

ПОКАЗНИКИ ІМУННОГО СТАТУСУ РИБ У БІОМОНІТОРИНГУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

М. Онисковець

*Львівський національний аграрний університет
вул. Володимира Великого, 1, Дубляни 80381, Україна
e-mail: Onyskovets_M@mail.ru*

У статті проаналізовано й узагальнено наявні в зарубіжній і вітчизняній літературі дані про особливості імунної системи та імунологічних реакцій риб в умовах підвищеного антропогенного навантаження. Відзначено, що часто причиною імунологічних порушень у риб є імунотоксичність важких металів. Обґрунтовано необхідність подальших досліджень імунних показників риб як біоіндикаторів забруднення оточуючого середовища важкими металами.

Ключові слова: імунна система, клітини крові, риби, важкі метали, моніторинг.

Дослідження, присвячені дії різних техногенних факторів на живі організми, є в даний час пріоритетними у всьому світі. Імунна система організму визнана однією з надчутливих до впливу несприятливих чинників оточуючого середовища [2, 12, 42]. На сьогодні відомо, що більшість хімічних речовин, у тому числі й важкі метали, які застосовуються в умовах виробництва та побуті, спричиняють імунотоксичний ефект і призводять до порушення захисної функції імунної системи [12]. Аналіз даних літератури свідчить, що проблема впливу сполук важких металів на імунну систему організму потребує подальших досліджень.

Риби як об'єкт дослідження імунотоксичності важких металів. За останні десятиріччя імунна система риб набула важливого значення як об'єкт дослідження імунотоксичності важких металів [40]. Встановлено, що риби набагато чутливіші, ніж вищі хребетні, до важких металів, які здійснюють суттєвий вплив на імунологічні реакції організму, що дає змогу розглядати імунну систему риб як важливий біоіндикатор забруднення довкілля [51]. Зміни з боку імунітету риб під впливом невеликих доз важких металів проявляються швидше і тривають довше, ніж у ссавців. Важкі метали не тільки мають шкідливу дію на тварин, але й порушують природний розвиток процесів у екосистемі. Ці поллютанти можуть пригнічувати функції імунної системи риб або приводити до розвитку реакцій гіперчутливості й аутоімунних реакцій через дисфункції механізмів регуляції імунної системи, тим самим беручи участь у порушенні гомеостазу в організмі риб [36]. Імунологічні реакції є потужними гомеостатичними механізмами, які забезпечують сталість внутрішнього середовища організму при порушенні його речовинами антигенної природи [11]. У зв'язку з цим показники імунного статусу риб визнані чутливими і надійними біомаркерами забруднення водойм [51].

Об'єктами вивчення імунотоксичності важких металів можуть бути як ссавці (люди, миші, щурі), так і риби, проте особлива роль сьогодні відводиться експериментальним дослідженням на рибах. Оскільки риби є найбільш поширеною і різноманітною групою хребетних, які займають велику частину водного середовища, то розуміння змін в імунітеті риб є важливим для оцінки змін у загальному стані водного середовища [7, 10]. У багатьох країнах функціонують потужні імунологічні лабораторії, які на основі

численних імунологічних тестів можуть передбачити імунотоксичність ксенобіотиків для гідробіонтів. Імунологічний моніторинг за ксенобіотиками, у тому числі важкими металами, здійснюється на кількох рівнях: природна резистентність, імунна відповідь, імунопатологія [10].

