

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЫБ КАК ИНДИКАТОРОВ СОСТОЯНИЯ ГИДРОЭКОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ЧЁРНОГО МОРЯ)

THE USE OF FISH AS INDICATORS OF THE HYDROECOSYSTEM CONDITION ON THE EXAMPLE OF THE BLACK SEA

М. М. Мадани, А. Л. Гаркович, А. А. Ткаченко
M. Madani, A. Garkovich, A. Tkachenko

*Одесская национальная академия пищевых технологий ОНАПТ,
г. Одесса, Украина
madanikader50@gmail.com
Odessa National Academy of Food Technology ONAFT,
Odessa, Ukraine*

В результате анализа различных подходов в области биоиндикации качества воды и состояния гидроэко-систем установлена перспективность использования икhtiологических показателей, которые целесообразно использовать в качестве биоиндикаторов на популяционном и ценоотических уровнях. На популяционном уровне перспективными для биоиндикации являются: размерное разнообразие особей популяции с использованием показателя вариации; размерно-весовая структура популяции с показателями средних многолетних данных длины или массы тела; половая структура с показателями увеличения или уменьшения доли особей одного пола; индивидуальная морфологическая изменчивость особей и число фенотических отклонений. На ценоотическом уровне как индикаторы целесообразно использовать: количество видов рыб, индексы разнообразия рыб с разной степенью стено-, эврибионтности.

As a result of the analysis of various approaches in the field of bioindication of water quality and the state of hydroecosystems. The prospects of using ichthyological indicators, which are advisable to use as bioindicators at the population and coenotic levels, have been established.

The following are promising for bioindication at the population level: dimensional diversity of individuals using a measure of variation; size and weight structure of the population with indicators of long-term average data of length or body weight; sexual structure with indicators of increase or decrease in the proportion of some sex individuals; morphological variability of individuals and the number of phenodeviations.

At the coenotic level, it is advisable to use as the following indicators: the number of fish species, indices of the diversity of fish with varying degrees of stenobiontism.

Ключевые слова: биоиндикация, икhtiоценозы, структура популяции, Чёрное море, биоразнообразие.

Keywords: bioindication, iktiotsenoz, population structure, Black Sea, biodiversity.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-1-277-280>

Трансформация водных экосистем, вызванная антропогенными изменениями на бассейновом уровне, привела к значительному ухудшению состояния популяций рыб в большинстве водоемов Украины. Цель любой реконструкции водоема - увеличение производительности или расширение спектра его использования, но структурная сложность экосистем не позволяет предусмотреть все негативные изменения и процессы, которые будут развиваться в результате деятельности человека. В этом контексте острой является проблема определения экологических рисков и тех индикаторных показателей на биоценоотическом и популяционном уровнях, которые позволят предсказать негативные изменения в экосистемах.

На данный момент уровень икhtiологических исследований не всегда позволяет четко определить с какими процессами в водоемах связаны изменения видового состава или структуры популяций рыб. Именно поэтому есть необходимость разработать теоретические подходы использования рыб как индикаторов состояния гидроэко-систем. Использование структурных особенностей популяций и сообществ рыб как биоиндикаторных показателей имеет как преимущества, так и недостатки по сравнению с водными беспозвоночными, водорослями и высшими водными растениями. К достоинствам этой методики следует отнести относительно большие размеры объектов, относительную простоту определения видовой принадлежности рыб, возможность проведения исследований с минимальным применением лабораторного оборудования, которое тоже достаточно простое для определения структурных характеристик популяций рыб. Наиболее существенными недостатками являются: сложности определения достоверных показателей численности популяций различных видов рыб; подвижность представителей икhtiофауны, что позволяет им избегать неблагоприятных условий существования; фактор извлечения рыб в рыбохозяйственных целях, нарушающий структуру популяций и сообществ.

Целью работы является разработка теоретических и практических аспектов использования рыб на популяционном и ценогических уровнях как индикаторов экологического состояния водоема. Модельной акваторией для раскрытия этих вопросов может служить Чёрное море, поскольку в его бассейне прослеживаются различные изменения как природного, так и антропогенного происхождения. Кроме того, ихтиофауна этого водоема достаточно подробно изучена как на уровне структуры ихтиоценозов, так и на уровне отдельных популяций.

Основой для данной работы послужили разработанные теоретические подходы других систематических групп животных [2]. Фактические ихтиологические материалы в бассейне Чёрного моря собирали в течение 1996-2010 гг. Анализ уловов и особей рыб осуществлялся согласно стандартным ихтиологическим методам [3]. Во время работ была сформирована база данных по различным направлениям исследований (структура улова, биологический анализ, промышленные уловы, гидрология, гидрохимия и др.) [4]. Для статистической обработки данных использовали программный продукт Statistics 6.0.

