

И. П. Степанова, А. М. Тихомиров, Д. В. Михайличенко

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ РЫБ

Предложенная методика оценки качества воды предполагает наблюдение и измерение поведенческих реакций рыб в минимально структурированной среде и последующую оценку реактивности нервной системы. Испытания проводили с 11 мая по 7 июня 2016 г. на морской береговой станции Южного научного центра Российской академии наук (село Кагальник Ростовской области). Тест-объектами (биоиндикаторами) служили бычок-кругляк (*Neogobius melanostomus*), бычок-песочник (*Neogobius fluviatilis*) и бычок-ширман (*Neogobius syrman*). Поведение рыб оценивали по реакции на внешние раздражители, которая проявляется в увеличении или уменьшении двигательной активности. Определяли ориентировочную и фоновую активность. В качестве тест-раздражителей применяли низкочастотный звуковой удар, синусоидальный звуковой сигнал, высокочастотный звуковой удар, электрический раздражитель. Тестирование проб воды, взятых на трех станциях на акватории Таганрогского залива (устье р. Дон, средняя часть залива и часть реки близ береговой базы) показало, что методика чувствительна к изменениям загрязнителей воды в естественных водоемах. Методика может быть использована в системе мониторинга как компонента для береговых постов на тестовых участках акватории Азовского моря в части методов сопоставления данных биоиндикации для выявления источников антропогенного и естественного загрязнения.

Ключевые слова: биологический мониторинг, рецепторный комплекс рыб, центральная нервная система, вода естественных водоемов, уровень загрязнения.

Введение

Антропогенное загрязнение шельфов морей в последние годы становится проблемой для многих стран мира, в том числе и для России. Установлено, что основным источником загрязнения морской воды Таганрогского залива Азовского моря являются стоки с городских территорий. Это сточные воды промышленных предприятий и коммунальные стоки, которые в настоящее время сбрасываются в акваторию в основном без предварительной очистки [1]. Это означает, что рыба, обитающая в водах Таганрогского залива, потребляет пищу, содержащую вредные вещества, которые накапливаются в ее внутренних органах.

Для оценки качества воды можно использовать биологический мониторинг – анализ влияния природных и антропогенных факторов на состояние водных источников и окружающей среды в целом.

Мониторинг состояния экосистем, в том числе и водных, в настоящее время очень актуален. В ходе мониторинга используют различные способы диагностики: химические, технические и реакции живых систем на изменения естественной среды обитания [2]. Результаты мониторинга позволяют выявить причины изменения состояния окружающей природной среды и осуществить контроль над ситуацией.

Целью исследования являлось создание методики мониторинга вод Таганрогского залива на основе поведенческих реакций рыб-индикаторов.

Материал и методы исследований

Испытания проводили с 11 мая по 7 июня 2016 г. на морской береговой станции Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН, с. Кагальник Ростовской области).

В качестве тест-объектов (биоиндикаторов) были выбраны три вида бычков – обитателей Таганрогского залива: бычок-кругляк (*Neogobius melanostomus*), бычок-песочник (*Neogobius fluviatilis*) и бычок-ширман (*Neogobius syrman*). Эти объекты обитают в заливе в достаточном количестве и сравнительно легко адаптируются к искусственным условиям содержания.

По сравнению с другими обитателями водоема эти виды отвечают всем требованиям, предъявляемым к тест-объектам:

– обладают широкой резистентностью рецепторного комплекса (особенно боковой линии) к воздействиям внешней среды;

- имеют средние размеры (10–20 см);
- пригодны для искусственного содержания;
- имеют широкий диапазон оптимальных температур и высокую реактивность центральной нервной системы (ЦНС) на предлагаемые тест-факторы.

Отловленных рыб рассаживали по разным аквариумам (партия составляла 10–12 особей). Партию рыб сразу тестировали с помощью установки с использованием системы видеонаблюдения для получения данных о реактивности рецепторного комплекса и ЦНС на тест-раздражители.

Предлагаемая методика предназначена для наблюдения и измерения поведенческих реакций рыб в минимально структурированной среде и последующей оценки реактивности нервной системы. Рыбу оценивали по реакции на внешние раздражители, которая проявляется в увеличении или уменьшении двигательной активности [3]. Определяли ориентировочную активность (ОА) и фоновую активность (ФА). В качестве тест-раздражителей применяли низкочастотный звуковой удар (РА₁), синусоидальный звуковой сигнал частотой 600 Гц (РА₂), высокочастотный звуковой удар (РА₃), электрический раздражитель частотой 20 Гц и амплитудой 200 мВ (РА₄). Раздражители предъявляли в течение 30 секунд, время отдыха рыб после раздражителя – 3 минуты.

