

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

---

# ВОПРОСЫ ИХТИОЛОГИИ

Том 5

*Выпуск 3*

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

---

МОСКВА - 1965

УДК 597.0/5—15

## О БИОЛОГИЧЕСКОМ ЗНАЧЕНИИ ЗВУКОВ НЕКОТОРЫХ РЫБ

В. Р. Протасов, Е. В. Романенко и Ю. Д. Подлипалин

*(Институт морфологии животных АН СССР, Акустический институт АН СССР,  
Горьковский государственный университет)*

Изучение звучания рыб преследует несколько целей: разработку приемов шумопеленгования рыб, способов привлечения и отпугивания рыб и выяснение физической структуры издаваемых рыбами звуков как компонента «биологических шумов», являющихся помехами гидроакустической техники (Токарев, 1958; Шишкова, 1958; Малюкина и Протасов, 1960; Тарасов, 1960; Протасов и Романенко, 1962, Фиш — Fish, 1954, 1956; Капур — Karoor; 1957, Бюснелл — Busnell, 1959; Моултон — Moulton, 1960; Таволга — Tavalga, 1960, 1960a; Фрейтаг — Freytag, 1961, 1961a). Важное теоретическое значение этих исследований заключается в том, что они дают материал для решения общебиологической проблемы общения между животными.

Звуки, издаваемые животными, можно классифицировать по самым разнообразным признакам (Фрейтаг, 1961; Марбер — Marber, 1961; Фрингс — Frings, 1962). Наиболее приемлемая классификация звуков рыб обычно строится с учетом морфологических, функциональных и поведенческих признаков. Морфологическая классификация основывается на рассмотрении структур звукопроизводящих органов; функциональная — на физиологических механизмах звучания; поведенческая — на роли различных звуков в общении рыб как между собой, так и с другими группами животных соответствующего биоценоза.

Детальное изучение «звучания» животных и нейрофизиологических механизмов органов звучания представляет большой эволюционный интерес. В этом свете изучение «звучания» рыб как класса наиболее древних позвоночных животных может дать интересный материал.

В последнее время в печати появилось много работ о звуках рыб, но биологическое значение этих звуков до сих пор изучено очень слабо.

В настоящей работе описываются звуки у пяти видов рыб, имеющие определенное биологическое значение.

## Материал и методика

Методика сводилась к регистрации звуков в определенных поведенческих ситуациях и к определению реагирования рыб на определенные сигналы. Кроме того, путем анатомирования японского ерша выясняли механизм звучания.

Звуки прослушивались и записывались аппаратурой, разработанной Акустическим институтом АН СССР, анализировались на осциллографе типа Н-102 и спектроанализаторе СЧ-7 с автоматической записью на самописце типа Н-110. Полученные спектрограммы показывают относительное

распределение частот в спектре издаваемых исследованными рыбами звуков. Для воспроизведения звука использовали герметически изолированный динамик и самих рыб.

Изучение велось в 1962 г. в устье р. Дона, в аквариумах Мурманского морского биологического института Кольского филиала АН СССР (ММБИ), в прибрежных водах острова Путятин (Японское море) и в озере на этом острове. Видовой состав и объем материала приведены в табл. 1.

Таблица 1

## Видовой состав и объем материала

Вид рыбы	Место и время сбора	Тип и характер звука	Число наблюдений
Судак [ <i>Lucioperca lucioperca</i> (L.)]	Дельта Дона, май	Оборонительный, ударный	20
Пикша ( <i>Gadus aeglefinus</i> L.)	Аквариумы ММБИ, октябрь	То же	10
Коллюшка девятиглая [ <i>Pungitius pungitius</i> (L.)]	Озеро о-ва Путятин, май — июнь	Оборонительный, ударный, скрипучий	30
Сахалинский подкаменщик ( <i>Cottus amblystomopsis</i> ) Schmidt	Залив о-ва Путятин, июнь	Оборонительный, ударный	10
Японский ерш ( <i>Sebastes schlegelii</i> ) (Hild.)	Воды колхоза «Путятин», прибрежные воды о-ва Путятин, июнь	То же	50

