

ACADEMIA REPUBLICII POPULARE ROMÎNE
INSTITUTUL DE STUDII ROMÎNO-SOVIETIC

analele

ROMÎNO
SOVIETICE

3

1963

BIOLOGIE

SUNETELE EMISE DE UNII PEȘTI ȘI ROLUL LOR SEMNALIZATOR *

V. R. PROTASOV, E. V. ROMANENKO

Obiectul biohidroacusticii, un nou curent în biofizică, este studierea sunețelor emise de animalele acvatice și clarificarea rolului lor semnalizator. Istoricul biohidroacusticii a fost expus de noi într-o lucrare anterioară (Maliukina și Protasov, 1960).

Primele lucrări de biohidroacustică datează din timpul celui de-al doilea război mondial, când, datorită folosirii tehnicii de goniometrie acustică s-a pus problema perturbațiilor provocate de organismele acvatice vii. Încă de pe atunci a fost descoperit un mare număr de diverse sunete subacvatice intense de origine biofizică. Uneori, aceste sunete amortizau total zgomotul elivelor vasului în mișcare, alteori făceau să explodeze minele acustice. În scopul de a înlătura perturbațiile sonore „biologice”, în aparatura de goniometrare a zgomotelor au început să fie introduse filtre speciale. În legătură cu aceasta, în Japonia și S.U.A. au fost efectuate înregistrări și analiza acustică a sunețelor emise de unele animale din Oceanul Pacific și Atlantic. După război, multe țări (U.R.S.S., S.U.A., Japonia, Franța, Norvegia și altele) s-au ocupat cu descifrarea acustică a sunețelor biologice subacvatice și cu raionarea lor în mări. În aceeași perioadă apar cercetări speciale (Fish, 1954; Șișkova, 1958) consacrate analizei acustice a sunețelor emise de către pești; aceasta în legătură cu problemele de pescuit.

Încă în aceste lucrări s-a remarcat că mulți pești posedă un complex propriu de sunete, după care se pot descoperi locurile lor de aglomerare. După lucrarea lui M. Fish (1954), în U.R.S.S. și în alte țări au apărut cercetările lui I. M. Moulton (1956); W. Tavolga (1958); V. R. Protasov și M. P. Aronov (1956) privind elucidarea rolului semnalizator al sunețelor emise de pești și alte organisme acvatice: biohidroacustica a devenit un nou curent în ecologia animalelor și un capitol al acusticii fiziologice.

Sarcina de bază a biohidroacusticii o constituie studierea raporturilor reciproce acustice dintre organismele acvatice. Transmit oare animalele acvatice semnale care să vestească pericolul, locul unde se găsește hrana, așa cum fac, de exemplu, păsările și numeroase mamifere? Care anume organe și cum efectuează această semnalizare?

Firește că singurul mijloc de a răspunde la toate aceste întrebări îl constituie experiența. Sunețele animalelor acvatice însoțesc de obicei anumite reacții de

* *Zvuki, izdavaemie nekotórîmi ribami, i ih signalnoe znacenie*, „Zoologhiceskii jurnal”, vol. 41, 1962, nr. 10.

comportament, de aceea pentru descifrarea semnificației lor biologice este necesară reproducerea experimentală a acestor reacții (alimentarea, atacul, apărarea), concomitent cu înregistrarea sunetelor ce se produc. O dovadă a rolului semnalizator al diferitelor sunete o constituie posibilitatea de a dirija comportarea organismelor, provocând prin sunet reacția corespunzătoare.

Organizarea experiențelor de elucidare a rolului semnalizator al sunetelor emise de pești și de alte organisme acvatice poate fi realizată numai cu condiția de a înregistra și de a reproduce perfect sunetele în apă și de a cunoaște detaliile raporturilor reciproce biologice dintre acele organisme.

Elucidarea rolului semnalizator al sunetelor emise de organismele acvatice, în special de pești, poate avea o mare importanță practică. Imitarea sunetelor cu rol semnalizator poate constitui baza pentru elaborarea unor metode acustice de atragere sau de speriere a peștilor în timpul pescuitului.

Studierea rolului semnalizator al sunetelor este legat de studiul general al semnalizării la organismele acvatice. Din acest punct de vedere, un interes deosebit prezintă analiza tipurilor de detecție: lumină electrică, acustică, infrasonoră și ultrasonoră.

Numărul imens de specii ale faunei acvatice ce trăiesc în diferite condiții a determinat apariția la reprezentanții ei a unei mari diversități de structură și funcție a organelor de emisie și de recepție a sunetului. Mulți pești, de exemplu, sînt în stare să se orienteze după sursele de sunete ce au o frecvență foarte mică și cu lungimea de undă mare. Organele lor de recepție a sunetului (linia laterală și urechea internă) permit localizarea în spațiu a surselor de sunete de frecvență mică și mijlocie după un principiu deosebit de principii folosite în tehnica radarului. Tot atât de interesant este modul de emiterie de către pești a unor sunete care se deosebesc printr-o eficacitate mare. Studierea biofizică a modelelor vii de emițători și receptori perfecți ai sunetului poate prezenta interes pentru tehnica hidroacusticii. Acestea sînt pe scurt sarcinile ce stau în fața biohidroacusticii.

Comunicarea de față constituie o parte din lucrările noastre de biohidroacustică, efectuate sub conducerea academicienilor N. N. Andreev și B. P. Mantefel. În lucrare sînt descrise sunetele emise de unii pești, se elucidează semnificația lor semnalizatoare și biologică și se descriu experiențe privind elucidarea capacității peștilor de a determina direcția spre sursa de sunete subacvatice.

MATERIALUL ȘI METODICA

Experiențele și observațiile au fost efectuate în anii 1960—1961 pe pești marini și dulcicoli din Marea Neagră, lacul de acumulare din Ribinsk, de la gura Donului, din apele Regiunii Moscova, precum și din acvariile și bazinele grădinii zoologice din Moscova, ale Universității din Moscova și ale Laboratorului de ihtiologie al Institutului de morfologie animală al Academiei de Științe U.R.S.S. Au fost studiate peste 40 de specii de pești marini și de apă dulce¹. Volumul și caracterul materialului analizat în articolul de față sînt prezentate în tabel.