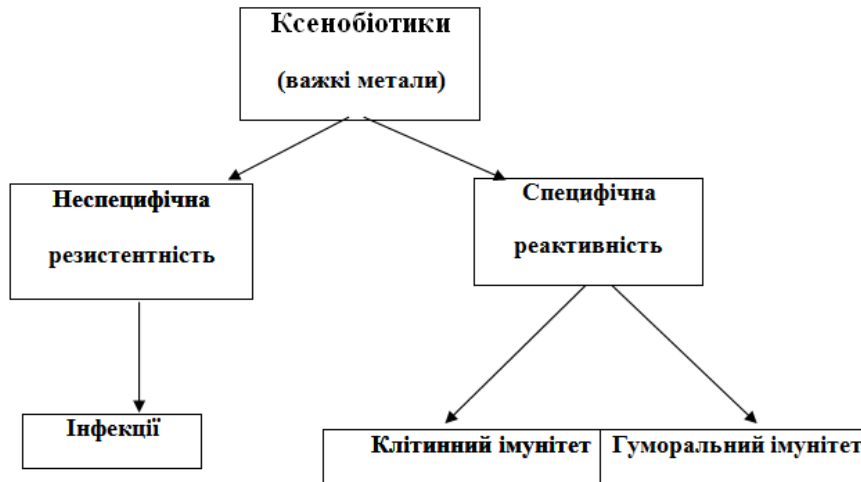


Рис. 1. Схема дії важких металів на імунну систему риб.

Імунотоксичність визначають як властивість ксенобіотика викликати порушення функції імунної системи, що проявляється неадекватними імунними реакціями. Імунотоксичність ксенобіотиків розглядають у двох аспектах: безпосередня пошкоджувальна дія речовини на імунну систему і участь імунної системи в реалізації механізмів їх токсичної дії [24]. Реакція імунної системи може бути на саму речовину, її метаболіти, комплексні антигени, що утворились в організмі при інтоксикації. Токсична дія ксенобіотиків на імунну систему є неоднаковою за інтенсивністю і спрямована на різні етапи імуногенезу [24, 25]. При надходженні в організм ксенобіотики можуть викликати зміни показників неспецифічної резистентності й імунологічної реактивності, розвиток вторинного імунодефіциту, наслідками яких є зниження антиінфекційного, протипухлинного імунітету, формування алергійних, аутоімунних реакцій і патологій (див. рисунок) [25]. В основі імунологічних зрушень за дії токсичних речовин лежать різні механізми – від грубого пошкодження стовбурових клітин кісткового мозку (порушення їх проліферації та диференціювання) до зміни продукції цитокінів, модуляції рецепторів на мембранах імунокомпетентних клітин, кількісних і якісних порушень клітин імунної системи [25, 34].

Особливості імунної системи риб. Імунна система риб являє собою сукупність клітинних і гуморальних факторів імунітету і складається з клітин лімфоїдно-макрофагального комплексу (лімфоцитів, гранулоцитів, клітин Купфера, Лангерганса і т.п.) і гуморальних компонентів (імуноглобуліни, система компонентів комплементу, лізоцим, інтерферон, лізин, гемолізину, гемаглютиніни і т.п.). Клітинні елементи імунної системи організовані в тканинні й органні структури. До них належать: тимус, селезінка, печінка, лімфоїдна тканина головного і тулубного відділів нирок, скупчення лімфоїдної тканини черепної коробки, кишківника, перикарда. Значна частина імунокомпетентних клітин є складовою частиною крові та лімфи [21].

З огляду на структурну організацію імунної системи, риби займають чільне місце серед безхребетних і вищих хребетних тварин. Організація імунної системи більшості риб

уже багато в чому передбачає організацію імунної системи вищих хребетних, і риби здатні до прояву всіх форм імунної відповіді, властивої для ссавців. Проте імунна система риб більш лабільна і сприйнятлива до зміни зовнішніх умов. Так, у несприятливих умовах у риб знижується стійкість до умовно-патогенних і непатогенних симбіонтів, зумовлюючи ризик захворювання інфекційними та інвазійними хворобами, викликаними цими організмами [28]. Таким чином, імунітет риб значною мірою залежить від зовнішніх впливів, і умови середовища існування становлять собою активні регулятори імунореактивності риб.

