

періоду – в основному планктонтами з Cyanobacteria, Euglenozoa та Chlorophyta, що осідають на дно та лімітують розвиток бентосних форм.

Список літератури

1. Давидов О.А., Ларіонова Д.П. Санітарно-гідробіологічна характеристика озера Вербне за мікрофітобентосом. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біолог.*, 2019, №3 (77). С.46–51.
2. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. Київ: ЛОГОС, 2006. 408 с.
3. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Offic. J. EC. L. 327, 22.12.2000. 72 p.

УДК 574.63:615.22:543.3

**ОЦІНКА РИЗИКІВ ДЛЯ ГІДРОБІОНТІВ ЗАБРУДНЕННЯ
ВОДОЙМ ГІПОЛІПІДЕМІЧНИМИ ФАРМАЦЕВТИКАМИ**

Гриньків С. М., Горин О. І., Боднар О. І.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: solka3812@gmail.com

Щороку у світі зростає кількість захворювань, пов'язаних з метаболічними порушеннями, відтак збільшується використання фармацевтичних препаратів, чималий відсоток з яких потрапляють у водойми через побутові зливи, стічні води лікарень та виробничих підприємств, що чинить негативний вплив для гідробіонтів. Серед них, особливо слід відзначити гіполіпідемічні засоби, котрі в останні роки стали одними з основних груп забруднювачів водного середовища. Навіть при незначних концентраціях цих препаратів можна відстежити їхню згубну дію на водні організми через тривалий період напіврозпаду, специфічну біологічну активність та здатністю до біоаккумуляції.

Незважаючи на масове використання фармацевтиків, що регулюють обмін ліпідів, роль цих препаратів не повністю

охарактеризована та зрозуміла з точки зору їх потенційних токсикологічних ефектів на рівні навколишнього середовища. Проте проаналізувавши дані щодо наявності гіполіпідемічних фармацевтичних препаратів у водному середовищі, встановлено, що одними із найпоширеніших засобів є симвастатин, аторвастатин та ловастатин, які мають потенційно шкідливий вплив на метаболічні процеси і життєдіяльність гідробіонтів. Детальні дослідження на рибах та окремі спостереження на безхребетних показали, що вище згадані препарати, які регулюють рівень ліпідів, впливають на фізіологічні процеси, зокрема серцеву діяльність, ліпідний обмін, ріст і розмноження. Також виявлено їхній вплив на сперматогенез і нейроповедінку. Водночас, усі статини мають спрямований вплив на печінку переважно через ефективне поглинання при першому проходженні.

«Симвастатин (SV)» – гіпохолестеринемічний препарат, що належить до групи статинів, широко призначається для профілактики серцево-судинних захворювань. Враховуючи, що SV є типовим гіполіпідемічним агентом, який широко виявляється у водах, його непомітна токсична дія на риб є причиною для занепокоєння. Так, у дослідженні, яке було спрямоване на виявлення відповідей антиоксидантної системи у гамбузії західної (*Gambusia affinis*) за дії симвастатину, показано гістологічні зміни в печінці риби, підданої препарату протягом 7 днів, які вказують на потенційні побічні ефекти. Ця робота також продемонструвала, що симвастатин у водному середовищі може впливати на транскрипційну експресію антиоксидантної системи, частково пов'язану з нею ферментативну активність і тканинну структуру печінки в рибах, виявляючи його потенційний ризик для нецільових організмів і екологічну безпеку [1].