Înregistrarea sunetelor s-a efectuat în diapazonul de frecvențe acustice de la 50 pînă la 10 000 Hz, cu ajutorul unor aparaturi transportabile de înregistrare a sunetelor, construită în mod special și compusă dintr-un hidrofon cu sensibilitatea de 40 μ W/bar și dintr-un magnetofon „Reporter 2”, cu un amplificator perfecționat.

¹ Descrierea completă a sunetelor emise de pești va fi dată în „Atlasul sunetelor emise de pești”, care se află în curs de pregătire pentru publicare.

Pentru elucidarea caracterului general al semnalelor acustice, acestea au fost fotografiate cu ajutorul oscilografului cu buclă MPO-2. Fotografierile se efectua în timpul reproducerii înregistrării magnetice. Fotografiiile prezentate mai jos relevă particularitățile temporare și de amplitudine ale semnalelor acustice emise de pești. Pentru elucidarea caracteristicii de frecvență și amplitudine, înregistrările erau analizate cu ajutorul analizatorului spectral (de tipul ASCH-1).

Pentru stabilirea rolului biologic al sunetelor au fost efectuate numeroase observații experimentale asupra legăturii dintre anumite reacții de comportament și sunetele de care erau însoțite. În unele experiențe s-a clarificat rolul semnalizator al sunetelor. Pentru aceasta, sunetele înregistrate erau reproduse în apă cu ajutorul unui emițător izolat de apă.

Ca sursă de sunete au fost folosiți deseori chiar peștii. Separând în acvarii și bazine peștii emițători de sunete printr-un tifon opac conducător acustic în două părți și forțând peștii dintr-un compartiment să emită sunete (când erau speriați sau hrăniți etc.), am observat comportamentul peștilor din celălalt compartiment. Controlul sunetelor emise de pești se efectua cu ajutorul hidrofonului (tabel 1).

Pentru elucidarea posibilității de percepere a sunetelor emise de pești, acestora li s-au elaborat reflexe condiționate la sunetele emise de ei în timpul hrănirii. Ca excitant recondiționat a servit hrana. O metodă analogă a fost folosită și la elucidarea capacității peștilor de a determina direcția în care se află sursele sunetelor. În acest caz, pentru a exclude posibilitatea de elaborare la pești a reflexului condiționat legat de la locul respectiv, se foloseau doi emițători identici.

Observațiile asupra comportamentului peștilor în timpul emiterii sunetelor se efectuau în mare cu ajutorul unui echipament subacvatic special și în acvarii prin filmare.

DATELE EXPERIMENTALE ȘI DISCUȚIA LOR

Sunete biologice emise în bazinele acvatice. Pentru o serie de mări este stabilit că emiteria sunetelor de către animalele acvatice variază în funcție de anotimp și de oră (Dobrin, 1947). Maximele emiterii sunetelor coincid cu perioadele de înmulțire a animalelor acvatice și cu nutriția lor. Datele noastre confirmă această concluzie. Peștii din Marea Neagră (corbii de mare, *Crenilabrus ocellatus*) încep să emită sunete în perioada reproducerii (mai—august). Acești pești emit cel mai intens sunetele în amurg și în zorii zilei, atunci când se hrănesc. Periodicitatea emiterii sunetelor de către animalele acvatice se manifestă cel mai clar în apele dulci (lacul Senej, Regiunea Moscova, lacul de acumulare Ribinsk). Iarna sub gheață n-au fost semnalate sunete biologice. Liniștea încetează în aprilie—mai; apar sunetele care însoțesc hrănirea peștilor. La sfârșitul lunii mai — începutul lunii iunie apar sunetele specifice, ce sînt în legătură cu reproducerea peștilor. De exemplu, chițăitul babușcăi, sunetele caracteristice plăcii, ciocănitul bibanilor etc. În acea perioadă, fondul acustic din bazin se schimbă mult în cursul zilei și nopții. Fondul acustic are valoarea maximă la apusul soarelui și în cursul nopții. Se aud diverse sunete hidrodinamice (plescăitul peștilor care vinează prada), sunete produse de organisme necunoscute, care amintesc sunetele greierilor, orăcăitul broaștelor, țipetele păsărilor acvatice nocturne etc. Ziua, 80% din sunetele de origine biologică dispar. Toamna, sunetele biologice încetează în bazinele acvatice.

Observațiile efectuate direct în natură, care arată legătura dintre procesul de emiteria sunetelor în masă de către pești și reproducerea acestora, au fost con-