После тестирования партии рыб в аквариумы заливали очищенную воду из системы замкнутого водоснабжения для их отмывки от загрязнителей естественного водоема. Воду периодически заменяли с интервалами времени 2, 4, 6, 8 часов. Период отмывки в среднем составлял 48 часов. Через сутки после отлова рыб начинали кормить мясом сорных рыб. Если рыбы начинали питаться, то это служило показателем готовности к тестированию воды естественного водоема.

Испытания методики по тестированию вод Таганрогского залива проводили следующим образом. Воду для оценки качества брали в трех местах (на трех станциях): в устье р. Дон, со средней части залива и из реки близ береговой базы, которая является рукавом р. Дон.

Перед испытаниями тест-объекты отсаживали в аквариум с водой, привезенной со станций, на 2 часа. После этого осуществляли тестирование ее качества по изменениям реакций рыб на загрязнители вод естественного водоема.

Методом лепестковых диаграмм определяли уровень антропогенного и естественного загрязнения вод Таганрогского залива в системе мониторинга, а также в цифровом выражении – как коэффициент экологического соответствия (КЭС).

Коэффициент экологического соответствия рассчитывают по формуле:

$$КЭС = \frac{\sum y_i}{n},$$

где y_i – показатели тестов (ОА, ФА, РА₁, РА₂ и т. д.); n – количество тестов.

Полученные результаты обрабатывали статистически. Значимость различий между опытом и контролем устанавливали с использованием t -критерия Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты тестирования рыб-индикаторов непосредственно после отлова и после отмывки и адаптации приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели КЭС тест-объектов до и после адаптации

Номер партии тест-объектов	Значения КЭС	
	до адаптации (контроль)	после адаптации (опыт)
1	0,07	0,3*
2	0	0,33*
3	0	0,35*

* Статистически достоверные различия между значениями КЭС.

Как видно из табл. 1, получены достоверные различия в значениях КЭС у только что отловленных и адаптированных рыб. Это означает, что методика подготовки тест-объектов к тестированию качества вод Таганрогского залива работает.

По результатам реактивности на воду естественных водоемов составляли лепестковые диаграммы (рис. 1), по которым возможно судить как о качестве воды на той или иной станции, так и о степени поражения рецепторов и реактивности ЦНС тест-объектов.

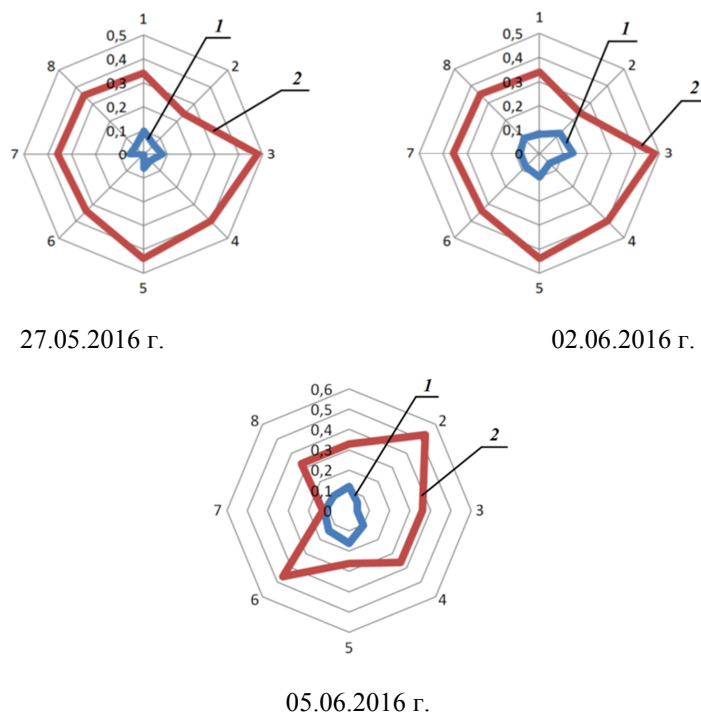


Рис. 1. Качество воды из устья р. Дон:
1 – вода из устья р. Дон; 2 – водопроводная вода

По данным на рис. 1, качество воды, взятой в устье р. Дон, в период наблюдений менялось. Так, 27 мая токсичность воды из этого участка была значительной. Все реакции рыб были существенно ниже, чем в водопроводной (эталонной) воде. Расчеты показали, что качество воды из естественного водоема было в 7 раз хуже, чем качество водопроводной. Спустя 5 дней качество воды на этом участке улучшилось. Реакции тестируемых рыб на раздражители были более выраженными, хотя качество воды из устья р. Дон было ниже водопроводной в 3,9 раза. Это возможно объяснить следующим: в течение этого периода постоянно шли дожди, что существенно разбавляло воду этого участка и снижало ее токсичность. Следующая проба воды с этого участка оказалась идентичной предыдущей. Экологическая обстановка в устье р. Дон за это время не изменилась.

