

11 КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ

5. Фізичні процеси, що супроводжують поширення звуку у навколишньому середовищі.

Серед основних процесів, які характеризують взаємодію звукових хвиль з навколишнім середовищем, слід відзначити поглинання, послаблення, відбивання, заломлення, дифракцію, розсіювання.

Послаблення звуку супроводжується зменшенням звукового тиску із збільшенням відстані до джерела звуку. Залежно від структури звукового випромінювача тварини, послаблення звуку при збільшенні відстані в 2 рази становить 6–12 дБ.

Відбивання звуку має місце, коли розміри навколишніх поверхонь значно перевищують довжину звукової хвилі і коли розміри жорсткості поверхні менші за довжину звукової хвилі. Процес відбивання звуку реалізується на границях розподілу «повітря-ґрунт», «повітря-вода», а також між шарами повітря з різними рівнями температури або вологості. Під час утворення звуків тваринами може відбуватися взаємодія звукових хвиль: одна з них поширюється безпосередньо між випромінювачем і приймачем, а інша відбивається від поверхні землі. За рахунок інтерференції ці дві хвилі компенсують одна одну через те, що відбита хвиля змінює свою фазу. Для запобігання процесу інтерференції тварина мусить підійматися над земною поверхнею. Наприклад, цвіркуни спроможні чути один одного на відстані в декілька метрів на поверхні ґрунту; ця відстань збільшується до 50 м, якщо комахи підіймаються над поверхнею.

Поглинання звуку пов'язано з переходом звукової енергії у теплову та поширенням звуку в інші середовища. У повітрі і воді більше загасають високочастотні звукові сигнали; поглинання звуків збільшується від 10^{-2} до 10^2 дБ/100 м у повітрі та від 10^{-4} до 1 дБ/100 м у морській воді під час збільшення частоти звуку від 100 Гц до 10 КГц. Крім того, на поглинання звуку впливають температура і вологість повітря.

Заломлення звуку викликається різкими або поступовими змінами швидкості поширення звукової хвилі, які залежать від температури та густини середовища. Так, швидкість поширення звуку збільшується на 0,6 м/с внаслідок збільшення температури на 1°C .

У сонячний день температура зменшується із відстанню від земної поверхні, так само як і швидкість поширення звуку. Це викликає заломлення звукової хвилі вгору. Вночі ситуація змінюється і звук «знаходить» канали поширення вздовж земної поверхні.

Дифракція або розсіювання звуку пов'язані із зміною напрямку поширення звукової хвилі під час її взаємодії з об'єктами. Якщо розміри об'єкта розмірні з довжиною хвилі, відбувається огинання об'єкта (дифракція) або зміна траєкторії поширення хвилі (розсіювання). Такі процеси відбуваються під час поширення звуку крізь рослинні покриви.

Поширення звуків у водному середовищі. Вода має багато відмінного від повітря з точки зору поширення звуку. Низькочастотні звукові сигнали під час поширення у воді набувають меншого впливу з боку розсіювання або поглинання, завдяки чому відстань, на якій спостерігаються ці сигнали, значна. Наприклад, низькочастотні звуки, що утворюються китом *Balaenoptera physalus*, можна чути на відстані у кілька десятків міль.

Акустичні характеристики води і повітря значно відрізняються; через це зміщення частинок води і швидкість цього зміщення приблизно в 3600 разів менші, ніж у повітрі. Саме тому, границя розподілу «повітря-вода» відіграє роль своєрідного рефлектора звукових коливань. Наявність таких границь має важливе значення для акустичної комунікації водних організмів.

6. Акустична комунікація тварин.

Акустичні сигнали тварин. Акустичне спілкування тварин здійснюється завдяки особливостям голосових систем, що дає можливість тваринам утворювати звуки різної інтенсивності, частоти, спектрального складу та тривалості, і, таким чином, здійснювати акустичну комунікацію між окремими тваринами та їх групами.

Акустичні сигнали птахів. Всі акустичні сигнали, що утворюються птахами, можна поділити на дві основні групи – заклики і співи. Заклик можна уявити як елемент більш складного акустичного сигналу – співу. Залежність частоти та інтенсивності звукових сигналів, що утворюються птахами, від часу називають **сонограмами**.

