

піддослідних тварин досягалося адені на основі білків соєового печує всі основні періоди життя організму. оро борошна висока, вона дорів- ілків казеїну.

ра

1956, 10.
ол. анатомии, М., 1957.
измы водно-солевого равновесия, М.—
I.—Фізіол. журн. АН УРСР, 1972, 18,
М., 1958.
кислоты в питании человека, М., 1952.
Биопсия печени, Душанбе, 1964.

УРСР, 1972, 18, 3, 372.
rition, 1955, 57, 2.
linik des Salz und Wasserhaushaltes
epatol., 1955, 3.
аминокислоты в питании человека и
4.
Burnell L.—J. Clin. Invest., 1955,
ucker F.—Growth., 1941, 5.

Надійшла до редакції
31.III 1972 р.

TABOLISM IN LONG-TERM KEEPING L CULTURE MIXTURES

henko

cademy of Sciences, Ukrainian SSR, Kiev,
Hygiene, Kiev

гу

ing young rats that long-term keeping
e nutrient mixture results in the weak-
al reactivity of the organism a decrease
ucocyte phagocyte activity. The decrease
sed in the animals kept on the ration
imals is provided with proteins of soy-
e accounts for 107—114% of biological

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВІДЕОАКУСТИЧНОГО СПРИЙНЯТТЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА КАШАЛОТОМ

В. А. Козак

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця АН УРСР, Київ;
Інститут океанології ім. П. П. Шаріова АН СРСР, Москва

УДК 612.85.016.6

В процесі еволюції, після виходу деяких хребетних на сушу, части- на з них залишались у безпосередній близькості до моря. В дальшо- му деякі з них повернулись у свою рідну морську стихію. До еоце- ну — близько 60 млн. років тому — це вже були сформовані тварини, які вдруге здобули системи і органи, що забезпечували їм відповідну адаптивність до специфічних умов водного середовища.

Якщо при виході на сушу у тварин редукувались утворення, не- обхідні для життя у водному середовищі, та непотрібні, а часом і шкідливі в умовах суші, то в дальшому відбулося протилежне — тва- рини втрачали утворення, які з'явилися і розвинулись при виході на сушу, та знову здобували органи і системи, необхідні в умовах мор- ського середовища. Проте, як відзначає Крепс [8], маючи на увазі мор- ських ссавців, за законом Долла, природа не повертає втрачені в про- цесі еволюції органи, а утворює якісно нові, що виконують ту саму функцію та забезпечують, в даному випадку, існування тварин-репа- тріантів у старому середовищі.

У зв'язку з тим, що водне середовище, навіть в ідеальних умовах прозорості, значною мірою погіршує сприймання оптичних образів у світловому потоку енергії в порівнянні з умовами атмосфери, у тварин мали з'явитися системи або утворення, що компенсують згаданий недо- лік. У деяких тварин, зокрема у дельфінів, до органів світлового зору добавилися органи, що дали можливість одержувати дистантну інфор- мацію з відстаней, які значно перевищують можливості світлового аналізатора. Ці утворення надавали тварині додаткову інформацію про навколишнє середовище. В особливому положенні виявились представ- ники іншої родини зубатих китоподібних — кашалоти, які частину часу проводять на поверхні водного середовища, а в період охоти занурю- ються на глибини, іноді понад 2000 м, де панує повна темрява [18, 25, 32 та ін.]. Причому, в період денної охоти відношення часу перебуван- ня на поверхні до часу занурення протягом кількох годин може до- сягти (за нашими спостереженнями, проведеними разом з Н. Г. Шпет) 1:5. У цьому випадку очі зберегли в основному свою функцію, проте в процесі забезпечення життєдіяльності тварини стали вже не основним засобом одержання інформації, на що вказував ще в минулому Біл [21] та в наш час Томлін [16], Берзин [6] та ін. Біл описує кашалота задо- вільної вгодованості, у якого замість очей були старі рубці. Взагалі у кашалота очі значно редуковані як за своєю структурою, так і функцією [19, 29, 31] (рис. 1).

Саме існування тварини вимагало появу нового органа інформації, характерною особливістю якого було одержання уявлення про оточуючу обстановку, практично в умовах повної темряви, а також на відстані, принаймні, порівнянню з відстанню сприймання зображення оком.

З 1960 р. з'явилося багато відомостей щодо звуколокації дельфінів. Були виявлені анатомічні особливості звукової системи тварини, записані різні типи її звукової активності з ретельним спектральним аналізом, з'ясовані основні частоти та потужність сигналу, шляхи надходження звукової енергії в організм, спрямованість системи, мінімаль-

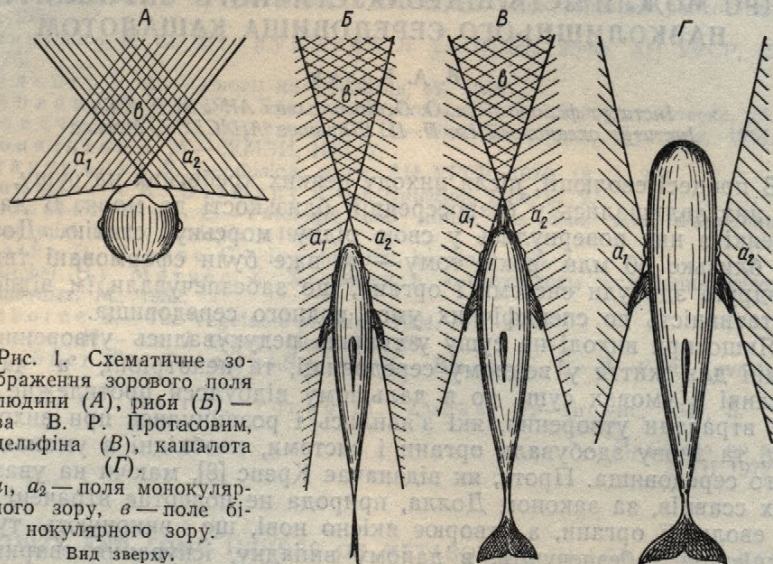


Рис. 1. Схематичне зображення зорового поля людини (А), риби (Б) — за В. Р. Протасовим, дельфіна (В), кашалота (Г). a_1, a_2 — поля монокулярного зору, a — поле бінокулярного зору. Вид зверху.

