

УДК 57(0,75.8)

Федорова Галина Володимирівна,
доцент кафедри хімії навколишнього середовища
Одеського державного екологічного університету
Степанова Карина Геннад'ївна, студентка III курсу ОДЕКУ

Фёдорова Галина Владимировна,
доцент кафедры химии окружающей среды
Одесского государственного экологического университета,
Степанова Карина Геннадьевна, студентка III курса ОДЭКУ

Fedorova Galina Vladimirovna,
PhD, of Chemistry, associate professor
at the departments of Chemistry of the Environmental
of Odessa State Environmental University
Stepanova Karina Gennad'yevna, 3rd year student of OSEU

За період літо – осінь 2016 р. проведено біомоніторинг стану риб на прикладі карася золотого (Carassius auratus), який мешкає у водах Дніпровсько-Бузьського лиману и дуже поширений у водоймах України. Обробку біоматеріалу та оцінку стабільності розвитку риб проводили за флуктуючою асиметрією меристичних (лічильних) ознак з розрахунком їхньої частоти. Встановлено величини показників флуктуючої асиметрії та їх співвідношення якості вод Дніпровсько-Бузьського лиману. Розглянуто помісячну и сезонну зміну стану вод. Підтверджено кореляція якості середовища мешкання та порушення білатеральної симетрії розвитку безхребетних. Встановлено високу ступінь забруднення Дніпровсько-Бузьського лиману у літній період. Розрахунки здійснювалися за допомогою програми Microsoft Office Excel.

Ключові слова: біоіндикація, білатеральна симетрія, ознаки симетрії, флуктуюча асиметрія, меристичні ознаки, забруднення вод.

За период лето – осень 2016 г. проведен биомониторинг состояния рыб на примере карася золотого (Carassius auratus), обитающего в водах Днепро-Бужского лимана и распространенного в водоемах Украины. Обработку биоматериала и оценку стабильности развития рыб проводили по флуктуирующей асимметрии меристических (счетных) признаков с расчетом их частоты. Установлены величины показателей флуктуирующей асимметрии и их соответствие качеству вод лимана. Рассмотрено ежемесячное и сезонное изменение состояния вод. Подтверждена корреляция качества среды обитания и нарушения билатеральной симметрии развития беспозвоночных. Установлена высокая степень загрязнения Днепро-Бужского лимана в летний период 2016 г. Расчеты осуществлялись с помощью программы Microsoft Office Excel.

Ключевые слова: билатеральная симметрия, признаки симметрии, флуктуирующая асимметрия, биоиндикация, меристические признаки, загрязнение вод.

For the period of summer-autumn 2016 biomonitoring of the fish's state was carried out with using of goldfish (Carassius auratus), which lives in the waters of Dneprobuga estuary and is widespread in the reservoirs of Ukraine. The processing of the biomaterial and the evaluation of the stability of the fish's development were carried out according to the fluctuating asymmetry of the meristic (countable) characters with calculation of their frequency. The values of the fluctuating asymmetry indices and their conformity to the quality of the estuary waters are established. Month and seasonal changes in the state of water are considered. The correlation between the quality of the habitat and the violations of the bilateral symmetry of the invertebrates' development. A high degree of contamination of the Dnepro-Bug edtuary during the summer period 2016 is established. Calculations were carried out using Microsoft Office Excel program.

Key words: bilateral symmetry, fluctuating asymmetry, symmetry characters, bioindication, meristic (countable) characters, contamination of waters.

