

ВПЛИВ КОМБІНОВАНИХ ЕФЕКТІВ ЗАБРУДНЕННЯ РІЧКИ ІКВА НА ЦИТОГЕНЕТИЧНИЙ ГОМЕОСТАЗ ПРЕДСТАВНИКІВ ІХТІОФАУНИ

О. О. БЄДУНКОВА

Національний університет водного господарства та природокористування
Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою, кафедра екології
вул. Соборна, 11 м. Рівне, 33028, +38(066) 913 83 92,
e-mail: bedunkovaolga@mail.ru

Уперше отримано дані про вплив гідрохімічних параметрів на формування цитогенетичного гомеостазу риб на ділянках річки Іква в межах Рівненської області, що зазнають антропогенного впливу різної інтенсивності. Наведено результати екологічної оцінки якості поверхневих вод річки за гідрохімічними параметрами, які свідчать про незмінно «добрий» стан (II клас) упродовж 2011–2015 рр. при помітному внеску в формування класу якості трофо-сапробіологічного блоку та блоку специфічних речовин токсичної дії. Проведений мікроядерний тест еритроцитів периферійної крові риб зафіксував перевищення рівнів спонтанних мутацій у таких видів, як плітка (від $5,59 \pm 0,49\%$ до $6,19 \pm 0,36\%$), верховодка (від $3,79 \pm 0,40\%$ до $4,81 \pm 0,61\%$) та окунь (від $3,04 \pm 0,39\%$ до $4,37 \pm 0,41\%$). У старших вікових групах усіх проаналізованих видів риб виявлено вищі рівні ядерних порушень, порівняно з однорічками, що доводить наявність факторів дестабілізації цитогенетичного гомеостазу в поверхневих водах річки. За результатами регресійного аналізу взаємозв'язку якісних параметрів поверхневих вод за 16 гідрохімічними показниками та частотою зустрічі мікроядер у еритроцитах риб з'ясовано, що для різних екологічних груп риб діє свій складний і багатофакторний процес формування цитогенетичного гомеостазу. При цьому здебільшого виражена сумісна дія таких металів як мідь, цинк та марганець на тлі несприятливого кисневого режиму водного середовища. Після співставлення отриманих результатів здійснено висновок про необхідність впровадження методів біомоніторингу, які на відміну від традиційних оцінок за гідрохімічними параметрами, дають змогу відображати наслідки комбінованих ефектів забруднення гідроєкосистем.

Ключові слова: цитогенетичний гомеостаз, ядерні порушення, поверхневі води.

Вступ. Досвід світових програм моніторингу (EMAP, МАНА, ЕЕА тощо) в контексті екосистемного інтегрованого підходу підтверджує, що для оцінки екологічних наслідків комбінованих ефектів забруднення вод доцільно дослухатись відгуків певних функціональних систем організму риб, які дають змогу судити про динамічний стан водойм за реакціями їх живих компонентів. Об'єктивність подібних методів доводять і численні наукові дослідження патологічних змін у тілі риб, які з'являються за токсичних умов водного середовища (Габибов и др., 2011, Лугаськова, 2003, Ranitaniemi J. et al., 1988). При цьому, як зазначають автори, найвиправданішими з огляду на трудові та часові затрати є поєднання показових та відносно простих (експрес) методів, здатних відображати наслідки комбінованих ефектів забруднення водойм і ті умови, на тлі яких діють шкідливі елементи і сполуки.

Так, під час досліджень різних видів риб у природних умовах найзручніший мікроядерний (*micronucleus*) тест у клітинах периферійної крові,

що виявляє амітоз еритроцитів – один із патоморфологічних станів клітин периферійної крові, внаслідок чого еритроцити стають двоядерними або утворюють одне чи кілька мікроядер (Крысанов, 1987). Поява таких клітинних порушень помічена у морських та прісноводних риб як під дією кумулятивного токсикозу (Nunes et al., 2011), так і у разі токсичного стресу (Gutiérrez et al., 2015).

Мета цієї роботи – проведення мікроядерного (*MN*) тесту еритроцитів крові риб річки Іква на ділянках водотоку в межах Рівненської області, що зазнають антропогенного впливу різної інтенсивності, та з'ясування впливу гідрохімічних параметрів на формування цитогенетичного гомеостазу риб.

