

## **ФІЗИКА ЕХОЛОКАЦІЇ ТВАРИН**

**Святелик К. Ю., здобувач вищої освіти гр. Хт2/1**

**Науковий керівник д.п.н., доц. Бацуровська І.В.**

*Миколаївський національний аграрний університет*

**Анотація.** В данній статті розглянута ехолокація тварин з точки зору фізики, перелічено тварин, що мають ехолокацію, її потужність і призначення.

Ехолокація - процес, який дозволяє визначати положення навколишніх об'єктів за швидкістю, з якою від них відбиваються звукові хвилі. Аналізуючи швидкість затримки відгуку, мозок моделює обстановку навколо. [2]

Ехолокація - це те ж саме, що і активний сонар, який використовує звуки, що відтворюються самим тваринам. Ранжування здійснюється шляхом вимірювання тимчасової затримки між власним звуковим випромінюванням тваринного і будь-якими луна-сигналами, що повертаються з навколишнього середовища.

На відміну від деяких гідролокатором, створених людиною, які покладаються на надзвичайно вузькі промені і безліч приймачів для локалізації мішені, метод ехолокації тварин заснований на одному передавачі і двох приймачах (вуха). Відлуння-сигнали, що повертаються до двох вух, надходять в різний час і на різних рівнях гучності, в залежності від положення об'єкта, що генерує їх. Відмінності в часі і гучності використовуються тваринами для сприйняття відстані та напрямки. З ехолокацією кажан або інша тварина може бачити не тільки відстань до предмета, а й його розмір, то, яке це тварина, і інші особливості. [5]

**Летючі миші.** Людина сприймає навколишній світ в основному за допомогою зору. Тому важко уявити собі, як кажан може створити таку саму картину на підставі аналізу звукових сигналів.

В результаті проведення багатьох дослідів було доказано, що кажани „бачать” дуже добре. Кажани можуть точно визначити відстань до предмета, наприклад, до комахи, також в якому напрямі вона рухається. Єдина властивість предмета, яку не дозволяє визначити система ехолокації, - це його колір.

Ехолокацією користуються далеко не всі види кажанів. У більшості криланів локаційного механізму не виявили. Вони орієнтуються за допомогою зору. Тільки печерні види криланів видають слабкі шумові сигнали. У кажанових механізм ехолокації розвинений найбільш досконалою мірою. Ці тварини здатні відрізняють віддзеркалення „свого” сигналу від суміші різних ультразвукових та звукових хвиль.

Приєм сигналу: відлуння сигналу кажан уловлює вухами, а в мозку на підставі отриманих звуків будується картина - точне уявлення про форму і величину предмета.

Тільки у 1938 році вчені виявили, що кажани видають дуже багато звуків, що знаходяться вище за поріг чутності людини. Частота ультразвуку лежить в межах 30-70 тисяч Гц. Кажани видають звуки у вигляді дискретних імпульсів, тривалість кожного з яких сягає від 0,01 до 0,02 сек. Перш ніж видати звук, кажан стискає повітря в голосовому апараті між двома мембранами, які під впливом повітря починають коливатися. Мембрани натягуються різними м'язами та дозволяють кажанові утворювати різні звуки. Перш ніж звук вийде через рот або ніс, проходячи через декілька камер, він посилюється та видозмінюється. У всіх кажанів, які висилають сигнали через ніс, на носі розташовані складні нарости.

Вуха у кажанів винятково чутливі. Це необхідно для того, щоб якнайкраще сприйняти сигнали, які відбиваються від предметів. Вуха кажанів - це справжні радари, що уловлюють та розпізнають звуки високої частоти. Кажани можуть ворухити вухами, повертаючи їх так, щоб найкращим чином сприймати звукові сигнали, які йдуть з різних сторін. Звукові хвилі, вловлені вухами, потрапляють у мозок, де вони аналізуються і складаються у такий самий спосіб, як у людському мозку складається тривимірне зображення з інформації, що її передають органи зору, спостерігаючи за предметом. За допомогою таких „звукових” картинок кажани абсолютно точно визначають місце знаходження здобичі.

Кажани отримують картину оточуючого їх світу за допомогою аналізу віддзеркалень звукових хвиль, подібно, як її отримує і людина, несвідомо аналізуючи зорові образи. Проте бачення людиною предметів залежить від зовнішніх джерел світла, а кажани вибудовують картини завдяки звукам, що їх вони самі відсилають. Сигнали різних видів кажанів сильно розрізняються за своєю інтенсивністю. Щоб орієнтуватися в темряві, вони висилають серії коротких звуків високої частоти, що розповсюджуються подібно до світла ліхтарика. Коли такий сигнал зустрічає на своєму шляху який-небудь

предмет, його віддзеркалення повертається назад й вловлюється кажаном. Такий спосіб орієнтації має багато переваг.

По-перше, звуки коротких хвиль легко розрізнити, тому вони годяться для пошуку літаючих комах, якими харчуються більшість кажанів. Низькі звуки довгих хвиль не відбиваються від дрібних об'єктів й назад не повертаються. Звуки високої частоти дуже легко відрізнити від звуків навколишнього світу, частота яких значно нижча. Крім того, кажани „бачать“, але самі залишаються „невидимими“, оскільки звуки, що вони їх утворюють, нечутні для інших тварин (тобто, комахи не можуть помітити кажанів і уникнути їх). [1]

**Дельфіни** - морські ссавці. Їх організм влаштований специфічно через спосіб життя цих тварин. Більшість органів почуттів дельфінів працюють не так, як у наземних ссавців. Вчені багато десятків років вивчають дельфінів, але до сих пір існують питання щодо їхнього способу життя, на які немає відповіді. У числі інших питань - система комунікацій цих тварин. Фахівці вважають, що у них є своя мова, але розшифрувати його людина поки не в змозі.