Використання метода флюктууючої асиметрії риб

для визначення якості вод їх мешкання

**Применение метода флюктуирующей асимметрии рыб для определения
качества вод их обитания**

**The application of the fluctuating asymmetry method of fish to determine the
quality of their habitats**

Постанова проблеми. На півдні України одним з важливих гідрооб'єктів Причорномор'я є найбільша відкрита прісноводна водойма – Дніпровсько-Бузьський лиман, який має транспортне, рекреаційне та рибпромислове значення для економіки України. Хоча частина Дніпровсько-Бузьського лиману є в межах Чорноморського біосферного заповідника, и певна робота для зберігання його унікальної природи проводиться, екологічний стан лиману в останні роки викликає тривогу: численність риб, у т. ч. видова, значно знизилась, відбувалися масові замори риб, останній замор спостерігався у вересні 2016 р., коли на узбережжі протягом 1,5 км загиблі 225 тис. бичків [1]. Проблеми якості вод Дніпровсько-Бузьського лиману, стану його гідробіонтів, зберігання його різноманіття є очевидними, а своєчасний їх розгляд і постійний моніторинг зможе запобігти негативним екологічним наслідкам.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Напрям біоіндикації, який в останні десятиріччя застосовують для характеристики стану довкілля [2], є дуже привабливим для оцінки стабільності розвитку гідробіонтів, а біоіндикаційний метод флюктууючої асиметрії (ФА) має реальні переваги, оскільки дає характеристику стану не тільки використаним як біоіндикатори гідробіонтам, але і забезпечує інтегральну оцінку середовищу їх існування. Після першої публікації Л. Ван Валена [3] и введення поняття флюктууючої асиметрії як випадкових, неспрямованих відхилень від білатеральної симетрії, цей показник стали широко застосовувати у біоіндикації з використанням біоіндикаторів різних тваринних груп: рослин, комах, земноводних, риб, ссавців, органи яких мають чітку двобічну симетрію. Коропоподібні карась

золотий і срібляний, лящ, плотва [4], окунь [5] рекомендуються як зручні модельні біоіндикатори стану гідрооб'єкта, існують дослідження осетрових і лососевих, навіть ротану-головешки. Моніторинг здійснюється за загальними морфогенетичними показниками меристичного типу, що використовують для оцінки стабільності розвитку риб за величиною флуктуючої асиметрії [4]: 1) число променів у грудних плавцях; 2) число променів у черевних плавцях; 3) число зябрових тичинок; 4) число глоткових зубів; 5) кількість луски у бічній лінії. Деякі автори зменшують кількість меристичних ознак [5] при дослідженні відхилення від білатеральної симетрії, інші – використовують додаткові, напр., число лусочок, що пробитих сенсорними отворами [6]. Вивчено вікову залежність ФА, зміну ФА від швидкості росту [5], умов мешкання популяцій риб [6, 7], дана оцінка екологічній ситуації водойм, видових розбіжностей показників ФА риб, що мешкають в одному біотопі [8]. Широке використання метода (ФА) пов'язане не тільки з пріоритетністю саме біологічної оцінки якості природного середовища, але і з універсальністю підходу, певною чутливістю, дешевизною та доступністю метода.

Метою дослідження є оцінка екологічного стану Дніпровсько-Бузьського лиману методом ФА, заснованим на порушенні білатеральної симетрії мешканця лиману карася золотого (*Carassius auratus*) через несприятливі екологічні умови.

Основні результати. Оцінку білатеральної симетрії риб з встановленням її порушення за 5 меристичними ознаками проводили шляхом їх підрахунку на лівому (l) і правому боках (r) карася золотого за методикою В.М. Захарова [4]. Для аналізу використовували свіжопойману рибу влітку і в осені (червень-листопад) 2016 р. Лічильні числа кожної ознаки l і r заносили в таблицю і підраховували число асиметричних випадків для кожної риби – A_i та знаходили частоту асиметричних прояв спочатку на ознаку (k – число ознак) – $(\sum_{i=1}^{i=5} A_i)/k$, а потім для всієї вибірки (n) для кожного місяця. Таким чином, для аналізу асиметрії за меристичними ознаками розраховувалося середнє число частоти

асиметричних ознак (ЧАО) за формулою: $ЧАО = \frac{\sum_{i=1}^k A_i}{nk}$, де A_i – число асиметричних прояв кожної ознаки i ; n – чисельність вибірки (10 особин); число ознак $k = 5$.

Результати підрахунків випадків асиметрії за усіма вибірками, визначення величин ЧАО та стандартного відхилення середнього результату () одержані з використанням Microsoft Excel і представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Середні частоти асиметричних прояв 5 ознак карася золотого за вибірками

Місяць	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад
ЧАО	0,6	0,64	0,42	0,44	0,28	0,24
$S_{\bar{x}}$	±0,079	±0,116	±0,066	±0,098	±0,049	±0,075
Середнє ЧАО за сезон	Літо 0,54± 0,087			Осінь 0,32±0,074		

Оцінка якості середовища за інтегральним показником стабільності розвитку риб запропонована В.М. Захаровим відповідно бальній системі, в якій показникам асиметрії відповідають певні бали від 1 до 5, що за збільшенням вказують на погіршення середовища існування біоіндикатора, див. табл. 2.