Симвастатин також викликає небажані побічні ефекти на м'язи, такі як біль, втома або слабкість. На підставі цього, було проведено ще одне цікаве дослідження яке показало, що вплив симвастатину на ембріони рибок даніо зменшує рух риби та викликає значні структурні зміни в скелетних м'язах. Переваги використання ембріонів рибок даніо та культивованих клітин полягають у тому, що вони більш сприйнятливі до дії препарату, та дозволяють краще візуалізувати відповідь м'язів на

молекулярному та клітинному рівнях, що сприяє розумінню механізмів дії ліків. Деякі з цих процесів, такі як проліферація та диференціація м'язів, також відбуваються у дорослих м'язах під час регенерації або у відповідь на фізичне навантаження. Також у ході цього дослідження результати показали, що симвастатин, залежно від дози, може спричинити серйозні зміни м'язів відповідно до роботи кількох інших груп, які використовують різні статини та різні тваринні або клітинні моделі [1]. Окрім симвастатину, було виявлено, що ловастатин теж сприяє пошкодженню м'язових волокон у ембріонів рибок даніо [2]. За дії ловастатину на личинки рибок даніо спостерігали порушення функцій і структури скелетних м'язів, які відбилися як зменшення сили скорочення міофібрил, зміни в ультраструктурі м'язів і збільшення атрогін-1. Ловастатин впливав на роботу серця і плавальну поведінку личинок. Дані також показали, що м'язовий захисний ефект L-карнітину є частковим. Деякі спостережувані міотоксичні ефекти, такі як деградація скелетних м'язів, збільшення експресії атрогін-1 та зниження скорочення серця, можуть бути врятовані додаванням L-карнітину. Інші, такі як уповільнення серцевого ритму та зниження рухової активності, не можуть бути пом'якшені добавками L-карнітину [3].

Продовжуючи проводити оцінку ризиків для гідробіонтів забруднення водойм гіполіпідемічними фармацевтиками, варто ще розглянути такий препарат як аторвастатин (ATV). Він є одним із найчастіших призначаних гіполіпідемічних препаратів, який часто міститься в навколишньому середовищі, зокрема у водоймах через його широке використання та низьку швидкість розпаду. Проте токсичний вплив залишків аторвастатину у водному середовищі на нецільові організми залишається маловивченим. Водночас, було проведено дослідження, яке показало, що аторвастатин мав значну летальну та тератогенну дію на ембріони/личинки *Mugilogobius chulae* та викликав аномальні зміни в параметрах розвитку, включаючи швидкість вилуплення, довжину тіла, частоту серцевих скорочень та спонтанний рух. Вплив аторвастатину викликав окислювальний стрес у ембріонів/личинок *Mugilogobius chulae*, згодом пригнічував аутофагію та активував апоптоз, що призводило до

аномальних процесів розвитку та змін поведінки в ембріонах/личинках *M. chulae* [4].

Провівши оцінку ризиків для гідробіонтів забруднення водойм гіполіпідемічними фармацевтиками, визначено, що за дії симвастатину, аторвастатину та ловастатину на водні організми проявляються різні токсичні ефекти. Отримані результати підкреслюють негативний вплив цих препаратів та їх реальну екологічну небезпеку для гідробіонтів та необхідність подальших досліджень.

Список літератури

1. Bao S., Lin J., Xie M., Wang C., Nie X. Simvastatin affects Nrf2/MAPK signaling pathway and hepatic histological structure change in *Gambusia affinis*. *Chemosphere*. 2021. Apr;269:128725. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128725.
2. Campos M., Guapyassu L., Gomes C., Midlej V., Benchimol M., Mermelstein C., Costa M.L. Simvastatin and Muscle: zebrafish and chicken show that the benefits are not worth the damage. *Front Cell Dev Biol*. 2022 Mar 14;10:778901. doi: 10.3389/fcell.2022.778901.
3. Niedbalska-Tarnowska J., Ochenkowska K., Migocka-Patrzałek M., Dubińska-Magiera M. Assessment of the Preventive Effect of L-carnitine on Post-statin Muscle Damage in a Zebrafish Model. *Cells*. 2022 Apr 11;11(8):1297. doi: 10.3390/cells11081297.
4. Zhao Y., Wang Y., Ren J., Gong W., Nie X., Peng Y., Li J., Duan C.. Atorvastatin causes developmental and behavioral toxicity in yellowstripe goby (*Mugilogobius chulae*) embryos/larvae via disrupting lipid metabolism and autophagy processes. *Aquat Toxicol*. 2024 Jun;271:106909. doi: 10.1016/j.aquatox.2024.106909.