Матеріали та методи. Річка Іква належить до басейну р. Стир і є її правою притокою першого порядку. Загальна довжина водотоку 148,8 км. По території Рівненщини вона протікає 93 км (59,6% від загальної довжини водотоку). Заплава меліорована, лісистість 22%, заболоченість 1,7%. Характерна весняна повінь та низька літньо-

осіння та зимова межень. Річка використовується для технічного та сільськогосподарського водопостачання. Для досягнення поставленої мети, дослідження здійснювали в репрезентативних створах (табл. 1). Екологічну оцінку якості поверхневих вод річки визначали згідно методики (Романенко и др., 1998), яка дозволяє на основі єдиних критеріїв порівнювати гідрохімічні параметри на різних ділянках водних об'єктів і полягає в обчисленні інтегрального індексу якості води (I_c) як середньоарифметичного трьох блокових індексів: I_1 – блок показників сольового складу: хлориди (Cl^-), сульфати (SO_4^{2-}); I_2 – блок трофо-сапробіологічних показників: азот амонійний (NH_4^+), азот нітратний (NO_3^-), азот нітритний (NO_2^-), рН, фосфорфосфатний (PO_4), завислі речовини, ХСК, БСК₅; I_3 – блок специфічних показників токсичної дії: залізо (Fe^{2+}), мідь (Cu^{2+}), марганець (Mn^{2+}), цинк (Zn^{2+}), фториди (F_2^-). Розрахунок виконували згідно з даними відділу аналітичного контролю Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Рівненській області за 2011–2015 рр.

У відповідних репрезентативних створах здійснювалися контрольні облови риб.

Аналізували наймасовіші види різних екологічних груп: верховодка (*Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758)); краснопірка (*Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758)); плітка (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)); лящ (*Abramis brama* (Linnaeus, 1758)); окунь річковий (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758). Загальна вибірка різновікових груп риб, взятих для аналізу цитогенетичного гомеостазу налічувала 186 екземплярів (табл. 2).

Цитогенетичний гомеостаз риб оцінювали за мікроядерним тестом еритроцитів периферійної крові. Фарбування мазків здійснювали відразу після їх доставки в лабораторію, за Романовським-Гімзою (Льюис и др., 2009). Облік мікроядер (*MN*) виконували під мікроскопом зі збільшенням 10×100 з імерсією. Під час підрахунку клітин враховувалися всі види *MN* (Іванова, 1983). Аналізували від 1000 до 1200 клітин у кожній особини.

Результати досліджень з кожного виду риб виражали у формі усереднених даних із зазначенням середньоквадратичної похибки (Лапач и др., 2001). Математичну обробку експериментальних даних здійснювали в межах програмного пакета Statistica 6.0, графічне представлення – MS Word.

Таблиця 1

Table 1

Розташування репрезентативних створів спостережень

A place where the representative research points

№ створу	Адміністративне місцезнаходження пункту	Відстань від гирла, км	Обґрунтування необхідності досліджень
1	р. Іква, с. Сопанівчик, у межах села, на межі з Тернопільською обл.	80,5	Контрольний пункт на вході річки в Рівненську область
2	р. Іква, від села Іванне Дубенського р-ну, 3,2 км нижче скиду о/с КВП ВКГ «Дубновоканал»	39,6	Вплив стічних вод промислово-комунальних підприємств
3	р. Іква, в межах с. Торговиця Млинівського району, 1,5 км вище від гирла	1,5	Контрольний пункт поблизу місця впадіння річки в р. Стир

Таблиця 2

Table 2

Кількість проаналізованих особин наймасовіших видів риб у репрезентативних створах р. Іква, екз.