Таблиця 2

Оцінка якості середовища (води) в балах за інтегральним показником стабільності розвитку риб (за В.М. Захаровим)

Клас	Коефіцієнт асиметрії у бальній оцінці				
	1 чисто	2 відносно чисто	3 забруднено	4 брудно	5 дуже брудно
	Коефіцієнт асиметрії				
Риби	< 0,35	0,35-0,40	0,40 – 0,45	0,45 – 0,50	> 0,50

Таким, чином, за бальною характеристикою стан Дніпровсько-Бузьського лиману у літку та в осені 2016 р. відповідав дуже брудному і чистому, відповідно. Протягом часу біомоніторингу дані стану лиману представлені у табл. 3.

Таблиця 3

Стан Дніпровсько-Бузьського лиману у балах за період червень – листопад

Місяць	Червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад
Бали	>5 дуже брудно	>5 дуже брудно	3 забруднено	3 забруднено	1 чисто	1 чисто

Висновки. 1. Проведено підрахунок випадків порушення білатеральної асиметрії зліва і справа карася золотого (*Carassius auratus*) за 5 морфогенетичними ознаками, що відносяться до меристичних, та показника флуктуючої асиметрії за червень-листопад 2016 р. за вибірками відлову риби.

2. За коефіцієнтом флуктуючої асиметрії відповідно бальній системі встановлено екологічний стан Дніпровсько-Бузьського лиману, який в червні та липні відповідав градації понад 5 балів, тобто був надбрудний. Протягом серпня і вересня (3 бали, тобто забруднено) к жовтню і листопаду ситуація покращилась до чистого стану (1 бал, т. к. ЧАО < 0,35).

3. Сезонність забруднення лиману від дуже брудного влітку до чистого восені може бути пояснено змивом з полів талих і дощових вод, забруднених добривами та пестицидами.

Біомоніторинг якості вод Дніпровсько-Бузьського лиману продовжується.

Список використаної літератури

1. УНИАН [Електронний ресурс]. – Режим доступу: hyser.com.ua/community/dnepro-bugskij-liman-perezhivaet-seryoznye-ecologicheskie-probmy-116319
2. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование: уч. пособие для студ. ВУЗов/О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Т.И. Евсеева и др.; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Сарапульцевой – М.: Академия, 2008. – С. 80.
3. Van Valen L. Study of fluctuating asymmetry / L. Van Valen // Evolution. – 1962. – Vol. 16, № 2. – P. 125-146.
4. Захаров В.М. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.

5. Виноградова К.П. Вивчення флюктууючої асиметрії річкового окуня (*Perca fluviatilis*) / [Електронний ресурс]. – К.П. Виноградова, Сакун Ю.В., Белоусова К.М. та ін. – Режим доступу: <http://batrahos.com>>FA_Perca_fluviatilis
6. Хорошеньков Е.А. Флюктуирующая асимметрия серебряного карася в некоторых водоемах Северо-западного Предкавказья / Е.А. Хорошеньков. – Молодой ученый. – 2012. – №8(15). – С.54-57.
7. Орлов А.А. Сравнение флюктуирующей асимметрии речного окуня в реках Мокша и Сура на территории республики Мордовия [Электронный ресурс] / А.А. Орлов. – Режим доступа: www.sworld.com.ua/konfer35/451.pdf
8. Пескова Т.Ю. Флюктуирующая асимметрия фоновых видов рыб нижнего течения р. Дон / Т.Ю. Пескова, Л.А. Костылева. – Проблемы региональной экологии. – 2011. – №5. – С. 90.

Вступ і актуальність теми. Біоіндикація водойм є особливо важливою, оскільки гідратний фактор є одною з властивостей и особливостей біосфери, а водна поверхня планети за площею більше, ніж тверда.

Крім того, одним з напрямків гідроіндикації є пошук вод в пустельних або ін. зневоднених районах, що дуже важливо для забезпечення життя. Не менше важливою є біоіндикаційна оцінка якості вод, контроль ступеня їх забруднення. Все вищеперелічене вказує на реальну *актуальність* визначення якості вод, а використання біоіндикаційних методів з їх головним завданням: зберегти і не нашкодити живій природі – визначає їх перспективність.

Біоіндикаційні методи є незамінними у випадках: • коли фактор не може бути вимірний (напр., клімат минулих геологічних епох);

• коли фактор важко виміряти (напр., через швидке розкладання ксенобіотику и неможливості встановлення його природи);

• коли фактор важко інтерпретувати (напр., неможливість перенести ГДК для людини на гідробіонтів і т. ін.) [1].

