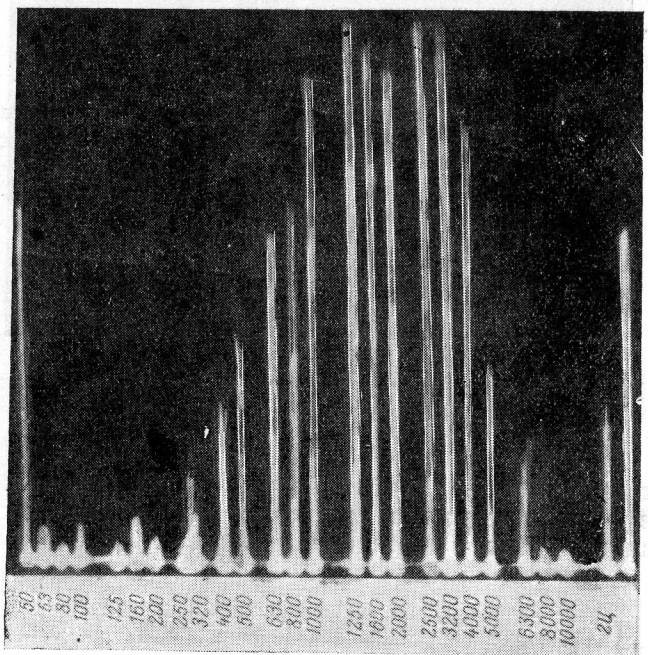


Рис. 7. Спектрограмма скрежета, издаваемого зеленушкой.

Зеленушка — *Labrus viridis prasostictes*

Зеленушка самопроизвольно издает три вида звуков: скрежет, хруст и громкие отрывистые ударные импульсы. Скрежет и отрывистые импульсы представляют собой настолько интенсивные звуки, что их отчетливо слышно невооруженным ухом на расстоянии 3—4 м от аквариума.

Скрежет зеленушки охватывает спектр частот от 63 до 6300 гц (рис. 7). Наиболее интенсивными в этом спектре являются частоты от 500 до 4000 гц.

Отрывистые импульсы, создающие впечатление ударных звуков, зеленушка издавала, находясь в покое. Они занимают более широкий спектр, а именно от 200 до 4000 гц.

Хруст зеленушка создавала через некоторое время после приема пищи. В отличие от описанных выше звуков зеленушки в хрусте ее преобладают более низкие частоты (от 320 до 1250 гц). Хруст, издаваемый зеленушкой, подобно аналогичным звукам, издаваемым другими рыбами, представляет собой не хаотический шум, вызванный измельчением пищи, а совершенно определенный для данного вида рыб частотный спектр. Прослушивая и сравнивая фонограммы хруста зеленушки, морского кота, ставриды, морского карася и других рыб, мы отличаем их на слух. Несмотря на то что всем рыбам давали одну и ту же пищу (мелко нарезанную рыбу), частотный спектр хруста, его оттенки, у различных рыб были различны. Это дает достаточное основание предполагать, что хруст рыбы издают в результате скрежета зубов, строение которых для каждой рыбы обуславливает свой частотный спектр.

Морской налим — *Gaidropsarus mediterraneus* L.

Прослушивание издаваемых налимом звуков производилось в аквариуме в ноябре. Самопроизвольно издаваемых звуков нам не приходилось слышать. Для того чтобы вызвать налима на большую активность, в аквариум бросали пищу (мелко нарезанную рыбу). Устремляясь к пище, налим издавал звуки, которые можно охарактеризовать как нечто среднее между урчанием и хрюканием. Спектр частот звуков, издаваемых налимом, лежит в пределах от 250 до 1000 гц. Этот спектр отчетливо виден на экране спектрометра при одновременном прослушивании фонограммы.

Акула катран — *Squalus acanthias* Linné

В одном из аквариумов находилась акула катран, длина которой составляла 60 см. Свободно плавая в просторном аквариуме, она не издавала никаких звуков. Когда же акуле бросали пищу (нарезанную рыбу), то, устремляясь к добыче и хватая ее, она издавала отчетливо слышимое урчание, составляющее спектр частот от 500 до 1600 гц с резко выраженными частотами 630, 1000 и 1250 гц. Звуки, издаваемые акулой, были записаны на фоне звуков, создаваемых каплями воды, стекавшими из трубы в аквариум (рис. 8 и 9).

