

WILHELM SÁNDOR

# NÉMÁK-E A HALAK?

## Biokommunikáció a halak világában

Jacques Cousteau, a neves francia óceánkutató 1953-ban írt könyvének s a később belőle készített filmjének is *A csend világa* címet adta. Valószínűleg reklámfogásként, figyelemfelkeltés céljából, hisz akkor már rég ismert volt, hogy a tengeri élőlények egy része távolról sem néma.

Már Arisztotelész, az ókori világ nagy görög filozófusa is ismert hat olyan földközi-tengeri hal-fajt, amelyek képesek hangokat hallatni, ám a halak hangadása jóformán csak a második világháború idején keltette fel a tudósok érdeklődését. Ekkor kezdtek meg ugyanis a különböző hanglokátorok, víz alatti mikrofonok bevetését a tengeralattjárók felkutatására, s nagy meglepetést keltett, amikor a műszerek csikorgó, morgó, kattogó, rőfögő hangok tömkelegét regisztrálták, s hamarosan kiderült, hogy tengeri halak a hangok kibocsátói.

Csoda is lett volna, ha az evolúció kihasználatlanul hagyja ezt a lehetőséget, hiszen míg a levegőben a hang terjedési sebessége 340 m/sec, a vízben ez ennek az értéknek majdnem ötszöröse, kb. 1450 m/sec, s ez az érték a nyomás és a sókoncentráció emelkedésével csak nő. Persze a halaknak nincs s a vízben nem is lehet a szárazföldi gerincesekéhez hasonló hangképző szerve, ezért másképpen oldják meg ezt a feladatot: egy részük csontos vázelemek (fogak, garatfogak, csigolyák) összedörzsölésével kelt ún. stridulációs hangokat, másik részük viszont az úszóhólyagját használja erre a célra. A Picasso-hal (*Balistes aculeatus*) a vállöv csontjaival püföli ritmusosan a gázzal telt hólyagot, az árnyékhalak (*Sciaenidae*) törzsük oldalsó izomkötegeivel rezgetetik úszóhólyagjukat, míg a tigrishalak



**A biokommunikáció [...] olyan terület, amely ma is kutatók sokaságát foglalkoztatja, s a kutatóeszközök fejlődésével még sok érdekességet tartogat a jövő természetbúvárainak is.**

(*Therapogonidae*) és morgóhalak (*Triglidae*) külön erre a célra specializálódott izomkötegekkel rendelkeznek, amelyeknek egyik vége a csontváz elemein, másik vége az úszóhólyag felszínén tapad, s ezekkel képesek tágitani-szűkíteni ennek térfogatát.

Nemcsak a hangkeltés, de a hangok felfogása is másképpen történik a halaknál, mint a többi gerincesnél. A halaknak ugyanis csak belső fülük van, közép- és külső fülük hiányzik (az, amit a halak fülének mondanak, nem más, mint a kopoltyúfedő, aminek semmi köze a halláshoz). A belső fül szerkezete is egyszerűbb, hiszen hiányzik a magasabb rendű gerinceseknél ismert csigajárat s benne a hangokat felfogó Corti-féle szerv, itt csak a hártváz labirintus alsó része, a zsákocská s ennek egy szemölcszerű kinövése, a lagéna szolgálja a hallást. A koponya vékony falán át a hangrezgések könnyen bejutnak a belső fülbe, ám egyes halaknál az úszóhólyag is szerepet játszik a hangok felerősítésében. A pontyalkatúaknál az úszóhólyag és a belső fül közötti összeköttetést az első csigolyák nyúlványjaiból kialakult emelőrendszer, a Weber-készülék teremti meg, ám vannak olyan halcsoportok is, amelyeknél az úszóhólyag nyúlványai közvetlenül elérik a belső fület.