ні розміри предметів, що їх розрізняють тварини, встановлено комунікаційне значення ряду сигналів, проаналізована вища нервова діяльність тварини, зокрема, психофізіологічні особливості поведінки тощо [1, 2, 4, 11, 24, 27, 28, 30, 35].

Відомості щодо кашалотів обмежені загальною анатомією і екологічними особливостями тварин [3, 6, 12—15, 17, 33, 34]. В літературі є небагато праць, в яких провадиться аналіз записаної акустичної активності [22, 38] і лише одна спроба [32] з'ясувати, що собою являє система генерації звукових сигналів кашалота. Це в основному пояснюється складністю експериментів з крупними китоподібними та обмеженістю, промислу, по суті, здійснюваного лише двома державами — СРСР і Японією.

В літературі є вказівки про можливість існування у дельфінів системи типу звукобачення, яке нагадує в своїй основі око ссавця [5, 9, 10]. Проте досі у дельфінів не були виявлені всі ланки системи, в тому числі і реценторне поле. Відсутність його дала підставу Гріффітсу [7] при обговоренні теорії сонарих систем стосовно до біологічних організмів, зробити висновок, що «тварини, які використовують локацію для своєї орієнтації, не формують зображень об'єктів в оптичному розумінні, а дістають детальну інформацію про навколишнє середовище з допомогою удосконаленої техніки обробки сигналів». Як вважає Келлог [27], дельфін користується системою одержання інформації

при застосуванні скануючої внаслідок систематичного руху дять й інші автори [5, 9].

Під час комплексної експериментальної бази китобійної флотилії «Да» проведених нами спостережень особливості, ми припустили, що розвинулась система звуколову варіанті, ніж у інших морських харчування кашалота на великій темряві, і регресивну сп



Рис. 2. Фрагмент спермацетової китової голови. Внизу опорна подушка, добре видна поперемінно чергуючи пучки волокон з шарками. Зверху сполучнотканнна оболонка кісткою м'язових пучків, оболонка підвізана. Між ними частина спермацетової китової голови.

на підставі одержаних даних про можливість одержання зображення в потоку енергії, що генерується багатьох пухирцевих елементів. У плані підтвердження гіпотези в 1970 і 1971 рр.

Уже перше знайомство із структурами його окремих утворень вказує на походження відображеного акустичного зображення. Верхня передня частина нагадує колпак підводних і на дане утворення служить для збору звукових сигналів, які надходять у прийомну у водному середовищі.

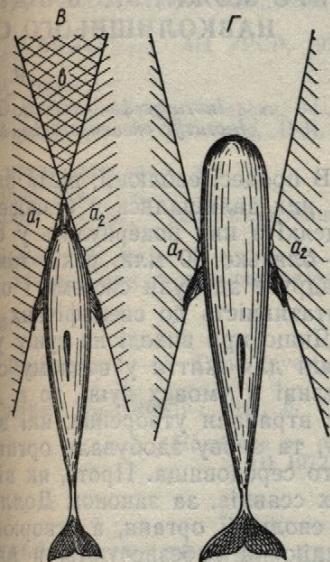
Відразу ж за колпаком поперемінно чергуючи пучки волокон з шарками — передня і

появу нового органа інформа-
було одержання уявлення про
зах повної темряви, а також на
відстанню сприймання зобра-

стей щодо звуколокації дельфі-
ності звукової системи тварини,
ності з ретельним спектральним
потужність сигналу, шляхи над-
спрямованість системи, мінімаль-

при застосуванні скануючого відображеного акустичного сигналу,
внаслідок систематичного руху головою. До такого ж висновку прихо-
дять й інші автори [5, 9].

Під час комплексної експедиції АН СРСР і АН УРСР в 1969 р. на
базі китобійної флотилії «Далекий Схід» у Тихому океані, на підставі
проведених нами спостережень, а також беручи до уваги екологічні
особливості, ми припустили, що у кашалотів у процесі еволюції мала
розвинулась система звуколокації в більш досконалому і закінченому
варіанті, ніж у інших морських ссавців. Беручи до уваги специфіку
харчування кашалота на великих глибинах, практично в умовах пов-
ної темряви, і регресивну спрямованість змін органів світлового зору,



ть тварини, встановлено кому-
аналізована вища нервова ді-
логічні особливості поведінки

ні загальною анатомією і еколо-
2—15, 17, 33, 34]. В літературі є
аліз записаної акустичної актив-
'ясувати, що собою являє систе-
ота. Це в основному пояснюєть-
ими китоподібними та обмеже-
ого лише двома державами —

ивість існування у дельфінів си-
в своїй основі око ссавця [5, 9,
явлені всі ланки системи, в тому
його дала підставу Гріффітсу
стем стосовно до біологічних
рини, які використовують лока-
зображень об'єктів в оптично-
ррмацію про навколишнє середо-
си обробки сигналів». Як вважає
системою одержання інформації



Рис. 2. Фрагмент спермацетового конуса.

Внизу опорна подушка, добре видна поперечна посмугованість, зумовлена чергуванням пучків волокон з спермацетовими про-
шарками. Зверху сполучнотканинна оболонка з великою кіль-
кістю м'язових пучків, оболонка підрізана і загорнута догори.
Між ними частина спермацетового конуса.



Рис. 3. Пухирцеве рецептор-
не поле відгорнуте донизу,
фронтальний мішок відкри-
тий, на задньому кінці спер-
мацетового конуса видні
відбитки пухирців.