ШУМЫ, СОЗДАВАЕМЫЕ РЫБАМИ В МОРЕ

Шумы, напоминающие скрежет зеленушки

Шумы, напоминающие по своему ритму и тембру скрежет зеленушки, неоднократно прослушивались в радиусе 100 м. Эти шумы слышны непрерывно, и интенсивность их уменьшается по мере удаления от области наибольшей громкости. Они охватывают спектр частот от 500 до 3200 гц.

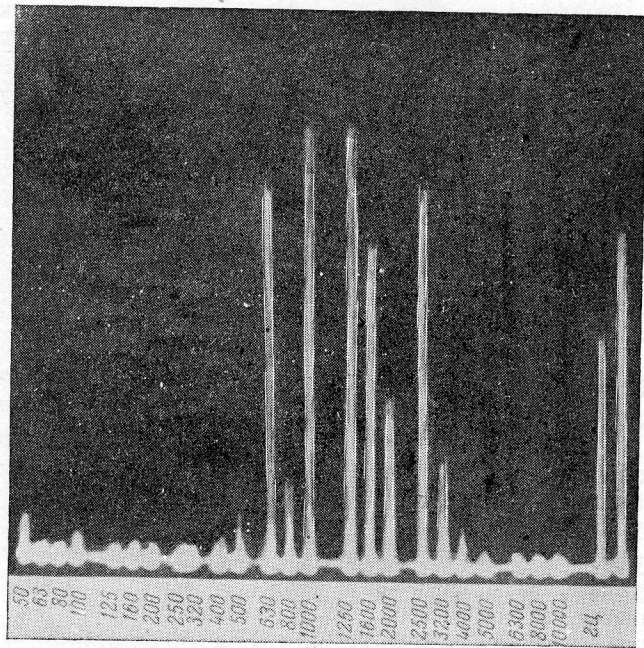


Рис. 8. Спектр урчаний, издаваемых акулой катран на фоне звуков, создаваемых каплями воды.

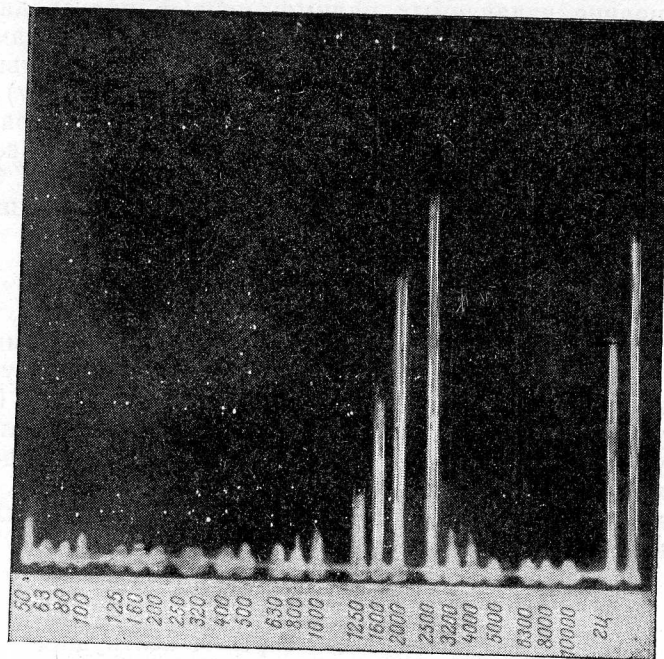


Рис. 9. Спектр звуков, создаваемых каплями воды, стекавшими в аквариум.

