

[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2023.1\(52\).284686](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2023.1(52).284686)

УДК 597.556.333.1:57.045: 004.932:519.652

Ю. В. Караванський¹, аспірант

В. В. Заморів¹, к.б.н., доцент

М. А. Швандт², аспірант

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

¹Біологічний факультет, кафедра зоології, гідробіології та загальної екології, вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: u.v.karavanskiy@onu.edu.ua;

²факультет Математики, фізики та інформаційних технологій; вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: maxim.shvandt@gmail.com

РУХОВА АКТИВНІСТЬ БИЧКА-КРУГЛЯКА (*NEOGOBIOUS MELANOSTOMUS* PALLAS, 1814) ПІД ВПЛИВОМ ГЕОМАГНІТНИХ ПОЛІВ

Досліджено вплив коливань геомагнітного поля на рухову активність бичка-кругляка *Neogobius melanostomus*. Показано зменшення рухової активності риб під впливом геомагнітних збуджень. За максимальних величин геомагнітної активності, які класифікувались як магнітні бурі першої інтенсивності класу G1, рухова активність риб зменшувалась від 27 до 42%.

Ключові слова: *Neogobius melanostomus*; рухова активність; геомагнітні поля

Поведінкові особливості риб є важливим проявом реакції на дію зовнішніх подразників. Враховуючі вплив окремих чинників на поведінку риб, можна визначити, яку саме роль вони відіграють в їх житті [4]. Такі спостереження в природних умовах вести досить складно, до того ж, вплив великої кількості супутніх чинників заважають отримувати достовірні результати. Крім цього, повторюваність експерименту за тих самих умов майже неможлива [13].

Для проведення досліджень в лабораторних умовах необхідне достатньо технологічне обладнання та забезпечення, тоді є можливість проводити експерименти в необхідній кількості з чітко визначеними показниками. Найважливішим при проведенні спостережень є фіксація емпіричного факту і коректне опрацювання даних, що забезпечує отримання достовірних результатів з мінімальними похибками. Для цього застосовуються методи, які дозволяють спостерігати за переміщенням (трекінгом) риб та обробляти результати цих спостережень [13].

Одним з проявів реакції гідробіонтів на певний чинник є їх рухливість. Саме на фіксацію цього показника в лабораторних умовах була звернута увага при вивченні впливу абіотичних чинників на риб. Предметом досліджень було визначення чутливості бичкових риб (*Actinopterygii*: *Gobiiformes*: *Gobiidae*) до

впливу одного з неперіодичних природних чинників, а саме зміни геомагнітної активності внаслідок магнітних бур.

Магніторецепція, або здатність організмів сприймати магнітні поля та зміни його властивостей (такі як напрямок поля, інтенсивність та градієнт) у навколишньому середовищі виявляє свій вплив на організм у вигляді набору реакцій [5].

Рядом досліджень виявлено, що багато організмів можуть сприймати та реагувати на магнітні поля – від бактерій, молюсків, ракоподібних, комах до хребетних, таких як риби, птахи, черепахи, кажани та кити, навіть серед тих, хто з них не мігрує на великі відстані [1, 5, 6, 9, 10]. Вважається, що магніторецепція виникла як одна з перших сенсорних систем, проте сучасний рівень знань про магнетичну чутливість вимагає подальших детальних досліджень.

На сьогоднішній день ефект «магнітних бур» вивчений недостатньо в порівнянні з іншими чинниками навколишнього середовища, такими як температура, освітленість або хімічний склад води [8]. Крім того, постійно збільшується вплив антропогенних магнітних полів на екосистеми.

Таким чином, магнітні поля з різною конфігурацією не часто беруться до уваги під час лабораторних та польових біологічних досліджень, які можуть бути однією з причин неоднорідності даних та низької відтворюваності експериментів.

Наявність властивості у риб виявляти магнітні поля та реагувати на них встановлено за допомогою численних експериментів. Дослідження були зосереджені на відстеженні сприйняття геомагнітного поля Землі і стосувалися як риб, які мігрують на великі відстані, так і тих, які ведуть більш-менш осілий спосіб життя [1, 8, 11, 15].