Tabel

Nr. crt.	Speciile de pești	Caracterul experiențelor și observațiilor	Data observațiilor
1	Morunul (<i>Huso huso</i> L.)	A (d,p,n,o)	1960–1961 V–1961
2	Nisetrul (<i>Acipenser güldenstädti</i> Br.)	A (d,p,b)	V 1961
3	Păstruga (<i>Acipenser stellatus</i> Pall.)	A (d,p)	V 1961
4	Babușca (<i>Rutilus rutilus</i> L.)	A (d,p,n,b)	V 1961
5	Plătica (<i>Abramis brama</i> L.)	A (d,p,b)	V 1961 1960–1961
6	Somnul (<i>Silurus glanis</i> L.)	A (d,p)	IV 1961
7	Știuca (<i>Esox lucius</i> L.)	A (d,n,p)	V 1961, IV 1961
8	Mihalțul (<i>Lota lota</i> L.)	A (d,n,p,o)	I 1961
9	Țiparul (<i>Misgurnus fossilis</i> L.)	A (d,p,o)	1960–1961
10	Crapul (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	A (p,d,o)	1960–1961
11	Văduvița aurie (<i>Leuciscus idus</i> var. orphus L.)	A (p,d)	1960–1961
12	Linul (<i>Tinca tinca</i> L.)	A (p,d)	1960
13	Caracuda (<i>Carassius carassius</i> L.)	A (p,d,n,b)	1960–1961
14	Plevușca (<i>Leucaspis delineatus</i> Heckel)	A (p,d,b)	1960–1961
15	<i>Liocassis herzensteini</i>	A (p, d,u,o)	1960
16	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> Val.	A (p,d)	IX 1960
27	Anguila (<i>Anguilla anguilla</i> L.)	A (p,d,o)	1960–1961
18	Amurul alb (<i>Ctenopharyngodon idella</i> Val.)	A (p,d)	IX 1960
19	<i>Ophicephalus argus warpachowskii</i> Berg	A (p,d)	IX 1960
20	Șalăul (<i>Lucioperca lucioperca</i> L.)	A,B (p,d,o)	II–III 1961
21	Bibanul (<i>Perca fluviatilis</i> L.)	A,B,C (p,d,o)	I–IV 1961
22	Corbul de mare (<i>Corvina nigra</i> L.)	A,B	VII–VIII 1961
23	<i>Crenilabrus tinca</i> L.	A,B,C (p,d,o)	VII–VIII 1961
24	<i>Crenilabrus ocellatus</i> For	A,B,C (p,d,o)	VII–VIII 1961
25	<i>Crenilabrus griseus</i> L.	A,B (p,d,o,u,n)	VII–VIII 1961
26	Galea (<i>Gaidropsarus mediterraneus</i> L.)	A (p,d)	VII–VIII 1961
27	Chefalul (<i>Mugil auratus</i> Risso)	A (p,d,o)	VII–VIII 1961
28	Stavridul (<i>Trachurus trachurus</i> L.)	A (p,d,o)	VII–VIII 1961
29	<i>Chara puntazzo</i> L.	A (p,d,o)	VIII 1961
30	<i>Sargus annularis</i> L.	A (p,d,o)	VIII 1961
31	Barbunul (<i>Mullus barbatus ponticus</i> E.)	A,B (p,d)	VII–VIII 1961
32	Acul de mare (<i>Sygnathus nigrolineatus</i> Eichw.)	A (d)	VIII 1961
33	Smaridul (<i>Smaris smaridus</i> L.)	A,B (p,d)	VII–VIII 1961
34	Limba de mare (<i>Solea lascaris</i> (Risso))	A,B (p,d)	VII–VIII 1961
35	Căluțul de mare (<i>Hippocampus hippocampus microstephanus</i> Hast.)	A (p,o)	VIII 1961
36	Aterina (<i>Atherina hepsetus</i> L.)	A (p,d)	VII–VIII 1961
37	Betta splendens Regan	A,B,C (p,d,u,n)	1960–1961
		A,B	IX–XII 1960
38	<i>Pterophyllum eimekei</i> E. Aul.	(p,n,d,u,o)	IX–XII 1960
		A, B, C	IV–V 1961
39	<i>Cichlasoma nigrofasciata</i>	(p,n,d,u,o)	IV–V 1961
40	<i>Macropodus opercularis</i> L.	A (p,d)	IX 1961
41	<i>Trichogaster trichopterus</i> Pall	A (p,d)	IX 1961
42	Tilapia galilala Artedi	A (p)	I–II 1961
43	Zebra (<i>Danio rerio</i>)	A (p,d)	I–II 1961

Semne convenționale: A – înregistrarea și analiza sunetelor (p – nutriția d – mișcarea, n – reproducerea, u – amenințarea, o – orientarea, b – durerea, B – experiența care clarifică rolul semnalizator al sunetelor; C – experiențele ce elucidează capacitatea peștilor de a determina direcția sursei sunetelor

firmate de noi pe cale experimentală pe pești de acvariu (*Betta splendens* și *Pterophyllum einnekei* etc.). Stimulând sau inhibând reproducerea și intrarea acestor pești în starea ce precede reproducerea, se poate intensifica sau reduce în mod voluntar activitatea lor acustică.

Sunetele ce însoțesc hrănirea peștilor. Trebuie să remarcăm sunetele emise de pești când apucă și mestecă hrana. Sunetele ce însoțesc hrănirea sînt necondiționate, ele însoțesc actul hrănirii.

După caracterul nutriției, peștii pot fi împărțiți în răpitori (ihtiofagi) și „pașnici”, care se hrănesc cu alte animale și cu organisme vegetale. Deosebirea în modul de nutriție se manifestă și în particularitățile acustice ale sunetelor emise de pești. Peștii „pașnici” sînt de regulă omnivori.

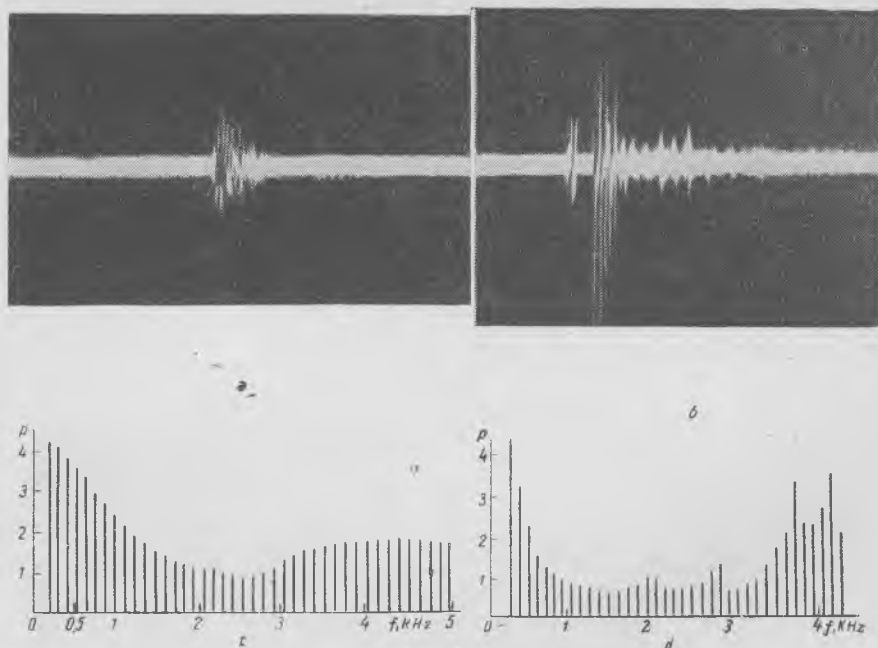


Fig. 1. — Sunetele emise de șalău (a, c) și de *Ophicephalus argus warchowskii*, (b, d) în timpul prehensiunii peștelui (plevușca):
a, b — caracterul general al semnalelor; c, d — caracteristicile de frecvență — amplitudinea sunetelor (pe axa absciselor este luată frecvența în kHz, pe axa ordonatelor amplitudinea componentelor spectrale în unități relative) (scara liniară).