Большинство стран Западной Европы для биоиндикации используют биотические индексы для стандартного контроля качества воды. В последнее десятилетие XX в. в Европе и США наблюдалась тенденция развития биологических методов оценки в рамках экосистемного интегрированного подхода. В Украине сейчас отмечается интерес исследователей в изучении различных подходов к использованию рыб как индикаторов состояния гидроэкосистем [1]. Вместе с тем, следует отметить определенную сложность использования рыб как индикаторов, связанную, прежде всего, с такими недостатками:

- 1) эмпирические данные имеют определенную неоднозначность;
- 2) отсутствие надежных критериев для выбора абсолютно адекватных биологических показателей для оценки воздействия на экосистемы;
- 3) проблема выбора «эталонов» для сравнения результатов оценки;
- 4) около 2/3 биотических индексов базируются на донных макробеспозвоночных;
- 5) рыбы как биоиндикаторы рассматриваются очень редко;
- 6) возможности биоиндикации на основе структурных особенностей популяций рыб в водоемах Украины исследованы недостаточно;
- 7) подавляющее большинство исследований по проблеме биоиндикации в Украине осуществляется на больших реках и водохранилищах, зато малые реки и солоноватые водоемы в этом аспекте исследованы мало;
- 8) проблемы оценки качества среды с антропоцентрических и экосистемных позиций, и проблемы определения оптимального уровня антропогенного преобразования гидроэкосистем;
- 9) постоянно возникают новые угрозы устойчивости экосистем – это требует расширения возможностей биоиндикации;
- 10) в сфере биоиндикации Украина существенно отстает от развитых стран.

Вместе с тем, необходимость развития таких работ очевидна. Выявление ихтиологических индикаторов на биоценогическом и популяционном уровнях, характеризующие состояние гидроэкосистем, в дальнейшем могут быть основой для исследований с целью предсказания изменений и предупреждения экологических рисков в водоемах Украины. Детализация зависимостей между количественными показателями, характеризующими структуру и динамику ихтиоценозов и популяций рыб, с одной стороны, и действие основных факторов влияния на ихтиофауну, с другой, позволяют выявить особенности структуры ихтиоценозов и количественные характеристики размерно-массовой, половой структуры популяций рыб, соответствующие определенному уровню негативных изменений в гидроэкосистемах.

Анализируя существующие подходы и методы для Чёрного моря наиболее приемлемыми, по нашему мнению, является 5 показателей популяционного и ценогического уровней, которые позволят судить о различных изменениях в водоеме:

1. Размерное разнообразие особей популяции. Как известно, каждая возрастная группа представлена особями разного размера, который зависит от качества среды, поэтому их распределение по размерным рядам будет отличаться. Для оценки современного состояния качества среды наиболее информативным будет анализ, осуществленный на молодняке и на рыбе с коротким жизненным циклом, поскольку разнообразие размеров старших возрастных групп рыб с длинным жизненным циклом может быть результатом действий, имевших место в прошедшие периоды. Индикаторным показателем в этом случае может быть коэффициент вариации [3]. Так, если экологические условия среды благоприятны для развития рыб, то выживают и сосуществуют особи одного вида с широким диапазоном биологических характеристик, например, рыбы с разной длиной и массой тела. Если же экологические условия среды неблагоприятны и влияют негативные факторы, то наблюдается действие стабилизирующего отбора, который отсекает крайние варианты и поддерживает определенный фенотип с узким диапазоном вариаций показателей. Соответственно и коэффициент вариации каждого показателя будет низким по своему значению [3].

2. Размерно-массовая структура популяции. Показатели структуры популяций вида могут быть косвенным отражением влияния негативных факторов. Так, значительная динамика показателей в размерно-массовой структуре особей дает возможность говорить о наличии фактов чрезмерного вылова и подрыва численности популяции. Использование данного показателя возможно для видов, с половым диморфизмом по размерам и виду, которые интенсивно используются рыбным промыслом.

В Черноморском бассейне для характеристики этого показателя можно использовать бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814). Так, исследовав динамику значений среднегодовых показателей длины тела в течение последних 60 лет, установлено, что они находятся в прямой отрицательной зависимости от интенсивности промысла.