Магніторецепція кісткових риб має також і практичне значення. Улови окуня *Perca fluviatilis* L., плітки *Rutilus rutilus* (L.), щуки *Esox lucius* (L.), краснопірки *Scardinius erythrophthalmus* (L.), ляща *Abramis brama* (L.) та верховодки *Alburnus alburnus* (L.) при використанні рибальських сіток із прикріпленими магнітами збільшувалися в середньому на 50%, а ось улови європейського вугра (*Anguilla anguilla*) залишалися без змін [4].

Відомо, що магнітне поле Землі може зазнати змін в результаті електромагнітних явищ в навколишньому просторі. Зміни можуть бути повільними (наприклад, щорічними) або швидкими. Швидкі зміни можна відокремити на періодичні (наприклад, циркадні) або неперіодичними під час магнітних бур. Такі короткочасні зміни в полі Землі виникають в результаті потоку заряджених частинок в іоносфері, що складаються з протонів, нейтронів і альфа-частинок, що випливають із сонячної корони [12].

Тому наші дослідження були направлені на вивчення впливу коливань геомагнітного поля на рухову активність промислового виду донної іхтіофауни Чорного моря бичка-кругляка *Neogobius melanostomus* Pallas, 1814.

Матеріали та методи досліджень

Іхтіологічний матеріал зібрано в прибережній акваторії Одеської затоки від мису Північний Одеський до мису Великий Фонтан при проведенні науково-дослідного лову Одеським національним університетом імені І.І. Мечникова (ОНУ). Лабораторні дослідження проводили в акваріальній кафедрі гідробіології та загальної екології Одеського національного університету імені І.І. Мечникова.

Для визначення геомагнітного впливу на поведінку бичка-кругляка визначали його добову активність протягом двох тижнів – з 1 лютого 2022 р. по 15 лютого 2022 р. За результатами дослідження склали погодинний трафік змін рухової активності риб. За вказаний термін спостережень виділялися періоди підвищеної геомагнітної активності та порівнювалися з періодами, коли ця активність була в нормі.

Для проведення експерименту з добової активності бичка-кругляка використовували таке обладнання:

- акваріум з органічного скла довжиною 110 см, шириною 110 см і висотою 50 см;
- зовнішні фільтри для акваріумної води «Jebo – 803» (США);
- компресор повітряний «Atman HP – 4000» (Китай);
- цифрову мережеву камеру Hikvision DS-2CD2432F-I (Китай);
- термометр лабораторний;
- тести для вимірювання гідрохімічних параметрів «Tetra» (Німеччина);
- холодильник «Titan 2000» (Німеччина);
- обігрівач для акваріуму «Hagen» (Канада).

Пересування риб фіксували за допомогою цифрової камери, встановленої над акваріумом на висоті 125 см, з таким розрахунком, щоб об'єкти відеокамери охоплювали всю площу дна акваріума.

Для утримання риб використовували природну морську воду з такими гідрохімічними показниками: солоність – 14‰, зміст амонію – <0,005 мг/л, вміст нітритів – <0,005 мг/л, вміст нітратів – <0,05 мг/л, рН – 8,0, вміст кисню – 8,4 мг/л.

Для вивчення активності риб були відібрані особини бичка-кругляка загальною довжиною 12–13 см. Після адаптації риб до перебування в штучних умовах, вони були поміщені в експериментальний акваріум для проведення спостережень. Група риб складалася з шести особин, виключно самок.

Потім отриманий відеозапис переносили в пам'ять комп'ютера і обробляли за оригінальною методикою для трекінгу лабораторних тварин «Метод комп'ютерного зору» [13].

В якості визначення показника геомагнітної активності був взятий *Kp*-індекс. Цей показник характеризує геомагнітну активність, класифікує геомагнітні бурі та описує відхилення магнітного поля Землі від норми. *Kp*-індекс є загальнопланетарним показником і визначається як середньозважене від декількох

вимірювальних пунктів з точністю до 1/3 (коливання 30%). Дробові показники позначають знаками «-», «0» та «+». Наприклад, «4-» означає менше 4 на 1/3, «40» означає 4 рівно, «4+» означає більше 4 на 1/3. Величини *Kp*-індекс коливаються від 0 до 9, де «0» – відсутність геомагнітної активності, а величина «9» – екстремальний геомагнітний шторм.

