

ГЕНОТОКСИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА У НИЖНІЙ ТЕЧІЇ РІЧКИ ГОРИНЬ

О.О. Бедункова

Національний університет водного господарства та природокористування

Наведено результати проведення генотоксичного моніторингу нижньої течії р. Горинь за допомогою мікроядерного тесту периферичної крові риб. З'ясовано, що на фоні II класу якості води за гідрохімічними показниками спостерігається прояв індукованого мутагенезу риб за середньою частотою ядерних порушень окуня ($4,57 \pm 0,34\%$) на ділянці річки нижче від скиду стічних вод та плітки ($3,82 \pm 0,44\%$) на ділянці річки з мінімальним антропогенним навантаженням. Зроблено висновок про доцільність ведення генотоксичного моніторингу для швидкого з'ясування появи в середовищі токсичних з'єднань.

Ключові слова: *якість води, цитогенетичний гомеостаз, генотоксичний потенціал.*

Як відомо, деякі забруднювачі можуть бути небезпечними навіть при низьких концентраціях, проявляти синергізм та адитивність, бути мутагенними або промутагенними, але не фіксуватися за звичайного хімічного аналізу води, тому важливою складовою гідроекологічних досліджень є моніторинг генотоксичного забруднення водойм.

За нормальних умов більшість генетичних порушень елімінується, що є своєрідним індикатором стресу, який спричиняє появу аномальних клітин та зниження імунного статусу організму [1]. Цитогенетичні порушення діагностуються на хромосомному рівні за допомогою таких високочутливих методів, як облік сестринських хроматинових обмінів та хромосомних аберацій, а також мікроядерного тестування.

За відсутності лабораторних умов іноді для швидкої діагностики генетичної чутливості доцільним є експрес-методи з використанням мікроядерного тесту. Перевага цього методу — простота відбору матеріалу в польових умовах, порівняно незначні часові та матеріальні затрати та можливість опрацьовувати доволі значний масив даних [2]. Так, для дослідження різних видів риб у природних умовах оптимальним є мікроядерний тест у клітинах периферичної крові, що виявляє амітоз еритроцитів — один з

патоморфологічних станів клітин червоної крові, внаслідок чого еритроцити стають двоядерними або утворюють одне чи кілька мікроядер [3]. Поява таких клітинних порушень спостерігається в морських та прісноводних риб як під дією кумулятивного токсикозу [4], так і у разі токсичного стресу [5].

В експериментах *in vivo* стосовно дії ацетату свинцю у концентрації $0,5 \text{ мг/дм}^3$ (ГДК для рибогосподарських водойм — $0,1 \text{ мг/дм}^3$), хлориду кадмію — $0,1$ (ГДК — $0,005$) та сирової нафти у концентрації $0,5 \text{ мг/дм}^3$ (ГДК — $0,05 \text{ мг/дм}^3$) в акваріумних умовах було виявлено, що частка еритроцитів з мікроядрами у цьоголіток коропа становила $1,67 \pm 0,19\%$, двоядерних клітин — $7,80 \pm 0,40$, у дволіток краснопірки — $4,17 \pm 0,01$ та $2,00 \pm 0,03\%$ відповідно. Перевищення цих значень у дослідних екземплярів над контрольними: на п'яту, 15-ту, 30-ту та 40-ву добу було на рівні $1,4$ – $7,3$ рази. Найбільше зростала кількість аберантних еритроїдних клітин за впливу сирової нафти [6].

В експериментах *in situ*, проведених на озерах Кета та Ладаннах, а також у нижній течії р. Єнісей, були отримані мазки крові від 52 особин риб дев'яти видів: гольця (*Salvelinus nemachilus* (Linnaeus, 1758)), наліма (*Lota lota* (Linnaeus, 1758)), осетра сибірського (*Acipenser baeri* (Brandt, 1869)), ряпушки сибірської (*Coregonus sardinella*

(Vallenciennes, 1848)), сига (*C. lavaretus*), плітки сибірської (*Rutilus rutilus lacustris* (Pallas, 1814)), стерляді (*Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758)), харіуса сибірського (*Thimallus arcticus* (Pallas, 1814)) та чира (*Coregonus nasus* (Pallas, 1814)). У клітинах еритроцитів мікроядра виявились лише у 19 особин, у решти (33 особини) мікроядра не ідентифікувались. Загалом, серед 56703 клітин налічувалось 30 клітин з мікроядрами. Тобто загальна частка клітин з мікроядрами становила $0,05 \pm 0,01\%$ [7].