Риби належать до пойкилотермних нижчих хребетних. Органи, тканини і клітини імунної системи риб представлені в об'ємі, достатньому для функціонування всіх механізмів природного і набутого імунітету. Однак імунна система риб має низку особливостей порівняно з вищими хребетними. По-перше, у риб кровотворні та імунні функції суміщені в одних і тих же органах – у нирці, селезінці, тимусі. По-друге, досі немає об'єктивних даних, які б давали змогу розділити імунні органи риб на центральні та периферичні. Зрештою, в імунітеті риб значно більше значення мають слизові покриви шкіри, дихальних шляхів і травного тракту. Слиз не тільки виконує функцію механічного захисту, але й має антимікробну дію, бо містить лізоцим, антитіла й інші гуморальні фактори, які забезпечують негайний захист організму від наявних у воді шкідливих речовин [4, 17].

Існує значна кількість оглядів і монографій про роль механізмів природженого і набутого імунітету у риб [3, 5, 16, 22, 30, 32, 35, 37, 43, 49]. Виділяють три філогенетичних рівні еволюції імунної системи: квазіімунне розпізнавання, гуморальний і клітинний імунітет [23]. Фактори захисту від субстанцій, котрі несуть чужорідну інформацію, поділяють на специфічні та неспецифічні (вроджені). Співвідношення цих захисних реакцій у тварин різних систематичних груп неоднакове [45]. Неспецифічні фактори захисту охоплюють певні бар'єри і механізми захисту. За даними літератури, для риб характерним є домінування неспецифічних факторів захисту, а на ранніх етапах онтогенезу вони є визначальними [31, 46, 48]. У риб виявлено низку філогенетично закріплених неспецифічних гуморальних факторів, які мають протимікробну дію: лізоцим, фібриноген, бактерицидна активність сироватки крові [17].

Перші роботи з вивчення імунобіологічної реактивності деяких хребетних тварин були проведені одним із основоположників сучасної імунології І.І. Мечниковим (1883, 1913, 1947, 1950). У риб були відзначені фагоцитарні та запальні явища, описані регенеративні процеси [19]. Імунологічна реактивність організму визначається його здатністю розпізнавати та **знешкоджувати генетично чужорідне**. Клітинну ланку неспецифічної резистентності організму риб, як і ссавців, характеризує фагоцитарна активність крові. Фагоцитоз вважається основним процесом неспецифічної резистентності. Фагоцитоз – це процес активного поглинання клітинами організму патогенних живих чи мертвих мікроорганізмів, а також інших чужорідних часток із подальшим перетравленням їх за допомогою внутрішньоклітинних ферментів. Основними клітинами, які беруть участь у процесі фагоцитозу, є нейтрофільні гранулоцити [4].

Дослідження неспецифічних механізмів реакції імунної системи риб, які забезпечують захист від інфекцій та збереження індивідуальної цілісності організму, становить як теоретичний, так і практичний інтерес при визначенні ролі імунної системи в реалізації процесів адаптації до токсичних і біотичних факторів, при оцінці причин зниження напруженості природного імунітету в умовах середовища та розробці проблем біотестування, визначення норми і патології тощо [20].

Імунокомпетентні клітини крові. За даними літератури, одним із найважливіших завдань еколого-імунологічних досліджень є з'ясування загальних закономірностей

перебудов імунологічної реактивності риб під дією факторів зовнішнього середовища, можливість прогнозування цих змін і управління ними. Це завдання не можна вирішити без ретельного вивчення головної основи імунної відповіді організму – імунокомпетентних клітин, до яких належать, насамперед, лімфоцити, а також макрофаги / моноцити і гранулоцити [27].

Клітини крові риб представлені високоорганізованими, постійно функціонуючими комплексами і є морфологічною основою імунної системи. Характерною особливістю крові риб є те, що у них в периферичній крові, поряд зі зрілими лейкоцитами, містяться і молоді форми лейкоцитів, які відрізняються за низкою ознак: розміром, формою і будовою ядер; кількістю цитоплазми і наявністю зернистості в них; здатністю зафарбовуватися кислими і основними барвниками [4]. Так, у крові коропа розрізняють 7 груп лейкоцитів на різних стадіях цитогенезу: 5 груп гранулоцитів – нейтрофіли, еозинофіли, псевдоеозинофіли, базофіли, псевдобазофіли та 2 групи агранулоцитів – моноцити і лімфоцити [9]. Крім того, у крові трапляються бластні форми: гемоцитобласти, мієлобласти, промієлоцити, мієлоцити і метамієлоцити. Дані літератури стосовно особливостей складу периферичної крові риб вказують на суттєві сезонні, вікові та навіть статеві особливості [26]. Склад периферичної крові значно коливається в межах виду, на що вказують більшість авторів [1]. Деякі автори встановили сезонні коливання [15], інші автори це заперечують [26].