## Результаты исследования

**Судак.** Наблюдения за звучанием судака проведены во время его нереста в ерике р. Дон размером  $300 \times 5 \times 2$  м. Самка с самцом обычно устраивают игры. Самец готовит место для откладывания икры. Во время охраны икры от возможных врагов самец издает звуки угрозы, — низкие ударные импульсы (рис. 1). Звуковое давление наиболее интенсивных сигналов достигает 10 бар. Эти звуки издаются внезапно и вызывают у врагов судака оборонительную реакцию.

Издавая звуки угрозы, судак принимает характерную агрессивную позу: расправляет плавники, оттопыривает жаберные крышки, а затем резким движением бросается на приближающегося врага. Так же реагирует судак на индифферентные раздражители (поднесение мелких предметов). Крупные, резко подносимые предметы заставляют судака покидать гнездо. Однако спустя некоторое время он опять появляется над гнездом. При воспроизведении записанных на магнитофоне звуков угрозы излучателем, находившимся на расстоянии 3—4 м от судака, последний отвечал на них серией звуков ударного характера. Кроме звуков оборонительного значения, судак во время плавания в мутной воде на местах нереста издает двойной звук «дз-дз». Точное значение звука не выяснено; можно предположить, что судак издает его с целью ориентации.

**Пикша.** Наблюдения за звучанием баренцевоморской пикши проведены в октябре в аквариумах размером  $2 \times 1 \times 1$  м Мурманского морского биологического института.

Наряду со звуками, сопутствующими акту питания и движению, были зарегистрированы низкие «ворчащие» звуки, имеющие значение сигнала угрозы (рис. 2). Крупная 30—45 см пикша издает эти звуки при различных ситуациях: при действии на нее различных раздражителей, при взмахе рукой над аквариумом, при подплывании к пикше крупных рыб, при