Зауважимо, що частота спонтанних мутацій ядра еритроцитів периферичної крові здорових риб, за даними низки авторів [2, 3, 7, 8], становить 0,05–0,4%, або 0,5–4%.

Багаторічні гідрохімічні та токсикологічні дослідження на Волго-Каспійському каналі [9] засвідчили, що частота трапляння еритроцитів з мікроядрами у крові риб залежить і від сезону року. Так, восени частка еритроцитів з мікроядрами знижується в 1,8 раза у крові судака та у 1,9 раза у крові ляща.

Дехто з авторів відзначає, що кількість мікроядер у клітинах периферичної крові риб змінюється на різних етапах онтогенезу [3]. Зокрема, за порівняння спонтанної частоти аберантних клітин крові в різних вікових групах у двох видів карпозубих риб (*Nothobranchius rachovii* (Ahl, 1926), *Pterolebias longipinnis* (Garman, 1895)) було відзначено, що вона збільшується зі старінням організму, і зумовлено це не стільки змінами в імунній системі, скільки порушеннями в репарації ДНК. Так, під впливом органічного з'єднання 5-бромдезоксипуридину частота аберантних клітин у *N. rachovii* становила: для личинок – 4,9%, молодих особин – 7,5, зрілих – 12,9%.

Отже, з аналізу літературних джерел стає зрозуміло, що інформація про цитогенетичний гомеостаз риб є істотним доповненням до традиційних оцінок якості поверхневих вод, що розширює уявлення про комплексний характер забруднень та дає змогу оцінити інтегральну токсичність водного середовища.

Метою наших досліджень було проведення генотоксичного моніторингу ниж-

ньої течії р. Горинь у межах Рівненської обл. для з'ясування мутагенного потенціалу водного середовища в репрезентативних створах з різним рівнем антропогенного навантаження та мікроядерного тесту периферичної крові найбільш масових видів риб, а також визначення частоти ядерних порушень відносно рівнів спонтанного мутагенезу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для проведення досліджень було обрано два репрезентативні створи у нижній течії р. Горинь, розміщених на території Рівненської обл.: 1 – у межах м. Дубровиця, за 0,5 км нижче від скиду з очисних споруд КП «Міськводоканал»; 2 – у межах с. Висоцьк Дубровицького р-ну, на кордоні з Білоруссю.

Якість поверхневих вод за гідрохімічними параметрами оцінювали згідно з аналітичними даними лабораторії моніторингу поверхневих вод Рівненської обласної екологічної інспекції за відповідною методикою [10], що на основі єдиних екологічних критеріїв дає змогу порівняти якість води на певних ділянках досліджуваних об'єктів за трьома блоками показників, а саме: сольового складу (I_1), трофо-сапробіологічного (санітарно-гігієнічного) складу (I_2), специфічних речовин токсичної дії (I_3) і надає можливість обчислити інтегральний індекс її якості (I_e).

Оцінку генотоксичного потенціалу поверхневих вод здійснювали шляхом обліку частоти ядерних порушень еритроцитів периферичної крові найбільш масових представників іхтіофауни річки, серед яких: верховодка (*Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758)), плітка (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)), краснопірка (*Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758)), окунь річковий (*Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758)), карась сріблястий (*Carassius auratus gibelio* (Linnaeus, 1758)), лящ (*Abramis brama* (Linnaeus, 1758)).

Загальна вибірка різновікових груп риб, взятих для аналізу цитогенетичного гомеостазу, налічувала 120 особин (табл.).

Кількість проаналізованих особин найбільш масових видів іхтіофауни р. Горинь у репрезентативних створах, од.