на підставі одержаних даних нами була висунута гіпотеза про мож-
ливість одержання зображення предмета зустрічі кашалотом в акустич-
ному потоку енергії, що генерується і спрямовується ним, на системі
багатьох пухирцевих елементів, які є еквівалентом сітківки.

У плані підтвердження гіпотези були проведені дальші експедиції
в 1970 і 1971 рр.

Уже перше знайомство із загальним виглядом кашалота та струк-
турами його окремих утворень дає можливість накреслити шляхи над-
ходження відображеного акустичного сигналу в передню частину голо-
ви тварини. Верхня передня частина голови — округле утворення, що
нагадує колпак підводних і надводних суден, дозволяє припустити, що
дане утворення служить для зменшення сторонніх гідроакустичних шу-
мів, які надходять у прийомну систему, та виникають при пересуванні
у водному середовищі.

Відразу ж за колпаком позаду розташований щилиноподібний по-
вітряний мішок — передня і задня стінки якого міцно притиснуті

одна до іншої. Потім починається спермацетовий конус довжиною до однієї третини довжини тварини, який досягає у великих особин 4—5 м. Передній діаметр конуса у великих особин 15—16 м досягає 50—60 см, задній — 90—110 см. Його об'єм може перевищувати 2,5 м³, а вага понад 2 т. Конус складається з спермацету — суміші жироподібних речовин, що належать до групи восків, які при температурі тіла тварини перебувають у рідкому стані.

Спермацетовий конус починається щільним сполучнотканинним утворенням, яке нагадує лінзу — спереду випуклу, окреслену радіусом ковпака, позаду ввігнуту, що переходить у конус, з чітко окресленою межею переходу. Конус за своїм периметром має велику кількість вільно розташованих «сесамоподібних» м'язів, які огортають його на всьому протязі (рис. 2).



Проксимальний кінець конуса, більший за діаметром, ніж перед-

ній, закінчується фронтальним повітряним мішком, стінки якого — передня і задня — так само щільно прилягають одна до іншої, як і у дистального — переднього мішка.

Особливий інтерес становить будова задньої стінки фронтального мішка, вкрита пухирцями, заповненими прозорою безколірною рідиною, діаметром у дорослих особин 15—30 мм, залежно від величини тварини, та загальною кількістю до 3000 одиниць (рис. 3). Пухирці міцно притиснуті до передньої стінки, яка служить заднім кінцем конуса, про що свідчать чітко виражені на передній стінці їх відбитки.

Конус розташований по всій своїй довжині на подушці, яка складається з послідовно розташованих 28—32 переміжних шарів шириною 5—9 см щільного спермацету і жорстких волокон, які переплітаються між собою у різних напрямках (рис. 2). Між волокнами також знаходиться спермацет. Подушка розташована клином, який звужується назад.

Всі описані утворення розташовані на витягнутій вперед, видовженій частині верхньої щелепи — рострі, ззаду — в параболічній чаші лобної кістки, яка повністю заповнена проксимальним кінцем спермацетового конуса з мішком і задньою стінкою з пухирцевими утвореннями, розміщеними безпосередньо в чаші параболічного гребеня лобної кістки.

Проведене нами анатомічне дослідження показало, що спермацетовий конус і пухирчасте поле мають досить добру іннервацію за рахунок верхньощелепового нерва (рис. 4). Морфологічне дослідження, проведене разом з Н. Г. Вінницькою, показало, що ззаду і почасти в бокових стінках пухирців розташовані нервові закінчення і кінцеві тільця, які нагадують елементи, що відчують зміни тиску (рис. 5).

Отже, розглядаючи будову шляху і структури, за якими та з водного середовища утворення типу акустичної левод — звукопровід) і зго пухирцями, які сумарно н ручки до уваги розташуван волі напрошується аналогі кажучи, виникає думка пр акустична система кашало функціонувати за принци ти ока, але не в електрома а в акустичному полі, тоб орган може сприймати зб предметів в акустичному енергії, відбитої від об'єк

Рис. 5. Рецепторна колба з пер концем всередині в стінці п Більшовський — Грос. 20×

Рис. 5. Рецепторна колба з пер концем всередині в стінці п Більшовський — Грос. 20×

На наш погляд, мож

Світловий рецептор зображення — око

1. Рогівка — кришталін світлова лінза ока.
2. Складне тіло ока світлопровід.
3. М'язи ока — внутрішні і зовнішні, які можуть змінювати «довжину».
4. Сітківка ока — рецепторна система ока на принципі.

Проте така аналогія, жості, природно, може зд для висновку про роль о ймання зображення в зву окремих структур, відпові параметрів.

Експериментальні ви мивість провести ряд роз шляхи надходження акус кашалота та з'ясовані а ючи швидкість проходж вини поверхонь перед обчислена фокусна відста відстань (f) пов'язана з н зи до зображення об'єкта Отже, оптимальна відста кусній відстані 150 см та 400 см становить 240 см.

спермацетовий конус довжиною до 5 м, у великих особин 4—5 м, у жовтої довжиною 15—16 м досягає 50—60 м. Він може перевищувати 2,5 м³, з спермацету — суміші жиропов'язаних восків, які при температурі 30—35 °C.

Цільним сполучнотканинним шаром, що виступає у вигляді випуклу, окреслену радіусом 15—20 см, є конус, з чітко окресленою межею переходу. Конус за своїм периметром має велику кількість вільно розташованих «сесамоподібних» м'язів, які огортають його на всьому протязі (рис. 2).

Проксимальний кінець конуса, більший за діаметром, ніж перед-

Рис. 4. Іннервація рецепторного поля і спермацетового конуса (*n. maxillaris*) у плода кашалота довжиною 2 м.