Peștii răpitori și unii dintre peștii „pașnici” mari — știuca, șalăul, bibanii mari, *Ophicephalus argus warchowskii*, somnul, morunul, scorpia de mare, batoideele, rechinii, exemplarele mari de corb de mare, galea și alții — înghit de obicei peștele întreg fără a-l mesteca. Prehensiunea este însoțită de regulă de un sunet caracteristic ca o plesnitură sau lovitură la *Ophicephalus*, țipar, bibanii mari, galea, rechinul comun (*Acanthias acanthias*), de sunete specifice de „cloc” (somnul), și uneori de sunete specifice ascuțite (morunul). În figura 1 a și b sînt prezentate înregistrările sunetelor de prehensiune la șalău și la *Ophi-*

cephalus; în figura 1 c și d — spectrul lor de frecvență. Sunetele de prehensiune se deosebesc la peștii de diferite specii.

Peștii pașnici și unii pești răpitori — crapul, *Leuciscus idus var. orphus*, linul, caracuda, plevușca, babușca, corbul de mare, chefalul, stavridul și alții — se nutresc cu hrană variată (plante, organisme bentonice puțin mobile și plancton mobil). Trebuie să menționăm că sunetele emise de acești pești în timpul hrănirii depind de caracterul hranei. Dacă se hrănesc cu organisme puțin mobile (chironomide, midii etc.), sunetele de prehensiune nu se aud la majoritatea peștilor. Uneori, numai peștii cei mai flămânzi apucă hrana plescând și sugînd (țiparul, plătica și alții) și însoțind acest proces de un țacănit foarte estompat (*Crenilabrus ocellatus*). Dacă se hrănesc cu organisme mobile (gamaride, insecte etc.), în timpul prehensiunii prăzii emit de obicei sunete: țacănit (*Crenilabrus ocellatus*, exemplarele mici de corb de mare etc.), lovituri (bibanii mici, șalăii mici, *Pterophyllum limekei* etc.), un clefăit pronunțat (caracudele, crapii). Trebuie menționat că mulți pești „pașnici” apucă hrana fără a produce sunete.

Spre deosebire de peștii răpitori, toți peștii „pașnici” triturează de obicei hrana apucată, emițînd totodată sunete caracteristice, care amintesc sunetele ce se produc la frecarea unui obiect de o răzătoare sau sunetul ce se produce la prăjierea untului (plevușca) cu diferite nuanțe la diferiți pești; caracteristicile de frecvență — amplitudinea sunetelor de triturare și de împingere a hranei sînt apropiate și prezintă un spectru continuu, cu neregularitate în ce privește diapazonul de frecvențe, care nu depășește 5—6 decibeli. În figura 2 a și b este prezentată înregistrarea sunetelor de împingere a hranei la percoide (*Cichlosoma nigrofasciata*) și de triturare de către dinții faringieni la ciprinide; în figura 2 c și d este dat spectrul de frecvență al acestor sunete.

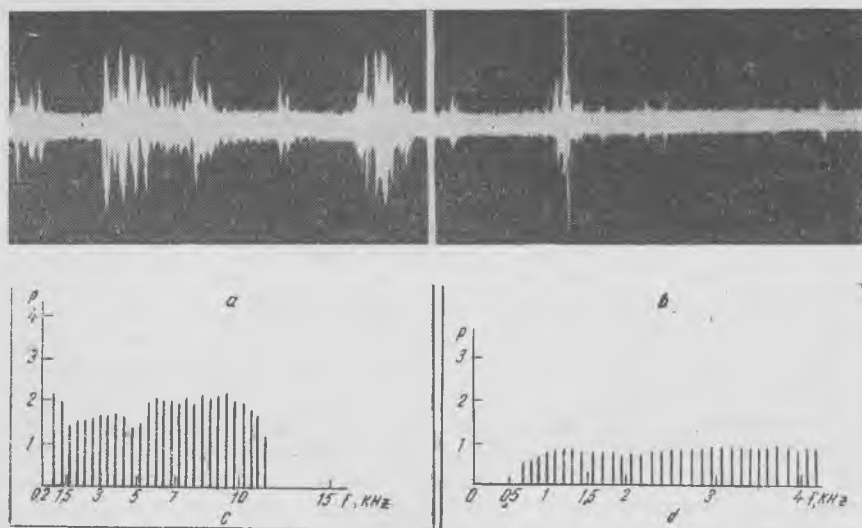
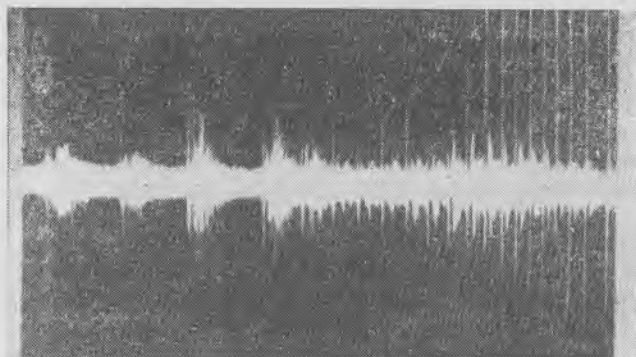


Fig. 2. — Sunetele emise de *Cichlosoma nigrofasciata* în timpul împingerii hranei (a, c) și de crapii în timpul triturării hranei cu dinții faringieni (b, d):

a, b — caracterul general al semnalelor; c, d — caracteristicile de frecvență — amplitudinea sunetelor.