Значення *Kp*-індекса більше 4 означає наявність геомагнітної бурі, що позначається *G*-індексом. Цей індекс має значення від *G1* до *G5*, тобто *G1* відповідає *Kp5*, *G2* – *Kp6*, *G3* – *Kp7*, *G4* – *Kp8*, *G5* – *Kp9*.

Для більш точного визначення показників у часі протягом доби використовували *ap*-індекс, який являє собою зміну найбільш збудженого елемента магнітного поля у тригодинному інтервалі та конвертовані до лінійної шкали в нанотеслах (нТл).

При проведенні досліджень використовували величини індексів, які надає Німецький центр дослідження Землі (Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum, GFZ) [18].

Результати дослідження та їх обговорення

Протягом досліджень підраховано загальну кількість рухів за добу всіх особин бичка-кругляка, які знаходились в акваріумі з 01.02.2022 р. до 15.02.2022 р. відповідно до величин геомагнітної активності згідно з архівом GFZ (табл. 1).

Таблиця 1

Рухова активність бичка-кругляка за різної геомагнітної активності

№	Дата спостережень	Геомагнітна активність (<i>Kp</i> та <i>G</i> індекс)	Сумарна кількість рухів риб (абс. од.)
1	01.02.2022	<i>Kp3+</i>	357
2	02.02.2022	<i>Kp4</i>	297
3	03.02.2022	<i>G1</i>	308
4	04.02.2022	<i>G1</i>	297
5	05.02.2022	<i>Kp3</i>	358
6	06.02.2022	<i>Kp4-</i>	348
7	07.02.2022	<i>Kp2+</i>	347
8	08.02.2022	<i>Kp2</i>	345
9	09.02.2022	<i>Kp2</i>	333
10	10.02.2022	<i>G1</i>	302
11	11.02.2022	<i>Kp4+</i>	275
12	12.02.2022	<i>Kp3+</i>	383
13	13.02.2022	<i>Kp4-</i>	354
14	14.02.2022	<i>Kp3-</i>	362
15	15.02.2022	<i>Kp2</i>	331

Згідно з даними GFZ, геомагнітні бурі спостерігались 3, 4 і 10 лютого 2022 р., коли показник G індексу відповідав геомагнітній бурі першої інтенсивності.

Для порівняння були вибрані показники рухової активності бичка-кругляка за 8, 9 та 15 лютого 2022 р., коли геомагнітна активність була на найнижчому рівні (Kp -індекс дорівнював 2) (рис. 1).

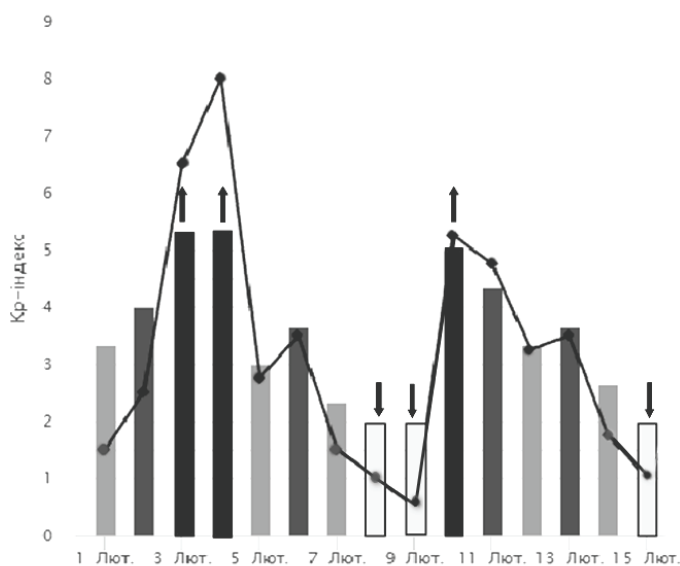


Рис. 1. Геомагнітна активність з 1 по 15 лютого 2022 р. з максимальними (↑) та мінімальними (↓) значеннями Kp -індексу

Порівнювали, як протягом доби змінювалась рухова активність риб за максимальних та мінімальних значень Kp -індексу. Погодинні зміни геомагнітної активності відображає ap -індекс (табл. 2).