ним мішком, стінки якого — складаються одна до іншої, як і у

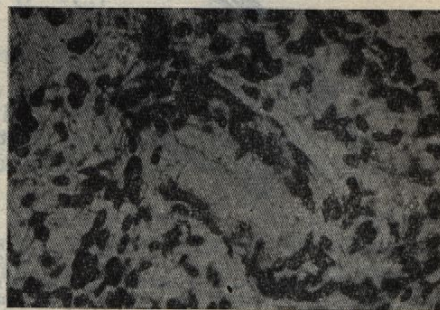
задньої стінки фронтального прозорою безколірною рідиною — 30 мм, залежно від величини — 3000 одиниць (рис. 3). Пушинки, яка служить заднім кінцем, виражені на передній стінці їх

довжині на подушці, яка складається з 32 переміжних шарів широкості волокон, які переплітаються між собою (рис. 2). Між волокнами також вставлена клином, який звужу-

ється на витягнутій вперед, видовженому, ззаду — в параболічній формі, зменшена проксимальним кінцем конуса стінкою з пухирцевими утвореннями. Дослідження показало, що спермацетовий конус має добру іннервацію за рахунок *n. maxillaris*. Морфологічне дослідження показало, що ззаду і почасти в передній частині кінцеві тільки мають зміни тиску (рис. 5).

Отже, розглядаючи будову голови тварини, можна накреслити шляхи і структури, за якими акустичний сигнал надходить до кашалота. З водного середовища акустичний сигнал надходить в оптичний — утворення типу акустичної лінзи, потім у спермацетовий конус (хвилевод — звукопровід) і згодом у рецепторну частину, представлену пухирцями, які сумарно нагадують растрову систему — матрицю. Беручи до уваги розташування і взаємозв'язок описаних структур, мимоволі напрашується аналогія з органом зору — оком (рис. 6). Інакше кажучи, виникає думка про те, що акустична система кашалота може функціонувати за принципом роботи ока, але не в електромагнітному, а в акустичному полі, тобто даний орган може сприймати зображення предметів в акустичному потоку енергії, відбитої від об'єкта.

Рис. 5. Рецепторна колба з нервовим волокном всередині в стінці пухирця. Більшовський — Грос, 20×10.



На наш погляд, можна провести таке порівняння:

Світловий рецептор зображення — око

1. Рогівка — кришталік — світлова лінза ока.
2. Скловидне тіло ока — світлопровід.
3. М'язи ока — внутрішні і зовнішні, які можуть змінювати «довжину» ока.
4. Сітківка ока — рецепторна система ока на растровому принципі.

Гаданий звуковий рецептор зображення

- Обтічник — лінзоподібне утворення — акустична лінза.
Спермацетовий конус — звукопровід.
М'язи конуса, які змінюють його довжину, сприяють фокусуванню зображення.
Система пухирців — рецепторна система, побудована на принципі растра.

Проте така аналогія, що ґрунтується на зовнішніх ознаках схожості, природно, може здаватися досить ризикованою. Тому підставою для висновку про роль органа, у якого передбачається функція сприймання зображення в звуковому полі, має послужити з'ясування ролі окремих структур, відповідно з урахуванням особливостей їх фізичних параметрів.

Експериментальні вимірювання акустичних параметрів дали можливість провести ряд розрахунків, в результаті яких були уточнені шляхи надходження акустичного потоку енергії в утвореннях голови кашалота та з'ясовані акустико-структурні особливості системи. Знаючи швидкість проходження звуку в середовищах та радіуси кривини поверхонь передньої частини спермацетового конуса, була обчислена фокусна відстань, яка дорівнює 150 см. Як відомо, фокусна відстань (f) пов'язана з відстанню від лінзи до об'єкта (a) та від лінзи до зображення об'єкта (a') рівнянням $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$; $\frac{1}{a'} = \frac{1}{150} - \frac{1}{a}$, $a = 240$. Отже, оптимальна відстань до об'єкта спостереження тварини при фокусній відстані 150 см та загальній довжині спермацетового конуса 400 см становить 240 см. При цьому лінійне збільшення (β) на пухир-

цевому полі — гаданому еквіваленті сітківки — у відповідності з рівнянням $\beta = \frac{a'}{a}$, становить 1,6. Беручи до уваги, що кальмари, якими годуються кашалоти (загальна маса до 2000 кг на добу), мають в основному середній розмір 0,3—0,4 м і в порівнянні з розмірами даного виду китоподібних (12—17 м) невеликі, збільшення зображення об'єкта харчування, видимо, необхідне для кращого його розпізнавання.

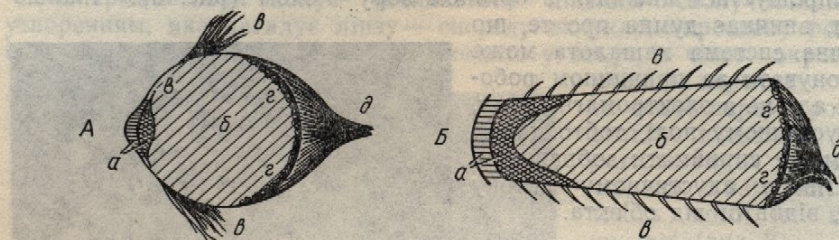


Рис. 6. Схема будови:

А — ока ссавця, а — оптично активні утворення — передня частина рогівки і кришталік; б — скловидне тіло ока — світлопровід; в — м'язи ока, які сприяють фокусуванню зображення на сітківці — циліарний м'яз, що змінює кривину оптично активних середовищ та м'язи ока, які змінюють довжину ока, при так званому процесі прижмурювання; г — рецепторна частина — сітківка (палички і ковбочки); д — п. opticus.

Б — відеоакустичного органа кашалота. а — акустично активні утворення — передня частина ковпака-обтічника і «звукова лінза»; б — спермацетовий конус — звукопровід-хвилевод, в — м'язові пучки спермацетового конуса, які можуть змінюючи довжину конуса, допомагати фокусуванню зображення на рецепторній частині; г — рецепторна частина — пухирцеве поле; д — гілка п. maxillaris.

