

3. Габдрахманова Г.Н., Тунакова Ю.А., Новикова С.В. Определения допустимых концентраций металлов в поверхностных водах в зоне водозабора «Волжский» // Системы обеспечения техносферной безопасности: материалы IV Всероссийской конференции и школы для молодых ученых (с международным участием) (Таганрог, Россия, 11-15 сентября 2017 г.) – Таганрог, – 2017. – С. 58-60.

УДК 597-15

## **СИСТЕМА БИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЫБ КАК ОРГАНИЗМОВ-БИОСЕНСОРОВ**

Насырова И.И.<sup>1</sup>, аспирант  
Никитин О.В.<sup>1</sup>, кандидат географических наук, доцент;  
Латыпова В.З.<sup>1,2</sup>, доктор химических наук, профессор,  
член-корреспондент АН РТ

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
(г. Казань, Российская Федерация)

<sup>2</sup>ГБУ «Институт проблем экологии и недропользования Академии наук  
Республики Татарстан» (г. Казань, Российская Федерация)

**Аннотация:** Разрабатываемая авторами статьи многоуровневая система оценки состояния популяций рыб различных экологических групп в условиях зарегулированного стока в рамках гранта РФФИ и растущего уровня загрязнения требуют новых подходов к подсистеме мониторинга качества поверхностных вод, которая составляет первый уровень системы оценки состояния популяций рыб. В статье описан прототип системы биологического мониторинга «TrackTox-Fish», разработанной на кафедре прикладной экологии КФУ, с использованием рыб как организмов-биосенсоров. Система предназначена для оперативного выявления нештатных и чрезвычайных экологических ситуаций, дает возможность контроля и интегральной оценки рисков от загрязнения среды обитания химическими соединениями, отсутствующими в программах мониторинга, получения прямого отклика биологических систем на качество среды обитания и регистрации опасности на самых ранних этапах.

**Ключевые слова:** биологический мониторинг, рыбы, качество среды обитания, интегральный контроль

# THE BIOLOGICAL MONITORING SYSTEM FOR CONTINUOUS WATER QUALITY CONTROL USING FISH AS ORGANISMS -BIOSENSORS

Nasyrova E.I.<sup>1</sup>, postgraduate student

Nikiktin O.V.<sup>1</sup>, PhD in Geographic sciences, Associate Professor;

Latypova V.Z.<sup>1,2</sup>, Dr. Sc. in Chemistry, Professor,

Corresponding Member of Tatarstan Academy of Sciences;

<sup>1</sup>Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Institute of Problems of Ecology and Subsoil Use of the Academy of Sciences of Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

**Abstract:** The article shows the characteristics of the behavior of fish as biosensor organisms in the prototype of the biological monitoring system TrackTox-Fish, developed at the Department of Applied Ecology, Kazan Federal University. The system is designed for the rapid detection of dangerous and emergency environmental situations, which makes it possible to monitor and integrally assess risks from environmental pollution by chemical compounds that are absent in monitoring programs, to obtain a direct response of biological systems to the quality of the environment and hazard registration at the earliest stages.

**Keyword:** biological monitoring, fish, quality of the habitat, integral control

В связи с проблемами, возникающими после создания водохранилищ на Волге, в том числе и Куйбышевского, особую роль приобрело расширение сети мониторинга за состоянием их водных и водных биологических ресурсов. Разрабатываемая авторами доклада многоуровневая система оценки состояния популяций рыб различных экологических групп в условиях зарегулированного стока (грант РФФИ №18-44-16-0023) и растущего уровня загрязнения требуют новых подходов к подсистеме мониторинга качества поверхностных вод, дающих возможность контроля большего числа химических соединений, в том числе – химических веществ, сведения о содержании которых в воде отсутствует, с учетом интегральной оценки рисков от загрязнения среды обитания для оценки прямого отклика биологических систем, в том числе состояния популяций рыб, и принятия адекватных решений. Мониторинг среды обитания составляет первый уровень системы оценки состояния популяций рыб.

Одним из вариантов решения данной проблемы является разработка и внедрение «систем раннего биологического предупреждения» (biologically early warning systems, BEWS), предназначенных для оперативного выявления нештатных и чрезвычайных экологических ситуаций [1]. В разработке систем раннего биологического предупреждения применяется принцип приборного биотестирования, когда тест-организмы – биосенсоры, служат оперативными сигнализаторами возникновения опасного уровня загрязнения воды, а регистрация функциональных показателей организмов осуществляется в автоматическом режиме аппаратной частью системы без участия оператора. В качестве биоиндикаторов в системах раннего предупреждения преимущественно

используют рыб, моллюсков и ракообразных [2], а в качестве функциональных показателей наиболее часто регистрируются параметры сердцебиения, оптической плотности среды, движения организмов или частей тела.