Максимальні величини геомагнітної активності, які класифікуються як магнітна буря першої інтенсивності класу $G1$ спостерігались 3 лютого 2022 р. з 6 до 12 години, 4 та 10 лютого 2022 р. з 15 до 21 години. При порівнянні величин рухової активності риб у ці часові проміжки з їх руховою активністю у ці ж часові проміжки в дні з мінімальним значенням геомагнітної активності (8, 9 та 15 лютого 2022 р.) можна побачити зниження рухової активності особин під час магнітних бур від 27 до 42%.

Для порівняння рухової активності риб у зазначених нижче часових інтервалах застосовано непараметричний критерій Вілкоксона – непараметричний статистичний тест, який використовується для перевірки відмінностей між двома вибірками парних вимірювань [16]. Цей критерій призначений для зі-

ставлення величин, виміряних за двох різних умов на одній і тій же вибірці організмів.

В таблиці 3 наведені величини рівня значимості p -критерію Вілкоксона для пар вибірок показників рухливості риб у дні максимальної та мінімальної геомагнітної активності.

Таблиця 2

Середні величини погодинної рухової активності особин бичка-кругляка у дні максимальних та мінімальних значень геомагнітної активності

Дата	Показник	Час спостережень, години							
		0–3	3–6	6–9	9–12	12–15	15–18	18–21	21–24
Максимальні значення геомагнітної активності									
03.02.22	ар-індекс (нГл)	7	32	48	56	27	15	15	12
	кількість рухів (абс. од.)	49,9	69,4	39,1	16,8	22,9	29,7	32,1	48,2
04.02.22	ар-індекс (нГл)	27	27	22	22	27	56	48	27
	кількість рухів (абс. од.)	48,9	71,1	49,9	29,4	20,1	15,6	19,7	41,9
10.02.2022	ар-індекс (нГл)	12	12	7	7	12	39	48	32
	кількість рухів (абс. од.)	48,9	65,6	50,3	33,1	21,1	18,0	21,1	44,2
Мінімальні значення геомагнітної активності									
08.02.2022	ар-індекс (нГл)	5	2	3	3	4	5	7	4
	кількість рухів (абс. од.)	51,5	73,3	53,4	29,1	23,7	29,8	40,5	43,5
09.02.2022	ар-індекс (нГл)	2	0	0	2	2	0	0	2
	кількість рухів (абс. од.)	49,1	68,3	51,5	24,5	24,8	32,1	41,8	40,9
15.02.2022	ар-індекс (нГл)	7	7	3	3	3	3	2	2
	кількість рухів (абс. од.)	51,3	73,2	49,4	28,1	21,9	25,6	35,9	45,8

Відмінності рухової активності риб виявилися статистично значущими, враховуючи, що значення p -критерію були істотно меншими, ніж 0,05.

Таблиця 3

Величини рівня значущості *p*-критерію Вілкоксона для порівнюваних пар вибірок значень рухової активності риб

Дата/Часовий інтервал (години)	03.02.2022/ 6–9	03.02.2022/ 9–12	04.02.2022/ 15–18	04.02.2022/ 18–21	10.02.2022/ 15–18	10.02.2022/ 18–21
08.02.2022/ 6–9	0,026	–	–	–	–	–
08.02.2022/ 9–12	–	0,002	–	–	–	–
09.02.2022/ 15–18	–	–	0,002	–	–	–
09.02.2022/ 18–21	–	–	–	0,002	–	–
15.02.2022/ 15–18	–	–	–	–	0,002	–
15.02.2022/ 18–21	–	–	–	–	–	0,002

Згідно з архівом метеоданих, коливання атмосферного тиску у ці дні були незначними [19], тому цей фактор не впливав на активність риб [17]. Таким чином, чинник зміни величин геомагнітної активності лишається найбільш ймовірною причиною зміни рухової активності риб (табл. 4).