Як було згадано вище, передній ковпак голови тварини (обтічник) охороняє вхід акустичного каналу від перешкод, пов'язаних з пересуванням тварини. Система генерації звуків, за нашими даними, також розташована в області ковпака-обтічника, в центрі переднього кінця спермацетового конуса, де містяться утворення, що нагадують губи (рис. 7). До цих утворень від середнього повітряного мішка, розташованого під конусом, підходить канал, який звужується в місці прохо-

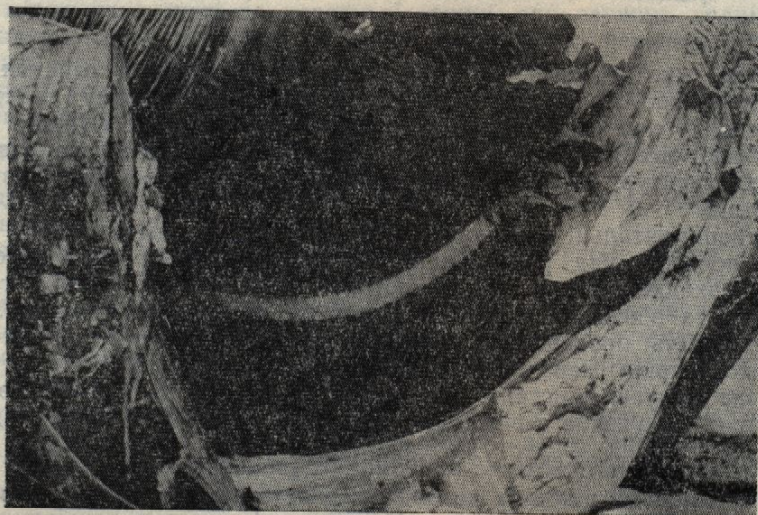


Рис. 7. «Губи» в центрі передньої частини спермацетового конуса.

дження через спермацетовий конус до губ, не перешкоджає прийому який надходить до тварини. Певше здійснюється з усієї поверхні об'єкта.

Як відомо, умови переходу звуку з однієї середовища в інше описуються рівнянням

$$D = \frac{2\rho_1 C_1 \cos i}{\rho_1 C_1 + \rho_2 C_2}$$

де D — коефіцієнт проходження звуку на поверхню розділення, ρ_1 і C_1 — швидкість звуку в даному середовищі, ρ_2 і C_2 — швидкість звуку в іншому середовищі, i — кут падіння звуку на поверхню розділення, $\sin i = 0$, а $\cos i = 1$.

Обтічна форма ковпака сприяє відображенню акустичного сигналу зменшується ступінь відображення, а також при цьому погіршується відбивання.

Звуки, генеровані кашалотом, мають (потужність сигналу) в 1 ярд [37] і $73,5 \pm 3,5$ дБ/дин/с.

В процесі надходження звуку в сприймаючу систему значний вплив має довжина хвилі, а не частота звуку, тому що довжина хвилі, а не частота звуку, має вплив на здатність системи. Діапазон частот, в межах якого відбувається процес, становить від 200 до 32 кГц [20, 22]. В цьому випадку на хвилі мають бути довжини в межах від 1 до 1,5 м.

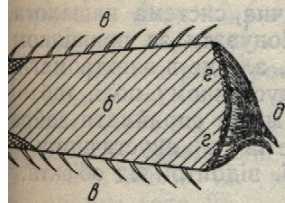
Вони (хвилі) мають бути довжини в межах від 1 до 1,5 м, а при частоті 200 кГц довжина хвилі становить 1,5 м, а при частоті 32 кГц — 1,1 м.

Слід відзначити, що частоти звуку були записані з порівняно великою точністю, використовуючи спеціальні методи дослідження.

Чим ближче сукупність структур (сигналу) до ізоотропності, тим менше енергетичне значення структури (сигналу), тим менше енергетичне значення структури (сигналу) в інше. При рівності енергетичних значень будуть зведені до нуля.

Для визначення ходу акустичної характеристики тканини носу звукового потоку енергії, відображеного сигналу до сприйняття. Природно, акустичний сигнал має властивостями, що характеризують звуковий потік і навпаки, — сприймається.

вки — у відповідності з рівняннями, що калмари, якими (до 2000 кг на добу), мають в порівнянні з розмірами дати, збільшення зображення для кращого його розпізна-



Види:
— передня частина рогики і криш-
— м'язи ока, які сприяють фо-
з, що змінює кривину оптично
довжину ока, при так званому
— сітківка (палички і ковбочки);

тично активні утворення — перед-
; б — сперматетовий конус —
ацетового конуса, які можуть,
вно зображення на рецепторній
оле; д — гілка п. maxillaris.

ак голови тварини (обтічник)
решкод, пов'язаних з пересу-
за нашими даними, також
в центрі переднього кінця
ворення, що нагадують губи
повітряного мішка, розташо-
і звукується в місці прохо-



и сперматетового конуса.

дження через сперматетовий конус. Отже, канал, пропускаючи повітря до губ, не перешкоджає прийому відображеного звукового сигналу, який надходить до тварини. Передача сигналу у водне середовище здійснюється з усієї поверхні округлого обтічника.

Як відомо, умови переходу звукової енергії з одного середовища в інше описуються рівнянням

$$D = \frac{4\rho_1 C_1}{\rho_2 C_2 \left[1 + \frac{\rho_1}{\rho_2 \cos i} \sqrt{\left(\frac{C_1}{C_2} \right)^2 + \sin^2 i} \right]^2},$$

де D — коефіцієнт проходження звуку (коефіцієнт прозорості), i — кут падіння звуку на поверхню розділу, ρ_1 і ρ_2 — щільність середовищ, C_1 і C_2 — швидкість звуку в даному середовищі. З рівняння виходить, що кращим умовам переходу відповідають такі, коли напрям потоку перпендикулярний дотичній відносно поверхні розділу в зоні обтічника, де $\sin i = 0$, а $\cos i = 1$.

Обтічна форма ковпака сприяє як випромінненню, так і сприйманню відображеного акустичного сигналу більш широким кутом, оскільки зменшується ступінь відображення сигналу, згідно з наведеним рівнянням, а також при цьому по суті збільшується критичний кут повного відбивання.