Peștii emit sunete caracteristice în perioada excitației alimentare. *Charax puntazzo* emite un sunet care amintește țăcănitul motocicletei (fig. 3, a și b), morunul emite horcăituri puternice.



a

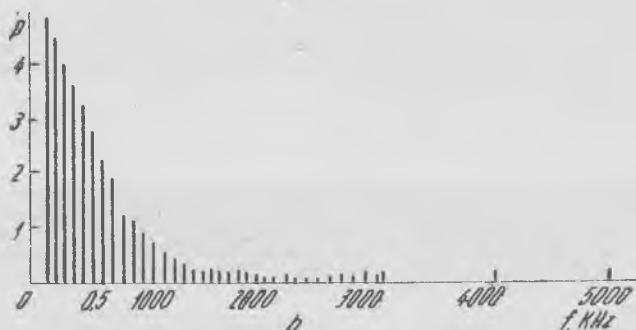


Fig. 3. — Sunetul emis de *Charax puntazzo* din Marea Neagră în perioada excitației alimentare:
a — caracterul general al semnalului; b — caracteristica de frecvență — amplitudinea sunetului

Dintre sunetele emise de pești în timpul hrănirii fac parte de asemenea zgomotele hidrodinamice ce se produc în timpul când peștele se repede la hrană. În prezentul articol, aceste sunete nu se analizează, deoarece principalele lor frecvențe sînt sub 50 Hz.

Perceperea de către pești a sunetelor emise în timpul hrănirii. Spectrul de frecvență a sunetelor de alimentare a peștilor acoperă de regulă diapazonul de la 50 pînă la 10 000 Hz, variația presiunii ajunge pînă la cîtiva bari. Particularitățile auzului la pești sînt următoarele: spectrul de frecvență acustică perceput este, la majoritatea peștilor (Maliukina și Protasov, 1960), situat între 25 și 13 139 Hz, iar sensibilitatea minimă este de 0,002 bari. Confruntarea acestor date permite să se tragă concluzia că sunetele emise de pești în timpul alimentării pot fi percepute de indivizii aceleiași specii. Pentru a confirma

această concluzie, am efectuat pe bibani o experiență de elaborare a reflexului condiționat la sunetele de prehensiune și de triturare a hranei. Experiența s-a făcut într-un bazin cu dimensiunile de 2 x 0,7 x 0,5 m, pe 17 exemplare de biban. Sunetele de alimentare erau reproduse printr-un emițător electrodinamic. Ca întărire a servit hrana (larve de chironomide). Bibanii flămânzi au reacționat chiar la prima reproducere a sunetelor de alimentare printr-o reacție pozitivă, vioaie, la majoritatea exemplarelor a apărut reacția de căutare pentru descoperirea hranei; o parte dintre pești s-au apropiat de sursa de sunete. După 18 combinații s-a elaborat un reflex condiționat stabil. După aceea, reflexul la sunete se manifesta chiar și în condițiile unor perturbații acustice puternice, și nu numai la sunetele care însoțesc hrănirea, ci și la o imitație grosolană a acestora. Astfel, perceperea de către pești a sunetelor de alimentare a fost demonstrată pe cale experimentală.

Paralel cu experiențele de elucidare a capacității peștilor de a percepe sunetele de alimentare, au fost efectuate experiențe în acvarii, în bazine și în mare pentru evidențierea capacității peștilor de a determina direcția în care se află sursele de sunete subacvatice. Materialele acestor experiențe confirmă datele din literatură (Maliukina și Protasov, 1960) referitoare la capacitatea peștilor de a determina direcția spre sursele de sunete. Într-un bazin (19 x 13 x 2 m), barbul și stavridul se orientau față de o sursă acustică cu frecvența de 500 Hz de la distanța de 5—6 m, care depășea lungimea de undă a sunetului; în mare, *Crenilabrus ocellatus* și limba de mare (*Solea lascaris*) reacționau în mod precis de la distanța de 4 m.

Rolul semnalizator al sunetelor de alimentare. Problema rolului semnalizator al sunetelor de alimentare s-a elucidat prin efectuarea unei serii de experiențe și observații.

Experiențele privind reacția bibanilor și a speciei *Crenilabrus ocellatus* au fost efectuate într-un bazin și în acvarii. Reproducerea sunetelor de alimentare (sunetele de prehensiune și de triturare a hranei) de către un biban flămând domesticit, efectuată într-un bazin cu dimensiunile de 2 x 0,7 x 0,5 m, provoca la acești pești o reacție pozitivă: reacții de explorare a hranei și o mișcare dirijată spre sursa sunetului. Dacă sunetele de alimentare erau reproduse de mai multe ori, fără întărire și prin hrană, reacția la aceste sunete se stingea la bibani. Aceasta arată natura reflex-condiționată a reacției elaborate.

Diferite specii de *Crenilabrus* emit, în timpul alimentării, sunete puternice: „tăcănit“ și sunete de triturare a hranei. Primele observații (Protasov și Aronov, 1960) au fost efectuate pe un grup de exemplare de *Crenilabrus ocellatus* și de *Crenilabrus tinca* flămânde, despărțite unele de altele printr-un perete despărțitor opac, dar conducător acustic, de câțiva pești care se hrăneau. Sunetele produse de peștii separați, ce se auzeau de după peretele despărțitor, provocau excitarea exemplarelor flămânde, care începeau să înoate activ prin tot acvariul. Totuși, reacții orientate în direcția sursei de sunete nu s-au produs. Numai în cazuri izolate, atunci când peștii de experiență se aflau la distanțe mai mici de 15 cm de peretele despărțitor, se observa mișcarea orientată în direcția sursei de sunete.

Ulterior a fost efectuată o experiență privind reacția peștilor din specia *Crenilabrus ocellatus* la sunetele de alimentare reproduse artificial. Majoritatea peștilor se excoitau și înotau direct spre sursa de sunete. Această reacție se pro-

ducea cel mai puternic în acvariu, dacă concomitent unul dintre exemplarele de pești efectua mișcări de explorare în apropierea emițătorului (semnal optic).

Rolul semnalizator al sunetelor de alimentare este confirmat de asemenea prin numeroase observații asupra comportamentului peștilor flămânzi în condiții experimentale. Peștii de acvariu (*Cichlosoma nigrofasciata*) emit în timpul triturării hranei sunete intense (fig. 2). Exemplarele flămânde de acest pește erau despărțite de exemplarele care se alimentau printr-un perete despărțitor opac, dar conducător acustic. În timpul emiterii sunetelor de alimentare la exemplarele de *Cichlasoma nigrofasciata*, situate de partea cealaltă a peretelui despărțitor, s-a înregistrat la început o reacție de orientare, apoi reacția de explorare a hranei. Exemplarele mai mari, situate la distanța pînă la 1 m de „sursa“ de sunete, reacționau printr-o mișcare permanentă spre sursa de sunete, căutînd să treacă prin peretele de tifon.