Так, в імунній системі риб представлені всі типи клітин, які беруть участь в імунних реакціях у вищих хребетних тварин. Це не тільки клітини, що опосередковують реакції вродженого імунітету, – гранулоцити, моноцити і макрофаги, неспецифічні цитотоксичні клітини, але й лімфоцити, відповідальні за реакції системи, що розпізнає антиген [39]. Популяція лімфоцитів у риб здійснює функцію адаптивного імунітету, що характерно для лімфоцитів ссавців. У ній розрізняють субпопуляції, подібні за поверхневими маркерами і функціями до Т- і В-лімфоцитів ссавців [38, 48]. **В останні роки за допомогою моноклональних антитіл, специфічних до поверхневих маркерів тимоцитів риб, було підтверджено, що в імунній системі риб існує субпопуляція Т-лімфоцитів, яка поділяється на Т-хелпери і Т-кілери [44].**

Імунна система риб, яка здійснює захист внутрішнього середовища від вторгнення чужорідних антигенів, є досить чутливим показником стану як самого організму, так і середовища існування [33]. У цьому плані дослідження різних складових імунної системи риб досить важливі для оцінки імунотоксичності різних сполук. Із літературних даних відомо, що гематологічні показники – це найважливіші параметри для оцінки імунного статусу риб [47]. В основі усіх варіантів захисту організму лежить взаємодія клітин імунної системи [18]. Вивчення лейкоцитарної системи дає можливість скласти уявлення про загальний фізіологічний стан організму [1], його стійкість, здатність адаптуватись до умов середовища і, зокрема, до токсичних речовин, які забруднюють водойми [13]. Дослідження, що стосуються реакції лімфоцитів на екотоксиканти, нечисленні, а стосовно впливу сполук важких металів – поодинокі [33]. У літературних джерелах трапляються повідомлення про те, що в основі імунологічних порушень за дії важких металів можуть лежати порушення проліферації та диференціювання імунокомпетентних клітин, продукції захисних антитіл і регуляторних цитокінів [8, 14, 40, 41]. Виявлення незадовільного рівня функціонування клітин може свідчити про імунотоксичність металу і необхідність всебічного дослідження стану водойм [51].

Таким чином, імунна система як система захисту організму від чужорідного впливу є надзвичайно чутливою до токсичної дії хімічних речовин, які присутні в дуже