Шумы, создаваемые «барабанщиками»

Летом и осенью в различных районах Черного моря регулярно в вечернее время прослушивались звуки, напоминающие по своей частоте и ритму барабанный бой. Вид рыб, издававших эти звуки не был установлен, так как запись звуков производилась в море и возможность проведения наблюдений за рыбой была исключена. Звуки рыб «барабанщиков» настолько интенсивны, что их можно прослушивать в море в радиусе более 1 км. «Барабанщики» создают очень узкий спектр частот (от 250 до 500 гц); при этом происходит чередование частот 320

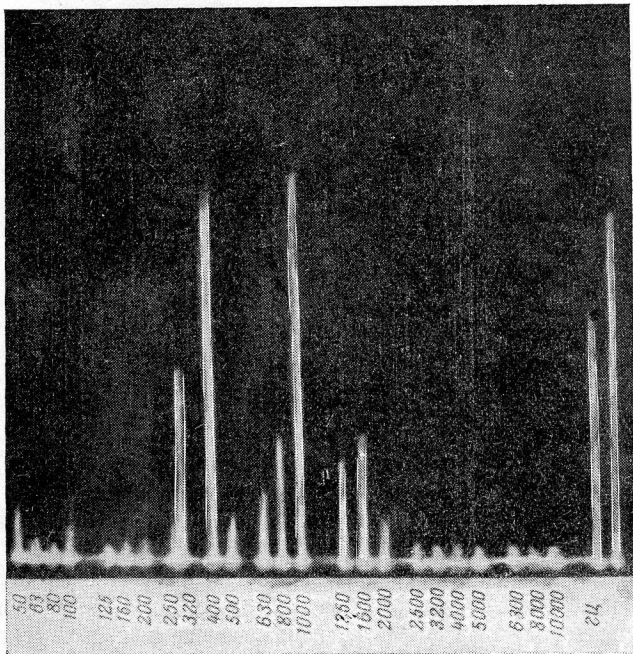


Рис. 10. Спектрограмма звуков, издаваемых «барабанщиками» на фоне шумов алфеусов и плеска воды.

и 400 гц, которое и создает эффект барабанного боя. Звуки «барабанщиков» прослушивались на фоне громких потрескиваний, создаваемых щелкающими рачками алфеусами, и плеска воды (рис. 10).

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ШУМЫ

Кроме шумов биологического происхождения, рыбы создают значительные гидродинамические шумы. На рис. 11 показана спектрограмма, отображающая гидродинамические шумы движущегося косяка ставриды, обнаруженного с помощью рыболокатора. Для записи шумов судно остановили и гидрофон опустили в воду на глубину 10 м. На пленку магнитофона были записаны периодически нараставшие и стихавшие звуки многоструйных всплесков; временами они дополнялись ровным нараставшим и постепенно стихавшим шипящим фоном. Фонограмма гидродинамических шумов косяка была проанализирована на спектрометре, имеющем диапазон частот от 40 до 16 000 гц.

Спектр частот рыбного косяка представлен четко и повторяется во всех кадрах с некоторыми вариациями. Наиболее интенсивно выражены частоты 40—80 гц, слабее 100—320 гц; начиная с 400 гц амплитуды

вновь нарастают и достигают наибольшей интенсивности при частотах 1600—4000 *гц*, после чего плавно снижаются до минимальных значений при частоте 16 000 *гц*.

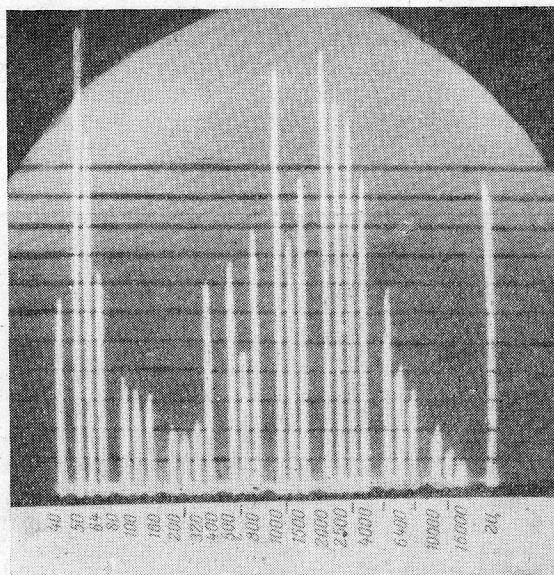


Рис. 11. Спектрограмма гидродинамических шумов движущегося косяка ставриды.