Акустичні сигнали, що утворюються птахами, відрізняються інтенсивністю, частотою, часовою тривалістю. Слід зазначити, що птахи – представники певного виду – впізнають один одного завдяки **амплітудній модуляції**, яка полягає в зміні інтенсивності акустичного сигналу у часі, та **частотній модуляції** – зміні частоти акустичних сигналів.

Акустичні сигнали риб поділяють на харчові, нерестові, агресивно-оборонні, групові і пов'язані з турботою про нащадків. Стридуляційні звуки нагадують скрегіт і скрип; частота їх займає значну область – від 20 Гц до 12 кГц. Гідродинамічні звуки складаються з низькочастотних сигналів (20 Гц–5 кГц), які утворюються за рахунок руху плавців і тіла риби, і високочастотних звуків, що забезпечуються рухом внутрішніх органів. Звуки, що виникають внаслідок взаємодії м'язів з плавальним міхуром займають область 40 Гц–2,5 кГц і являють собою серію імпульсів.

Акустичні сигнали комах. Бджоли у процесі спілкування утворюють звуки, зумовлені діяльністю крилових пластин та тораксу.

Спектр звуків бджоли займає область 8–12 кГц, в якій можна виділити три максимуму – 75–190 Гц, 210–400 Гц і 450–550 Гц. Інтенсивність і спектральне положення цих максимумів залежить від рівня вентиляції, пори року, температури, наявності корму. Одержані відомості, що бджоли здатні видавати ультразвукові (20–22 кГц) коливання, в яких можливо беруть участь високочастотні гармоніки або вихрові потоки, що виникають під час польоту бджоли. Звукові сигнали, які утворюють бджоли, використовуються для повідомлення членів родини про виявлення корму. Частотна характеристика звуків, що їх утворюють бджоли під час своєрідного танку, містить в собі інформацію про відстань до корму.

Тривалість звукового посилання, тривалість паузи між посиланнями, частота проходження посилання і кількість коливань у посиланні залежать від відстані до годівниці. Крім того, структура акустичного сигналу специфічна для бджіл – представниць різних рас. У період роїння бджоли також обмінюються звуковою інформацією, яка закладена у спектральному складі акустичних сигналів: так, звукові сигнали, що сповіщають бджіл про можливе злітання, являють собою поодинокі імпульси з максимумом при 300–660 Гц; рій, що вилетів з вулика і літає перед ним, утворює інтенсивні звуки, в спектрі яких є два максимуми – при 185–265 Гц і 430–510 Гц.

Наземні та водні тварини, птахи, риби, амфібії, рептилії утворюють звуки в межах частотного діапазону, притаманному голосовій системі людини, а саме 20–20000 Гц; втім, деякі тварини використовують ультразвуковий або інфразвуковий діапазони.

Ультразвукова комунікація тварин. Тварини утворюють та використовують ультразвукові коливання з метою ехолокації – випромінювання ультразвукових хвиль у простір та сприймання відбитого сигналу для отримання інформації щодо розташування, розмірів та руху об'єктів або для навігації. Крім того, комахи використовують ультразвук для соціальної комунікації.

Живі організми та інфразвук. Люди чутливі до інфразвуку проявами жаху, збудження, неспокою, засмучення, нудоти, дисбалансу та просторової дезорієнтації. Основним наслідком дії інфразвуку на живий організм є порушення органів балансу, а саме – вестибулярного апарату. Для дослідження впливу інфразвуку на людину або тварину використовували спеціальні генератори та гучномовці, які працювали в діапазоні 1–200 Гц з рівнем інтенсивності до 146 дБ. Оцінку впливу інфразвуку здійснювали шляхом реєстрації характеру і ступеня обертання очних яблук пацієнта, які оберталися у протилежних напрямках з частотою 0,7–1,5 с⁻¹. Цей періодичний рух під назвою **ністагм** свідчить про порушення вестибулярного апарату. Реєстрацію ністагму здійснюють через вимірювання корнеально-ретинового потенціалу; техніка вимірювання цього потенціалу називається **електроністагмографією**. Ністагматичний відгук організму залежить від інтенсивності інфразвукового стимулу і тривалості дії його на організм, а також від частоти інфразвукових коливань.

Можливим механізмом впливу інфразвуку на живі організми слід вважати зміщення перілімфи – рідини, що заповнює внутрішнє вухо, за рахунок періодичних змін тиску, які передаються цієї рідині через овальне віконце. В свою чергу, зміщення перілімфи призводять до деформації волоскових клітин.