Звуки, генеровані кашалотом, можуть бути почуті на відстані кількох миль (потужність сигналу досягає $75-100$ дб/дин/см² на відстані в 1 ярд [37] і $73,5 \pm 3,5$ дб/дин/см² [23]).

В процесі надходження відображеного акустичного сигналу у сприймаючу систему значний інтерес становить характеристика сприймаючої ланки або акустичної антени. Чим апертура сприймаючої ланки більша, ніж довжина хвилі, тим кращі умови сприймання сигналу та менше позначаються процеси дифракції і підвищується розрішальна здатність системи. Діапазон генерованих кашалотом частот перебуває в межах 200 гц — 32 кгц, з максимумом енергії між 5 і 10 кгц [20, 22]. В цьому випадку на вхідній частині конуса ($50-60$ см) вміщуються (за формулою $\lambda = \frac{c}{v}$, де λ — довжина хвилі, v — частота) дві — чотири хвилі, а при частоті 32 кгц — понад 12 хвиль. Цією частотою краще користуватися на невеликих відстанях, при цьому значно підвищується розрішальна здатність, і тварина може докувати об'єкти менших розмірів.

Слід відзначити, що частоти, зареєстровані у кашалота, в основному були записані з порівняно великих відстаней, тому високі частоти, якими, можливо, користуються тварини на невеликих відстанях, можуть випасти з уваги дослідника.

Чим ближча сукупність структур, яка забезпечує проходження корисного сигналу до ізоотропності, тим краще збережеться рівень сигналу — його амплітудне значення, тобто чим ближчий акустичний опір структур (ρC), тим менше енергетичних втрат на переходах з одного середовища в інше. При рівності акустичного опору втрати на переходах будуть зведені до нуля.

Для визначення ходу акустичного каналу необхідно обчислити акустичну характеристику тканин щодо їх пропускну здатності відносно звукового потоку енергії, тобто з'ясувати шляхи надходження відображеного сигналу до сприймаючої і аналізуючої системи тварини. Природно, акустичний сигнал має характеризуватися відповідними властивостями, що характеризують підвищену пропуску здатність звукового потоку і навпаки, — система, що є опорною або оточуючою,

має активно гасити сигнал для ліквідації перешкод до нормального функціонування рецепторної системи. Тому з'ясування пропускних характеристик тканин є дуже важливим завданням при характеристиці системи в цілому (див. таблицю). При розрахунку можна користуватися наведеною вище формулою, яка характеризує коефіцієнт проходження енергії на пограничних переходах. Оскільки кути проходження звукового потоку при великій довжині спермацетового конуса досить невеликі, то для приблизного підрахунку можна користуватися формулою переходу, коли $\sin i = 0$, а $\cos i = 1$. Кількість енергії в процентах, яка перейшла через межу переходу, відповідає: 1) вода — обтічник-лінза 98,8; 2) обтічник-лінза — спермацет 94,6; 3) спермацет — рідина рецепторних пухирців 98,0*; 4) рідина — кісткова основа параболоїдної чаші 50,0*.

Характеристика тканин

Об'єкт дослідження	Щільність ρ (г/см ³)	Швидкість звуку $C(10^4 \text{ см/сек})$	Акустичний опір (рС·10 ⁴)
Вода морська	1,03	15,0	15,50
Тканина обтічника	1,13±0,02	16,6±0,2	18,75
Тканина «лінзи»	1,12±0,02	16,5±0,3	18,50
Спермацет	0,85±0,017	13,5±0,1	11,15
Рідина рецепторних пухирців	1,01±0,001	14,9±0,05	15,01
Кістка черепа (гребінь лобної кістки)	2,40±0,05	33,1±1,5	79,50

Примітка: Вимірювання проводились при температурі 38°С.

Втрати енергії перед кістковою параболоїдною чашею різко збільшуються. Це свідчить на користь того, що звуковий сигнал закінчується в цьому місці. Наявність растрової системи елементів (матриці), які мають нервові рецепторні утворення та згадані морфологічні особливості цієї ділянки, також свідчить про виділення акустичної енергії в даному місці.

Цікаво з'ясувати, яка кількість енергії, що проходить через «смуґасту» структуру опорної подушки, оскільки вона складається з 30 смуг волокнистої тканини, переміжної з прошарками спермацету, утворюючи 60 розділів. Отже, кількість енергії, що пройшла одну лінію розділу (0,957) підноситься до степеня 60 ($0,957^{60} = 0,071$), — тільки 7,1% енергії, що потрапила на передній фронт опорної системи, проходить до кінця клину. Інакше кажучи, 92,9% енергії поглинається на переходах, не беручи до уваги кількості енергії, поглинутої безпосередньо в тканинах смуг. Крім того, слід відзначити, що смуги за своїми розмірами (5–9 см) сумірні з довжиною хвилі основної кількості акустичної енергії, випроміненої твариною. Звідси зрозуміло, що смугаста структура, на якій розташований звукопровід — спермацетовий конус, є ідеальною системою глушіння енергії, що надходить до тварини. В іншому разі акустичний сигнал, проходячи по опорній системі, заважав би прийому корисного сигналу по основному прийомному тракту.

Попередні розрахунки коефіцієнта поглинання звуку при вимірюванні амплітуди в досліджуваних середовищах показали, що за попе-

* Оскільки параметри рідини близькі до параметрів стінки пухирця, був розрахований безпосередній перехід.

редніми даними, в експерименті як в інших структурах поглина підтверджує, що спермацетовим відображеного корисного і структурних особливостей вважати, що акустичний канал як було передбачено нами раніше.

Беручи до уваги викладений логічний розвиток даної тварини загальнофізичні і вузькоакустичні, що у кашалота в процесі глибини, де він полює привинулась система, що забезпеченого зображення, яка за принципу органу зору — оку, але із заставою образу в звуковому потоку тварини.