3. Соотношение полов особенно является важным показателем для рыб, имеющих половой диморфизм. В определенных условиях могут существовать резкие отклонения от «нормального» соотношении полов в результате действия различных природных и/или антропогенных факторов. Половая структура отдельных видов рыб значительно меняется, но в основном соотношение близко 1:1 [2]. В период интенсивного промысла бычков в Чёрном море, вылавливаются преимущественно самцы, которые больше по размеру, чем самки. Это приводит к перераспределению полов и накладывает свой отпечаток на формировании урожайности поколений в последующие годы. Так, в начале 60-х гг. соотношение полов у бычка-кругляка было на уровне 1:1,6 с преобладанием самок. В результате интенсивного промысла уже в конце указанного времени этот показатель составлял 1:1,9, что негативно отразилось на эффективности нереста и численности вида в последующие годы. Учитывая такую зависимость, можно констатировать, что преимущество самок над самцами может служить показателем уровня промышленного извлечения и состояния популяции бычка-кругляка в Чёрном море.

4. Индивидуальная морфологическая изменчивость особей и наличие фенотипических отклонений. Для определения уровня изменчивости при изучении природной популяции как целостной генетико-эволюционной системы, перспективным является учёт стабильности индивидуального развития по таким признакам, как уровень флуктуирующей асимметрии и количество фенотипических отклонений [5]. Последние, как своеобразная группа изменений, которая занимает промежуточное положение между качественными и количественными признаками, и указывает на наследственные отклонения от нормы, очень изменчивы и случаются с разной частотой. Как правило, в естественных популяциях встречаются разные уровни отклонений, частота которых невелика, но в отдельных случаях оказывается значительной. Кроме того, существует другой подход к оценке стабильности индивидуального развития рыб в условиях антропогенного пресса на экосистемы - анализ морфологических билатеральных признаков [5], при котором выясняется изменчивость этих признаков на левом и правом боку тела.

В Чёрном море такие работы были проведены для камбалы-калкан черноморской *Scophthalmus maeoticus* (Pallas, 1814). Среди характерных и четко выраженных, то есть таких, которые не требуют очень пристального осмотра рыб, встречаются различные нарушения в строении и топографии органов боковой линии и правосторонняя форма тела. Следует обратить внимание на то, что характер расположения на теле боковой линии, и расположение глаз на левой стороне тела рассматриваются как диагностические признаки на уровне семьи *Scophthalmidae* [2].

Анализируя подобные работы в Григорьевском лимане и прилегающей части Чёрного моря в 2009-2019 гг., были установлены подобные фенотипические отклонения для кефали *Liza haematocheilus* (Temminck et Schlegel, 1845). Основными типами аномалий для вида в исследуемом регионе служили: искривление позвоночника, недоразвитость одной жаберной крышки, искривленные плавники. Доля их составляла 1% и основной причиной таких изменений считаются близкородственное скрещивание.

Подытоживая, следует отметить, что частота появления любого фенотипического отклонения значительно зависит от условий жизни рыб. Важнейшими факторами среды, влияющими на частоту и степень проявления этих аномалий, являются температура, чрезмерная или дефицитная обеспеченность рыбы кормом, газовый режим водоема, pH воды, уровень загрязнения.

Наличие фенотипических отклонений в популяции можно рассматривать как своего рода показатель снижения генетического гомеостаза и гомеостаза развития. Гены или сочетание генов, не проявляются при хорошо сбалансированном генотипе и оптимальных условиях существования, определяются при нарушении генетического баланса и в неблагоприятной среде [1].

Большое количество асимметрических проявлений у рыб указывает на снижение жизнеспособности их природных популяций (групп) под влиянием мощного антропогенного пресса, в частности загрязнения, и могут быть использованы, как индикаторные показатели состояния окружающей природной среды.

5. Видовое и таксономическое разнообразие. Информация о таксономическом разнообразии функциональных групп гидробионтов – индикатор условий среды. Так, видовое и таксономическое разнообразие будут иметь максимальные значения для некоторых средних показателей качества воды и будут уменьшаться по направлению к очень чистым, олиготрофным, олигосапробным и очень грязным гипертрофным и полисапробным водам [4]. Также необходимо отметить, что разнообразие видов рыб зависит от многих гидрологических, гидробиологических, гидрохимических и других факторов. К наиболее важным следует отнести такие как сила течения, глубина, прозрачность, соленость, газовый режим, кормовая база и др. Все вышеперечисленные факторы вызывают влияние как непосредственно, так и опосредованно как на конкретные виды, так и в целом на структуру ихтиоценоза.