низьких концентраціях у навколишньому середовищі. На сьогодні, в результаті експансії людської діяльності практично на всі природні зони і нерационального ставлення людини до навколишньої природи, багато імунологічних параметрів риб почали використовувати як біомаркери для моніторингу імунотоксичності хімічних забруднювачів середовища існування і для передбачення токсикологічного ризику, пов'язаного із забрудненням водних середовищ. Найширше використовуються такі імунні параметри, як концентрація лізоциму, антитіл і лейкоцитів у крові риб, а також тести функціональної активності комплементу, макрофагів і лімфоцитів. Дослідження показників імунної системи риб можуть бути використані при розробці ефективних способів імунологічного моніторингу стану риб і вирішенні завдань з оцінки якості навколишнього середовища, а також слугувати основою для вирішення практичних завдань, таких як ефективне промислове розведення риби, екологічне моделювання та достовірне передбачення змін екологічної обстановки біогеоценозів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Аминева В. А., Яржомбек А. А.* Физиология рыб. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. 200 с.
2. *Винарська О. І., Черниченко І. О., Ніконова Н. О.* та ін. Вплив комбінованої дії хімічних сполук на імунну систему // Довкілля та здоров'я. 1999. № 3 (10). С. 25–27.
3. *Вихман А. А.* Иммунофизиологический статус рыб-объектов аквакультуры: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.10. М., 1994. 48 с.
4. *Вишур О. І., Кичун І. В., Лешовська Н. М.* та ін. Природна резистентність деяких видів риб // Наук.-техн. бюл. Ін-ту біології тварин УААН і ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок. Львів, 2008. Вип. 9. № 3. С. 343–348.
5. *Грищенко Л. І., Рудиков Н. І.* Проблемы патологии и иммунитета при инфекционных болезнях рыб // Итоги науки и техники ВИНТИ. Сер. ихтиология. М.: ВИНТИ, 1985. Т. 1. С. 190–211.
6. *Данилів С. І., Мазепа М. А.* Вплив ацетату свинцю на гуморальні фактори неспецифічної резистентності коропа // Совр. пробл. токсикологии. К.: Медицина Украины, 2009. № 3/4. С. 53–56.
7. *Данилів С. І., Мазепа М. А.* Реакція кровотворних органів та зябер *Surginus carpio* L. на надлишкові концентрації іонів шестивалентного хрому // Галицький лікарський вісн. 2009. Т. 16. № 4. С. 39–42.
8. *Дмитруха Н. М.* Експериментальне дослідження впливу важких металів (свинцю та кадмію) на неспецифічну резистентність організму білих щурів // Совр. пробл. токсикологии. 2004. № 4. С. 27–31.
9. *Дрогомирецька І. З., Мазепа М. А.* Сезонні та вікові особливості лейкоцитів периферійної крові коропа (*Surginus carpio* L.) // Біологія тварин. 2008. Т. 10. № 1–2. С. 116–122.
10. *Дрогомирецька І. З., Мазепа І. В., Мазепа М. А.* Імунотоксичність нікелю та його сполук // Совр. пробл. токсикологии: Науч.-практ. журн. 2009. № 3/4. С. 25–31.
11. *Дрогомирецька І. З., Мазепа М. А.* Особливості фагоцитарної активності лейкоцитів крові *Surginus carpio* L. під впливом іонів кадмію та нікелю // Природничий альманах. Біол. науки. 2008. Вип. 10. С. 53–60.
12. *Жминько П. Г.* Нарушение функции системы иммунитета под воздействием пестицидов и некоторые задачи иммунотоксикологии на современном этапе (обзор) // Совр. пробл. токсикологии. 1998. № 2. С. 53–58.