În observațiile noastre s-a remarcat în repetate rînduri o reacție pozitivă a unor exemplare de pești la sunetele de alimentare emise de alte exemplare. Aflîndu-se în apă tulbure, *Crenilabrus ocellatus* se apropia de alte exemplare care emiteau de la distanța de 10—30 cm sunete de prehensiune a prăzii. Masculul de *Betta splendens* descoperă foarte frecvent, după sunetele de alimentare, femela ascunsă — de la distanța de 50—60 cm. Sunetele de alimentare emise de pești joacă rolul de semnal nu numai pentru indivizii de aceeași specie. Foarte frecvent, ele capătă caracterul de semnale interspecifice.

În una dintre observațiile noastre, acvariul cu cîteva specii (șipari, *Liocassis herzensteini*, bibani de rîu și albaștri, barbuni și *Ctenopharyngodon idella*) era despărțit incomplet în două părți. Peștii puteau trece liber dintr-un compartiment în celălalt, deși aflîndu-se în diferite compartimente, ei nu aveau contact vizual. În momentele cînd în una dintre cele două desprășituri rămîneau pești de aceeași specie, aceștia erau hrăniți. Dacă peștii care se hrăneau erau șipari sau bibani, ceilalți pești, situați la distanța de 50—70 cm de aceștia, se excitau și treceau în compartimentul celălalt, imediat ce se produceau sunetele de alimentare. Trebuie să menționăm totodată că viteza reacției de răspuns a peștilor la sunetele de alimentare este practic instantanee, în timp ce viteza reacției de răspuns la aceeași pești (la martor), la sutul stors din hrană, se produce după cîteva minute și se manifestă într-un alt mod. Prin aceasta se exclude presupunerea că peștii sînt atrași spre locul de alimentare pe cale chimică.

La sunetele de alimentare ale peștilor „pașnici“ și ale celor răpitori, deosebit de clar reacționează peștii răpitori. La reproducerea sunetelor de alimentare emise de bibani, de *Liocassis herzensteini* și de șipari, bibanii flămânzi se mișcă direct spre emițătorul de sunete de la distanța de 10—80 cm.

Atît în experiențe, cît și în observații, reacția precisă, dirijată a unor pești la sunetele de alimentare emise de alți pești se produce la distanțe mici, de ordinul a cîtorva zeci de cm. În majoritatea cazurilor însă, sunetul de alimentare constituie un semnal de orientare, care este descifrat de către pești ca: „atenție“! Îmbinarea acestui semnal cu altele: vederea mișcării de explorare a peștilor (semnal vizual) sau sutul stors din hrană (semnal olfactiv și gustativ) provoacă imediat la pești o reacție orientată spre sursa de sunete. În literatură se cunosc fapte care arată de asemenea rolul semnalizator al sunetelor de alimentare. R. Brusnell, 1958 și J. Westenberg 1963 descriu metode de pescuit în

Africa și în Indonezia a peștilor răpitori prin momirea lor cu ajutorul sunetelor de alimentare emise de pești pașnici. Se cunoaște, de asemenea, de mult timp pescuirea somnului cu „clocul” (Sabaneev, 1911), care imită, pe cât se pare, sunetul emis de somn în timpul prehensiunii prăzii.

Sunetele ce se produc în timpul alimentării provoacă nu numai reacția pozitivă. Sunetele hidrodinamice, produse de peștii răpitori în timpul prehensiunii prăzii provoacă la peștii mărunți o reacție de apărare. În timpul sunetelor hidrodinamice produse de aruncarea corbilor de mare asupra hranei, atepinele mărunte se împrăștie din cîrd, oprindu-se și menținându-se imobile la suprafața apei (experiența a fost efectuată în condiții de lumină slabă).

Sunetele de agresiune și rolul lor biologic. Apărarea și atacul sînt elementele principale ale raporturilor reciproce intraspecifice și interspecifice la pești. Comportamentul agresiv al peștilor se manifestă deseori: în relațiile trofice, în apărarea teritoriului, în raporturile reciproce dintre masculi în perioada reproducerii. Am descris anterior semnalele de amenințare emise de *Crenilabrus sp.* sub forma de sunete de tobă (Protasov și Aronov, 1960). Semnalele sonore de amenințare produse în timpul excitației alimentare sînt emise de bibanii flămînzi (lovituri), care ridică în acel timp înotătoarea dorsală. Cele mai tari lovituri produc exemplarele cele mai puternice. Deseori, după aceste lovituri începe goana unui exemplar de biban puternic după altul mai slab, care a prins o pradă. O reacție netă a bibanilor (îndepărtarea), ca răspuns la aceste sunete, se manifestă la distanțe mici, sub 10 cm. Același fel de sunete (lovituri) emiț în timpul excitației alimentare unii pești marini: *Crenilabrus ocellatus*, *Sarguss annularis* ș.a. La peștii de acvariu, *Cichlosoma nigrofasciata*, *Betta splendens*, *Pterophyllum eimekei*, precum și la unii pești marini ca *Crenilabrus ocellatus* și *Sarguss annularis*, sunetele de amenințare se produc deseori în legătură cu apărarea teritoriului ocupat în acvariu. Din acest punct de vedere, cel mai demonstrativ este comportamentul peștilor *Cichlosoma nigrofasciata*. În acvariu, acești pești se grupează de obicei în perechi (un mascul și o femelă), ocupînd un anumit teritoriu. „Ocuparea” teritoriului duce la lupte. Masculii iau o poziție de amenințare la distanța de 15—30 cm și produc lovituri sonore întense. Exemplarele mărunte aflate în apropierea locului luptei, coboară la fund și iau o poziție de apărare. Observațiile au arătat că în perioada încăierărilor, aceste sunete nu apar în timpul loviturilor mecanice ale peștilor ce se lovesc unii de alții, ci sînt emise ca semnale de amenințare.