A halaknál a hangadás segíti a párok egymásra találását, az ivartermékek érését. Az esetek többségében csak a hímek rendelkeznek hangadó szervekkel, kivételt képez az észak-amerikai *Notropis* nemzetség néhány faja, amelyeknél a nőstények kiváltsága a hangadás, ezzel csalogatják magukhoz a hímeket. Más esetekben viszont a terület védelmében, a betolakodó fajtársak elűzésében játszik szerepet, így a *Notropis anolostanos* hímje udvarlás közben lassú ritmusú kopogó hangokat hallat, ezeknek ritmusa felgyorsul, ha idegen hím közelít a territóriumához. A csoportos életmódot folytató halaknál a hangadásnak szerepe van a csoport egybetartásában is, ez jellemző az árnyékhalak és tigrishalak legtöbbjére is.

Amennyi az előnye a hangoskodásnak, ugyanannyi a hátránya is, hiszen a gyorsan tovaterjedő hanghullámokat nemcsak a fajtársak, hanem a ragadozók is érzékelik, elemi érdek tehát, hogy a hangjelzések, szignálok minél könnyebben felfoghatók és dekódolhatók legyenek, információtartalmuk minél egyértelműbb, hogy kisszámú jel kibocsátásával is elérhető legyen a kívánt hatás. Csak a csoportos életmódú állatok, amelyeknek a tömeges együttlét valamelyes biztonságot nyújt, engedhetik meg maguknak a folyamatos „szövegelést”. (Jut eszembe: mi lenne az alacsony információtartalmú, ám annál bővebb lére eresztett politikusi szónoklatokkal, ha gazdáikat is ezekhez hasonló veszély fenyegetné?)

Csak furcsasággként említem, hogy a halak hangadásáról összegyűlt rengeteg információ ellenére a közelmúltban a bulvársajtónak sikerült újdonsággként tálnia a hírt, miszerint belga kutatók felfedezték, hogy a vörös hasú piráják (*Pygocentrus nattereri*) hangokat képesek kiadni, még hozzá mindjárt háromfélét. A jobban értesültek még azt is megírták, hogy a kutatóknak hány ujját harapták le tanulmányozás közben a vérszomjas szörnyetegek. Hja, ha pirájákról van szó! Úgy látszik, itt is az a szabály, hogy nem az a fontos, mit mond, hanem, hogy ki mondja.

A hangjelekkel bonyolított akusztikus kommunikáció mellett a vizuális hírközlésnek is nagy szerepe van a halak életében. A szín- és alakváltozások, mozgásjelek hatalmas információtömeget hordoznak, annak ellenére, hogy a vízi környezetben a fény terjedése sokkal körülményesebb, mint a hangé. Tiszta vízben is a fény csak kb. 200 méter mélységig hatol le, ez alatt az örök sötétség hona kezdődik. Édesvizekben ilyen mélység csak kivételesen fordul elő, de a szuszpenziómentes tiszta víz is ritkászámba megy, még a tavakban, tengerekben is, hát még a folyóvizekben! Márpedig a lebegő anyagok is elnyelik a vízbe jutó fény mennyiség jelentős részét, így a halak látómezeje csak aránylag kis területre korlátozódik.

A halak szemének felépítése is eltér a szárazföldi gerincesekétől. A legfontosabb különbség, hogy szemlencsájük gömb alakú, ami azt eredményezi, hogy a halak kö-

zellátók, de amint az előzőekből kitűnik, a távollátásra nincs is lehetőségük, tehát szükségük sincs. Felmerül a kérdés, hogy vajon a halak érzékelik-e a színeket. Hát, aki látott már tengeri akváriumot, netán lehetősége volt korallszirtek környékén könnyűbúvárkodni, vagy legalább olyan idős, mint én, s volt alkalma látni Cousteau kapitány már említett filmjét, tudja a választ: mit érne például a korallszirti halak pompázatos színkavalkádja, ha fajtársaik nem érzékelnék ezt?