Вік риб, років	Вид риб											
	Верховодка		Плітка		Краснопірка		Окунь		Карась		Ляц	
	№ створу											
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1+	4	3	3	3	3	3	3	2	2	—	3	3
2+	3	4	3	2	2	3	3	3	3	—	3	4
3+	2	3	2	3	2	2	3	3	3	—	3	3
4+	2	2	2	2	2	4	2	3	1	—	3	3

Аналізували від 930 до 1200 еритроцитів кожної особини. Збір крові проводили з хвостової артерії прижиттєвим методом [11]. Фарбування мазків здійснювали відразу після їх доставки в лабораторію за Романовським–Гімзою [12]. Облік мікроядер проводили під мікроскопом зі збільшенням: 10x100 з імерсією. Під час підрахунку клітин враховували всі види мікроядер та ядерного матеріалу [2]. Результати підрахунків виражали в проміле (‰) у вигляді усереднених даних із відзначенням середньоквадратичної похибки [13].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Значним джерелом антропогенного навантаження на річку в межах Рівненської обл. є хімічний комбінат, виробничі потужності якого введено в дію з 1968 р. із початковим надходженням стічних вод в обсязі 55000 м³/добу, а станом на 2001 р. — вже 100000 м³/добу. Не менш істотного впливу від промислових стічних вод річка зазнає на ділянці нижче смт Оржів — від зливової каналізації деревообробного комбінату «ОДЕК-Україна». Скид побутових стічних вод на території області здійснюється у межах смт Гоща, смт Оржів та міст Острог і Дубровиця. На гідрохімічний режим р. Горинь істотно впливають підземні та карстові води мергельної товщі, які вносять до річки гідрокарбонати Са та Mg.

Властивість ґрунтів та підвищена вологість клімату не сприяють збагаченню річкової води розчиненими солями, по-

ряд із тим поверхневий стік із заболочених водозборів вносить у притоки та в саму р. Горинь значну кількість Fe та органічних сполук. У межах с. Рубче Рівненського р-ну, нижче скидів неочищених стічних вод відвалів фосфогіпсу ПАТ «Рівнеазот», у воді річки значно збільшується концентрація сульфатів.

Необхідно зауважити про нерівномірність забезпечення інформацією споживачів щодо результатів аналітичних показників якості води річок області, що зумовлено істотним скороченням програми державного моніторингу. Так, якість поверхневих вод річки нижче скиду стічних вод м. Дубровиця (створ № 1) можна було охарактеризувати згідно з офіційними даними лише за 2009 р. Слід відзначити, що інтегральний екологічний індекс мав такі показники: категорія 3, II клас — стан «добрий», ступінь чистоти — «чиста» (рис. 1-а).

Блок трофо-сапробіологічних показників — категорія 4,4, III клас — стан «задовільний», ступінь чистоти — «забруднена». Блок специфічних показників токсичної дії мав значення категорії 3,6, що відповідала перехідному стану від II до III класу — стан «добрий/задовільний», ступінь чистоти — «чиста/забруднена». Блок показників соляового складу — категорія 1, I клас.

Забезпеченість офіційними даними щодо гідрохімічних параметрів води у створі № 2 надає можливість встановити, що інтегральний екологічний індекс якості поверхневих вод на цій ділянці

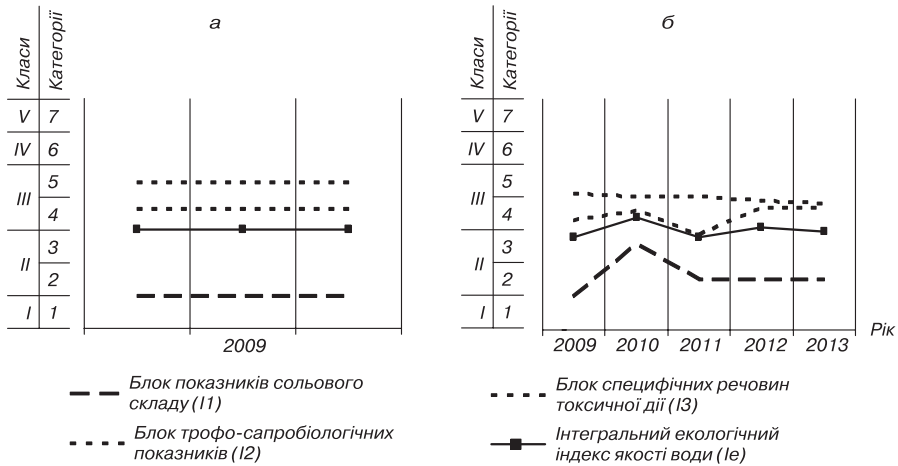


Рис. 1. Динаміка величин інтегральних показників якості води в нижній течії р. Горинь: а — створ № 1; б — створ № 2