The units of fish species have been analyzed in representative research points of Ikva river, pcs

Вік риб № створу	Вид риб																	
	верховодка			плітка			краснопірка			окунь			карась			лящ		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1+	3	3	4	2	3	3	3	3	3	2	-	2	-	2	2	2	3	3
2+	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	3	3	2	2	3	3	4
3+	4	3	4	4	5	4	4	4	3	3	4	4	2	3	3	2	4	3
4+	2	3	3	4	3	3	4	2	2	3	3	3	1	2	2	1	3	4

Результати та їх обговорення. Інтегральний екологічний індекс поверхневих вод р. Іква в межах с. Сопанівчик, що на межі з Тернопільською областю (створ №1) свідчить про II клас їх якості – стан «добрий», ступінь чистоти «чиста». При цьому з трьох блокових індексів найвищі значення категорій мав блок трофосапробіологічних показників, що за даними 2015 р. сягав майже шостої категорії IV класу – стан «поганий», ступінь чистоти «брудна». Блок специфічних речовин токсичної дії виявився незмінним у межах III класу. Блок показників сольового складу коливався в межах 1–2 категорій, що характеризує стан поверхневих вод як перехідний від I до II класу якості.

Нижче скиду з очисних споруд «Дубноводоканал» (створ №2) інтегральний екологічний індекс якості поверхневих вод р. Іква відповідав упродовж 2011-2015 рр. II класу – стан «добрий», ступінь чистоти «чиста». При цьому блок трофосапробіологічних показників погіршився, змінивши 3,3 категорію II класу в 2011 р. на 4,4 категорію III класу у 2015 р. Аналогічно змінювалась якість поверхневих вод і за блоком специфічних показників токсичної дії. Сольовий блок перейшов з 1 категорії I класу до 2 категорії II класу.

Поблизу гирла р. Іква (створ №3) інтегральний екологічний індекс якості поверхневих вод також визначав II клас якості –

стан «добрий», ступінь чистоти «чиста». Блок трофосапробіологічних показників упродовж років спостережень характеризувався перехідним станом від II до III класу. Згідно з наявними даними, блок специфічних речовин токсичної дії розцінювався в межах 4 категорії III класу у 2011 р., а у 2015 р. поліпшився до 3 категорії II класу. Блок показників сольового складу змінив 2 категорію II класу на 1 категорію I класу.

Проведення мікроядерного тесту периферійної крові риб, виловлених на відповідних ділянках річки, виявило, що у створі №1 (рис. 1) найвищі значення частоти зустрічі MN були характерні для плітки ($5,59 \pm 0,49\%$).

У верховодки та краснопірки частота ядерних порушень еритроцитів залишилася на одному рівні, відповідно $3,79 \pm 0,40\%$ та $3,74 \pm 0,40\%$. Дещо меншою була середня частота зустрічі MN в окуня ($3,04 \pm 0,39\%$) і ще меншою в ляща ($2,24 \pm 0,29\%$).

У створі №2 (рис. 2) середня частота ядерних порушень еритроцитів крові також виявилась найвищою в плітки ($6,19 \pm 0,36\%$). Майже на одному рівні перебували середні частоти зустрічі MN у еритроцитах верховодки ($4,70 \pm 0,58\%$) та окуня ($4,37 \pm 0,41\%$). Дещо нижчими були середні порушення в краснопірки та ляща, відповідно $3,87 \pm 0,45\%$ та $3,83 \pm 0,47\%$.