ЗВУКИ, СОЗДАВАЕМЫЕ АЛФЕУСАМИ

Щелкающие рачки алфеусы, несмотря на свои малые размеры, способны создавать весьма интенсивные шумы.

На рис. 12 приведена фотография алфеуса длиной 1,5 *см*. Этого алфеуса удалось извлечь с поверхности подводных камней; поместив алфеуса в банку с морской водой, за ним наблюдали в течение 42 дней с 30 октября по 12 декабря. Алфеус издавал щелчки, слышимые невооруженным ухом с расстояния нескольких метров. При этом создавалось впечатление звука, слышимого в момент возникновения трещины в стекле. Эти щелчки алфеус издавал самопроизвольно, не очень часто, но все же несколько раз в течение дня.

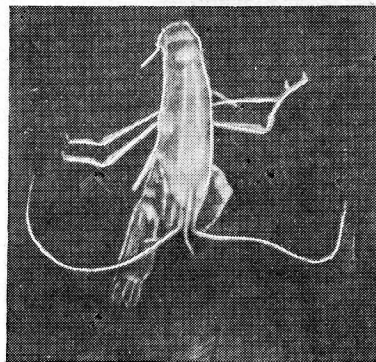


Рис. 12. Подопытный алфеус. Увеличен в 2,5 раза.

Когда потребовалось произвести запись щелчков алфеуса на магнитную пленку, удалось искусственно вызвать эти щелчки. Достаточно было слегка прикоснуться палочкой к большой клешне алфеуса, как последний издавал щелчок. Для записи издаваемых помещенным в банку алфеусом звуков был использован электродинамический микрофон, который устанавливали на различных расстояниях от банки.

Для записи щелчков алфеуса в естественных условиях его помещали в опущенный в воду марлевый садок объемом 2000 *см*³. С помощью тонкой палочки алфеуса вызывали на щелчки. По близости от садка в воду был опущен гидрофон. При этом стало возможно сопоставить зву-

ки щелчков одиночного алфеуса со звуками, исходящими от алфеусов, обитающих в естественных условиях. Звуки были очень похожи, и отличить их можно было лишь по разнице в уровне сигнала вследствие различных расстояний от гидрофона.

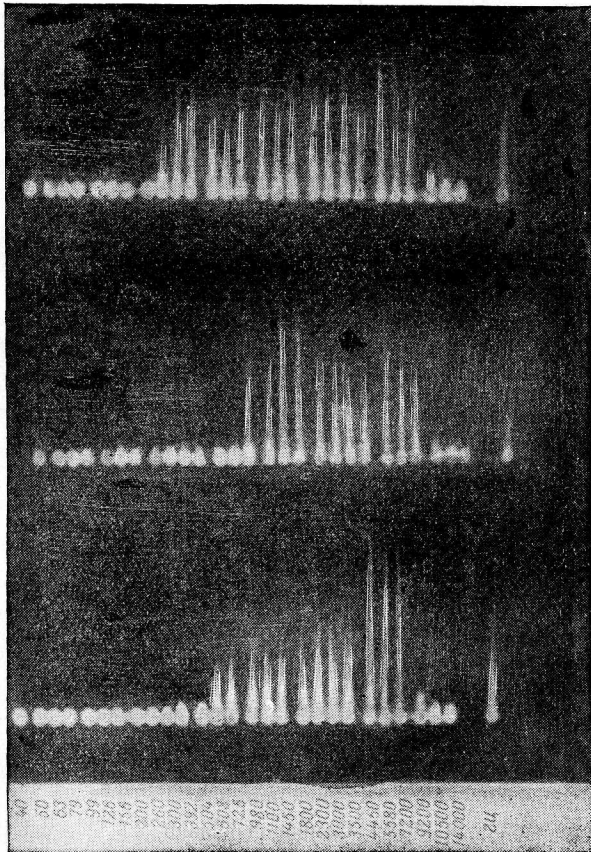


Рис. 13. Спектрограмма щелчков многочисленных алфеусов, записанных в разное время.