р. Горинь не перевищував значень категорії 3,3, тобто відповідає II класу якості води — стан «добрий», ступінь чистоти — «чиста» (рис. 1-б). Категорії трофо-сапробіологічного блоку засвідчили про III клас якості води впродовж усього досліджуваного періоду. Якість води за блоком специфічних речовин токсичної дії змінювалась від II до перехідного II/III класу. Блок показників сольового складу характеризувався, переважно, перехідним I/II класом — стан «відмінний/добрий», ступінь чистоти «дуже чиста/чиста». Винятком була категорія сольового блоку у 2010 р. (2,5), що відповідає якості води II класу.

Отже, розрізнена і обмежена аналітична інформація дає можливість визначити тільки орієнтовну оцінку сучасної якості води. Крім того, отримані результати порівняння нормативних показників за деякими речовинами із показниками, що спостерігаються у конкретній ситуації, є зручними для управління якістю середовища, але розуміння щодо прояву дестабілізуючих процесів у функціонуванні гідроекосистем, зокрема їх генотоксичного потенціалу, вони не дають.

Власне, це і обумовлює необхідність дослідження та облік кількісних критеріїв біотичних індикаторів, які експресно (у режимі реального часу) фіксують певні по-

рушення у тканинах живого організму під впливом фізико-хімічних, імунно-агресивних та генотоксичних властивостей середовища.

Так, за результатами проведеного мікроядерного тесту периферичної крові риб було з'ясовано, що у створі № 1 (рис. 2-а) найвищі значення середніх частот ядерних порушень були характерні для окуня ($4,57 \pm 0,34\%$). Помітно нижчою виявилась частота ядерних порушень у плітки ($3,24 \pm 0,23\%$). Фактично на одному рівні були частоти ядерних порушень еритроцитів верховодки ($2,75 \pm 0,32\%$), краснопірки ($2,6 \pm 0,19$) та ляща ($2,9 \pm 0,28\%$).

У створі № 2 (рис. 2-б) перевищення рівнів спонтанного мутагенезу не спостерігалось у жодного виду риб, хоча середня частота ядерних порушень плітки ($3,82 \pm 0,44\%$) була наближеною до його верхньої межі та найвищою серед решти проаналізованих представників іхтіофауни річки. Дещо нижчою виявились середні значення частоти ядерних порушень у верховодки ($3,54 \pm 0,38\%$), окуня ($3,1 \pm 0,33$) та ляща ($2,92 \pm 0,34\%$). Найнижчими у цьому створі були рівні ядерних порушень у особин краснопірки ($2,13 \pm 0,41\%$).

Крім міжвидових відмінностей частоти ядерних порушень в еритроцитах периферичної крові риб нижньої течії р. Горинь,

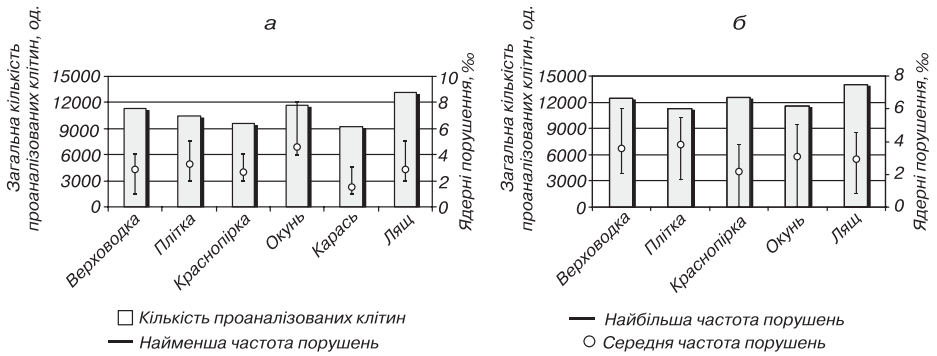


Рис. 2. Частоти ядерних порушень різних видів риб у репрезентативних створах нижньої течії р. Горинь: *а* — створ № 1; *б* — створ № 2