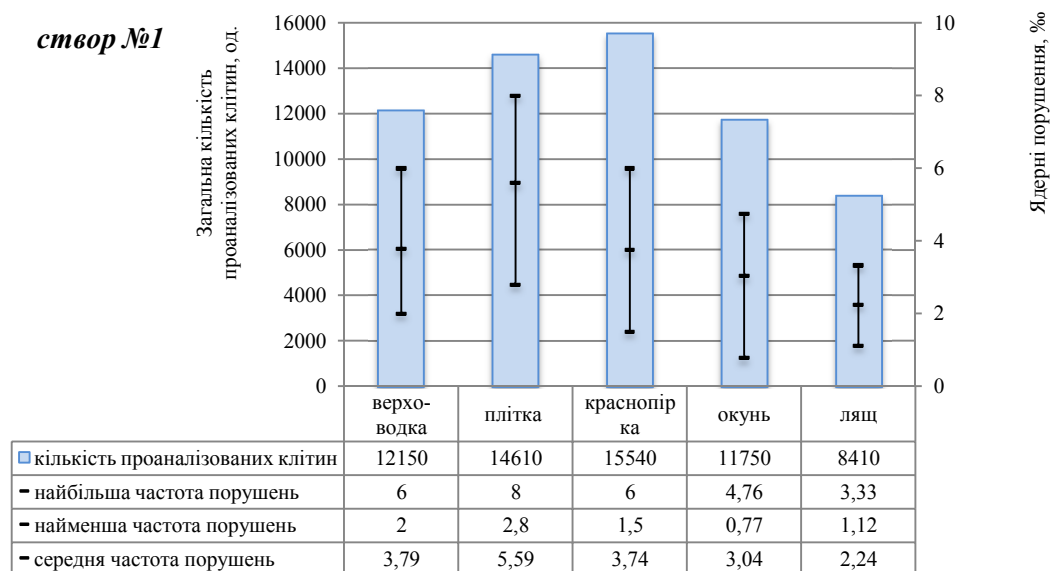


Рис. 1. Частота зустрічі мікроядер у різних видів риб р. Іква в створі №1

Fig. 1. The frequency of micronuclei meeting in fish erythrocytes of Ikva river (research point №1)

створ №2

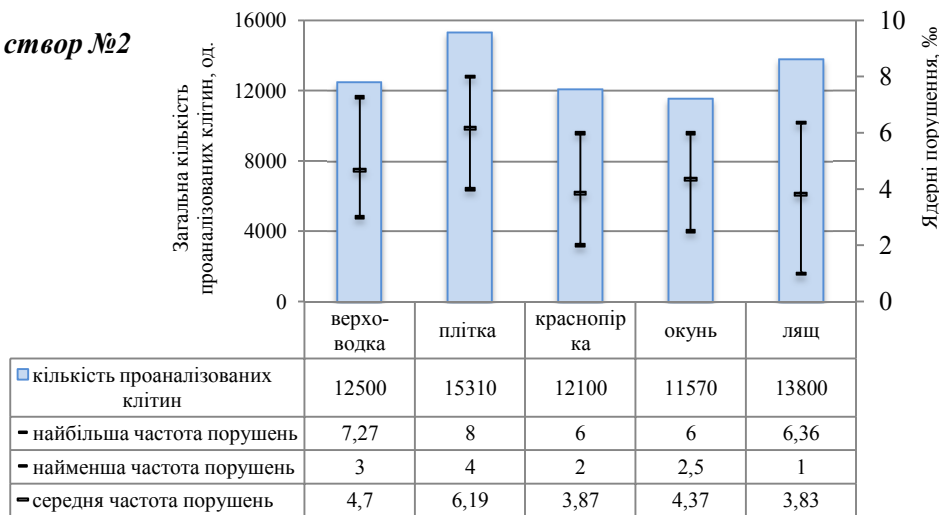


Рис. 2. Частота зустрічі мікроядер у різних видів риб р. Іква в створі №2

Fig. 2. The frequency of micronuclei meeting in fish erythrocytes of Ikva river (research point №2)

У створі №3 (рис. 3) ядерні порушення плітки ($5,72 \pm 0,73\%$) знову виявилися найвищими серед решти видів риб. Наступними за частотою зустрічі були MN верховодки ($4,81 \pm 0,61\%$) та окуня ($4,26 \pm 0,37\%$). Середня частота ядерних порушень краснопірки зберігалися на рівні $3,28 \pm 0,49\%$, а ляща – $2,01 \pm 0,25\%$.

Аналіз частоти зустрічі MN у різновікових груп риб виявив перевищення ядерних порушень еритроцитів для старших вікових груп порівняно з однорічками (рис. 4). Зокрема, перевищення зустрічі MN у еритроцитах особин верховодки

віком 2+, порівняно з особинами віком 1+ становили 13,6%. Для особин верховодки віком 3+ це перевищення було на рівні 15,7%; для особин віком 4+ – 9,7%.

У проаналізованих особин плітки частота зустрічі MN дворічок перевищувала частоту MN однорічок на 7,1%. Для трирічок плітки це перевищення становило 10,9%, а для чотирирічок – 7,0%. Перевищення ядерних порушень старших вікових груп краснопірки відносно однорічок становили: для дворічок – 8,7%, для трирічок – 11,4%, для чотирирічок – 7,8%.