Sunete de amenințare sînt emise de masculii de *Cichlosoma nigrofasciata*, de *Betta splendens* și de *Pterophyllum eimekei* în timpul luptei pentru femele, precum și în timpul urmării femelei de către mascul. Experiențele de separare a peștilor prin pereți despărțitori opaci, dar permeabili acustic, au arătat că producerea acestor sunete în acvariu excită peștii. O reacție netă de apărare (îndepărtare, fugă) se manifestă de la distanța de cîtiva cm (sub 10 cm) de sursa de sunet. Reacția de apărare se manifestă cel mai clar la majoritatea peștilor în cazul unei acțiuni concomitente a semnalului acustic sonor cu cel „optic”.

Sunetele de amenințare se manifestă la pești nu numai sub formă de impulsuri de lovire. *Liocassis herzensteini* emite sunete de amenințare asemănătoare cu un scîrțîit puternic. Aceste sunete sînt emise de ei în timpul îndepărtării altui pește.

Fig. 4 a și b redă sunetele de amenințare ale peștilor din speciile *Pterophyllum eimekei* și *Cichlosoma nigrofasciata*. În figura 4 c și d este prezentat spectrul de frecvență al acestor sunete.

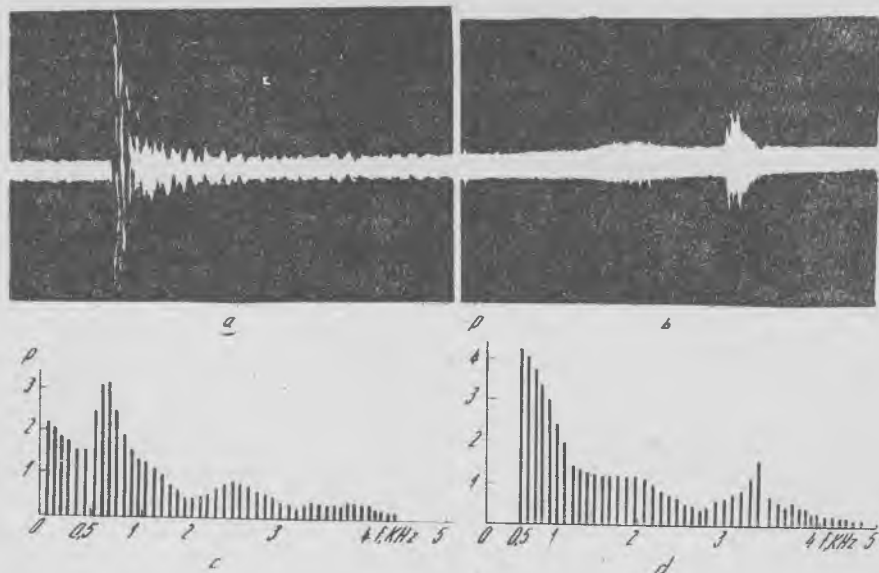


Fig. 4. — Sunetele de amenințare, emise de *Pterophyllum eimekei* (a, c) și de către *Cichlosoma nigrofasciata* (b, d):

a, b — caracterul general al semnalelor; c, d — caracteristicile de frecvență — amplitudinea sunetelor

Sunetele de spaimă și de durere la pești. Unii pești emit sunete și din cauza spaimii. Un chițait intens emite babușca care a căzut în năvod în perioada reproducerii. Sunetul este emis în timpul prigonirii năvodului. Aceste sunete au probabil un rol de apărare, stimulând peștii de aceeași specie aflați în apropiere să se salveze.

Sunete hidrodinamice caracteristice emit de spaimă cîrdurile mici de bibani, babușcă, puiet de aterine, ciprinide, *Crenilabrus ocellatus* etc. Semnalele acustice de spaimă ale peștilor au pe cît se pare un anumit rol semnalizator, permițînd indivizilor din cîrd să efectueze manevre rapide. Aceste constatări sînt relevate de unele date din literatură (Moulton, 1960). În fig. 5 sînt reprezentate sunetele de spaimă emise de cîrdurile mici de puiet de ciprinide. Spectrul acestor sunete conține mai cu seamă frecvențe mici.

În literatură (Hass, 1959) s-au formulat opinii, potrivit cărora peștii răniți trebuie să emită sunete de durere. În scopul elucidării acestei probleme am efectuat experiențe cu unii pești răniți. Exemplele mici de diferite specii (babușcă, caras, biban, *Crenilabrus ocellatus*, plătică, galea, stavrid etc.), nu emit sunete caracteristice cînd sînt răniți. Peștii mari (nisetru, țiparul, babușca și plătica), cînd sînt răniți, adesea emit sunete puternice; babușca și plătica un chițait puternic, iar nisetru și țiparul — țipete. În fig. 6, a și b sînt arătate sunetele emise de țiparii răniți. Aceste sunete se produc pro-

tabil în timpul contracției puternice a veziculei înotătoare și a intestinului, care elimină aer. Rolul semnalizator al acestor sunete nu este elucidat.

Utilizarea practică a sunetelor emise de pești. S-a arătat anterior (Maliukina și Protasov, 1960; Șișkova, 1958) că sunetele emise de pești sînt caracte-