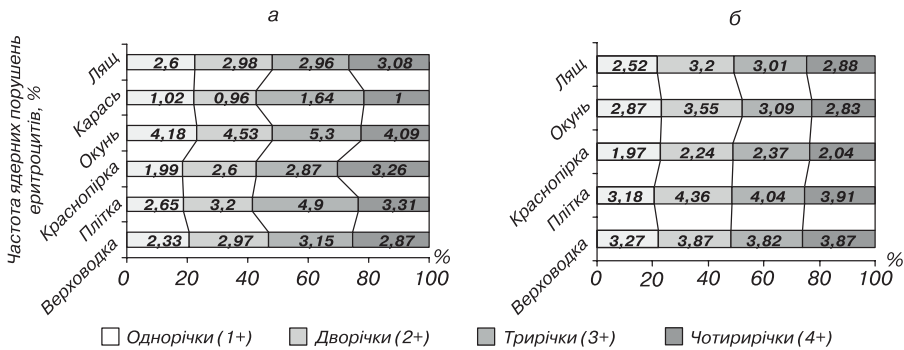


Рис. 3. Рівні ядерних порушень різновікових груп риб у репрезентативних створах нижньої течії р. Горинь: *а* — створ № 1; *б* — створ № 2

була відзначена і відмінність цитогенетичного гомеостазу в особин різного віку (рис. 3). Зокрема, спостерігалось переважання середніх частот ядерних порушень у старших вікових груп. Винятком були лише рівні ядерних порушень у особин карася (створ № 1).

Перевищення частоти ядерних порушень верховодки віком 2+ порівняно з особинами віком 1+ становили 4,8%. Для особин верховодки віком 3+ це перевищення було на рівні 5,5%; для особин віком 4+ — на рівні 4,4%.

Частота ядерних порушень дворічок плітки перевищувала частоту порушень однорічок на 5,8%. Для трирічної плітки це перевищення становило 10,8%, для чотирирічної — 4,7%.

В особин краснопірки перевищення ядерних порушень старших вікових груп

порівняно з однорічками становило: для дворічок — 3,1%, трирічних особин — 4,6, чотирирічних — 0,8%.

Для окуня та ляща перевищення частоти ядерних порушень еритроцитів у особин віком 2+ порівняно з однорічками становило 2,5 та 4,6% відповідно. У окуня та ляща трирічного віку перевищення сягали 5,4 та 3,7%, у чотирирічного — 0,2 та 3,6% відповідно.

Ядерні порушення еритроцитів у особин карася не мали чіткої залежності від віку риби. Так, нижчими на 1,3% виявились порушення у дворічок порівняно з однорічками. У трирічних особин ядерні порушення були вищими на 13,4%, а у чотирирічних — нижчими на 0,4% порівняно з однорічками.

Відомо, що різні види риб мають і різну чутливість до впливу генотоксикантів [1].

Крім того, на ранніх личинкових стадіях розвитку риб спостерігається підвищений рівень спонтанного мутагенезу як прояв природного добору [3]. В особин молодого віку він понижується завдяки інтенсивності клітинного метаболізму [8], а в особин старшого віку, навпаки, починає зростати через зміни в імунній системі та старіння організму [3, 7].

Отже, середні рівні ядерних порушень риб р. Горинь свідчать про відносно сприятливі екологічні умови водного середовища. Однак у створі № 1 (у межах м. Дубровиця — 0,5 км нижче від скиду з очисних споруд КП «Міськводоканал») частота середніх порушень окуня перевищувала рівні спонтанних мутацій. У створі № 2 зафіксовано доволі високі значення середньої частоти порушень для плітки та окуня. Зауважимо, що на обох ділянках річки максимальна частота ядерних порушень у проаналізованих вибірках особин варіювала у межах від 3,81% (краснопірка у створі № 2) до 8,0% (окунь у створі № 1), що може свідчити про існування стресових чинників для риб.