Качество воды, взятой из реки у береговой базы ЮНЦ РАН (с. Кагальник), оказалось ниже качества водопроводной воды в 4 раза. За время наблюдений ее качество не улучшилось, хотя по некоторым поведенческим реакциям рыб отмечали статистически незначимые различия. Необходимо отметить, что это рукав р. Дон. Течение в нем меньше, чем в основном русле, следовательно, заиленность дна существенно выше. Высокая токсичность воды со временем не менялась (рис. 2).

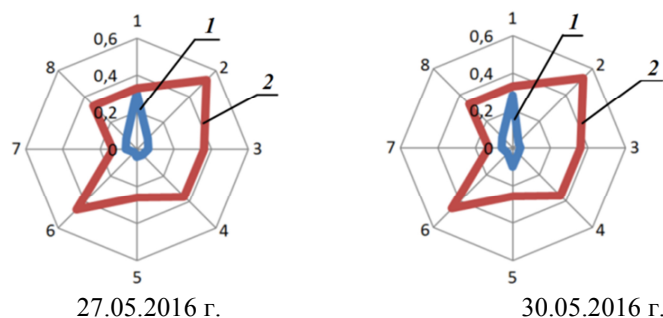
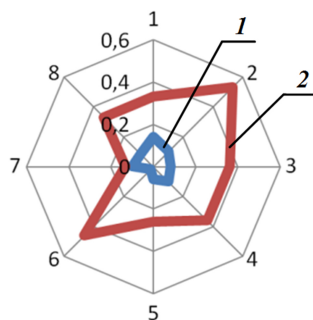


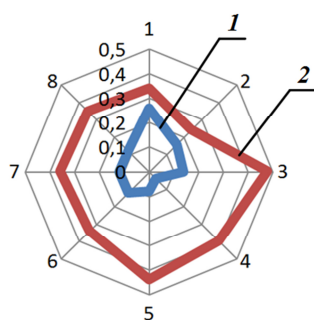
Рис. 2. Качество воды из реки у береговой базы ЮНЦ РАН (с. Кагальник)
1 – вода из реки р. Дон; 2 – водопроводная вода



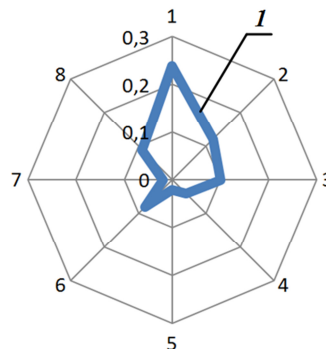
02.06.2016 г.

Рис. 2. Продолжение. Качество воды из реки у береговой базы ЮНЦ РАН (с. Кагальник)
1 – вода из реки р. Дон; 2 – водопродная вода

Качество воды из залива в конце мая было выше, чем качество воды в устье р. Дон, но ниже водопродной воды в 2,9 раза. В начале июня (4 июня) было отмечено ухудшение ее качества в 1,5 раза (рис. 3).



31.05.2016 г.



04.06.2016 г.

Рис. 3. Качество воды, взятой из Таганрогского залива:
1 – вода из залива; 2 – водопродная вода

Вышеприведенные данные (таблица, рисунки) подтверждают, что с помощью поведенческих реакций рыб возможна оценка качества воды в системе мониторинга.

Заключение

В ходе исследования были получены следующие результаты:

1. Определен уровень антропогенного загрязнения вод Таганрогского залива методом лепестковых диаграмм на основе коэффициента экологического соответствия (КЭС). В показателях КЭС получены статистически достоверные различия между только что отловленными и уже адаптированными рыбами.

2. Отработана методика отмывки рыб от загрязнителей естественной среды и подготовки их к тестированию в системе мониторинга. Установлено, что отобранные рыбы-индикаторы чувствительны к загрязняющим веществам вод естественных водоемов, легко адаптируются к условиям искусственного содержания и способны выдерживать длительные испытания при соответствующем содержании.