Спектр частот алфеуса, помещенного в банку, охватывает полосу частот от 100 до 6300 *гц*. На рис. 13 приведена спектрограмма шумов многочисленных алфеусов, записанных на расстоянии 25 м от скал, заселенных алфеусами. В этом случае спектр охватывал более широкую полосу частот — от 250 до 14 000 *гц*. Слабо выражены частоты ниже 300 и выше 7200 *гц*. Особенно сильно выделяются частоты от 4450 до 7200 *гц*. Наибольший уровень шумов алфеусов регистрировался вблизи скалистых берегов. Над песчаным дном алфеусов никогда не слышали.

На рис. 14 приведена сводная спектрограмма исследованных нами звуков, создаваемых рыбами.

Результаты проведенных наблюдений и записи звуков, создаваемых рыбами, позволили составить приведенную ниже таблицу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пределах технических возможностей применявшейся аппаратуры было установлено, что частотный спектр издаваемых рыбами звуков охватывает диапазон от 63 до 10 000 *гц*. Интенсивность звуков у различных рыб различна, наибольшая у «барабанщиков».

Величина звукового давления, создаваемого рыбами, может быть определена по формуле

$$p = \frac{U_{вх}}{\gamma} = \frac{U_{вых}}{K\gamma},$$

где p — звуковое давление в барах;

$U_{вх}$ — напряжение на входе измерительного усилителя в *в*;

$U_{вых}$ — напряжение на выходе измерительного усилителя в *в*;

K — коэффициент усиления измерительного усилителя;

γ — чувствительность гидрофона в *мкв/бар*.

Характеристика звуков, создаваемых рыбами различных видов

Виды рыб	Характер звука	В каких случаях издает звук
Ставрида <i>Trachurus trachurus</i> (Linné)	Звуки гребенки, по зубьям которой проводят пальцем Хруст	Самопроизвольно и при испуге При разжевывании пищи
Зубарик <i>Charax puntazzo</i> L.	Хруст Звук часовой пружины	При разжевывании пищи Самопроизвольно
Морской карась <i>Sargus annularis</i> (Linné)	Скрежет металла Звук часовой пружины Ударный импульс Хруст	Самопроизвольно " При испуге При разжевывании пищи
Светлый горбыль <i>Sciaenops ocellatus</i> (Linné)	Хруст	При разжевывании пищи
Темный горбыль <i>Corvina umbra</i> (Linné)	Хруст «Хряп-хряп»	При разжевывании пищи При еде и самопроизвольно
Морской кот <i>Urolophus haeckelii</i> (Linné)	Хруст Бубнящие звуки «ух-ух-ух-ух-ух»	При разжевывании пищи После проглатывания пищи
Зеленушка <i>Labrus viridis</i> <i>gracilistictes</i>	Цоканье громкое Цоканье, переходящее в скрежет «Ппу-ппу» Хруст	Самопроизвольно и при хватании пищи Самопроизвольно " "
Барабуля <i>Mullus barbatus</i> <i>porticus</i> Essipov	Цоканье менее громкое, чем цоканье зеленушки Негромкие шорохи при перебирании усиками по грунту	Самопроизвольно и при хватании пищи Самопроизвольно
Морской налим <i>Gaidropsorus mediterraneus</i> L.	Урчание	При хватании пищи
Акула катран <i>Squalus acanthias</i> Linné	Урчание	При хватании пищи
«Барабанщики»	Бубнящие ритмичные звуки	Самопроизвольно в море

При прослушивании шумов рыб «барабанщиков» напряжение на выходе измерительного усилителя составляло 5 в при чувствительности гидрофона $\gamma=10$ мкв/бар и коэффициенте усиления $K=50\,000$.