A sziámi harcoshal (*Betta splendens*) egy jelentéktelen, barnás színű halacska, amelynek legfeljebb kissé túlméretezett úszói a feltűnőek. Ám amikor egy másik, hozzá hasonló állatka közeledik, megtörténik a csoda: a halacska úszói felmerednek, a barnaságot egy pillanat alatt elképesztő színorgia váltja fel, a hal teste szinte felszikrázik, mint egy csodálatos ékszer. Kívül tágasabb! – ezt üzeni ezzel a betolakodónak, s ha az nem „ért a szóból”, nekiront, s hamarosan letépett pikkelyek, úszósugárdarabok kavarognak a medencében. Ha ez sem elég, a két hal egyikük pusztulásáig folytatja a harcot. Ha viszont nőstény közeledik, amelyik úszóit lelapítja, mozgását lelassítja, mintegy alázatos pózt vesz fel, s kötelezően a fejét, de még véletlenül sem az oldalát fordítja a hím felé, ilyenkor ez természetesen nem támad, szín-pompája most már a partner elkápráztatását, meghódítását fogja szolgálni.

A fészeképítő tuskés pikó (*Gasterosteus aculeatus*) hímje csak a szaporodási időszakban őriz területet, ilyenkor vörösre színeződő hasával adja ország-világ tudtára, hogy kizárólagos igényt tart egy bizonyos zónára, s jaj a betolakodóknak. A piros szín mellett a testtartás is információt hordoz: a ferdén, fejjel lefelé állás s az oldalak mutogatása fenyegetést, míg az ellentétes póz behódolást jelez. Akváriumi körülmények között a territórium csak kis területre, a fészek környékére korlátozódhat, s ezen belül a gazda az egyeduralkodó, a határon túl viszont már a szomszéd. Ez azt eredményezi, hogy ha a betolakodó szomszéd üldözése közben halunk óvatlanul és óhatatlanul átkerül ennek területére, a bátor oroszlánból egyszerűen gyáva nyúl lesz, s az eddigi üldözött veszi üldözőbe a határsértőt. Az ingajarat addig folytatódik, míg a határvonal végérvényesen nem tisztázódik.

A kiszíneződött test, a felmeredő úszók és kopolyúfedők, a fenyegető testtartás nemcsak a vetélytársak távoltartását, hanem egyben a nőstények csalogatását is szolgálják. Emberi nyelvre lefordítva ezeket a jelzéseket: itt van egy kiváló egyed, amellyel érdemes párosodni, hiszen életerős utódok várhatók a frigyből. Mondanom sem kell, hogy ez így aligha fogalmazódik meg a halak agyában, de tény, hogy ha kísérleti körülmények között a bíborsügér (*Hemichromis bimaculatus*) nősténye egy normális színezetű, valamint egy hormonkezeléssel sötétebb vörösre színezett hím közt választhatott, mindig az utóbbihoz pártolt.

A tuskés pikó nősténye szürke színével, ferdén felfelé tartott testével és ikráktól duzzadó hasával jelzi, hogy nem egy betolakodó, hanem egy szexuális partner közeledik, s ezekkel a jelekkel mintegy lefegyverzi a hímet.

A párok egymásra találása után az ivartermékekérésének szinkronizálását egymást kölcsönösen indukáló mozdulatok sorozata, az ún. násztánc teszi lehetővé, ennek nyomon követése különösen a pikóknál, valamint a habfészket építő labirintkopolyús halaknál (*Cichlidae*) maradandó élményt jelent az akvaristák számára.

A szaporodás menetét irányító bonyolult jelrendszerekkel való visszaélésre is akad példa. Az észak-amerikai nagyfülű naphal (*Lepomis megalotis*) hímje egyszínű, és nagyobb méretű a csíkos nősténynél, s a szaporodási időszakban minden vetélytársat elzavar a környékről. Mindig akadnak azonban a populációban kisebb méretű s a nőstényekhez hasonlóan csíkos testű hímek is, amelyeket a domináns hím nem ismer fel, így ikrázáskor a pár tagjai közé tolokodva részt vehetnek a megtermékenyítésben.

A rajban élő halak csapatának összetartásában az ún. csapatfoltnak lehet jelentős szerepe. Adott faj tagjainak mindegyike magán hordja ezt a jól látható jelzést, ami vi-

szont lényegesen eltér más, közeli rokon fajok „viseletétől”, és megakadályozza a egyes rajok létrejöttét, például az egymáshoz nagyon hasonló alakú pontylazacok (*Characidae*) között.