створ №3

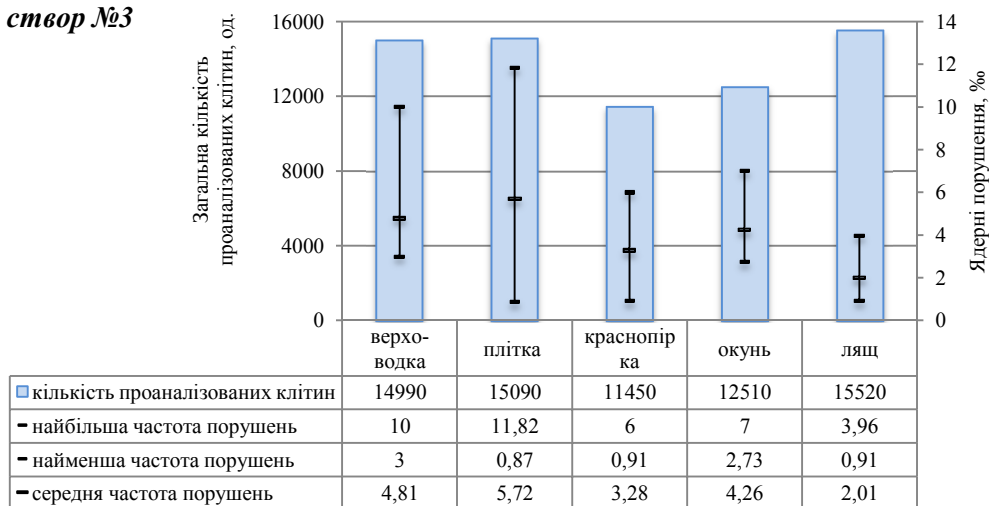


Рис. 3. Частота зустрічі мікроядер у різних видів риб р. Іква в створі №3

Fig. 3. The frequency of micronuclei meeting in fish erythrocytes of Ikva river (research point №3)