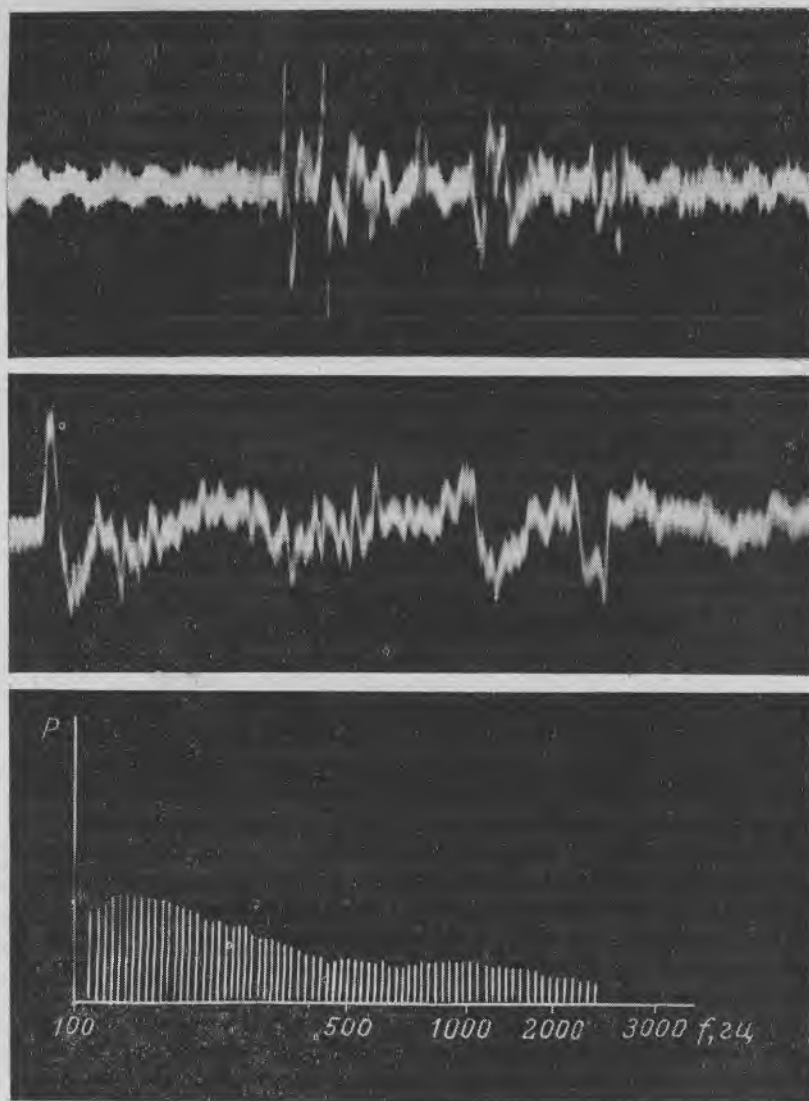


Рис. 1. Сигнал угрозы, издаваемый судаком. Вверху и по середине — общий характер сигнала; внизу — частотно-амплитудная характеристика сигнала

нападении ее самой на других рыб и т. д. Во всех этих случаях звуки, издаваемые пикшей, сопровождаются характерными позами угрозы: расправляются спинной и грудные плавники, растопыриваются жаберные крышки и дугообразно изгибается тело (рыба горбится).

Демонстрация угрожающей позы предшествует резкому движению в сторону раздражающего фактора.

Установлено, что пикша издает звуки при помощи плавательного пузыря, снабженного специальными мышцами (*m. m. sonifici*; Фиш, 1954).