13. *Заботкина Е. А., Лапирова Т. Б.* Влияние тяжелых металлов на иммунофизиологический статус рыб // Успехи современной биологии. 2003. Т. 123. № 4. С. 401–408.
14. *Забродский П. Ф.* Механизмы токсического действия металлов и их влияние на иммунную систему // Токсиколог. вестн. 1998. № 6. С. 9–15.
15. *Иванова Н. Т.* Атлас клеток крови рыб. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. 179 с.
16. *Киташова А. А.* Реакции врожденного и приобретенного иммунитета у рыб в естественных и экспериментальных условиях: дис. канд. биол. наук: 03.00.10, 14.00.36. М., 2002. 186 с.
17. *Кондратьева И. А., Киташова А. А., Ланге М. А.* Современные представления об иммунной системе рыб. Ч. I. Организация иммунной системы рыб // Вестн. Москов. ун-та. Сер. биол. 2001. № 4. С. 19–28.
18. *Кондратьева И. А., Киташова А. А.* Современные представления об иммунной системе рыб. Функционирование и регуляция иммунной системы рыб // Иммунология. 2002. № 2. С. 97–101.
19. *Лукьяненко В. И.* Иммунобиология рыб. Врожденный иммунитет. М.: Агропромиздат, 1989. 269 с.
20. *Макарская Г. В., Тарских С. В., Лопатин В. Н.* Особенности функциональной активности иммунокомпетентных клеток крови рыб Красноярского водохранилища // VIII съезд Гидробиол. об-ва РАН, (Калининград, 2001). Т. 1. С. 118–119.
21. Методические указания по определению уровня естественной резистентности и оценке иммунного статуса рыб / ИБВВ РАН и ВНИИПРХ. 25.11.99. № 13-4-2/1795.
22. *Микряков В. Р.* Закономерности функционирования иммунной системы пресноводных рыб: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.10. М., 1984. 37 с.
23. *Минченко Е. Е.* Защитные клеточные и тканевые реакции у семги и горбуши на ранних стадиях онтогенеза: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10. М., 2007. 24 с.
24. Общая токсикология / под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова. М.: Медицина, 2002. 608 с.
25. Основы токсикологии: науч.-метод. изд. / под ред. С.А. Куценко. Пб: ООО «Изд-во Фолиант». 2004. 720 с.
26. *Серпунин Г. Г.* Гематологические показатели сеголеток карпа во время зимовки // Сб. тр. Калинингр. техн. ин-т рыб. пром. хоз-ва. 1980. Вып. 91. С. 66–69.
27. *Степанова В. М.* Влияние экологических факторов различной природы на клеточное звено иммунной системы рыб: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Борок, 2003. 23 с.
28. *Юнчис О. Н.* Инфекционные болезни морских аквариумных рыб // Проблемы аквакультуры. М.: Московский зоопарк, ООО «АКВА ЛОГО». 2005. С. 115–126.
29. *Agbede S. A., Adeyemo O. K., Adedeji O. B., Junaid A. U.* Ultrastructural study of the phagocytic activities of splenic macrophages in tilapia (*Oreochromis niloticus*) // *African J. Biotechnol.* 2006. Vol. 5. N 22. P. 2350–2353.
30. *Alexander J. B.* Noncellular nonspecific defense mechanisms of fish // *Ann. Rev. Fish Dis.* 1992. Vol. 2. P. 249–279.
31. *Anderson D. P., Zeeman M. G.* Immunotoxicology in fish // *Fundamentals of aquatixicology* (2th ed.) / Ed. by Rand G. M., Talor and Fransis. USA. 1995. P. 371–405.
32. *Asbakk K.* Elimination of foreign material by epidermal malpighian cells during wound healing in fish skin // *J. Fish Biol.* 2001. Vol. 58 (4).P. 953–966.
33. *Bols N. C., Brubacher J. L., Ganassin R. C.* et al. Ecotoxicology and innante immunity in fish // *Develompental and Comparative Immunol.* 2001. Vol. 25. P. 853–873.