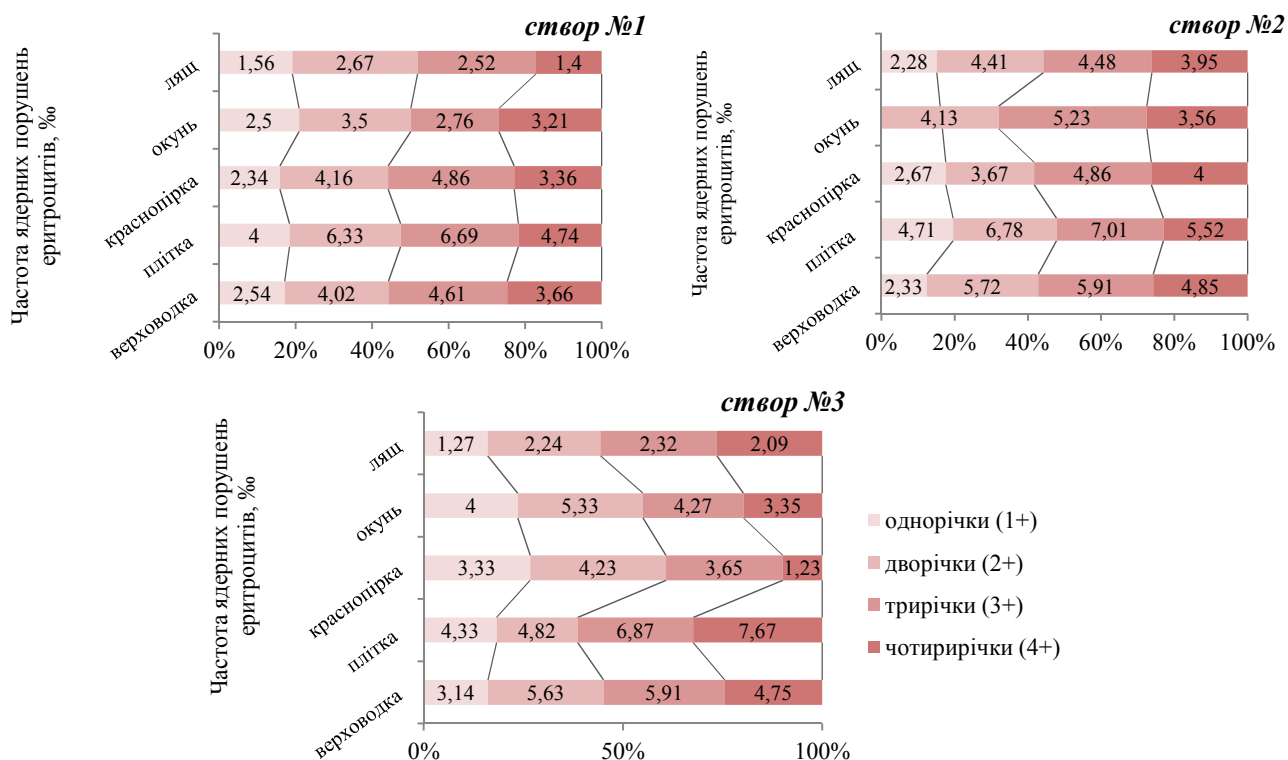


Рис. 4. Цитогенетичні характеристики різновікових груп риб у створах спостережень р. Іква

Fig. 4. Cytogenetic characteristics of different age groups fish on research areas of Ikva river

В окуня найсуттєвішим виявилось перевищення частоти ядерних порушень еритроцитів у особин віком 4+, що становили 16,% відносно однорічок. У трирічок окуня перевищення сягали 14,7%, у дворічок перевищення були на рівні 8,1% відносно однорічок. Перевищення частоти ядерних порушень дворічок ляща становило 13,3%, трирічок 13,2%, чотирирічок 10,7% відносно однорічок.

У цілому, ядерні порушення представників іхтіофауни р. Іква були достатньо помітними та мали перевищення рівня спонтанних мутацій (4‰), насамперед для плітки, верховодки та окуня.

Результати багатofакторного регресійного аналізу взаємозв'язку між якісними параметрами поверхневих вод р. Іква (за 16 гідрохімічними показниками) та частотою зустрічі MN у еритроцитах риб дали змогу отримати уявлення про вплив комбінованих ефектів забруднення на формування цитогенетичного гомеостазу представників іхтіофауни (табл. 3).

Отримані регресійні рівняння допомагають передбачити, що за сучасного екологічного стану поверхневих вод р. Іква рівні ядерних порушень верховодки зумовлені передусім одночасною наявністю азоту нітритного, фосфору фосфатів,

іонів заліза та понижених концентрацій вмісту розчиненого у воді кисню. Ядерні порушення плітки залежали від вмісту у воді фосфатів, заліза, міді та реакції середовища. Порушення краснопёрки зумовлювала сумісна дія іонів хлоридів, зважених речовин, цинку та понижені концентрації розчиненого у воді кисню. Порушення ляща виявилися наслідком сумісної дії металів (залізо, мідь, цинк) та кисневого режиму поверхневих вод річки.

Отже, отримані залежності доводять, що для різних екологічних груп риб діє свій складний і багатofакторний процес формування цитогенетичного гомеостазу. Проте привертає увагу наявність у більшості регресійних рівнянь фактору кисневого режиму водного середовища та специфічних речовин токсичної дії, зокрема таких металів, як мідь, цинк та марганець.

На нашу думку, доволі прості математичні моделі, в основу яких покладено комплексне зіставлення параметрів якості поверхневих вод та цитогенетичного гомеостазу риб, можуть бути корисні під час моніторингу стану річки, зокрема для прогнозування екологічної ситуації та контролю за станом біотичної складової гідроекосистеми.

Таблиця 3
Залежність частоти зустрічі MN в еритроцитах риб від якісних параметрів поверхневих вод р. Іква

Table 3
Dependence between meeting frequency of micronucleus (MN) in erythrocytes of fish and quality parameters the surface water of Iква river

Вид риб	Регресійні рівняння	Коефіцієнти*		
		r	F	P
верховодка	$MN = 7,91 - 0,51(NO_2^-) + 0,28(PO_4^-) - 0,92(O_2) + 0,26(F_2)$	0,96	18,7	0,03
плітка	$MN = -7,3 + 0,69(PO_4^-) + 0,37(pH) - 0,42(Fe^{2+}) + 0,33(Cu^{2+})$	0,95	15,2	0,04
краснопірка	$MN = 11,2 - 0,88(Cl^-) + 0,41(ЗР) - 1,1(O_2) - 0,84(Zn^{2+})$	0,97	25,9	0,02
окунь	$MN = 7,28 + 2,16(NO_2^-) - 0,8(PO_4^-) - 0,6(O_2) + 0,56(Cu^{2+}) - 0,49(Zn^{2+}) - 2,8(Mn^{2+})$	0,98	20,6	0,02
лящ	$MN = 2,19 - 0,34(O_2) + 0,73(Fe^{2+}) + 0,3(Cu^{2+}) - 0,27(Zn^{2+})$	0,94	12,3	0,02

