

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОСОБЕЙ, ПОПУЛЯЦИЙ И СООБЩЕСТВ РЫБ В СИСТЕМЕ БИОИНДИКАЦИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ И СОСТОЯНИЯ ГИДРОЭКОСИСТЕМ**

Антоновский А.Г., м.н.с., Демченко В.А., к.б.н., Демченко Н.А., м.н.с., \*Сурыдная Н.Н., к.б.н.

*Лаборатория ихтиологии, \*отдел герпетологии и зоомузей  
НИИ Биоразнообразия наземных и водных экосистем Украины МГПУ*

В публикации обсуждаются возможности и перспективы развития биоиндикации качества воды и состояния гидроэкосистем на основе использования характеристик структуры популяций, ценотического разнообразия ихтиофауны и генетических особенностей особей. Предложена комплексная схема биоиндикации с использованием перечня основных ихтиологических показателей.

*Ключевые слова:* рыбы, биоиндикация, генетический, популяционный, ценотический уровни.

Антоновський О.Г., Демченко В.О., Демченко Н.А., Сурыдна Н.М. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОСОБИН, ПОПУЛЯЦІЙ ТА УГРУПОВАНЬ РИБ В СИСТЕМІ БІОІНДИКАЦІЇ ЯКОСТІ ВОДИ ТА СТАНУ ГІДРОЕКОСИСТЕМ / Лабораторія іхтіології, \*відділ герпетології та зоомузей НІІ Біорізноманіття наземних та водних екосистем України МАНУ, Україна

У публікації обговорюються можливості та перспективи розвитку біоіндикації якості води та стану гідроекосистем на основі використання характеристик структури популяцій, ценотичного розмаїття іхтіофауни та генетичних особливостей особин. Запропонована комплексна схема біоіндикації з використанням переліку основних іхтіологічних показників.

*Ключові слова:* риби, біоіндикація, генетичний, популяційний, ценотичний рівні.

Antonovsky A.G., Demchenko V.A., Demchenko N.A., \*Suryadna N.N. PROSPECTS OF USING THE CHARACTERISTICS OF INDIVIDUALS, POPULATIONS AND FISH COMMUNITIES IN THE SYSTEM OF BIOINDICATION OF QUALITY OF WATER AND STATE OF HYDROECOSYSTEM / Laboratory of Ichthyology, \*department of herpetology and zoological museum of Research Institute of Biodiversity of Land and Water Ecosystems of Ukraine, Melitopol State Pedagogical University, Ukraine.

In a publication possibilities and prospects of development of bioindication of quality of water and state of hydroecosystems on the basis of using the characteristics of the structure of populations, coenotic variety of ichthyofauna and genetic features of individuals are considering. The complex chart of bioindication using of list of basic ichthyological indices is offered.

*Key words:* fish, bioindication, genetic, coenotic levels.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Значительные антропогенные воздействия на гидроэкосистемы и их последствия в последнее время стали неотъемлемым фактором, в значительной степени определяющим дальнейшую эволюцию как гидросферы в целом, так и ее биологических компонентов и особенностей взаимодействия гидробионтов с абиотической средой. Основными прямыми последствиями антропогенного влияния на гидроэкосистемы, как известно, являются изменение качества воды (загрязнение) и трансформация гидробиоценозов (изменение структуры, функциональных особенностей, показателей биоразнообразия и биопродуктивности и т.д.). Очевидно, что масштабы антропогенного воздействия на гидроэкосистемы в краткосрочной и среднесрочной перспективе будут возрастать. В сложившихся условиях существует необходимость в оценке последствий данных воздействий на гидроэкосистемы, в целом, и их биологические компоненты, в частности. Одним из перспективных и интенсивно развивающихся направлений такой оценки является биоиндикация. Подавляющее большинство методик биоиндикации качества водной среды основано на использовании водных беспозвоночных, водорослей и высших водных растений [3, 5, 10, 12, 19]. Оценка качества воды на основании популяционных и ценотических характеристик ихтиофауны развита крайне слабо. В литературе существует небольшое количество работ, которые дают возможность использовать рыб в качестве биоиндикаторов [3, 6, 9, 11, 15]. Учитывая это, данное направление исследований представляется нам крайне интересным в связи с экологической ролью и положением рыб на вершинах трофических цепей в гидробиоценозах.