Агрессивное поведение пикши аналогично поведению трески, описанному Вивьен (Vivien, 1961). По данным этого автора, агрессивное пове-

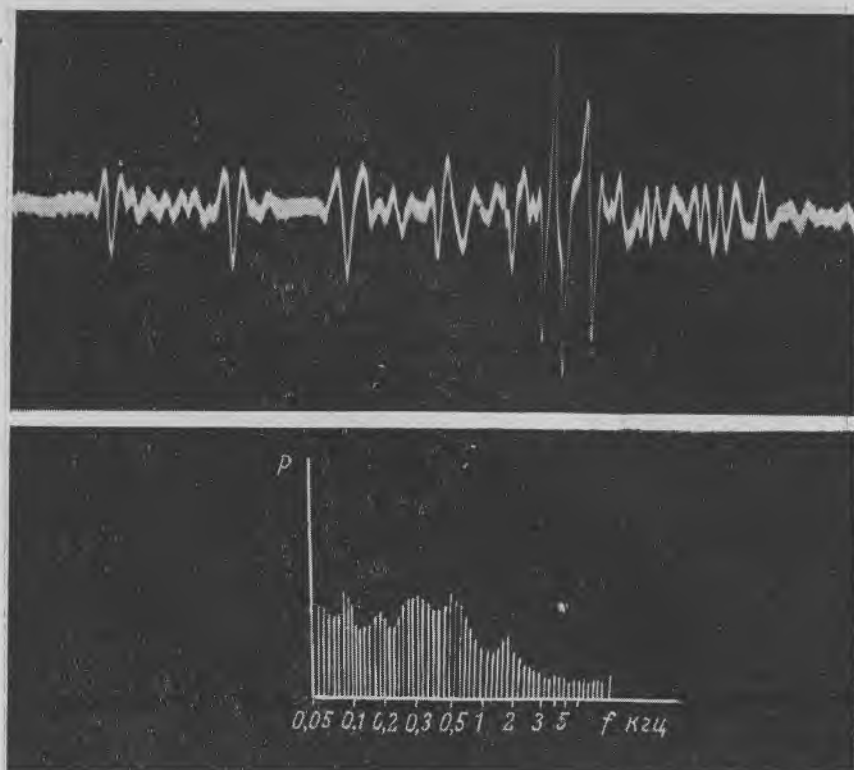


Рис. 2. Сигнал угрозы, издаваемый пикшей. Вверху — общий характер сигнала; внизу — частотно-амплитудная характеристика сигнала

дение трески осенью связано с рассредоточением преднерестовых скоплений этих рыб на кормовых банках. В этот период формируются «нерестовые пары» трески. Данные Вивьен совпадают с наблюдениями за распределением тресковых рыб в этот период в море.