Известно, что связь показателей разнообразия и устойчивости (стабильности) экосистем имеет не всегда соответствующий, а иногда и противоречивый характер [5]. Постоянство биосистем увеличивается с увеличением разнообразия, но вместе с тем отмечается, что не всегда разнообразие формируется за счет стабильности экосистем [4]. Опираясь на вышеизложенное, для ихтиофауны Григорьевского лимана были обнаружены следующие закономерности формирования видового состава рыб. Лиман следует отнести к нестабильным (динамическим) экосистемам в связи с тем, что одним из негативных факторов, влияющих на его биоту, можно назвать значительную флуктуацию абиотических компонентов экосистемы, которые в свою очередь вызывают такие же изменения и в биологических. Некоторая недолговременная стабильность абиотических показателей отмечалась в 50 - 60-е гг. XX в. Начиная с 1972 г. водоём характеризовался уже значительной динамикой гидроэкологических условий, причиной которых стали изменения гидрологических и гидрохимических режимов. Количество видов рыб в Григорьевском лимане в течение всех периодов зависит от солености воды, подтверждением этого является

корреляционная связь этих показателей (-0,94). Оптимальными значениями минерализации, при которых регистрируется наибольший видовой состав, является 13,3 - 17,0 г/дм³. При таких условиях наблюдается максимальное количество промысловых видов и высокая рыбопродуктивность лимана. Зато, при ухудшении пропускной способности пролива и повышении солености, ценные промысловые виды заменяются мелкими непромышленными представителями ихтиофауны (корреляционная зависимость солености и количества промысловых видов составляет 0,84). Наглядным примером этого факта является постепенное падение доли промышленных видов: в 50-е гг. XX в. их доля составляла 27%, в 60-е гг. – 20%, в 1995 г. – 17%, в 2007 г. – 14%. Также достаточно логичной есть взаимосвязь солености с количеством пресноводных рыб, встречающихся в лимане, где показатель корреляции этих факторов составляет 0,86.

Выводы:

1. В результате анализа различных подходов в области биоиндикации качества воды и состояния гидроэкосистем, следует отметить перспективность использования ихтиологических показателей. Их целесообразно использовать в качестве биоиндикаторов на популяционном и ценологических уровнях.

2. На популяционном уровне перспективными для биоиндикации являются такие показатели: размерное разнообразие особей популяции с использованием показателя вариации; размерно-массовая структура популяции с показателями средних многолетних данных длины или массы тела; половая структура с показателями увеличения или уменьшения доли особей одного пола; индивидуальная морфологическая изменчивость особей и количество фенотипических отклонений.

3. На ценологическом уровне в качестве индикаторов целесообразно использовать показатели: количество видов рыб, индексы разнообразия и разнообразия рыб с разной степенью стено-, эврибионтности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелихова, О. П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О. П. Мелихова, Е. И. Егорова, Т. И. Евсеева [и др.]; под ред. О. П. Мелиховой, Е. И. Егоровой. – М.: Издательский центр “Академия”, 2007. – 288 с.

2. Гончаренко, Н. І. Біоіндикація водного середовища на іхтіологічному матеріалі. Коефіцієнт варіації показників. – Канів, 2008. – 45 с.

3. 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.

4. Протасов, А. А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсикология / А. А. Протасов. – Киев, 2002. – 105 с.

5. Ситник, Ю. М. Риби-біоіндикатори поліметалічного забруднення континентальних водоемів України / Ю. М. Ситник // Мониторинг природных и техногенных сред. – Симферополь: ДИАЙПИ, 2008. – С. 207–211.

ДИАГНОСТИКА ВНУТРЕННЕГО СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВЬЕВ НА НАЛИЧИЕ СКРЫТЫХ ГНИЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ DIAGNOSTICS OF THE INTERNAL STATE OF TREES FOR THE HIDDEN ROTS PRESENCE USING RESISTANCE INDICATORS WHEN DRILLING WOOD

**С. С. Позняк, А. Н. Хох
S. Pazniak, A. Khokh**

*Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики
Беларусь,
г. Минск, Республика Беларусь
sspazniak@gmail.com*

*Scientific and Practical Centre of the State Forensic Examination Committee of the Republic of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

В Научно-практическом центре Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь для диагностики деревьев и древесины используется резистограф научный *Resistograph R650-SC* (производство компании *Rinntech*, Германия), который разработан, произведен и предназначен исключительно для фиксации показателей сопротивления при сверлении деревьев и древесины. С использованием прибора оценена локализация, протяженность и степень развития гнили в стволе дерева, что является критерием принятия решения о вырубке нежизнеспособных и аварийных деревьев.