В данной публикации ставится задача очертить перспективные направления развития биоиндикации качества водной среды на основании использования популяционных и ценотических характеристик ихтиофауны.

### **ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Основным объектом исследований являлись генетические, морфологические, популяционные и биоценотические характеристики рыб. Для разработки ихтиологической схемы биоиндикации были проанализированы и использованы отдельные методы и подходы, используемые в различных

направлениях биологии [1, 2, 3, 14, 16, 17, 18, 19]. Данная работа выполнена в рамках проекта “Состояние ихтиофауны как индикатор экологических рисков в гидрэкосистемах Украины”, который выполняется согласно распоряжению Президента Украины “О предоставлении грантов Президента Украины для поддержки научных исследований молодых ученых” от 30 января 2007 г. № 18/ 2007-рп.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Использование структурных особенностей популяций и сообществ рыб в качестве биоиндикаторов имеет как достоинства, так и недостатки, по сравнению с водными беспозвоночными, водорослями и высшими водными растениями. К преимуществам данной методики следует отнести: относительно крупные размеры объектов; относительную простоту определения видовой принадлежности, по сравнению с беспозвоночными и водорослями; возможность проведения исследований с применением минимума лабораторного оборудования, относительную простоту оборудования, используемого в процессе исследований; относительную простоту определения структурных характеристик популяций рыб. Наиболее существенными недостатками использования рыб как биоиндикаторов качества воды являются: сложность определения достоверных показателей обилия популяций различных видов рыб; существенная маневренность представителей ихтиофауны, что позволяет им избегать неблагоприятных условий существования, фактор изъятия рыб в рыбохозяйственных целях, что нарушает структуру популяций и сообществ.

Учитывая вышеизложенные трудности, возникающие в процессе исследований, следует определить основные методические подходы при использовании показателей генетической структуры, структуры популяций и сообществ рыб как биоиндикаторов качества воды:

- получение результатов с приемлемым уровнем достоверности возможно для относительно надежно обособленных водоемов и их участков, что ограничивает возможность эмиграции рыб в случае ухудшения качества среды и существенного пополнения сообщества за счет иммиграции с других водоемов с отличающимися условиями обитания;
- преимущество в выборе видов-индикаторов следует отдавать видам, приуроченным к определенным местообитаниям и избегающим миграций на значительные расстояния;
- в связи с селективностью орудий лова следует использовать максимально возможное их количество с широким диапазоном размеров ячеи.

Таким образом, применение ихтиологических биоиндикаторов приемлемо для многих водоемов Украины или их обособленных участков с относительно однородными показателями качества воды. Для слабо изолированных и открытых акваторий целесообразней использовать популяционные характеристики маломигрирующих, приуроченных к определенному местообитанию видов рыб. Ценоотические характеристики ихтиофауны таких открытых водоемов, малоинформативны в качестве индикаторных показателей

В процессе осуществления оценки качества среды целесообразно использовать общепринятую экологическую классификацию поверхностных вод Украины [13] (табл. 1).

Таблица 1 – Классы и категории качества поверхностных вод суши и эстуариев Украины [13]

Класс качества воды	I		II		III		IV	V
Категории качества вод	1	2	3	4	5	6	7	
Название классов и категорий качества вод по их состоянию	Отличные	Хорошие		Удовлетворительные		Плохие	Очень плохие	
	Отличные	Очень хорошие	Хорошие	Удовлетворительные	Посредственные	Плохие	Очень плохие	
Название классов и категорий качества вод по степени их чистоты	Очень чистые	Чистые		Загрязненные		Грязные	Очень грязные	
	Очень чистые	Чистые	Довольно чистые	Мало загрязненные	Умеренно загрязненные	Грязные	Очень грязные	
Трофность	Олиготрофные	Мезотрофные		Эвтрофные		Политрофные	Гипертрофные	
	Олиготрофные – олигомезотрофные	Мезотрофные	Мезоэвтрофные	Эвтрофные	Эвполитрофные	Политрофные	Гипертрофные	
Сапробность	Олигосапробные		β-мезосапробные		α- мезосапробные		Полисапробные	
	β-олиготрофные	α-олигосапробные	β'-мезосапробные	β''-мезосапробные	α'- мезосапробные	α''-мезосапробные	Полисапробные	