Сигналы угрозы чаще издают крупные экземпляры пикши, поведение которых отличается от поведения мелкой пикши. Как известно, мелкая пикша держится стаями, крупная половозрелая пикша держится в это время как в аквариуме, так и в море, по данным наблюдений из гидростата (Киселев, 1962), разреженно и агрессивно. Крупная пикша обычно захватывает определенную территорию и может нападать на рыб, зашедших в ее район.

Японский ерш. Наблюдения за звучанием японского ерша велись в природных условиях и в бассейнах размером  $3 \times 3$  м колхоза «Путятин», во время размножения этих рыб. В бассейне был создан ландшафт, сходный с природным ландшафтом на местах лова рыб: каменистое дно, саргассовые заросли.

Детали поведения рыб во время выметывания личинок и взаимоотношения самца и самки в литературе не освещены, поэтому нам пришлось провести длительное наблюдение в природных условиях и в бассейне. Из наблюдений можно заключить, что самцы отыскивают и занимают подходящие участки зарослей. Если приближаются другие самцы или рыбы другого вида, ерш принимает агрессивную позу, как описанные выше виды, и издает ударный очень сильный звук или каскад таких звуков (рис. 3). Звуковое давление наиболее сильных звуков достигает 100 бар.

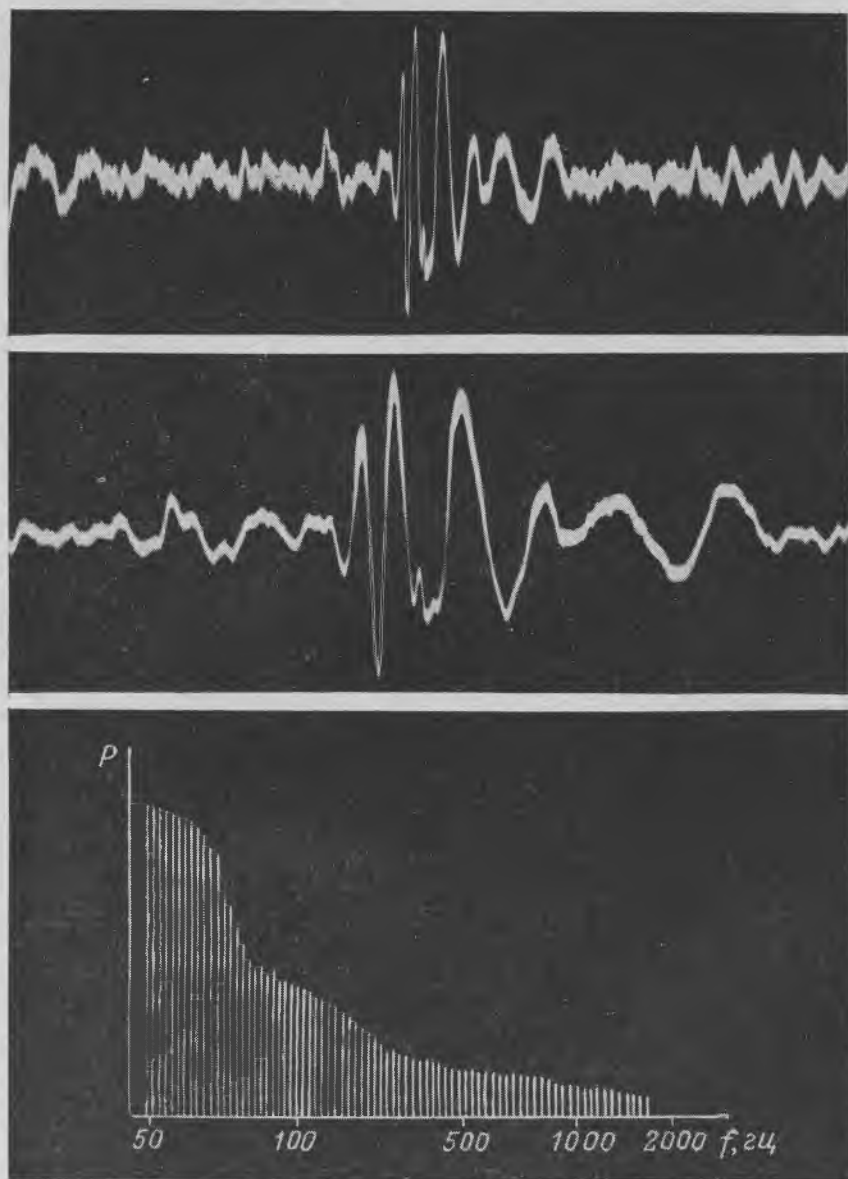


Рис. 3. Сигнал угрозы, издаваемый японским ершом. Вверху и посередине — общий характер сигнала; внизу — частотно-амплитудная характеристика сигнала

Размножение японского ерша сопровождается характерными брачными играми самца и самки. Самка как бы «танцует» перед самцом, плавая около зарослей вокруг и вверх — вниз. Самец все это время через каждые 20—25 сек. издает звук, напоминающий двойное постукивание «тук-тук». Интенсивность его в 10—50 раз слабее звука угрозы. Этот звук, по-видимому, имеет стимулирующее значение (рис. 4), так как одновременно с ним самка выметывает личинок, которые скапливаются в зарослях и охраняются самцом. В этот период самец становится агрессивным; он нападает даже на самку, с которой только что участвовал в нересте. Обычно