Згідно з гіпотезою біогенного магнетиту кісткові риби можуть виявляти магнітні поля, використовуючи реакцію кристалів монодоменого магнетиту Fe_3O_4 , які вишиковуються відповідно до силових ліній зовнішнього магнітного поля [3, 6, 7, 8, 14].

Таблиця 4

Погодинні величини атмосферного тиску у дні максимальних та мінімальних значень геомагнітної активності

Дата	Погодинні величини атмосферного тиску (мм рт. ст.)							
	0–3	3–6	6–9	9–12	12–15	15–18	18–21	21–24
03.02.2022	756	756	757	759	759	759	761	762
04.02.2022	762	762	763	764	763	762	763	762
10.02.2022	768	768	768	768	767	767	767	766
08.02.2022	751	752	753	756	757	758	760	762
09.02.2022	762	762	762	763	763	765	766	767
15.02.2022	767	767	768	767	767	766	766	766

Ці феромагнітні частинки постійно намагнічені і поводяться як магніти. Розташування цих однодомених частинок магнетиту в ланцюжках призводить до того, що їх окремі магнітні моменти вирівнюються відповідно до силових ліній зовнішнього магнітного поля.

Магнетит має біогенне походження та відкладається у різних частинах тіла. Зокрема, у риб він виявлений у гратчастій та потиличній кістках черепа та у шарі нюхових пластинок [2, 8, 14].

Таким чином, враховуючи вищезазначене, можна вважати, що коливання геомагнітного поля впливають на фізіологічний стан організму риби, що проявляється в руховій активності особи.

Висновки

Колівання рухової активності бичка-кругляка під час підвищення геомагнітної активності до рівня магнітних бур свідчить про здатність цього виду сприймати магнітні поля та реагувати на зміну його властивостей. Зокрема, коли значення *Kp*-індексу відповідало геомагнітній бурі першої інтенсивності (*G1*), зафіксовано зниження рухової активності риб від 27 до 42%, порівняно з активністю в ті ж часові інтервали у дні з мінімальною геомагнітною активністю.

Стаття надійшла до редакції 15.05.2023

Список використаної літератури

1. Blank M., editor. *Electricity and Magnetism in Biology and Medicine*. San Francisco Press; San Francisco, 1993. 940 p.
2. Chew G. L., Brown G. E. Orientation of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in normal and null magnetic fields. *Canadian Journal of Zoology*. 1989. Vol. 67. P. 641–643. doi: <https://doi.org/10.1139/z89-092>.
3. Diebel C.E., Proksch R., Green C.R., Nielson P., Walker M.M. Magnetite defines a magnetoreceptor. *Nature*. 2000. Vol. 406. P. 299–302. doi: <https://doi.org/10.1038/35018561>.
4. Formicki K., Tanski A., Sadowski M., Winnicki A. Effects of magnetic fields on fake net performance. *Journal of Applied Ichthyology*. 2004. Vol. 20, № 5. P. 402–406. doi: <https://doi.org/10.1134/S2079086414030049>.
5. Formicki K. Magnetoreception. In R.N. Finn, B.G. Kapoor (Eds.). *Fish larval physiology* / Enfield, NH: Science Publishers, 2008. P. 461–491. doi: <https://doi.org/10.1201/9780429061608>
6. Frankel R.B., Blakemore R.P., Wolfe R.S. Magnetite in freshwater magnetotactic bacteria. *Science*. 1979. Vol. 203. P. 1355–1356. doi: <https://doi.org/10.1126/science.203.4387.1355>.
7. Kirschvink J.L., Gould J.L. Biogenic magnetite as a basis for magnetic field detection in animals. *Biosystems*. 1981. Vol. 13. P. 181–201. doi: [https://doi.org/10.1016/0303-2647\(81\)90060-5](https://doi.org/10.1016/0303-2647(81)90060-5).
8. Kirschvink J.L., Walker M.M., Chang S.B., Dizon A.E., Peterson K.A. Chains of single-domain magnetite particles in chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*. *Journal of Comparative Physiology A*. 1985. Vol. 157. P. 375–381. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00618127>.
9. Kirschvink J.L., Walker M.M. Particle-size consideration for magnetite based magnetoreceptors. In J.L. Kirschvink, D.S. Jones, & B.J. McFadden (Eds.). *Magnetite biomineralization and magnetoreception in organisms. A new biomagnetism* / New York, NY: Plenum Press, 1985. Vol. 5. P. 243–256. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0313-8_11.
10. Kirschvink J.L., Walker M.M., Diebel C.E. Magnetite-based magnetoreception. *Current Opinion in Neurobiology*. 2001. Vol. 11, № 4. P. 462–467. doi: [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(00\)00235-X](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(00)00235-X).