ВИСНОВКИ

Доступна аналітична інформація, що дає можливість визначити тільки орієн-

товну екологічну оцінку нинішньої якості води за гідрохімічними показниками, свідчить про II клас якості поверхневих вод у нижній течії р. Горинь (стан — «добрий», ступінь чистоти — «чиста») з помітним включенням блоку трофо-сапробіологічних показників.

Крім того, цитогенетичний гомеостаз найпоширеніших видів риб характеризується перевищенням рівнів спонтанних мутацій за максимальними значеннями частоти ядерних порушень еритроцитів периферичної крові всіх проаналізованих вибірок. Середні рівні ядерних порушень свідчать про існування індукованого мутагенезу лише у вибірках окуня (зі створу № 1) та плітки (зі створу № 2).

Отримані результати дають підстави узагальнити, що генотоксичний потенціал нижньої течії р. Горинь є незначним, однак фіксація порушень цитогенетичного гомеостазу деяких представників іхтіофауни свідчить про доцільність ведення генотоксичного моніторингу для швидкого з'ясування появи в середовищі токсичних з'єднань. Аналітичні методи можуть залучатись для з'ясування хімічної природи забруднень після отримання позитивного сигналу на інтегральну токсичність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лукьяненко В.И. Общая ихтиотоксикология / В.И. Лукьяненко. — М.: Пищевая промышленность, 1983. — 320 с.
2. Ledebur M. The micronucleus test methodological aspects Mutation Research / M. Ledebur, W. Schmid // Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis. — 1973. — Vol. 19. — P. 109–117.
3. Крысанов Е.Ю. Анеуплодия и хромосомный мозаицизм у рыб (на примере представителей семейств *Cyprinodontidae* и *Synbranchidae*): автореф. ... канд. биол. наук / Е.Ю. Крысанов. — М.: Ин-т эволюционной морфологии и экологии животных им. А.М. Северцова, 1987. — 20 с.
4. Genotoxic assessment on river water using different biological systems / E.A. Nunes, C.T. Lemos, L. Gavrónski et al. // Chemosphere. — 2011. — Vol. 84. — P. 47–53.
5. Gutiérrez J.M. Micronucleus test in fishes as indicators of environmental quality in subestuaries of the Río de la Plata (Uruguay) / J.M. Gutiérrez, S. Villar, A.A. Plavan // Mar. Pollut. — 2015. — Bull. 91. — P. 518–523.
6. Влияние загрязнения водной среды ионами Pb^{2+} , Cd^{2+} и сырой нефтью на накопление генетически индуцированных повреждений в эритроцитах рыб / М.М. Габибов, Н.М. Абдуллаева, Л.М. Ортабаева и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2011. — Т. 13, № 1 (5). — С. 1068–1070.
7. Крюков В.И. Частота микроядер в клетках крови рыб пресных водоёмов полуострова Таймыр / В.И. Крюков, П.В. Кочкарёв // Образование, наука и производство. — 2013. — Т. 1, № 1. — С. 35–37.
8. Лугаськова Н.В. Видовая специфика цитогенетической стабильности рыб в условиях эвтрофного водоема / Н.В. Лугаськова // Экология. — 2003. — № 3. — С. 235–240.
9. Кузина Т.В. Изменения структуры ядра эритроцитов периферической крови промысловых рыб Волго-Каспийского канала / Т.В. Кузина // Вестник Московского государственного областного университета. — 2011. — № 2. — С. 50–57. — (Серия «Естественные науки»).

10. Методика экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям / В.Д. Романенко, В.М. Жукинский, О.П. Оксийук [и др.]. — К.: СИМВОЛ-Т, 1998. — 28 с.
11. Фізіологія риб: Практикум / П.А. Дехтярьов, І.М. Шерман, Ю.В. Пилипенко та ін. — К.: Вища шк., 2001. — 128 с.
12. *Льюис С.М.* Практическая и лабораторная гематология / С.М. Льюис, Б. Бэйн, И. М. Бэйтс. — М: ГЭОТАР-Медиа, 2009. — 672 с.
13. *Лапач С.Н.* Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С.Н. Лапач, А.В. Чубенко, П.Н. Бабич. — [2 изд. перераб. и доп.]. — К.: Морион, 2001. — 408 с.