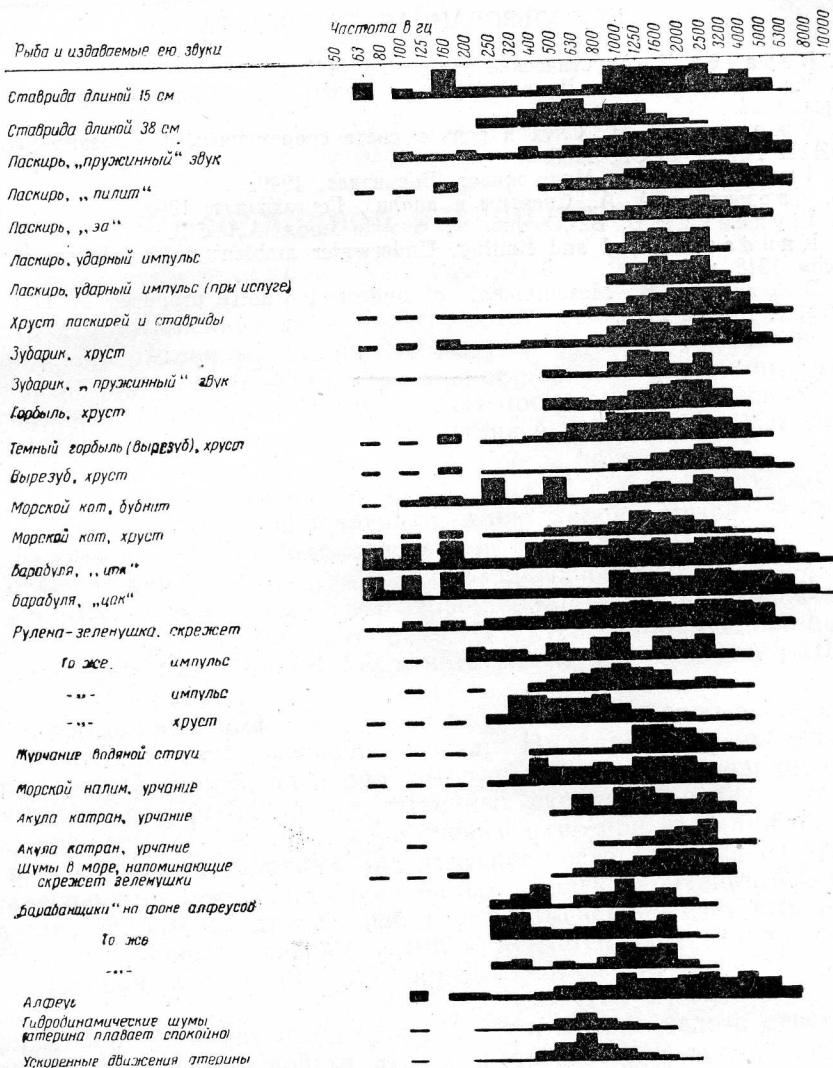


Рис. 14. Сводная спектрограмма издаваемых рыбами звуков.

В этом случае звуковое давление, создаваемое в точке приема, составляет

$$p = \frac{5}{5 \cdot 10^4 \cdot 10^{-5}} = 10 \text{ бар.}$$

Несмотря на то что рыбы многих видов способны издавать звуки, было бы большой ошибкой считать, что все рыбы постоянно интенсивно шумят и что по этим шумам можно определять присутствие их в данном районе. Наблюдения, проведенные в непосредственной близости к ставным неводам, а также в местах скопления рыбы, обнаруженной с помощью эхолота, показывают, что само по себе наличие рыбы не может служить гарантией возникновения интенсивного звукового

поля. Естественно, возникает предположение, что звуковая интенсивность рыб зависит и от времени года, и от многих биологических факторов.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Беранек Л., Акустические измерения, ИЛ, 1952.
2. Красильников В. А., Звуковые волны, Изд. технико-теоретической литературы, 1954.
3. Ржевкин С. Н., Слух и речь в свете современных физических исследований, ОНТИ НКТП СССР, 1935.
4. Тарасов Н. И., Море живет, Воениздат, 1949.
5. Харкевич А. А., Спектры и анализ, Гостехиздат, 1953.
6. Шулейкин В. В., Очерки по физике моря, АН СССР, 1949.
7. Knudsen Alfrod and Emling, Underwater ambient noise, «Journ. of Marine Research», 1948, v. VII.
8. Dobrin M. B., Measurements of underwater noise produced by marine life. «Science», v. 105, № 2714.