11. Quinn T.P. Evidence for celestial and magnetic compass orientation in lake migrating sockeye salmon fry. *Journal of Comparative Physiology A*. 1980. Vol. 137. P. 243–248. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00657119>.
12. Skiles D.D. The geomagnetic field: its nature, history and biological relevance. *Magnetite Biomineralization and Magnetoreception in Organisms* / New York: Plenum, 1985. P. 43–102. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0313-8_3.
13. Shvandt M.A., Moroz V.V. Overview of the detection and tracking methods of the lab animals. Journal of the Institute for Applied System Analysis of the National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” / *System Research & Information Technologies*. 2022, № 1. P. 124–148. doi: <https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2022.1.10>.
14. Walker M.M., Diebel C.E., Haugh C.V., Pankhurst P.M., Montgomery J.C., Green C.R. Structure and function of the vertebrate magnetic sense. *Nature*. 1997. Vol. 390. P. 371–376. doi: <https://doi.org/10.1038/37057>.
15. Wiltschko W., Wiltschko R. Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. *Journal of Comparative Physiology A*. 2005. Vol. 191. P. 675–693. doi: <https://doi.org/10.1007/s00359-005-0627-7>.
16. Wilcoxon F. Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin* Vol. 1, № 6 (Dec., 1945), P. 80–83. doi: <https://doi.org/10.2307/3001968>.
17. Zamorov V.V., Karavanskiy Y., Leonchuk Y., Gandzyura V., Kvach Y. The effect of atmospheric pressure and water temperature on the swimming activity of round goby, *Neogobius melanostomus* (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 2018. Vol. 48 (4). P. 373–379. doi: <https://doi.org/10.3750/AIEP/02445>.
18. Архів полярного саява і сонячної активності: веб-сайт. URL: <http://surl.li/iyoudn> (дата звернення: 25.05.2023).
19. Архів метеоданих. Перегляд фактичної погоди на певну дату: веб-сайт. URL: <http://surl.li/iyoies> (дата звернення: 25.05.2023).

Ю. В. Караванський¹, В. В. Заморов¹, М. А. Швандт²

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

¹Біологічний факультет, кафедра зоології, гідробіології та загальної екології, вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: u.v.karavanskiy@onu.edu.ua

²факультет Математики, фізики та інформаційних технологій; вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: maxim.shvandt@gmail.com

РУХОВА АКТИВНІСТЬ БИЧКА-КРУГЛЯКА (*NEOGOBIUS MELANOSTOMUS* PALLAS, 1814) ПІД ВПЛИВОМ ГЕОМАГНІТНИХ ПОЛІВ

Резюме

Проблема. Поведінкові особливості риб є важливим проявом реакції на дію зовнішніх подразників. Рухова активність відображає вплив окремих чинників на поведінку риб і ту роль, яку вони відіграють в їх житті. Серед найменш досліджених факторів є коливання геомагнітного поля та його вплив на рухову активність бичка-кругляка *Neogobius melanostomus* Pallas, 1814.

Мета. Метою роботи було вивчення впливу коливань геомагнітного поля на рухову активність промислового виду донної іхтіофауни Чорного моря бичка-кругляка *Neogobius melanostomus* Pallas, 1814.