*Примітка: r – коефіцієнт кореляції; F – критерій Фішера; p – рівень статистичної значущості

Висновки. За результатами екологічної оцінки якість поверхневих вод р. Іква за гідрохімічними параметрами характерна незмінно «добрим» станом упродовж 2011-2015 рр. з помітним внеском у формування класу якості трофо-сапробіологічного блоку та блоку специфічних речовин токсичної дії.

За результатами мікроядерного тесту еритроцитів периферійної крові риб зафіксовані рівні ядерних порушень, що перевищують спонтанний мутагенез у таких видів, як плітка (від 5,59±0,49‰ до 6,19±0,36‰), верховодка (від 3,79±0,40‰ до 4,81±0,61‰) та окунь (від 3,04±0,39‰ до 4,37±0,41‰). При цьому старші вікові групи всіх видів риб мали вищі рівні ядерних порушень порівняно з однорічками, що доводить наявність факторів порушення цитогенетичного гомеостазу в поверхневих водах річки.

За результатами багатфакторного регресійного аналізу з'ясовано, що рівні ядерних порушень представників іхтіофауни р. Іква зумовлює здебільшого сумісна дія таких металів як мідь, цинк та марганець на тлі несприятливого кисневого режиму водного середовища.

Зіставлення отриманих результатів доводить необхідність впровадження методів біомоніторингу, які на відміну від традиційних оцінок, за гідрохімічними параметрами дозволяють відображувати наслідки комбінованих ефектів забруднення гідроекосистем.

Список літератури:

- Gutiérrez, J.M., Villar, S., Plavan, A.A. Micronucleus test in fishes as indicators of environmental quality in subestuaries of the Río de la Plata (Uruguay). *Mar. Pollut. Bull.* 91, 2015. P. 518-523.
- Nunes, E.A., Lemos, C.T., Gavronski, L., Moreira, T.N., Oliveira, N.C.D., Silva, J. Genotoxic assessment on river water using different biological systems. *Chemosphere* 84, 2011. P. 47-53.
- Ranitaniemi J., Rask M., Vuorinen P.J. The growth of perch, *Perca fluviatilis* L., in small Finish lakes at

different stages of acidification // *Ann. Zool. Fenn.* Vol. 25, №3, 1988. P. 209-219.

- Iванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб // М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 184 с.
- Крысанов Е.Ю. Анеуплодия и хромосомный мозаицизм у рыб (на примере представителей семейств *Cyprinodontidae* и *Synbranchidae*). Автореф. ... канд. биол. наук. – Москва: Ин-т эволюционной морфологии и экологии животных им. А.М. Северцова, 1987. – 20 с.
- Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel – 2 изд. перераб. и доп. – К.: Морион, 2001. – 408 с.
- Лугаськова Н. В. Видовая специфика цитогенетической стабильности рыб в условиях эвтрофного водоема / Н. В. Лугаськова. – М.: Экология. – 2003. – № 3. – С. 235-240.
- Льюис С.М. Практическая и лабораторная гематология / С.М. Льюис, Б. Бэйн, И. Бэйтс. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 672 с.
- Габибов М.М., Абдуллаева Н.М., Ортабаева Л.М., Исмаилов И.А., Асадулаева П.А. Влияние загрязнения водной среды ионами Pb^{2+} , Cd^{2+} и сырой нефтью на накопление генетически индуцированных повреждений в эритроцитах рыб / Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 13. – №1(5), 2011. – С. 1068-1070.
- Романенко В. Д. Жукинский В. М., Окснюк О.П. Методика экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям. – К.: СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с.