Для того, щоб зробити це, вчені намагаються вивчити слухову систему дельфінів, а також їх «ехолот» - систему передачі звукових сигналів. Видимість під водою практично завжди сильно обмежена, тому дельфіни покладаються не на зір (воно у них розвинене непогано, але ідеальним його назвати не можна), а на слух. Для спілкування між собою дельфіни використовують звуки високої частоти. Для орієнтації в просторі ці тварини видають клацання певної частоти і тривалості. Ці звукові сигнали, відбиваючись від предметів, дають дельфіна інформацію про те, які об'єкти.

У вересні 2016 року дослідники з Карадазького природного заповідника опублікували роботу, де показана система спілкування цих тварин. Змінюючи гучність і частоту клацань, дельфіни-афаліни складають слова, а з них - пропозиції. За словами фахівців, багато в чому ці розмови схожі на мову людини. Беручи участь в бесіді, дельфіни уважно слухають один одного. Коли «говорить» один дельфін, другий йому слухає, і навпаки. «Кожен звук, що генерується одним з тварин, відрізняється від іншого звуку, що генерується співрозмовником. Відмінність - в спектрі і частоті пульсацій. При цьому ряд поєднань звуків не повторюється. Ми можемо припустити, що кожна пульсація являє собою окрему фонему або слово з мови дельфінів», - говорить керівник дослідження В'ячеслав Рябов. Швидкість звукової пульсації у дельфінів становить близько 700 імпульсів в секунду.

Генеруючи звуки і вловлюючи їх відображення від навколишніх об'єктів, дельфіни вивчають навколишній простір. Причому ехолокаційному «прилад» дельфіна дуже надійний. Один одного дельфіни знаходять на відстані понад 150 метрів в повній темряві. У цьому випадку вони генерують ультразвукові сигнали з частотою 60-90 кілогерц. За допомогою свого «локатора» дельфін отримує дані не тільки про відстань до перешкод і об'єктів, а й про їхню природу (розмір, форма і властивості матеріалу).[3]

Дельфіни можуть змінювати силу свого ехолокаційного клацання від “шепоту” до “крику” силою 220 децибелів. Тож, маючи таку потужну ехолокаційну систему, дельфіни у спокійному морі здатні виявити предмети розміром з 8-сантиметровий м'ячик на відстані 120 метрів, а то й більше. [4]

**Кити.** Біосонар цінний для підряду зубастих китів, який включає в себе дельфінів, морських свиней, косаток і кашалотів. Вони живуть в підводному середовищі проживання, яка володіє сприятливими акустичними характеристиками, і де бачення надзвичайно обмежена через каламутності води. Ехолокація синіх китів вивчена набагато менше. Поки що тільки будуються припущення, що «пісні» китів - це спосіб навігації і зв'язку з родичами. Ці знання використовуються для підрахунку популяції і для стеження за міграціями цих морських тварин.

**Гризуни.** Зрозуміло, що таке ехолокація у морських тварин і кажанів, і для чого вона їм потрібна. Але навіщо це гризунам? Єдиними наземними ссавцями, здатними до ехолокації, є два роду землерийок, тейрекі з Мадагаскару, шури та щелезуб. Вони випускають серію ультразвукових скрипів. Вони не містять ехолокаційних відгуків з ревербераціями і, мабуть, використовуються для простої просторової орієнтації на близькій відстані. На відміну від кажанів, землерийки використовують ехолокацію тільки для вивчення місць проживання видобутку, а не для полювання. За винятком великих і, таким чином, сильно відображають об'єктів (наприклад, великий камінь або стовбур дерева), вони, ймовірно, не здатні розплутувати луна-сцени.

Крім перерахованих тварин, є й інші, здатні займатися ехолокацією. Це деякі види птахів і тюленів, але найвитонченіші ехолокатори - це риби і міноги. Раніше вчені вважали кажанів найздібнішими, але в останні десятиліття з'ясувалося, що це не так. Повітряне середовище не розташовує до ехолокації - на відміну від водної, в якій звук розходить в п'ять разів швидше. Ехолокатором риб є орган бічної лінії, який сприймає вібрації навколишнього середовища. Використовується як для навігації, так і для полювання. У деяких видів є ще й електрорецептори, які вловлюють електричні коливання.

Ехолокація у тварин допомогла пояснити схожі здатності у слабозорих і незрячих людей. Вони орієнтуються в просторі за допомогою видаваних ними клацали звуків. Вчені кажуть, що такі короткі звуки видають хвилі, які можна порівняти зі світлом кишенькового ліхтарика. На даний момент дуже мало даних для розробки цього напрямку, оскільки здатні ехолокатори серед людей - велика рідкість. [5]

### **Список використаної літератури**

Ехолокаційна система [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <http://www.zoolog.com.ua/povedinka74.html>

Вчені пояснили механізм ехолокації, що допомагає орієнтуватися сліпим людям [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://naked-science.ru/article/sci/uchenye-obyasnili-mehanizm-eholokacii>

Фізика в світі тварин: дельфіни і ехолокація [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/398577/>

Цікаві факти про слух тварин [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://zvidusil.in.ua/sluch-tvaryn/>

Що таке ехолокація у тварин [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://uk.sodiummedia.com/3922034-what-is-echolocation-in-animals>