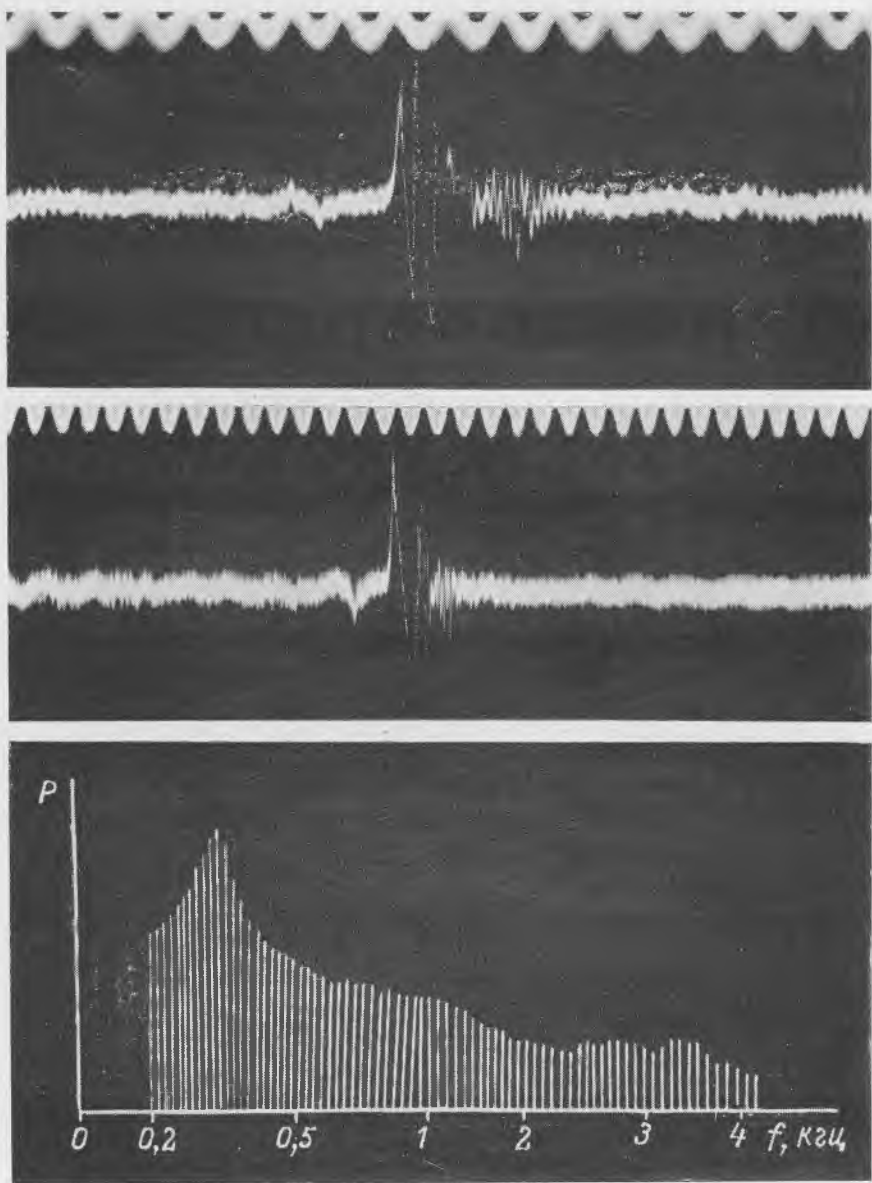


Рис. 4. Издаваемый японским ершом звук, имеющий стимуляционное значение. Вверху и посередине — общий характер сигнала; внизу — частотно-амплитудная характеристика сигнала

он держится в зарослях и яростно атакует разных рыб в радиусе около 1,5 м.

В бассейне самец неоднократно атаковывал даже тень сельди, которая плавала у поверхности в районе, охраняемом ершом. На звуки угрозы со стороны ерша сельдь обычно реагировала бегством в другой конец бассейна; при этом угрожающей позы ерша она из-за зарослей видеть не

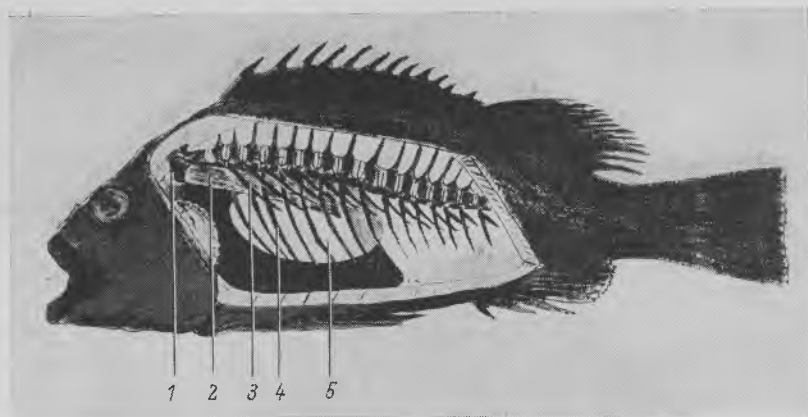


Рис. 5. Устройство издающего звуки органа у японского ерша. 1 — боковая затылочная кость черепа; 2 — *m. m. sonifici*; 3 — *eipleurale*; 4 — ребро; 5 — плавательный пузырь

могла. Это указывает на то, что звуки угрозы ерша, по-видимому, имеют межвидовой характер. При извлечении ставного невода ерши, попавшие в сеть, поднимают интенсивную звуковую перестрелку, которая обычно отчетливо прослушивается на фоне шума от работающего мотора, стоящего в нескольких метрах.

Самки ерша не способны издавать описанных звуков. Нами вскрыто 80 экз. рыб. (32 самца и 48 самок). Плавательный пузырь самцов (рис. 5) снабжен мышцами *m. m. sonifici*, самки лишены такой мускулатуры. Звук издается сокращением *m. m. sonifici* и усиливается плавательным пузырем. *M. m. sonifici* расположены по обеим сторонам плавательного пузыря. Одним концом мышцы прикреплены к боковым затылочным костям черепа, другим — более широким — к середине плавательного пузыря на уровне пятого ребра между ребром и *eipleurale*.