Az örök öntétség honában sem maradnak fényjelzések nélkül a halak, hiszen számos fajuk rendelkezik világítószervekkel. A világító halaknak csak egy része képes fény előállítására, mint az *Astronectes* vagy a *Porichthys* nemzetségek fajai, mások viszont (*Photoblepharon*, *Anomalops* stb.) világító baktériumokkal élnek szimbiózisban, ezek biztosítják számukra a fényforrást. Az előbbiek előnye, hogy szabályozni tudják a világítás idejét, vagyis ki- és bekapcsolhatják fényezőóráikat. Nem jelent ez problémát az állandó fényforrással rendelkező *Anomalops* fajoknak sem, amelyek a szemük alatt viselik a baktériumtelepet, s egy szemhéjhoz hasonló bőrredővel el tudják azt takarni. A világítószervek szerepéről kevés konkrét ismerettel rendelkezünk, hiszen ezeknek a halaknak a többsége mélytengeri életmódot folytat, s a felszínre hozva hamarosan elpusztulnak. Valószínűnek látszik, hogy a világítószerveknek egyes fajoknál szerepük van a párok egymásra találásában (bár tudjuk, hogy számos mélytengeri halfaj állandó párkapcsolatban él, hiszen a nőstények testükre ragadt parazitaként magukkal cipelik törpe hímjeiket, hogy azok szaporodás idején mindig „kéznél legyenek”), de eredményesek lehetnek a territórium védelmében vagy a ragadozók elriasztásában is.

Visszaélésre, megtévesztésre itt is akad példa, hiszen például a horgászhalak (*Ceratioidea*) általában a hátúszóik első sugaraiból kialakult halászeszköz, az illicium végén viselnek kukac formájú világítószervet, amit ha egy kíváncsi apró hal megközelít, hamar a csali gazdájának feneketlen gyomrában végzi. A tuskésszájú halak (*Stomatoidea*) egyik képviselőjénél, a viperahalnál (*Chauliodus sloani*) viszont egyenesen a szájüreg belseje van kirakva világító pontokkal, neki tehát csak le kell nyelnie a szájába önként bemasírozó, kíváncsiskodó zsákmányt.

Az élővilágban ismeretes a vegyi anyagok révén történő üzenetküldés is, az erre a célra termelő anyagokat feromonoknak nevezi a tudomány. Hatásukat elsősorban a rovaroknál tanulmányozták, de miért ne használhatnák őket a halak is? Véletlen megfigyelés eredményeként jöttek rá a kutatók, hogy ha egy megsebesült fürge csellét (*Phoxinus phoxinus*) helyeztek vissza társai közé, azok heves menekülési reakciót mutattak, ijedten szétszpricceltek. Később kiderült, hogy a hal egy bőrdarabkája, sőt bőrének kivonata is elég volt a reakció kiváltásához. A hatóanyagot riasztó feromonnak nevezték el, s kiderült, hogy rendkívül kis koncentrációja (akár már 0,002 mg hatóanyag egy 14 literes akváriumban) kiváltja a megfelelő reakciót. A természetben egy hal rendszerint ragadozó támadása esetén sebesül meg, ezt jelzi hát a kiszivárgó riasztóanyag, s ezt ajánlatos észrevenni a csapattársaknak!

Ezeknek, mint más szaganyagoknak a felfogására is, az állatok szaglőüregé szolgál, amelynek felszíne a szagérzékeny fajoknál erősen redőzött, sok érzősejtet tartalmaz. A riasztó feromon termelése s a rá adott vészreakció általánosan elterjedt a pontyalkatúak (*Cypriniiformes*) rendjébe tartozó pontyfélék, csíkfélék, harcsafélék között, ám akadnak kivételek is. A pirájáknál például még megtalálható a hasonló anyagok termelése, de vészreakciót már nem mutatnak rá. Ugye nem kell magyarázni, hogy miért?