3. Проведено тестирование воды из трех станций на акватории Таганрогского залива. Результаты показали, что разработанная методика чувствительна к изменениям загрязнителей воды естественных водоемов, и может быть использована в системе мониторинга как компонента для береговых постов на тестовых участках акватории Азовского моря в части методов сопоставления данных биоиндикации для выявления источников антропогенного и естественного загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черемных М. Э., Попова О. В., Забалуева А. И. Анализ причин загрязнения вод Таганрогского залива нефтепродуктами // Инженерный вестник Дона. 2014. № 2. С. 1–8.
2. Рассадина Е. В. Биоиндикация и её место в системе мониторинга окружающей среды // Вестн. Ульян. гос. сельскохоз. акад. 2007. № 4. С. 48–53.
3. Степанова И. П., Куркембаева Б. М., Михайличенко Д. В. Тест «открытое поле» для оценки ремонтно-маточного стада тилипии // XII ежегод. науч. конф. студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН: тез. докл. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. С. 254–255.

Статья поступила в редакцию 06.12.2017

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Степанова Ирина Павловна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; магистрант кафедры рыбоводства и рыболовства; irishka230293@mail.ru.

Тихомиров Андрей Михайлович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. биол. наук; ведущий научный сотрудник; tikhomirov41@mail.ru.

Михайличенко Дмитрий Викторович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры рыбоводства и рыболовства; dvmikhaylichenko@mail.ru.



I. P. Stepanova, A. M. Tikhomirov, D. V. Mikhaylichenko

**METHODS OF ASSESSING WATER QUALITY
USING BEHAVIORAL RESPONSE OF FISH SPECIES**

Abstract. The proposed technique of water quality assessment is intended for monitoring and measuring the behavioral responses of fishes in minimally structured environment, and further evaluating the reactivity of the fish nervous system. Tests were conducted in the period from 11 May to 7 June, 2016 at the sea coast station of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Kagalnik village, the Rostov region). As test-objects (bioindicators), there were selected three species of gobies: round goby (*Neogobius melanostomus*), monkey goby (*Neogobius fluviatilis*) and goby Shearman (*Neogobius syrman*). Fish behavior was assessed by response to external stimuli, which is manifested by increased or decreased locomotor activity. Expected and phone activity has been defined. As the test stimuli there were used: a low-frequency sonic boom, a sinusoidal audio signal, a high-frequency sonic boom, an electrical stimulus. Testing water samples were taken from three stations in the water area of the Gulf of Taganrog (estuary of the Don, middle section of the bay and section of the river close to the coastal base). The results showed that the developed method is sensitive to changes of natural water pollutants and can be used in the monitoring system, as a component for coastal stations on the test areas of the Azov Sea in terms of bioindication data matching techniques to identify natural and anthropogenic sources of pollution.

Key words: biological monitoring, fish receptor complex, central nervous system, water of natural reservoirs, pollution level.

REFERENCES

1. Cheremnykh M. E., Popova O. V., Zabalueva A. I. Analiz prichin zagriazneniia vod Taganrogskogo zaliva nefteproduktami [Analysis of reasons of water pollution of Taganrog Bay by petroleum products]. *Inzhenernyi vestnik Dona*, 2014, no. 2, pp. 1-8.

2. Rassadina E. V. Bioindikatsiia i ee mesto v sisteme monitoringa okruzhaiushchei sredy [Bioindication and its place in the system of environmental monitoring]. *Vestnik Ul'ianovskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii*, 2007, no. 4, pp. 48-53.

3. Stepanova I. P., Kurkembraeva B. M., Mikhailichenko D. V. Test «otkrytoe pole» dlia otsenki remontno-matochnogo stada tiliapii [Test "open field" for assessment broodstock of tilapia]. *XII ezhegodnaia nauchnaia konferentsiia studentov i aspirantov bazovykh kafedr Iuzhnogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk: tezisy dokladov*. Rostov-on-Don, Izd-vo IuNTs RAN, 2016. P. 254-255.

The article submitted to the editors 06.12.2017

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Stepanova Irina Pavlovna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Master's Course Student of the Department of Fish Farming and Fishery; irishka230293@mail.ru.

Tikhomirov Andrei Mikhailovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Biology; Leading Researcher; tikhomirov41@mail.ru.

Mikhaylichenko Dmitriy Viktorovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department of Fish Farming and Fishery; dvmikhaylichenko@mail.ru.