При раздражении мышц током (3—6 в) возникает еле слышный звук (хлопок), образующийся в результате их сокращения. Слабую интенсивность образующегося звука можно объяснить тем, что при слабом раздражении током не происходит сокращения всех мышечных волокон и воздействие *m. m. sonifici* на плавательный пузырь очень слабое.

Сахалинский подкаменщик. Звуки оборонительного значения (рис. 6) записаны в природных условиях. Это — низкие звуки с максимумом давления, приходящимся на 50 и 300 гц; давление их достигает 1—5 бар. В мелководном заливе острова с лодки был обнаружен подкаменщик, лежавший на дне между камнями. Когда к его голове на расстоянии 0,5 м приближали гидрофон, подкаменщик урчал. Никаких изменений позы рыбы при этом не замечалось. Такие же звуки издает баренцевоморской подкаменщик *Muoxoscephalus scorpius* L. Механизм звукообразования не выяснен. Барбер и Моубрей (Barber, a. Nowbray, 1956), изучавшие один



вид этого рода, предполагают, что звук у этих рыб образуется в результате вибрации жаберных крышек.

Колюшка девятииглая. За звучанием девятииглых колюшек наблюдали на озере острова Путятин во время их нереста. Перед размножением самцы колюшек устраивают гнездо, которое охраняют от других самцов-соперников. Агрессивно настроенные самцы обычно вступают с со-

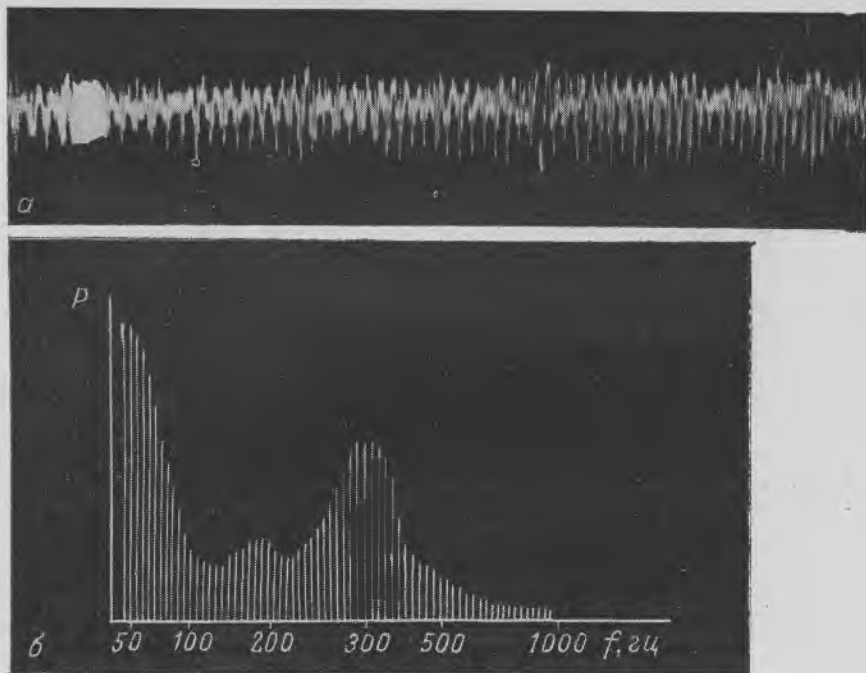


Рис. 6. Оборонительный звук, издаваемый сахалинским подкаменщиком. Вверху — общий характер сигнала; внизу — частотно-амплитудная характеристика сигнала

перниками в драки. При приближении самцов друг к другу тело их дугообразно изгибается, колючки напрягаются, рыбки делают резкие короткие движения на сближение. При этом издаются звуки двух типов: скрипы при изгибании тела и трески перед резким движением. Звуки эти очень слабые, десятые доли бара. Поэтому проанализировать их на приборах невозможно. Иногда самцы, вцепившись друг в друга, долго возятся между камнями, пока один из них не уплывет прочь. При этом возникают гидродинамические и механические звуки. Механизм звукообразования у колюшки не выяснен.