A riasztó feromonok mellett a kutatóknak sikerült kimutatni területjelző vegyi anyagokat is, ezekkel olyan helyen, például a zavaros, mély vízben tudják eredményesen kijelölni területük határát, ahol a vizuális jelzések nem lennének hatásosak. A vízben oldódó jelzőanyagok koncentrációja viszont természetszerűen a kibocsátó ingerforrás közelében a legnagyobb, s tőle távolodva egyre csökken, így lokalizálható a terület birtokosának helye, de mivel egy nagyobb példány több hatóanyagot termelhet, valószínűleg nagyobb területet fog birtokolni. Hím harcsát sikerült dühödt

keresésre bírni pusztán azzal, ha egy másik hasonló egyed akváriumából vizet pumpáltak át hozzá.

Vannak ivari feromonok is, amelyeket a nőtények termelnek, ezekkel csalogatják például az amerikai törpeharcsák (*Ameiurus sp.*) a hímeket. A paradicsomhalnál (*Macropodus opercularis*) viszont a hím habfészeképítő tevékenységét serkentik a nőtény szaganyagai. Az ivadékgondozó fajoknál pedig azt tapasztalták, hogy a fiatal állatok termelnek ilyen, mondhatni egyedi anyagokat, amelyek alapján a nőtények felismerik saját ivadékukat.

Az elektromos halak által kibocsátott impulzusokról is kiderült, hogy nemcsak védekezésre és zsákmányszerzésre használják ezeket, hanem tájékozódásra és kommunikációs célra is alkalmasak. A zsibbasztó rája (*Torpedo marmorata*) 100 volt körüli, az elektromos harcra (*Malapterurus electricus*) 350 voltos vagy az elektromos angolna (*Electrophorus electricus*) 550 voltos kisülései természetesen az előbbi célokat szolgálják, míg az utóbbiakra például a csőrösszájú halak (*Mormyridae*), vagy az elektromos angolnával azonos családba tartozó késhalak (*Gymnotidae*) sokkal alacsonyabb feszültségű impulzusokat bocsátanak ki. A villamos áramot az elektromos halak többsége módosult izomrostokból felépülő elektromos szervek segítségével termeli, csak az elektromos harcsáknál szolgálnak módosult bőrmirigyek erre a célra. Az áramot speciális érzékelőkkel, a cápák, ráják az ún. Lorenzini-ampullákkal, míg a csontos halak az ún. mormyromasztok segítségével érzékelik, ezeknek a halaknak rendkívül fejlett az oldalidege és agyuknak az elektromos szignálok érzékelésére szolgáló része is.

Az afrikai csőrösszájú halak a kibocsátott impulzusok feszültségének változtatásával jellegzetes időmintázatokat produkálnak, amelyekkel a területfoglalást jelzik a vetélytársak számára. A guyanai *Sternopygus macrurus* fajnál a szaporodási időszakban a hímek és nőtények más-más ritmusban produkálják az impulzusokat. A nőtények ritmusát reprodukálva kísérleti körülmények között sikerült a hímeket közelebb csalogatni, míg ha megváltoztatták a frekvenciát, a számukra semmitmondó jelzésekre abbahagyták a közeledést.

Beszélő, tehát emberi szavakat reprodukáló s alkalomadtán rendeltetészerűen használó állatok csak a rendkívül fejlett hangadó apparátussal rendelkező madarak, varjak, hollók, papagájok közt fordulnak elő. Beszélő halakról még a legelvetelmültebb bulvársajtó sem ír, sőt ezek még a mesefigurák közt is ritkaságszámba mennek. A halakat persze mindez nem zavarja, amint láttuk, a számos rendelkezésükre álló csatornán közvetített jelzések révén ők jól megértik, s csak ritkán fordul elő, hogy félreértik egymást. A kutatók összehasonlító vizsgálataik során összegezték az egyes állatfajok által használt különböző szignálféleségek számát, s hat tanulmányozott halfajnál 10 és 26 közötti különböző szignál használatát mutatták ki, természetesen a bonyolult szociális kapcsolatrendszerben élő fajoknál kapták a legmagasabb számot. Ami érdekes, hogy ezek a számok egyáltalán nem maradtak el a madaraknál és emlősöknél tapasztaltaktól.