В процесі одержання зображень не тільки амплітудні значення інтенсивності, але й фазове зображення великою довжиною акустичної (у 10⁵ разів), у цьому разі типу голографічної. Це значення одержуваної інформації картини навколишньої обстановки непарному органі рецепції.

До такого ж висновку прийшли й інші дослідники, що зображення навколишньої обстановки

У загальнобіологічному аспекті ному полі є прогресивним явищем звільняється в своїй залежності при одержанні дистантної інформації, безпосередньо зв'язаний з саний орган близький до органу користуються деякі мешканці ве

1. Агарков Г. Б., Солуха Б. В.
2. Айрапетянц Э. Ш., Конст 1970.
3. Акимов І. І. — ДАН СССР
4. Белькович В. М., Клейне-дельфин, М., 1967.
5. Белькович В. М., Резников
6. Берзин А. А. — Кашалот, М., 197
7. Гриффитс Дж. — В кн.: Кибер
8. Крепс Е. М. — Успехи соврем. био
9. Резников А. Е. — Природа, 1971
10. Резников А. Е. — Природа, 1971
11. Романенко Е. В., Томилин А. 1965.
12. Слепцов М. М. — Гиганты океан
13. Слепцов М. М. — Китообразные
14. Томилин А. Г. — В сб.: Труды
15. Томилин А. Г. — Звери СССР 1957.
16. Томилин А. Г. — Дельфины слу
17. Яблоков А. В. — В сб.: Труды
18. Яблоков А. В. — Природа, 1962,

ції перешкод до нормального з'ясування пропускних характеристик при характеристиці розрахунку можна користуватися коефіцієнт проходження. Оскільки кути проходження спермацетового конуса допущення можна користуватися $i=1$. Кількість енергії в проході, відповідає: 1) вода — спермацет 94,6; 3) спермацет*; 4) рідина — кісткова осно-

канин

Швидкість звуку $C(10^4 \text{ см/сек})$	Акустичний опір ($\text{рС} \cdot 10^4$)
15,0	15,50
$16,6 \pm 0,2$	18,75
$16,5 \pm 0,3$	18,50
$13,5 \pm 0,1$	11,15
$14,9 \pm 0,05$	15,01
$33,1 \pm 1,5$	79,50

при температурі 38°C .

болоїдною чашею різко збільшує звуковий сигнал закінчує систему елементів (матриці), та згадані морфологічні особливості виділення акустичної енергії

енергії, що проходить через «смугу» вона складається з 30 смуг парками спермацету, утворюючи що пройшла одну лінію розподілу ($0,957^{60}=0,071$), — тільки 7,1% енергії опірної системи, проходить енергії поглинається на перехої, поглинутої безпосередньо енергії, що смуги за своїми розмірами основної кількості акустичної енергії зрозуміло, що смугаста енергія — спермацетовий конус, що надходить до тварини. Зважаючи на опорній системі, за основному прийомному тракту поглинання звуку при вимірюваннях показали, що за параметрів стінки пухирця, був роз-

редніми даними, в експерименті поглинається менше 8% енергії, тоді як в інших структурах поглинання досягає 70% і більше. Це також підтверджує, що спермацетовий конус є хвилеводом — звукопроводом відображеного корисного сигналу. Отже, на підставі морфологічних і структурних особливостей, а також фізичних характеристик слід вважати, що акустичний канал розташовується у відповідності з тим, як було передбачено нами раніше.

Беручи до уваги викладене і аналізуючи біологічні фактори еволюційного розвитку даної тварини, морфологічні особливості будови, загальнофізичні і вузькоакустичні характеристики структур, слід вважати, що у кашалота в процесі еволюції, в міру поринання його на великі глибини, де він полює практично в умовах повної темряви, розвинулась система, що забезпечує видимість, з одержанням організованого зображення, яка за принципом своєї будови і функції аналогічна органу зору — оку, але із застосуванням механізму формування зорового образу в звуковому потоку, відображеному від об'єкта інтересу тварини.

В процесі одержання зображення у тварини, можливо, обробляються не тільки амплітудні значення сприйнятого сигналу, тобто його інтенсивність, але й фазове зрушення, що дуже полегшується порівняно великою довжиною акустичної хвилі в порівнянні з світловою (у 10^5 разів), у цьому разі тварина може одержувати інформацію типу голографічної. Це значною мірою підвищує об'єм і, отже, цінність одержуваної інформації та дозволяє одержувати стереоскопічну картину навколишньої обстановки у тривимірному вимірюванні при непарному органі рецепції.

До такого ж висновку прийшли і Агарков та ін. [1] щодо сприймання навколишньої обстановки у дельфінів.

У загальнобіологічному аспекті поява органа видимості в акустичному полі є прогресивним явищем, оскільки в процесі еволюції організм звільняється в своїй залежності від зовнішнього джерела енергії при одержанні дистантної інформації та користується джерелом енергії, безпосередньо зв'язаний з самим організмом. У цьому плані описаний орган близький до органа світлової генерації і рецепції, яким користуються деякі мешканці великих глибин.

Література

1. Агарков Г. Б., Солуха Б. В., Хоменко Б. Г. — Бионика, 1971, 5.
2. Айрапетянц Э. Ш., Константинов А. И. — Эхолокация в природе, Л., 1970.
3. Акимускин И. И. — ДАН СССР, 1955, 101, 6.
4. Белькович В. М., Клейненберг С. Е., Яблоков А. В. — Наш друг — дельфин, М., 1967.
5. Белькович В. М., Резников А. Е. — Природа, 1971, 11, 84.
6. Берзин А. А. — Кашалот, М., 1971.
7. Гриффитс Дж. — В кн.: Кибернетические проблемы бионики, М., 1971.
8. Крепс Е. М. — Успехи соврем. биол., 1941, 14, 3.
9. Резников А. Е. — Природа, 1971, 9, 100.
10. Резников А. Е. — Природа, 1971, 10, 101.
11. Романенко Е. В., Томили А. Г., Артеменко В. А. — В сб.: Бионика, М., 1965.
12. Слепцов М. М. — Гиганты океанов, Владивосток, 1948.
13. Слепцов М. М. — Китообразные дальневосточных морей, Владивосток, 1955.
14. Томили А. Г. — В сб.: Труды Ин-та океанологии АН СССР, М., 1955, 18.
15. Томили А. Г. — Звери СССР и прилежащих стран, IX, Китообразные, М., 1957.
16. Томили А. Г. — Дельфины служат человеку, М., 1969.
17. Яблоков А. В. — В сб.: Труды совещ. Ихтиологич. комиссии, М., 1961, 12.
18. Яблоков А. В. — Природа, 1962, 4.