Біоіндикація гідросфери складається з таких напрямків: фітоіндикації, альгоіндикації, зооіндикації [2]. Оскільки водні екосистеми є єдністю біоти з водним середовищем, то для зооіндикації можна використовувати практично всі організми, що заселяють водойми: личинки, молоски, черви, довгоніжки, бокоплавові, довгоніжки, дзвінцеві, рівноногі, твердокрилі та ін. [3]. Але найбільше чутливими до забруднення є риби, до того ж, саме для них

розроблено використання морфогенетичних показників флуктуючої асиметрії [4], тому наш вибір зосередився на них.

Метою роботи є освоєння методики флуктуючої асиметрії и встановлення якості води та екологічного стану Дніпровсько-Бузьського лиману за оцінкою стабільності розвитку риб – мешканців цієї водойми.

Методика, біоіндикатор, об'єкт, обладнання дослідження та час відбору. Оцінка стану риб проводилася за флуктуючою асиметрією 5-ти меристичних ознак за методикою В.М. Захарова [4]. В якості біоіндикатора обрано найпоширенішого в цих водах карася золотого. Для аналізу використовували свіжопойману рибу. Об'єктом дослідження була водойма півдня України – Дніпровсько-Бузьський лиман. При вимірюванні ознак застосовували курвіметр, лінійку, гумові рукавички, збільшуваче скло. Дослідження проводили влітку 2016 р.

Основна частина роботи. Техногенний вплив на екосистеми призводить до порушення нормального розвитку організмів. Щодо риб, то стресові фактори забруднення вод порушують симетрію будови морфологічних ознак, що і є причиною застосування метода флуктуючої асиметрії.

Порушення симетрії організмів вперше виявив та класифікував Л. Ван Вален у 1962 р. [5]. Розвиток ідеї флуктуючої асиметрії належить В.М. Захарову [6], який також запропонував методику визначення стану середовища за величиною флуктуючої асиметрії та виділів морфогенетичні показники, що використовують для оцінки стабільності розвитку риб на прикладі карася золотого [4]:

1. Число променів у грудних плавцях.
2. Число променів у черевних плавцях.
3. Число зябрових тичинок.
4. Число глоткових зубів.
5. Кількість лусок у бічній лінії.

Контроль нормального розвитку за кожною ознакою зводиться до оцінки асиметрії лівого та правого боків.

Для оцінки стабільності розвитку тварин и риб у т. ч. використовують систему меристичних ознак. Для меристичних ознак величина асиметрії у кожної особини визначається за різницею числа структур зліва та справа. Середнє арифметичне цієї величини виражає популяційну оцінку. Оцінку величини флуктуючої асиметрії за дисперсією відносно розбіжності між сторонами (r – права, l – ліва), що ґрунтується на оцінці величини дисперсії відмінності між боками не від нуля (суворої симетрії), а від деякої середньої відмінності між ними у виборці, що розглядається, здійснювали для кожної особі за підрахунком числа асиметрій.

Результати вимірів представлені таблицею 1 особин карася золотого, виловленого влітку 2016 р. Всього оцінили стан риб за літній період 2016 р. в кількості щомісячно 5 (червень) + 5 (липень)+10 (серпень) = 30 особин.

При аналізі комплексу морфологічних ознак краще використовувати інтегральні показники стабільності розвитку.

Для аналізу асиметрії якісних ознак розраховано середнє число асиметричних ознак (ЧАО) за формулою:

$$ЧАО = \frac{\sum_{i=1}^k A_i}{nk},$$

де A_i – число асиметричних прояв ознаки i ; n – чисельність вибірки; k – число ознак [2].

Розрахунки ЧАО проведено за кожний літній місяць, а також за весь літній сезон. Результати вимірювань за 5 ознаками, оцінку середньої частоти асиметричних прояв на ознаку за кожен літній місяць для всіх особин і оцінку середньої частоти асиметричних прояв на ознаку за літо 2016 р. наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Дані вимірювань морфогенетичних ознак карася золотого за червень, липень і серпень 2016 р. та їх обробка за меристичною ознакою

