

УДК 577.3

Посудін Я.І., доктор біологічних наук, професор
 Національний університет природокористування і біоресурсів

Федишин Я. І., доктор філософії, кандидат
 фізико-математичних наук, професор

Лобойко Ю. В., кандидат біологічних наук, доцент,

Кабан Г.Б., студ. IV курсу БТФ, 7підгрупи ©

Львівський національний університет ветеринарної медицини та
 біотехнологій ім. С. З. Гжицького

ВЛАСНІ ЕЛЕКТРИЧНІ ПОЛЯ РИБ

Наведені результати досліджень власних електричних полів риб та вплив на риб зовнішніх електричних полів.

Ключові слова: риби, електричні поля, електрорецептори, чутливість риб.

Внаслідок дослідження водних біоресурсів встановлено, що з 20 тисяч існуючих видів риб близько 300 можуть генерувати електричні поля. Розрізняють такі види риб: сильно-електричні (у них наявні спеціальні електричні органи, що здатні утворювати значні електричні поля), слабо-електричні (мають морфологічно виражені тканини, які створюють слабкі імпульсні електричні поля) і не електричні (не мають електрогенераторних органів і тканин). [1]

Сильно-електричні види риб можуть генерувати короткочасні потужні розряди як серії (від 3-5 до 20-30) імпульсів. Так, електричний вугор в момент виявлення здобичі подає імпульси напругою 300-600 В тривалістю 0,6–2,0с; в стані пошуку вугор генерує імпульси напругою з амплітудою до 50 В і тривалістю близько 2 мс (рис. 1).

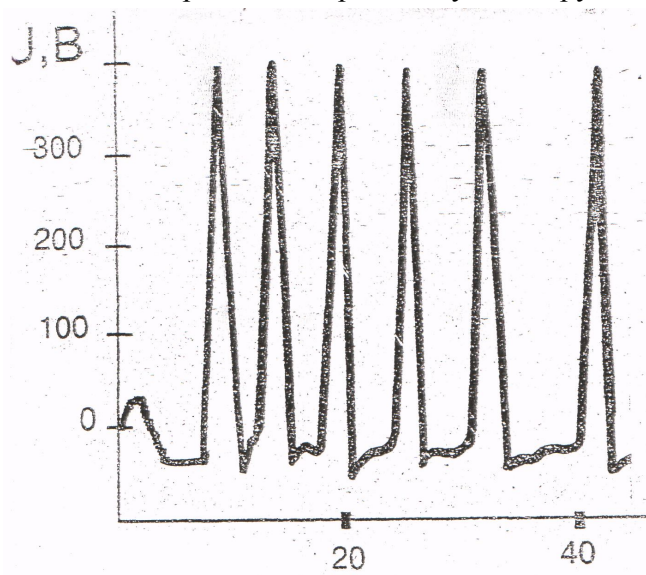


Рис.1. Форма імпульсів електричного вугра.

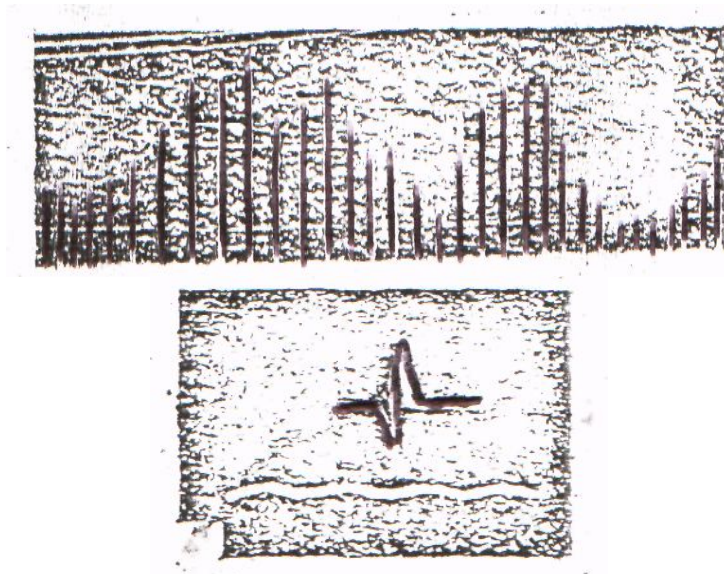


Рис. 2. Імпульси африканського слоника.