### Заключение

Издаваемые исследованными рыбами звуки сопровождают оборонительные и агрессивные реакции, возникающие у этих рыб во время нереста, во время охраны потомства и соперничества самцов.

Исследованные рыбы принадлежат к разным систематическим и экологическим группам, но имеют некоторые общие черты поведения во время нереста: подбор нерестовых пар и забота о потомстве. Это связано с захватом и охраной определенной территории. При этом рыбы активно испол-

зуют агрессивные и оборонительные звуки. Все они, за исключением звуков подкаменщика, имеют ударный характер с преобладанием низких частот в их спектре. Внезапное воспроизведение рыбами этих звуков пугает различных рыб. Поэтому звуки угрозы имеют, по-видимому, не только внутривидовое, но и межвидовое значение сигналов угрозы. Имитируя эти звуки, можно отпугивать рыб. Такой прием может быть при дальнейшей разработке использован в практике рыбного хозяйства.

Поступила  
17.IV.1964 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Киселев О. Н. 1962. Подводные исследования из глубоководного гидростата. Научно-технич. бюлл. Полярн. н.-и. ин-та рыбы. х-ва и океанограф. (ПИПРО), № 2—3С16—171.
- Малюкина Г. А. и Протасов В. Р. 1960. Слух, «голос» и реакция рыб на звуки. Усп. совр. биол., т. 50, вып. 2 (5).
- Протасов В. Р. и Романенко Е. В. 1962. Звуки, издаваемые некоторыми рыбами, и их сигнальное значение. Зоол. журн., т. XII, вып. 10.
- Тарасов Н. И. 1960. Живые звуки моря. М.
- Токарев А. К. 1958. О биологических и гидродинамических звуках, издаваемых рыбами. Тр. Всес. н.-и. ин-та морск. рыбн. х-ва и океанограф. (ВНИРО), т. 36.
- Шишкова Е. В. 1958. Запись и исследование создаваемых рыбами звуков. Там же.
- Barber S. B. and Mowbray W. H. 1956. Mechanism of sound production in the sculpin Science, v. 124, № 3214.
- Busnell R. G. 1959. Etude d'un appen acoustique pour la peche, utilise en Senegal et an Niger. Bull. de l'Inst. Franc.— Afrique Noire, A 21, № 1.
- Fish M. P. 1954. The character and significance of sound production among fishes of the Western North Atlantic. Bull. Bingham Oceanogr. Coll., v. 14, art. 3.
- Fish M. P. 1956. Animal sounds in the sea. Sci. Americ., v. 194, № 4.
- Freitag G. 1961. Heringsschwarmgeräusche. Inform. Fischwirtschaft, Bd. 8, № 5—6.
- Freitag G. 1961a. Die bisherige Kenntnisse über tierische Lauterzeugung in Interwasserraum. Protocoll. Fischereitechn., Bd. 7, № 32.
- Frings H. 1962. Animal communication. Amer. J. Psychiatry, v. 118, № 10.
- Kapoor B. C. 1957. A study on the tongue of fishes. Inform. T. Ichthyolog., v. 6, № 4—6.
- Marler P. 1961. The logical analysis of animal communication. J. Theor. Biol., v. 1, № 3.
- Moulton J. M. 1960. Swimming sound and schooling of fishes. The Biol. Bull., v. 119, № 2.
- Tavolga W. N. 1960. «Foghorn» sounds beneath the sea. Natur. History, v. 69, № 3.
- Tavolga W. N. 1960a. Sound production and underwater communication in fishes. В кн.: Animal sounds and communication. Washington.