REFERENCES

1. Lukyanenko V.I. (1983). *Obshchaya ikhtiotoxikologiya* [Total fish toxicology]. Moskva: Pishcheyaya promyshlennost Publ., 320 p. (in Russian).
2. Ledebur M., Schmid W. (1973). The micronucleus test methodological aspects Mutation Research, Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, Volume 19, pp. 109–117 (in English).
3. Krysanov Ye.Yu. (1987). «Aneuploidy and chromosomal mosaicism in fish (for example, representatives of Cyprinodontidae Synbranchidae and families)» Abstract of candidate of biological Sciences dissertation, Institute of evolutionary morphology and ecology of animals. A.M. Severtsova, Moscow, 20 p. (in Russian).
4. Nunes E.A., Lemos C.T., Gavronski L., Moreira T.N., Oliveira N.C.D., Silva J. (2011). Genotoxic assessment on river water using different biological systems. *Chemosphere* Vol. 84, pp. 47–53 (in English).
5. Gutiérrez, J.M., Villar, S., Plavan, A.A. (2015). Micronucleus test in fishes as indicators of environmental quality in substuaries of the Río de la Plata (Uruguay). *Mar. Pollut. Bull.* 91, pp. 518–523 (in English).
6. Gabibov M.M., Abdullaeva N.M., Ortabaeva L.M., Ismailov I.A., Asadulaeva P.A. (2011). *Vliyaniye zagryazneniya vodnoy sredy ionami Pb²⁺, Cd²⁺ i syroy neftyu na nakopleniye geneticheskoy indutsirovannykh povrezhdeniy v eritrotsitakh ryb* [Influence, Cd²⁺ water pollution ions Pb²⁺ and crude oil on the accumulation of genetic damage induced in erythrocytes of fish]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. Iss. 13, No. 1(5), pp. 1068–1070 (in Russian).
7. Kryukov V.I., Kochkarev P.V. (2013). *Chastota mikroyader v kletkakh krovi ryb presnykh vodoemov poluostrova Taymyr* [The frequency of micronuclei in blood cells of fish freshwater reservoirs of the Taimyr Peninsula]. *Obrazovanie, nauka i proizvodstvo* [Education, science and production]. Iss. 1, No. 1, pp. 35–37 (in Russian).
8. Lugaskova N.V. (2003). *Vidovaya spetsifika tsitogeneticheskoy stabilnosti ryb v usloviyakh eutrofnogo vodoema* [Species specificity of cytogenetic stability of fish in a eutrophic reservoir]. Moskva: *Ekologiya* Publ., No. 3, pp. 235–240 (in Russian).
9. Kuzina T.V. (2011). *Izmeneniya struktury yadra eritrotsitov perifericheskoy krovi promyslovyykh ryb Volgo-Kaspiyskogo kanala* [Changes in the structure of the nucleus of peripheral blood erythrocytes of commercial fish of the Volga-Caspian canal]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya «Yestestvennyye nauki»* [Bulletin of Moscow State Regional University. «Science» series]. Moskva: Izd-vo MGOU Publ., No. 2, pp. 50–57 (in Russian).
10. Romanenko V.D., V.M. Zhukinskiy, Oksiyuk O.P. (1998). *Metodika ekologicheskoy otsenki kachestva poverkhnostnykh vod po sootvetstvuyushchim kategoriyam* [Method of Environmental Assessment of surface water quality to the appropriate categories]. Kiev: SIMVOL T Publ., 28 p. (in Russian).
11. Dekhtiarov P.A., I.M. Sherman, Yu.V. Pylypenko, Yarzhombek O.O., Vovchenko S.H. (2001). *Fiziologiya ryb: Praktikum* [Physiology of Fish: Workshop]. Kyiv: Vyshcha shkola Publ., 128 p. (in Ukrainian).
12. Lyuis S.M., B. Beyn, I. Beyts M. (2009). *Prakticheskaya i laboratornaya gematologiya* [Practical and laboratory hematology]. Moskva: GEOTAR-Media Publ., 672 p. (in Russian).
13. Lapach S.N., Chubenko A.V., Babich P.N. (2001). *Statisticheskie metody v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh s ispolzovaniem Excel* [Statistical methods in biomedical research using Excel]. Kiev: Morion. Publ., 408p. (in Russian).