Сила струму під час замикання може досягти 1 А. Ще в одного представника сильно-електричних риб – електричного сома, –між головою і хвостом може створюватися різниця потенціалів майже 350 В силою струму близько десятих частин ампера. У електричних скатів напруга розрядів становить майже 60 В силою струму 50А. Слабо-електричні риби можуть генерувати електричні імпульси напругою з амплітудою близько 1 В та утворювати навколо себе електричне поле дипольного типу (рис. 2).

Виявлені електричні поля і у не електричних видів риб, як правило, їх розряди мають складну форму і продовжують від 5 до 280 мс. Так карась утворює поле напруженістю 8 мкВ/см; тривалість імпульсу розряду становить 8 мс; у річкового окуня ці параметри дорівнюють 15 мкВ/см і 45 мс; у щуки – 8 ÷ 19 мкВ/см і 120 ÷ 280 мс відповідно.

Дослідження, проведені на 26 видах прісноводних риб, [2] дозволили встановити, що електричні поля, які генеруються рибами, складаються з:

- високочастотного компонента (як розряди з амплітудою 100 – 3000 мкВ і тривалістю 5 ÷ 250 мс, який виникає при кидках, прискореннях, розворотах;
- низькочастотного компонента, зумовленого потенціалами за рахунок іонного транспорту через епітелій зябреного і ротового апарату та корелюючи ми з дихальними рухами риб;
- компонента, представленого постійними й квазіпостійними потенціалами за рахунок активного іонного транспорту через шкіру риб.

В основному електричні поля, які генеруються рибами, використовуються ними з метою локації – виявлення у водному середовищі об'єктів, пошуків їжі. Електричні сигнали, що випромінюються, можуть бути використані для залучення інших індивідів, виявлення агресивних намірів (наприклад, при

захисті своєї території) та демонстрації міжстатевих зносин. Збільшення біоелектричного поля зграї риб порівняно з полем одного індивіда може бути реалізоване зграєю для орієнтації в просторі (за рахунок взаємодії з геомагнітним полем) або навігації.

Для отримання інформації про фізіологічний стан тварин використовують такі методи, як електроміографія, електрокардіографія, електроенцефалографія [3]. Але застосування цих засобів для дослідження риб пов'язане з цілком певними труднощами, які зумовлені специфікою середовища їх проживання.

В роботах А. С. Суздальцева запропоновано метод електропневмографії риб, який базується на реєстрації низькочастотних потенціалів, що супроводжують зяберне дихання не електричних видів риб. Дистанційне зондування електропневмограм у десяти видів прісноводних риб показало, що зяберне дихання супроводжується появою слабких електричних полів $0,01 \div 1$ мВ, причому в утворенні поля беруть участь ротове відділення і зяберні кришки. Частотний діапазон зареєстрованих сигналів становить $0,2 \div 8,0$ Гц. Спостерігається видова різноманітність частотного діапазону сигналів зябреного апарату. Виявлена залежність характеру електропневмограм від вмісту кисню і температури середовища, від швидкості потоку води та впливу токсикантів.

Риби живуть у водному середовищі, яке характеризується високою електропродуктивністю; самі риби здатні створювати електричні поля й розпізнавати об'єкти, що знаходяться у воді. Можна розділити риб на таких, які мають електрорецепторні системи і сприймають електричні поля, і таких які їх не мають. Електрорецепторні системи виявлені у сомових риб (*Ameiurus nebulosus*, *Parasilurum asotus*) та інші, в акул (*Scyliorhinus oaricula*) і скатів (*Raja olavata*). Подібні системи дозволяють риbam сприймати з високим ступенем чутливості амплітудні, спектральні і часові характеристики зовнішніх електричних полів.