34. Berlin A., Dean J., Draper M. N. et al. Immunotoxicology. Geneva. 1987. 495 p.
35. Dalmo R. A. Non-specific defence mechanisms in fish, with particular reference to the reticuloendothelial system (RES) // J. Fish Diseases. 1997. N 20. P. 241–273.
36. Dunier M., Siwicki A. K., Demael A. Effects of organophosphorus insecticides: effects of trichlorfon and dichlorvos on the immune response of carp (*Cyprinus carpio*). III. In vitro effects on lymphocyte proliferation and phagocytosis and in vivo effects on humoral response // Ecotoxicol. Environmental Safety. 1991. Vol. 22. N 1. P. 79–87.
37. Ellis A. E. The leucocytes of fish: a review // J. Fish Biol. 1977. №11. P. 435–491.
38. Huttenhuis H. B. T., Grou C. P. O., Taverne-Thiele A. J. et al. Carp (*Cyprinus carpio* L.) innate immune factors are present before hatching // Fish Shellfish Immunol. 2005. N 20. P. 586–596.
39. Huttenhuis H. B. T., Huising M. O., Van der Meulen T. et al. Rag expression identifies B and T cell lymphopoietic tissues during the development of common carp (*Cyprinus carpio* L.) // Dev. Comp. Immunol. 2005. N 29. P. 1033–1047.
40. Lawrence D. A., McCabe M. J. Immunomodulation by metals // Immunopharmacol. 2002. N 2. P. 293–302.
41. Ohsawa M. Heavy metal-induced immunotoxicity and its mechanisms // Yakudaku Zassha. 2009. Vol. 129. N 3. P. 305–319.
42. Pfeifer J., Richter I., Rodova V., Kral V. Иммунитет и влияние окружающей среды попытка обобщения связей // Журн. гигиены, эпидемиологии, микробиологии и иммунологии. 1989. Т. 33. № 2. С. 135–140.
43. Press C. McL., Evensen O. The morphology of the immune system in teleost fishes // Fish & Shellfish Immunol. 1999. N 9. P. 309–318.
44. Scapigliati G., Romano N., Abelli L. Monoclonal antibodies in fish immunology: identification, ontogeny and activity of T- and B-lymphocytes // Aquaculture. 1999. N 172. P. 3–28.
45. Siwicki A. K., Anderson D. P. Nonspecific defence mechanisms assay in fish. II. Potential killing activity of neutrophils and macrophages, lysozyme activity in serum and organs and total immunoglobulin (T- Ig) levels in serum. Fish Diseases Diagnosis and Prevention's Methods. FAO-Project GCP/INT/526/JPN, IFI Olsztyn: 1993. P. 105–112.
46. Studnicka M., Siwicki A. K., Kazun K. Nonspecific defence barriers and mechanisms in fish // Fish diseases diagnosis and preventious methods. Olsztyn: Wydawnictwo IRS. 1993. P. 105–111.
47. Vosylienié M. Z. The effect of heavy metals on hematological indices of fish // Acta Zoologica Lituana. Hydrobiologia. 1999. Vol. 9. N 2. P. 76–82.
48. Weyts F. A. A., Rombout J. H. W. M., Flik G., Verburg-Van Kemenade B. M. L. A common carp (*Cyprinus carpio* L.) leucocyte cell line shares morphological and functional characteristics with macrophages // Fish Shellfish Immunol. 1997. N 7. P. 123–133.
49. Zapata A. Phylogeny of the fish immune system // Bull. de L. Inst. Pasteur. 1983. Vol. 81. P. 165–186.
50. Zelikoff J. T., Carlson E., Li Y. et al. **Immunotoxicity biomarkers in fish: development, validation and application for field studies and risk assessment** // Human and Ecological Risk Assessment. 2002. Vol. 8. N 2. P. 253–263.
51. Zelikoff J. T. Biomarkers of immunotoxicity in fish and other non-mammalian **sentinel species**: predictive value for mammals? // Toxicology. 1998. Vol. 129. N 1. P. 63–71.

Стаття: надійшла до редакції 29.03.12

доопрацьована 07.06.12

прийнята до друку 03.07.12

PARAMETERS OF THE FISH IMMUNE STATUS IN THE BIOMONITORING OF ENVIRONMENTAL HEAVY METALS

M. Onyskovets

*Lviv National Agrarian University
1, Volodymyr Velykyj St., Dubliany 80381, Ukraine
e-mail: Onyskovets_M@mail.ru*

The article analyzes and summarizes data existing in foreign and home literature concerning characteristics of the fish immune system and immune responses in the conditions of anthropogenic stress. It was noted that the often cause of immune disorders in fish are toxic for immune system heavy metals. Article describes a necessity of further studies of the immune parameters of fish as bioindicators of environmental pollution by heavy metals.

Keywords: immune system, blood cells, fish, heavy metals, monitoring.

ПОКАЗАТЕЛИ ИММУННОГО СТАТУСА РЫБ В БИОМОНИТОРИНГЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

М. Онисковец

*Львовский национальный аграрный университет
ул. Владимира Великого, 1, Дубляны 80381, Украина
e-mail: Onyskovets_M@mail.ru*

В статье проанализированы и обобщены имеющиеся в зарубежной и отечественной литературе данные об особенностях иммунной системы и иммунологических реакций рыб в условиях повышенного антропогенного воздействия. Отмечено, что часто причиной иммунологических нарушений у рыб является иммунотоксичность тяжелых металлов. Обоснована необходимость дальнейших исследований иммунных показателей рыб в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами.

Ключевые слова: иммунная система, клетки крови, рыбы, тяжелые металлы, мониторинг.