19. Aschley C.—цит. за [6].
20. Backus R., Schevill W.—Physeter clicks. Whales, Dolphins a. Porpoises. Ed. K. S. Norris, Univ. Californ. Press — Los Angeles, 1966.
21. Beale T.—цит. за [16].
22. Busnel R., Driedzic A., Excudie B.—Compt. Rend. Acad. Sci. Fr., 1969, 289, D, 365.
23. Dunn I.—J. Acoust. Soc. America, 1969, 46, 4, 2, 1052.
24. Evans W., Prescott I.—Zoologica, 1962, 47, 121.
25. Heezen B.—Deep Sea Research, 1957, 4, 2.
26. Kellogg R.—Quart. Rev. Biol. Baltimore, 1928, 3.
27. Kellogg W.—Porpoises a. Sonar. Chicago Press, 1962.
28. Lilly I., Miller A.—Science, 1961, 133, 1689.
29. Mann Fischer G.—цит. за [6].
30. Norris K., Prescott I. et al.—Biol. Bullet., 1961, 120, 2, 1631.
31. Norris K.—(Ed.) Whales, Dolphins a. Porpoises. Univ. of Californ. Press, 1966.
32. Norris K., Harvey G.—A Theory for the Function on the Spermaceti Organs of the Sperm Whale (Physeter catodon L.). Oceanic In-te of Hawaii, 1970.
33. Pouchet G., Beauregard H.—Nouvelles Archives du Museum d'Histoire Naturelle, Paris, 1889, I—VIII, 1.
34. Raven H., Gregory W.—Am. Museum novitates, 1933, 667, 1.
35. Schevill W., Watkins W.—Whale a. Porpoise Voices. A phonograph record a. phonograph disc Woods Hole Oceanogr. In-te, 1962.
36. Sliyer E.—Whales. Hutchinson a. Co, London, 1962.
37. Whiney — цит. за [32].
38. Worthington L., Schevill W.—Nature, 1957, 180, 4580, 291.

Надійшла до редакції
10.VIII 1972 р.

ON POSSIBILITY OF AUDIO-VISUAL PERCEPTION OF ENVIRONMENT BY CACHALOT

V. A. Kozak

The A. A. Bogomoletz Institute of Physiology, Academy of Sciences, Ukrainian SSR, Kiev,
The P. P. Shirshov Institute of Oceanology, Academy of Sciences, USSR, Moscow

Summary

Peculiarities in behaviour of the cachalot, a number of its morphological specific structures are studied, appearance of some formations is analyzed in the aspect of their evolutionary necessity, general physical and particular frequency acoustic characteristics and parameters of tissues are investigated. As a result the organ is described providing vision in the acoustic flow of reflected energy, which is generated and actively directed by an animal on a system of many bubble elements which are an equivalent of the retina. The described organ was formed in the process of evolutionary transformations as the cachalot penetrates to great depths, where the animal practically hunts under conditions of complete darkness, and the vision function is eliminated. The regressive direction of changes in the light vision organ divergence of the eyes in the process of evolution on the head sides which resulted in the complete absence of the visual zone in front of the animal also testifies to the mentioned above. Simultaneously the formations possessing the refracting properties for sound were advanced the acoustic canal-waveguide were isolated of base structures with active absorption of sound were formed. The given organ according to the principle of its structure and function is similar to the organ of sight, but formation of the visual image takes place in it with using sound energy reflected from the object encountered by the cachalot.

ВПЛИВ НЕМБУТАЛУ НА СЕРЦЕВИЙ

О. Я. Євтушенко, Г.

Кафедра патологічної фізіології,
Кемеровської

При дослідженні серцево-судинної [17], проте багато аспектів його впливу. Зокрема, є дані про відсутність [8] або зменшення [7, 13]. Суперечливість впливу нембуталу на гемодинаміку у нашого дослідження.

Методи

Проведено дві серії експерименту об'єм серця (ХОС) визначали з допомогою модифікації [2]. У першій серії (I) ментів імплантували поліетиленові катетри для вивчення серцевого вибросу [1]. У нефіксованих тварин, яких тримали котику дозу нембуталу (35 мг/кг) після рівня анестезії (III-2) щогодини показники здійснювали через 15 хв після виконання на фіксованих тваринах здійснювалась під місцевою новокаїновою витримували протягом 30-40 хв вводили так само, як і в першій серії, столічного об'єму (СО) в дослідках др. артерії (САТ) і центральний венозний ричий опір судин (ЗПО) в дин. сек. ли введенням у вену гепарину (400-500 од.) підтримували на рівні, близькому до статистично з використанням критерію

Результати дослід

У таблиці наведені результати першостетика відбувається зниження ХОС, і зменшенням СО. Поступово серцевий ні, близькому до вихідного, внаслідок зниженому систолічному об'ємі. Короткочасні дози нембуталу, які підтримують і третьої години).

Вихідні показники гемодинаміки в ми величинами ($M \pm m$): ХОС 167 ± 13 скорочень $213 \pm 8,7$ за 1 хв; САТ 148 мм рт.ст. Ін'єкція нембуталу (див. рисунок) призвела до зниження СО; частота серцевих час знижувались САТ і ЦВТ. Проте, яким показникам внаслідок периферичної ЦВТ залишався зниженим протягом у