Проведя анализ существующих подходов и методов биоиндикации, для оценки качества воды и состояния гидроекосистем на основании использования генетических, популяционных и ценологических показателей рыб, на наш взгляд, перспективно использовать три уровня (рис. 1).



Рис. 1. Комплексная схема биоиндикации на основании показателей состояния ихтиофауны

**1. Генетический уровень.** Генетические изменения в клетках представляют собой интегральный показатель гомеостаза развития, характеризуя как мутагенность среды, так и эффективность иммунной системы организма. В норме большинство генетических нарушений элиминируются посредством иммунной системы. Наличие таких нарушений является индикатором стресса, ведущего к появлению аномальных клеток и снижению иммунной потенции организма элиминировать подобные нарушения. Такие генетические нарушения могут быть выявлены как на хромосомном, так и на молекулярном уровне.

Относительно простые и высокочувствительные цитогенетические методы, основанные на оценке структурных и числовых изменений хромосом в соматических клетках (включая микроядерный тест, сестринские хроматидные обмены, хромосомные aberrации и др.), обеспечивают характеристику стрессового состояния организма. Морфофизиологические аномалии наряду с хромосомными нарушениями - результат направленного влияния компонентов среды обитания, количество которых превышает рамки оптимальности для данного ценоза [4, 7].

**2. Популяционный уровень.** Биоиндикация качества воды и состояния гидроекосистем на основании параметров структуры популяций и разнообразия особей с различными свойствами в популяциях рыб. В этом направлении целесообразно выделение следующих показателей:

*Размерное разнообразие особей популяции.* Наибольший интерес, по нашему мнению, в данном аспекте представляет размерное разнообразие особей различных возрастных групп популяции. Поскольку каждая возрастная группа представлена особями различного размера, то, очевидно, в зависимости от качества среды их распределение по размерному ряду будет отличаться. В связи с этим целесообразно выделить в каждой возрастной группе видов рыб постоянные размерные интервалы, величина которых должна исходить из максимальной длины тела рыб и предельных колебаний длины тела соответствующих возрастных групп. Количество интервалов должно быть небольшим, к примеру, 5 - 7 - очень мелкие особи, мелкие, средние, крупные, очень крупные и т.п. Аналогичным образом можно использовать значения массы тела рыб. Индикаторным показателем в данном случае может быть доля каждой размерной или весовой группы, соответствующая определенной категории качества вод. Для оценки современного состояния качества среды наиболее информативными будут оценки, осуществленные на молоди и на рыбах с коротким жизненным циклом, поскольку размерная структура старшевозрастных групп рыб с длинными жизненным циклом может представлять собой результат воздействий в прошлые периоды. Возможные сложности применения показателя: необходимы точные данные по предельным значениям длины и массы тела для каждой возрастной группы различных видов рыб.

*Соотношение полов.* Является важным показателем для тех рыб, которые имеют половой диморфизм. Вследствие чего могут существовать резкие отклонения от нормы в соотношении полов в результате как биологических, так и антропогенных факторов. Так, в период интенсивного промысла бычков в Азовском море вылавливаются преимущественно самцы, которые больше по размерам в отличие от

самок. Такое перераспределение полов является важным фактором в формировании урожайности поколений бычка кругляка [8].

Интересные данные можно получить, также используя *индекс мясистой*  $IM = \frac{l}{P}$ , где  $l$  – длина тела рыбы в см,  $P$  – масса тела рыбы в г.