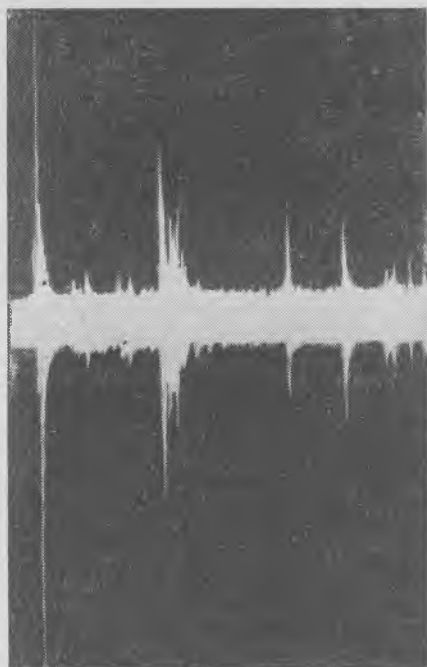


Fig. 5. — Sunetele de spaimă ale cîrdu- rilor de puiet de cîprinide

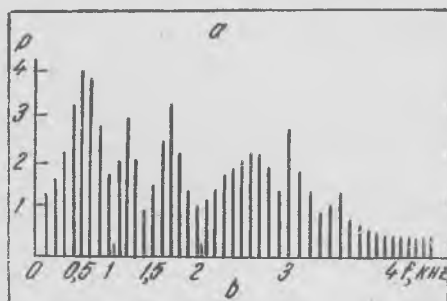
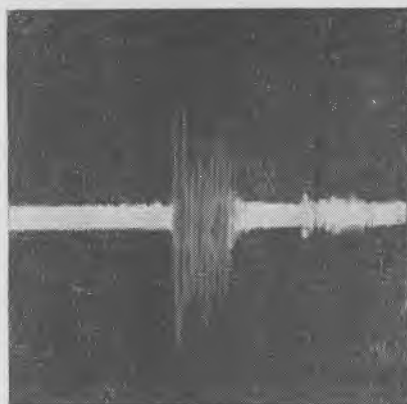


Fig. 6. — Sunetele emise de țiparul rânit: a — caracterul general al semnalului; b — caracteristica de frecvență — amplitudinea sunetului

ristice diferitelor specii și pot fi folosite în practica explorării piscicole la determinarea și descoperirea aglomerărilor de pești. Noi sîntem de părere, între altele, că după sunetele emise de peștii din bancuri se pot efectua cu ajutorul unui aparat cibernetic special automat observații asupra migrației bancurilor de pești industriali. O descriere amănunțită a acestei metode o vom da mai tîrziu.

O altă latură a aplicării practice a sunetelor emise de pești o constituie posibilitatea de a le folosi pentru momirea și pentru spericirea peștilor. În această direcție, problema încă nu este rezolvată definitiv (nu au fost efectuate experiențe de control în mare; nu s-au studiat diapazoanele ultrasonor și infrasonor ale majorității sunetelor). Datele obținute privind diapazonul sonor permit să se emită unele considerente provizorii. Din experiențele și ob-

servațiile efectuate asupra rolului semnalizator al sunetelor de alimentare și de amenințare ale diferiților pești rezultă că reacția motoare a peștilor la aceste sunete se manifestă la distanțe mici, iar la unii pești, numai cu participarea altor semnale. Această particularitate este, pe cât se pare, în legătură cu rolul principal jucat de un analizator sau altul în raporturile ecologice reciproce ale peștilor. Pentru peștii (siluride și alți pești) la care semnalizarea acustică este cea principală, sunetele ce au un rol semnalizator pot fi folosite în practica pescuitului pentru momirea și sporirea peștilor. Pentru majoritatea peștilor, la care pe lângă auz o mare importanță au vederea și mirosul; reacția de alimentare și de apărare (semnalul, conducerea și controlul) se manifestă în caz de acțiune a unui complex de semnale (sunet, lumină, substanțe chimice). Dirijarea comportamentului acestor pești se poate realiza prin acțiunea unui complex de semnale care asigură manifestarea reacțiilor, de explorare sau de apărare.

CONCLUZII

1. Sunetele emise de diferite specii de pești sînt caracteristice, ceea ce se poate constata prin auz și prin analiza acustică. Această particularitate poate fi folosită în practică.
2. Peștii sînt în stare să perceapă sunetele emise, iar la distanțe mici (pînă la 1 m) să determine direcția surselor acestor sunete.
3. La unii pești, sunetele de alimentare și de amenințare joacă rolul de semnale de atragere și de speriere, dar își exercită acțiunea la distanțe mici. La majoritatea peștilor, dirijarea reacțiilor alimentare și de apărare se poate realiza numai sub acțiunea complexă a cîtorva semnale (sunet, lumină etc.).
4. Sunetele de spaimă și durere emise de peștii răniți sînt caracteristice și au probabil o semnificație semnalizatoare.
5. Există motive să se considere că majoritatea sunetelor studiate reprezintă o parte dintre semnalele acustice care cuprind domenii mai largi ale spectrului acustic. În aceasta constă una dintre cauzele posibile ale exprimării slabe a reacțiilor majorității peștilor la semnalele biologice din diapazonul acustic.

BIBLIOGRAFIE

- Busnell R., *Étude d'un appen acoustique pour la pêche utilisée au Senegal et au Niger*, „Bull. de I.F.A.N.“, XXI, ser A, 1959, nr. 1.
- Dobrin M. B., *Measurement of Underwater Noise Produced by Marine Life*, „Sci.“, 105, 1947, 1247 (9).
- Fish M., *The Character and Significance of Sound Production among Fishes of the Western North Atlantic*, „Bull. Bingham Oceanogr.“, Collection. 14, 1954, art. 3, 1—109.
- Hass G., *Mivihodim ir morea*, M. Gheografiz, 1959.
- Maliukina G. A., Protasov V. R., *Sluh, „golos“ i reakții rib na zvuki*, „Usp. sovr. biol.“, vol. 50, 1960, 2 (5).
- Moulton I. M., *Influencing the Calling of Sea Robins (Prionotus sp.) with Sound*, „Biol. Bull.“, 3, 1956—3; *Swimming Sounds of Fishes*, „Biol. Bull.“, 119, 1960, 2, 210—223.

- Protasov V. R., Aronov M. P., *O biologicheskom znacenie zvukov nekotorih cernomorskih*, *Biofizika*, vol. 6, 1960.
- Sabaneev L. M., *Ribi Rossii*, M., 1911.
- Șișkova E. V., *Zapis i issledovanie sozdavaemih ribami zvukov*, „Tr. Vses. n. — i. in-ta morsk. ribn. h — va i okeanogr.“, 36, 1958.
- Tavolga W., *Courtship Songs of Bathygobius*, „Physiol. Zool.“, XXXI, 1958, 4.
- Westenberg J., *Acoustical Aspects of Some Indonesian Fisheries*, „J. Conseil permanent. Internat. explorat. Mer.“, 18, 1953, 311—325.
-