References:

- Gutiérrez, J.M., Villar, S., Plavan, A.A. Micronucleus test in fishes as indicators of environmental quality in subestuaries of the Río de la Plata (Uruguay). *Mar. Pollut. Bull.* 91, 2015. P. 518-523.
- Ivanova N.T. Atlas kletok krvi ryb // M.: Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1983, 184 s.
- Krysanov E.Yu. Aneuploidiya i khromosomnyy mozaitizm u ryb. // Avtoref. na soisk. uchenoy stepeni kand. biol. nauk. Moskva. Institut evolyutsionnoy morfologii i ekologii im. A.N. Severova. - 1987. 20 s.

4. Lapach S.N., Chubenko A.V., Babich P.N. Statisticheskie metody v mediko-biologicheskikh issledovaniyah s ispol'zovaniem Excel – 2 izd. pererab. i dop. K.: Morion, 2001. – 408s.
5. L'juis S.M. Prakticheskaja i laboratornaja gematologija / S.M. L'juis, B. Bjejn, I. Bjejts M.: GJeOTAR-Media, 2009. – 672 s.
6. Lugas'kova N. V. Vidovaja specifika citogeneticheskoy stabil'nosti ryb v uslovijah jevtrofnogo vodoema / N. V. Lugas'kova. – M. : Jekologija. – 2003. – № 3. – S. 235-240.
7. Gabibov M.M., Abdullaeva N.M., Ortabaeva L.M., Ismailov I.A., Asadulaeva P.A. Vlijanie zagryaznenija vodnoj sredy ionami Pb²⁺, Cd²⁺ i syroj neft'ju na nakoplenie geneticheski inducirovannyh povrezhdenij v jeritrocitah ryb / Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk, t. 13, №1(5), 2011. S. 1068-1070.
8. Nunes E.A., Lemos C.T., Gavronski L., Moreira T.N., Oliveira N.C.D., Silva J. Genotoxic assessment on river water using different biological systems. Chemosphere 84, 2011. P. 47-53.
9. Ranitaniemi J., Rask M., Vuorinen P.J. The growth of perch, *Perca fluviatilis* L., in small Finish lakes at different stages of acidification // Ann. Zool. Fenn. Vol. 25, №3, 1988. P. 209-219.
10. Romanenko V. D. Zhukinskij V. M., Oksijuk O.P. Metodika jekologicheskoy ocenki kachestva poverhnostnyh vod po sootvetstvujushhim kategorijam. - K.: SIMVOL-T, 1998. – 28 s.

IMPACT OF COMBINED EFFECTS OF IKVA RIVER POLLUTION ON CYTOGENETIC HOMEOSTASIS OF FISH FAUNA REPRESENTATIVES

O. O. Biedunkova

For the first time the author has received the data regarding the impact of hydro-chemical parameters on the formation of fish cytogenetic homeostasis in the Ikva River within the territory of Rivne Oblast, particularly in the sites experiencing human impact of varying intensity. The research provides the results of the environmental assessment of the river surface water quality according to hydro-chemical parameters which have consistently indicated "good" condition (class II) throughout 2011-2015 with a marked contribution of the trophy-saprobic block and specific toxic substances block to the quality class formation. The conducted erythrocyte micronucleus test with fish peripheral blood showed exceeding levels of spontaneous mutations in such species as roaches (from 5.59 ± 0.49 ‰ to 6.19 ± 0.36 ‰), bleaks (from 3.79 ± 0.40 ‰ to 4.81 ± 0.61 ‰) and perch (from 3.04 ± 0.39 ‰ to 4.37 ± 0.41 ‰). The older age groups for all analysed fish species demonstrated higher levels of micronucleus infringements (nuclear damages), compared with the young of the year that proves the existence of the factors destabilizing cytogenetic homeostasis in the surface waters of the river. According to the results of the regression analysis of the relationship of surface water quality parameters in line with 16 hydro-chemical indicators and encounter frequency of micronuclei in fish erythrocytes, the author established that different ecological groups of fish have their own specific complex and multifactorial process of cytogenetic homeostasis formation. Nevertheless, combined effect of such metals as copper, zinc and manganese is most severe against the unfavourable oxygen regime of water environment. After the comparison of the achieved results, the author came to the conclusion that there is a need to introduce biomonitoring methods which unlike traditional assessment of hydro-chemical parameters allow the researcher to see the impact of the combined effects of hydro-ecosystem pollution.

Key words: cytogenetic homeostasis, micronucleus infringements (damages), surface waters.

Отримано редколегією 04.10.2016