Чутливість риб, що мають електрорецептори, коливається від $0,01 \div 0,02$ мкВ/см у акул і скатів до $1 \div 2$ мкВ/см у гімнотидів та мормиридів. Межа чутливості риб, що не мають електрорецепторів, може коливатися від часток (нільський слоник, звичайний скат) до десятків (гімнотус) мВ/см. Функції електрорецепторів виконують поверхневі каналні невромасти, ампули Лоренціні, пухирці Саві.

Для риб характерні певні реакції на зовнішні електричні поля. Під час включення джерела поля риба демонструє рухливу реакцію: під час збільшення напруженості поля вона демонструє спробу вийти із зони дії поля; нарешті під час збільшення напруженості електричного поля риба намагається пливати до аноду. При дії зміни електричних полів можлива демонстрація "осцилотаксису" – розміщення риби поперек силових ліній. У полях обох типів високої напруженості можлива висока загибель риби. Реакція риб на імпульсні електричні поля залежить від амплітуди, частоти і тривалості імпульсів.

Дослідження також вплив електричної дії на електрорецептори морських і прісноводних риб з боку природних і штучно створюваних електричних полів.

Об'єктами досліджень були прісноводні карликові сомики (*Iotaurus nebolosus*), у яких електрорецепторну функцію виконують ямкові органи, а також чорноморські скати *Trigon pastinaci* (хвостокіл) та *Raja olavata* (морська лисиця), що мають добре розвинену систему ампул Лоренціні. Була досліджена імпульсна активність одиночних нервових волокон при дії на електрорецептори електричних стимулів різної інтенсивності і тривалості. Мінімальна межа появи відповіді для ямкових органів і ампул Лоренціні становить 10^{-11} А/мм² і $7,5 \cdot 10^{-11}$ А/мм² відповідно. При нерухомому стані риб була зареєстрована ритмічна активність з частотою 20 – 60 імпульсів/с для сомиків і 15 - 25 імпульсів/с для скатів. Зроблено припущення про можливість використання сомиків і скатами електричних рецепторів для знаходження інших риб і предметів у воді.

Багато видів риб проявляють рецепцію на слабкі електричні поля біологічного і фізіологічного походження. Так чутливість ампул Лоренціні хрящових риб до градієнта потенціалу у морській воді становить $0,01 \div 0,1$ мкВ/см; можливо, електрорецепторні органи цих риб дозволяють визначити харчові об'єкти, знаходити хижаків, осіб свого виду і т.д., а також реагувати на електричні поля, викликані течіями, хвилями, циклонами, штормами, землетрусами і т.д. Дослідженнями встановлюють, електросенсорні системи скатів зірчатого *Raja radiata* Donovan і шилоподібного *Raja olavata*, була визначена спектральна область електрорецепції $0,05 \div 0,5$ Гц, а також здатність скатів реагувати на електричні поля, викликані морськими хвилями і цунами.

Здатність риби реагувати на електричні поля використовується в промисловому риболовстві. В зв'язку з цим необхідно відзначити використання електротралів для вилову прісноводних риб поблизу дна, електронеодів і бортових пасток, електрорибозагороджувачів, електропристроїв для відлякування риб (наприклад із зони плотин або гідроелектростанцій).

З урахуванням того, що з 1 га поверхні океану можна брати вдвічі більше (в перерахунку на 1 га) риби, ніж м'яса з 1 га пасовища, проблема пошуку, обліку і відлову риби за допомогою електричних методів справді дуже актуально.

Література

1. Протасов В. Р. Поведение рыб. Механизм ориентации рыб и их использование в рыболовстве. М.: - Легкая и пищевая промышленность, 1984. 334 с.
2. Басов В. М. Исследование электрических полей пресноводных не электрических рыб. М.: - Легкая и пищевая промышленность, 1983. 27 с.
3. Федешин Я. І. Фізика. Л.: - Норма, 2006. 558 с.

Summary

Posudin Y.I., Fedyshyn Y. I., Loboyko Y.V., Kaban G. B.

Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S. Z. Gzhytskyj

It is shown the results of the investigation of fish electric field and the influence on fish of environment electric fields.

Стаття надійшла до редакції 14.04.2010