*Наличие особей с морфологическими отклонениями (асимметрия).* Доля в популяции особей с морфологической асимметрией. Асимметрия определяется по таким парным признакам: количество жаберных тычинок и лепестков на I жаберной дуге, количество лучей в грудных и брюшных плавниках, количество чешуй в боковой линии справа и слева соответственно. Предположительно, каждой категории качества воды в популяции будет соответствовать определенная доля особей с наличием морфологических отклонений. Очевидно, что по мере ухудшения условий среды доля таких особей будет увеличиваться, причем от 1 к 4 категориям качества воды увеличение будет незначительным, по сравнению с 5 – 7 категориями.

Разнообразии морфологической асимметрии. По мере ухудшения качества среды будет увеличиваться не только доля особей с наличием асимметрии, но разнообразие и степень ее выраженности. Индикаторными показателями с этой точки зрения могут служить: доля рыб с различным количеством асимметрий, доля рыб с асимметрией различных органов, а также доля рыб, с асимметриями различной степени выраженности. Скорей всего разнообразие и степень выраженности асимметрии будут незначительно возрастать для первых четырех категорий качества воды и существенно увеличиваться от 5 к 7 категории. Поведение такого показателя, как доля рыб с максимальными значениями проявлений асимметрии в различных экологических условиях, очевидно, будет сходным с поведением параметра, характеризующего долю в популяции всех особей с морфологической асимметрией.

Доля особей с наличием морфологической асимметрии в различных возрастных группах популяции и разнообразии возрастных групп среди особей с морфологической асимметрией в популяции. По этим показателям представляется возможным судить как о современном состоянии водного объекта (на основании соответствующих показателей молодости), так и о временном изменении показателей качества воды. Поскольку нам представляется возможным определять наличие неблагоприятных воздействий и загрязнения, имевших место в прошлом и проследить развитие ситуации во времени на основании показателей морфологической асимметрии соответствующих возрастных групп.

*Плодовитость абсолютная.* Количество икринок, находящихся в яичниках самки, которые могут быть выметаны в нерестовой период текущего года. Дает возможность оценить, на сколько благоприятными для нереста будут гидроэкологические показатели в водоеме текущем году.

**3. Ценоитический уровень.** Биоиндикация качества воды и состояния гидроэкосистем на основании параметров структуры и разнообразия сообществ, на наш взгляд, должна осуществляться по следующим направлениям.

*Видовое и таксономическое разнообразие:* прежде всего видовое и таксономическое богатство, видовое богатство таксонов различного ранга. Очевидно, что эти показатели будут иметь максимальные значения для неких средних показателей качества воды и будут уменьшаться в направлении до очень чистых, олиготрофных, олигосапробных и очень грязных гипертрофных и полисапробных вод.

*Трофическое разнообразие группировок рыб.* По нашему мнению, значительный интерес в качестве индикаторов представляют разнообразие способов питания и добычи пищи, а также видовое разнообразие различных трофических группировок рыб, выделяемых на основании предыдущего параметра. Очевидно, что для очень чистых, грязных и очень грязных вод будет характерно упрощение трофической структуры сообщества. Максимальное трофическое разнообразие обычно наблюдается при низких средних показателях качества воды.

*Разнообразие рыб с различной степенью стено-, эврибионтности.* Подразумевается определение количества и доли видов рыб с различной степенью стено- или эврибионтности по отношению к загрязненности, трофности и сапробности воды. Логичным представляется вывод, что по мере роста этих показателей или их существенных временных колебаний в водоеме доля стенобионтных видов будет снижаться.

*Разнообразие рыб с морфологическими асимметриями.* Рекомендуется учитывать такие показатели: видовое разнообразие и доля видов рыб, имеющих морфологические асимметрии. Очевидно, что по мере ухудшения качества воды, доля видов с асимметричными признаками будет возрастать.

Предложенная схема является первой попыткой унифицировать подходы в биоиндикации качества среды и состояния гидроэкосистем на основании ихтиологических показателей. В дальнейшем следует обратить внимание на подробную интерпретацию полученных данных и активного обсуждения их в научных публикациях.