Методика. Іхтіологічний матеріал зібрано в прибережній акваторії Одеської затоки від мису Північний Одеський до мису Великий Фонтан при проведенні науково-дослідного лову Одеським національним університетом імені І. І. Меч-

никова (ОНУ). Лабораторні дослідження проводили в акваріальній кафедрі гідробіології та загальної екології Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. За результатами дослідження складала погодинний трафік змін рухової активності риб. За вказаний термін спостережень виділялися періоди підвищеної геомагнітної активності та порівнювалися з періодами, коли ця активність була в нормі. Для опрацювання візуальних даних була застосована оригінальна методика для трекінгу лабораторних тварин «Метод комп'ютерного зору».

Основні результати. Максимальні величини геомагнітної активності в період спостережень, які класифікуються як магнітна буря першої інтенсивності класу *G1* спостерігались 3 лютого 2022 р. з 6 до 12 години, 4 та 10 лютого 2022 р. з 15 до 21 години. При порівнянні величин рухової активності риб у ці часові проміжки з їх руховою активністю у ці ж часові проміжки в дні з мінімальним значенням геомагнітної активності (8, 9 та 15 лютого 2022 р.) можна побачити зниження рухової активності особин під час магнітних бур від 27 до 42%.

Висновки. Коливання рухової активності бичка-кругляка під час підвищення геомагнітної активності до рівня магнітних бур свідчить про здатність цього виду сприймати магнітні поля та реагувати на зміну його властивостей. Зокрема, коли значення *Kp*-індексу відповідало геомагнітній бурі першої інтенсивності (*G1*), зафіксовано зниження рухової активності риб, порівняно з активністю в ті ж часові інтервали у дні з мінімальною геомагнітною активністю.

Ключові слова: *Neogobius melanostomus*; рухова активність; геомагнітні поля

Y. V. Karavanskiy¹, V. V. Zamorov¹, M. A. Shvandt²

Odesa I. I. Mechnikov National University, 2 Dvoryans'ka St., Odesa, 65082, Ukraine

¹ Faculty of Biology, Department of Zoology, Hydrobiology and General Ecology, e-mail: u.v.karavanskiy@onu.edu.ua

² Department of Mathematics, Physics, and Information Technology, e-mail: maxim.shvandt@gmail.com

MOVEMENT ACTIVITY OF ROUND GOBY (*NEOGOBIUS MELANOSTOMUS* PALLAS, 1814) UNDER THE INFLUENCE OF GEOMAGNETIC FIELDS.

Abstract

Introduction. Behavioral traits of fish are an important manifestation of their response to external stimuli. Locomotor activity reflects the influence of specific factors on fish behavior and the role they play in their lives. Among the least studied factors are fluctuations in the geomagnetic field and their impact on the locomotor activity of the round goby *Neogobius melanostomus* Pallas, 1814.

Aim. The aim of this study was to investigate the influence of fluctuations in the geomagnetic field on the locomotor activity of the commercially important species

of benthic ichthyofauna, the round goby *Neogobius melanostomus* Pallas, 1814, in the Black Sea.

Methods. The ichthyological material was collected in the coastal waters of the Odesa Bay, ranging from Cape Northern Odesa to Cape Velikiy Fontan, during a scientific research survey conducted by the I. I. Mechnikov Odesa National University (ONU). Laboratory investigations were conducted in the aquarium room of the Aquatic Biology and General Ecology Department of the I. I. Mechnikov Odesa National University. Hourly changes in fish locomotor activity were recorded and analyzed as a result of the study. During the specified observation period, periods of increased geomagnetic activity were identified and compared to periods when this activity was within normal range. An original methodology called “Computer Vision Method” was employed for processing the visual data and tracking of the laboratory animals.

Results. The maximum values of geomagnetic activity during the observation period, classified as a first intensity magnetic storm of class G1, were observed on February 3, 2022, from 6 to 12 hours, and on February 4 and 10, 2022, from 15 to 21 hours. When comparing the levels of fish locomotor activity during these time intervals with their activity during the time intervals on days with minimal geomagnetic activity (February 8, 9, and 15, 2022), a decrease in locomotor activity of individuals during magnetic storms of 27% to 42% can be observed.