Természetesnek tűnik, hogy a halak által használt jelzések fizikai paraméterei nem esnek egybe az ember által használtakkal. Láthattuk, nagy a valószínűsége annak, hogy a halak is érzékelnek színeket. Ám miért épp az ember által érzékelt 380-760 nanométeres sávba eső „látható fényt” hasznosítsák? Vagy hogy hallószervük pontosan az emberi fül által érzékelt 20-20 000 Hz frekvenciatartományt fogja fel? Miért ne láthatnák a halak az UV vagy épp az infravörös fényt, hallhatnák az infra- vagy az ultrahangokat? Az ember ma már rendelkezik olyan kísérleti berendezésekkel, amelyek számára is felfoghatóvá „torzítják” az érzékszervei által közvetlenül nem érzékelt jeleket, ezek az eszközök lehetővé teszik a halak kommunikációjának kutatását is. Az eredmények egyre gyűlnek, ám általánosításukra aligha nyílhat alkalom. En-



nek oka, hogy a vízi környezet, amelyben a halak élnek, rendkívül változatos feltételeket kínál, amelyek mindegyike eltérő kommunikációs csatornákat s ezeken belül is eltérő értéksávokat favorizál. Az evolúció során a halak ezekhez alkalmazkodtak: kifejlesztették az adott feltételeknek legjobban megfelelő, legeredményesebb jeladó és jelfogó berendezéseket, s mivel a természet rendkívül takarékosan, mondhatni fősvényen bánik a rendelkezésére álló erőforrásokkal, a kevésbé eredményes eszközök vagy meg sem jelentek, vagy visszafejlődtek: gondoljunk csak a barlangi vaklázac (*Anoptichthys jordani*) szemének visszafejlődésére vagy a bőr mintázatát adó pigmentjeinek eltűnésére. Ha nem mondhatjuk is, hogy a halak fajspecifikus kommunikációs eszközökkel rendelkeznek, ez a nagyobb rendszertani, illetve ökológiai egységekre mindenképpen igaz.

Az emberi tevékenység sajnos sokszor a halak kommunikációs csatornáit is zavarja. Rengeteg példát hozhatnánk fel erre, de elegendő, ha megemlítjük a tengerek zajszennyezését, amit például a tengeralattjárók tájékozódását szolgáló hanglokátorok vagy a tenger alatti olaj- és gázlelőhelyek felderítésére szolgáló légágyúk 200-250 decibeles hangrobbanásai okoznak. Még az üvegházhatásnak is megvan a károsító hatása, hiszen a vízben feloldott szén-dioxid magasabb koncentrációja elősegíti a 200 Hz körüli frekvenciájú hangok gyorsabb terjedését, s épp ezen a frekvenciatartományon kommunikál a legtöbb halfaj.

Nem zárhatjuk le a témát, ha nem említjük meg, hogy az ember ősidőktől fogva igyekszik hasznosítani a halak közti kommunikációról szerzett ismereteket. Már az ókori népek ismerték egyes halak áramtermelését, s esetenként betegségek gyógyítására is megpróbálták hasznosítani azt. A karib-tengeri halászok éjszakánként világító halak fényt termelő mirigyeivel próbálják még ma is hálójukba csalogatni a halakat, míg észak-amerikai társaik ivarérett nőstény törpeharcsákat raknak a varsákba, mire a környék hím állatai hanyatt-homlok tülekednek a hálókba jutni. Herman Ottó, nagy polihisztorunk utánozhatatlan nyelvi eleganciával írta le, ahogy a Tisza mente horgászai a kuttyogatónak nevezett szerszámmal „üzengettek” a hatalmas harcsáknak, s csalogatták őket eleven békával felcsalizott horgaikra.

Délkelet-Ázsiában nagy hagyományai vannak a véres harci viadaloknak s az ezek kimenetelére kötött fogadásoknak. A kutya- és kakasviadalok mellett a sziámi harcoshalakkal rendezett vetélkedők is nagyon népszerűek. Ezeknek van egy kegyetlen változata, amikor két hímet egy kis térfogatú medencében összeengednek, s mivel menekülési lehetőség nincs, a két szerencsétlen addig tépi-marja egymást, míg egyikük elpusztul, de legtöbb esetben a győztes sem éli túl a sebesüléseit. A „szelídített” változat, amikor a vetélytársakat külön üvegedényekben helyezik egymás közelébe, hogy láthassák, de kárt ne tehessenek egymásban, s csak pompás harci színeikkel gyönyörködtessék a nézőket.