## ВЫВОДЫ

В результате анализа различных подходов в области биоиндикации качества воды и состояния гидрэкосистем следует отметить перспективность использования ихтиологических показателей. Ихтиологические показатели в качестве биоиндикаторов перспективно использовать на трех уровнях генетическом, популяционном и ценотическом. Использование данной системы биоиндикации требует от исследователей четкого использования основных методических подходов, изложенных в данной работе, и достоверных первичных результатов исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева и др. – М.: Издательский центр "Академия", 2007. – 288 с.
2. Брагинский Л.П., Игнатюк А.А. Визуально фиксируемые реакции пресноводных гидробионтов как экспресс-индикаторы токсичности водной среды // Гидробиологический журнал. – 2005. – Т. 41. – № 4. – С. 89 - 103.
3. Браун В.М. Рыбы как индикаторы качества воды // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. – Л.: Гидрометеиздат. – 1977. – С. 194-208.
4. Вайнерт Э. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем: Пер. с нем. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
5. Винберг Г. Г., Алимов А.Ф. и др. Опыт применения разных систем биологической индикации загрязнения вод // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. – Ленинград: Гидрометеиздат. – 1977. – С. 124-131.
6. Изюмов Ю.Г., Касьянов А.Н., Таликина М.Г., Папченкова Г.А., Касьянова Н.В. Изменчивость числа позвонков и аномалии осевого скелета у подопытных сеголеток плотвы *Rutilus rutilus* после воздействия токсикантов на спермии родителей // Вопросы ихтиологии. – 2002. – Т. 42. – № 1. – С. 109-113.
7. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
8. Ковтун И.Ф. Значение соотношения полов в нерестовой популяции бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas) для воспроизводства его поколений в Азовском море // Вопросы ихтиологии. – 1979. – Т. 19. – Вып. 1(114). – С. 176-178.
9. Кожара А.В., Изюмов Ю.Г., Касьянов А.Н., Зеленецкий Н.М. Зависимость числа позвонков у пресноводных рыб от типа водоема // Вопросы ихтиологии. – 1999. – Т. 39. – № 2. – С. 173-181.
10. Кошелев Б.В. Биоиндикация водных экосистем на основании анализа особенностей гаметогенеза и размножения рыб // Биоиндикация и биомониторинг. – М.: Наука, 1991. – С. 166-170.
11. Маилян Р.А. О факторах, лимитирующих численность рыб // Вопросы ихтиологии. – 1970. – Т. 10. – Вып. 3 (62). – С. 546-552.
12. Матвеев В.Ф., Садчиков А.П. Биоиндикация водоемов Подмоскovie // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмоскovie. – М.: Наука, 1982. – С. 61-65.
13. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.А. Дяченко та ін. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.
14. Моисеенко Т.И., Лукин А.А. Патологии рыб в загрязняемых водоемах Субарктики и их диагностика // Вопросы ихтиологии. – 1999. – Т. 39. – № 4. – С. 535-547.
15. Мунтян С.П. Нарушения строения зародышей рыб как показатель условий развития // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмоскovie. – М.: Наука, 1982. – С. 113-120.
16. Оливериусова Л. Оценка состояния окружающей среды методом комплексной биоиндикации // Биоиндикация и биомониторинг. – М.: Наука, 1991. – С. 39-45.
17. Разумовский С.М., Рыбалов Л.Б., Тихомирова А.Л. Изучение сукцессии как способ биоиндикации антропогенных воздействий // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмоскovie. – М.: Наука, 1982. – С. 17-22.
18. Хокс Х.А. Биологический контроль качества речной воды (исходные положения и экологическая обоснованность) // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. – Ленинград: Гидрометеиздат. – 1977. – С. 176-188.
19. Щербак В.І., Семенюк Н.Є. Індикація впливу урбанізації на водойми за різноманіттям фітопланктону // Доповіді Національної академії наук України. – 2006. – № 12. – С. 170-175.