Conclusion. The fluctuations in locomotor activity of the round goby during increased geomagnetic activity up to the level of magnetic storms indicate the ability of this species to perceive magnetic fields and respond to changes in its properties. Specifically, when the *Kp*-index values corresponded to a first intensity geomagnetic storm (*G1*), a decrease in fish locomotor activity was observed compared to the activity during the same time intervals on days with minimal geomagnetic activity.

Key words: *Neogobius melanostomus*; locomotor activity; geomagnetic fields

Referenses

- Blank M. (1993) «*Electricity and Magnetism in Biology and Medicine*». In editor Blank M., San Francisco Press, San Francisco, pp. 98–700.
- Chew G. L. and Brown G.E. (1989) «*Orientation of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in normal and null magnetic fields*», Canadian Journal of Zoology, vol. 67, pp. 641–643.
- Diebel C. E., Proksch R., Green C. R., Nielson P. and Walker M. M. (2000) «*Magnetite defines a magnetoreceptor*», Nature, vol. 406, pp. 299–302.
- Formicki K., Tanski A., Sadowski M. and Winnicki A. (2004) «*Effects of magnetic fields on fake net performance*», Journal of Applied Ichthyology, vol. 20, No. 5, pp. 402–406.
- Formicki K. (2008) «*Magnetoreception*» In editor R. N. Finn and B. G. Kapoor, Fish larval physiology, Enfield, NH, Science Publishers, pp. 461–491.
- Frankel R. B., Blakemore R. P. and Wolfe R. S. (1979) «*Magnetite in freshwater magnetotactic bacteria*», Science, vol. 203, pp. 1355–1356.
- Kirschvink J. L. and Gould J. L. (1981) «*Biogenic magnetite as a basis for magnetic field detection in animals*», Biosystems, vol. 13, pp. 181–201.
- Kirschvink J. L., Walker M. M., Chang S. B., Dizon A. E. and Peterson K. A. (1985) «*Chains of single-domain magnetite particles in chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha**», Journal of Comparative Physiology A, vol. 157, pp. 375–381.
- Kirschvink J. L. and Walker M. M. (1985) «*Particle-size consideration for magnetite based magnetoreceptors*» In editor J. L. Kirschvink, D. S. Jones, & B. J. McFadden, Magnetite biomineralization and magnetoreception in organisms. A new biomagnetism, New York, Plenum Press, vol. 5, pp. 243–256.

10. Kirschvink J. L., Walker M. M. and Diebel C. E. (2001) «*Magnetite-based magnetoreception*», *Current Opinion in Neurobiology*, vol. 11, No 4, pp. 462–467.
11. Quinn T. P. (1980) «*Evidence for celestial and magnetic compass orientation in lake migrating sockeye salmon fry*», *Journal of Comparative Physiology A*, vol. 137, pp. 243–248.
12. Skiles D. D. (1985) «*The geomagnetic field: its nature, history and biological relevance*», *Magnetite Biomineralization and Magnetoreception in Organisms*, New York, Plenum Press, pp. 43–102.
13. Shvandt M. A. and Moroz V. V. (2022) «*Overview of the detection and tracking methods of the lab animals*», *System Research & Information Technologies*, No 1, pp. 124–148.
14. Walker M. M., Diebel C. E., Haugh C. V., Pankhurst P. M. Montgomery J. C. and Green C. R. (1997) «*Structure and function of the vertebrate magnetic sense*», *Nature*, vol. 390, pp. 371–376.
15. Wiltschko W. and Wiltschko R. (2005) «*Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals*», *Journal of Comparative Physiology A*, vol. 191, pp. 675–693.
16. Wilcoxon F. (1945) «*Individual comparisons by ranking methods*», *Biometrics Bulletin* 1, p. 83.
17. Zamorov V. V. (2018) «*The effect of atmospheric pressure and water temperature on the swimming activity of round goby, Neogobius melanostomus (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae)*», *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 48 (4), pp. 373–379.
18. Real-time auroral and solar activity, available at URL: <http://surl.li/iyodn> (date of access: 25.05.2023).
19. Archives of weather data. Revision of the actual weather to the next date, available at URL: <http://surl.li/iyoes> (date of access: 25.05.2023).