Bár nem tartozik szorosan a halak kommunikációjának témakörébe, érdekességként megemlítjük, hogy tajvani kutatóknak sikerült világító medúzák génjeinek zebrahalakba (*Brachidanio rerio*) való átültetésével világítóvá tenni ezeket a közkedvelt akváriumi halacskákat. Ez önmagában még nem lenne tragédia, különösen hogy a forgalmazók szerint ezek a különleges állatok sterilek, tehát elterjedésüktől nem kell tartani, ám a környezetvédők attól félnek (s tegyük hozzá: nem alaptalanul), hogy innen már csak egy lépés mondjuk a hidegtűrő piráják vagy más hasonló csodalények előállítása, amelyeknek európai vizekbe kerülése beláthatatlan ökológiai katasztrófát okozna.

Csak néhány példáját villantottuk fel a halak világában is elterjedt biokommunikációnak, de ez olyan terület, amely ma is kutatók sokaságát foglalkoztatja, s a kutatóeszközök fejlődésével még sok érdekességet tartogat a jövő természetbúvárainak is.

- Chenzbraun, Eugenia: *Modalitáji de comunicare în lumea animalelor*. Editura Științifică, Buc., 1973.
- Cousteau, Jacques-Yves – Frédérique Dumas: *A csend világa*. Gondolat, Bp., 1958.
- Herman Ottó: *A magyar halászat könyve*. K. M. Természettudományi Társulat, Bp., 1887.
- Kiss Bitay Éva: *Tájékozódás és hírközlés az állatvilágban*. Tudományos Könyvkiadó, Buk., 1974.
- Lányi György: *Élet a víz tükre alatt*. Gondolat, Bp., 1961.
- Lorenz, Konrad: *Salamon király gyűrűje*. Gondolat, Bp., 1970.
- Molnár Gergely – Blaha Béla – Horváth Gábor: *Látás az ibolyán túl*. Természet Világa 1997. 128. 4. 155–159.
- Nikolski, G. V.: *Ecologia peștilor*. Acad. R.P.R. Inst. de Studii Romîno-Sovietice, Buc., 1962.
- Pénzes Bethen – Tölg István: *A halak ösztönei és szokásai*. Natura, Bp., 1980.
- Pénzes Bethen: *Halaink*. Osiris Kiadó, Bp., 2004.
- Slater, Peter J. B.: *Bevezetés az etológiába*. Mezőgazdasági Kiadó, Bp., 1987.
- Széky Pál: *Állat az állatnak üzen*. Natura, Bp., 1986.
- Wilhelm Sándor: *Mint hal a vízben*. A halak viselkedése. Kriterion, Buk., 1980.
- <http://index.hu/tudomany/gmhal0630/>
- <http://www.divecenter.hu/Hirek/727/feny-az-ejszakaban>
- <http://mr-be.blogspot.com/2011/07/sotet-vizek-reflektorai-vilagito-halak.html>
- <http://www.origo.hu/tudomany/20111013-a-pirajak-vagy-piranhak-tobbfele-hanggal-kommunikalnak-egymas-sal.html>
- <http://www.bhm.hu/%C9rdekek%E9gek/nemak.php>
- <http://www.allatbaratok.info/magazin/halak/edesvizi/nyugi-a-piranhak-inkabb-ugatnak-mint-harapnak>
- [http://index.hu/tudomany/kornyezet/2010/10/26/megsuketitik\\_a\\_halakat\\_a\\_tengerjaro\\_hajok/](http://index.hu/tudomany/kornyezet/2010/10/26/megsuketitik_a_halakat_a_tengerjaro_hajok/)
- <http://www.fuldugo.hu/Magazin/Aktualis/Meg-a-halak-is-megsuketulnekGBP>
- <http://www.zoldmuzeum.hu/az-oceanok-zajszenyezese>
- <http://www.felsofokon.hu/termeszet-csodai/2011/10/12/titokzatos-tengeri-lenyek-ii-vilagito-allatok>