Подобный подход позволяет выявлять опасную ситуацию в том случае, когда традиционные методы физико-химического мониторинга недостаточны или могут давать сбои. Это связано с тем, что существующие подходы ориентированы на определение регламентированного ограниченного перечня показателей. В случае появления в воде ингредиентов, не учитываемых при стандартном контроле, повышается уровень экологических рисков, что может привести к причинению вреда экосистемам, водным биологическим ресурсам и здоровью человека. Подходы биологического мониторинга, основанные на интегральной оценке качества среды, могут зарегистрировать опасность на самых ранних этапах, для самого широкого перечня загрязняющих веществ, обеспечивая таким образом возможность оперативной реакции на сложившуюся ситуацию и как следствие – обеспечения экологической безопасности среды обитания и понижения уровня экологического риска.

Значительный интерес представляет использование характеристик поведения рыб как организмов-биосенсоров в прототипе системы биоэлектронной регистрации качества воды «TrackTox-Fish», разработанной на кафедре прикладной экологии КФУ. Система предназначена для непрерывного контроля качества воды как в проточном, так и в статическом режимах. Слежение за организмами осуществляется в режиме on-line при помощи технологии компьютерного зрения, реализованной в специализированной программе [3].

Система состоит из климатической камеры, обеспечивающей стабильность термического и светового режимов, внутри которой помещен аквариум с анализируемой водой, контроль параметров осуществляется с внешней станции ЭВМ. Анализируемая вода, прошедшая первоначальную аэрацию и фильтрацию, подается при помощи насоса в аквариум и оценивается тест-объектами, за которыми проводится непрерывное наблюдение при помощи видеосистемы. В качестве организмов-биосенсоров выступают рыбы, в нашем случае *Danio rerio* (семейство *Cyprinidae* – карповые), но возможно использование и других видов, например, гуппи или аборигенных представителей ихтиофауны. Поведение тест-организмов оценивается при помощи технологии компьютерного зрения внешней компьютерной станцией.

Основная регистрируемая реакция – скорость плавания; дополнительно оцениваются следующие показатели: распределение рыб в аквариуме (координаты, глубина плавания), пройденное расстояние, а также ориентация тела рыбы в пространстве. Поступающая информация автоматически обрабатывается, формируется оценка качества воды и визуализируется на экране. В случае обнаружения опасности срабатывает сигнал тревоги.

Разработанная биоэлектронная система «TrackTox-Fish» позволяет оперативно обнаруживать опасные загрязняющие вещества (в вышеприведенном примере с первых минут после добавления токсиканта) и как

следствие – обеспечивать экологическую безопасность поверхностных вод через снижение уровня экологического риска

Внедрение в практику системы раннего биологического предупреждения позволит добиться повышения объективности при проведении экологического мониторинга, информирования о состоянии окружающей среды в режиме реального времени, учета опасности неучтенных веществ; интегральной оценки рисков от загрязнения окружающей среды с учетом многокомпонентности, получения прямого отклика биологических систем на качество среды обитания.

Создание и внедрение новой системы биоэлектронной регистрации качества воды «TrackTox-Fish» на первом уровне системы оценки состояния популяций рыб с использованием рыб в качестве тест-объектов, будет полезно для оперативной реакции на сложившуюся ситуацию в целях недопущения снижения обилия рыб и доли особей с аномалиями в развитии в водохранилищах.

**Исследование осуществлено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта № 18-44-160023.**

#### **Литература:**

1. Холодкевич С.В., Шаров А.Н., Кузнецова Т.В. Перспективы и проблемы использования биоэлектронных систем в мониторинге состояния экологической безопасности акваторий финского залива // Региональная экология. 2015. № 1 (36). С. 66-76.

2. Kokkali V., van Delft W. Overview of commercially available bioassays for assessing chemical toxicity in aqueous samples // TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2014. Vol.61. P. 133-155.

3. Никитин О.В., Гребенщикова Д.Д., Белов А.О., Насырова Э.И., Латыпова В.З. Система биоэлектронной регистрации качества воды на основе поведенческих характеристик рыб // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 1. (г. Киров, 3-5 декабря 2018 г.). Киров: ВятГУ, 2018. С. 87-92.