Оцінка стабільності розвитку з використанням меристичних ознак												
№ особі	Ознаки										A*	A/n
	1		2		3		4		5			
	r	l	r	l	r	l	r	l	R	l		
1	15	14	8	8	29	32	4	3	32	31	4	0,8
2	15	16	10	9	31	30	4	4	31	30	4	0,8
3	16	15	9	9	29	34	3	4	31	30	4	0,8
4	15	15	8	8	40	42	4	4	31	30	2	0,4
5	15	17	9	9	40	39	2	4	32	32	3	0,6
ЧАО												0,68
6	15	14	8	9	40	41	4	4	32	32	3	0,6
7	15	14	9	9	40	40	4	4	31	29	2	0,4
8	12	13	9	7	39	40	3	4	32	33	5	1
9	8	11	8	7	38	39	4	4	30	31	4	0,8
10	16	14	9	9	40	38	4	4	31	31	2	0,4
ЧАО												0,64
11	14	15	9	9	38	40	4	4	32	31	3	0,6
12	15	16	8	9	40	40	4	3	32	32	3	0,6
13	15	15	9	9	39	39	4	4	32	32	0	0
14	16	16	9	9	39	40	4	3	31	32	3	0,6
15	15	15	9	8	39	39	4	4	32	32	1	0,2
16	14	14	9	9	40	39	4	3	32	32	2	0,4
17	16	15	9	9	40	40	4	4	31	30	2	0,4
18	15	14	9	9	39	39	3	3	32	31	2	0,4
19	14	15	9	9	39	40	4	4	32	32	2	0,4
20	16	17	9	9	38	38	3	4	33	34	3	0,6
ЧАО												0,42
Середня частота асиметричних прояв на ознаку за літній сезон												

Для оцінки якості середовища за інтегральним показником стабільності розвитку риб В.М. Захаровим запропонована бальна система, в якій показникам асиметрії відповідають певні бали від 1 до 5, що за збільшенням вказують на погіршення водного середовища, див. табл. 2.

Таблиця 2 – Оцінка якості середовища (води) в балах за інтегральним показником стабільності розвитку риб (за В.М. Захаровим)

Клас	Якість середовища у балах				
	1 чисто	2 відносно чисто	3 Забруднено	4 брудно	5 дуже брудно
Коефіцієнт асиметрії					
Риби	< 0,35	0,35-0,40	0,40 – 0,45	0,45 – 0,50	> 0,50

Таким чином, середні частоти асиметричних проявів на ознаку за вибірками кожного літнього місяця у 2016 р. за комплексом меристичних ознак складають 0,68, 0,64 і 0,42, що відповідає за бальною системою стану вод > 5 балів у червні, > 5 балів у липні та 3 балам у серпні.

Стан води Дніпровсько-Бузьського лиману характеризувався у літніх місяцях як *дуже брудний* у червні та липні і *забруднений* у серпні. Отже, протягом літа якість води покращувалася.

Висновки. 1. Освоєно методики а) збору зразків риб, б) їх вимірювання за 5 меристичними ознаками, 3) підрахунку асиметричних проявів за літні місяці 2016 р., 4) флюктуючої асиметрії.

2. За допомогою програми Microsoft Office Excel здійснено розрахунки середнього числа асиметричних проявів на всі ознаки та за вибірками кожного місяця. За бальною системою встановлено якість води Дніпровсько-Бузьського лиману як *дуже брудна* (> 5 балів) та забруднена (3 бали). Влітку 2016 р. *дуже брудна* вода лиману мала критичний стан.

3. В цілому за літній сезон середнє ЧАО становило 0,54, що відповідало *дуже брудній* воді. Крім однієї особини (у серпні), всі піймані риби за літній період мали відхилення від 1 до 5 від стабільного розвитку.

Література

1. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование: уч. пособие для студ. ВУЗов / О. П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Т.И. Евсева и др.; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Сарапульцовой – М.: Академия, 2008. – С. 6-18.
2. Дідух Я.П. Основи біоіндикації / Я.П. Дідух. – Київ: НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2012. – 344 с.
3. Вшивкова Т.С., Морз Д.С. Биоиндикация пресных вод с использованием водных беспозвоночных (краткое руководство по биомониторингу). – Владивосток, 2006. – С. 27-38.

4. Захаров В.М. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
5. Van Valen L. Study of fluctuating asymmetry / L. Van Valen // Evolution. – 1962. – Vol. 16, № 2. – P. 125-146.
6. Захаров В.М. Асимметрия животных / В.М. Захаров. – М.: Наука, 1987.– 216 с.

Биоиндикация загрязненных наземных экосистем: Пер. с нем./Под ред. Р Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 348 с.

2. Федорова Г.В. Біогеохімія: навч. посібник. – Одеса: ТЕС, 2015. – 284 с.
- 3.