

**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И
ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ЦЕНТР
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ, КОНТРОЛЮ РАДИОАКТИВНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»
(БЕЛГИДРОМЕТ)**

**ПРОЕКТ «ПОДДЕРЖКА ЭФФЕКТИВНОГО МОНИТОРИНГА
ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ И РАДИАЦИОННОГО
МОНИТОРИНГА, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ В БЕЛАРУСИ»**

**МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЦЕЛЯХ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ.**

25 ЛЕТ

**НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ
МОНИТОРИНГА
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

**Материалы международной научной конференции
(Минск, 30-31 октября 2018 г.)**

Минск 2018

Мониторинг состояния окружающей среды в целях устойчивого развития. 25 лет Национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: материалы Международной научной конференции (Минск, 30-31 октября 2018 г.). – Минск: Издательство ООО «Ажур-Групп», 2018. – 154 с.

Сборник содержит материалы, представленные отечественными и зарубежными учеными и специалистами в области мониторинга окружающей среды. В статьях отражены основные результаты наблюдений за компонентами природной среды, оценка состояния экосистем, проблемы использования и охраны природных ресурсов, приоритетные направления дальнейшего развития мониторинга окружающей среды на этапе становления устойчивого, инклюзивного развития экономики и зеленого роста, раскрыты проблемные вопросы состоянием объектов окружающей среды и принятия управленческих решений, подготовки кадрового потенциала в области экологии, а также использования современных технологий в эпоху цифровой экономики.

Данное издание может быть полезно ученым, аспирантам, магистрантам и студентам экологического направления, преподавателям ВУЗов и специалистам государственных органов власти и управления, общественных организаций.

Статьи печатаются в авторской редакции.

Авторы опубликованных материалов несут полную ответственность за подбор, точность приведенных фактов, цитат, данных, отраслевой терминологии, других сведений.

© Министерство природных ресурсов и
охраны окружающей среды Республики
Беларусь

© Белгидромет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДОТОКОВ

Одним из перспективных направлений совершенствования системы и технологии мониторинга на трансграничных участках водотоков является использование экотоксикологических методов контроля, обеспечивающих синхронное изучение интегральных биологических характеристик водной и донной составляющих водных экосистем и позволяющих получить наиболее объективную оценку их состояния и прогноз изменения в будущем. Экотоксикологический подход к анализу антропогенного воздействия занимает важнейшее место в стратегии мониторинга водных экосистем. Его принципы, как правило, являются основой наиболее совершенных национальных систем и программ мониторинга поверхностных вод.

Методология экотоксикологического изучения формирования и восстановления качества вод в условиях антропогенных нагрузок в поверхностных водных объектах складывается из методик определения интегральных показателей состояния гидробионтов (биоиндикация) и отклика представительных тест-объектов из числа основных ценозов водных экосистем (биотестирование).

В целом и биоиндикация, и биотестирование дают интегральную оценку воздействия исследуемой воды на биоту на основе отклика живых организмов на антропогенную нагрузку. Однако принципиальная разница в методологии и сути проводимых работ заключается в том, что биоиндикация, через фактическое состояние живых организмов, отражает последствия уже произошедшего загрязнения, а биотестирование обеспечивает возможность оценки последствий загрязнения для естественной биоты [1].

Задача биотестирования – установить наличие токсичности (острого или хронического действия). Токсические эффекты, регистрируемые методами биотестирования, фиксируют комплексное воздействие физиологически активных форм соединений и биологических компонентов присутствующих в исследуемой среде и неблагоприятно влияющих на физиологические, биохимические и генетические функции тест-организмов. Поэтому задачей биотестирования является не идентификация природы загрязняющих веществ (что относится к компетенции физико-химических методов), а получение принципиально новой информации – интегральной оценки реальных токсических свойств воды и донных отложений на водные организмы [2]. В мировой практике методу биотестирования (из числа биологических методов) все больше отводится роль скрининга загрязнения, результатом которого является сигнальная информация о местах и степени токсичности водного объекта [3].

Биотестирование компонентов водных экосистем проводят как при режимных наблюдениях, когда на основе систематических данных биотестирования оценивают токсикологическое состояние водных объектов или их участков, так и при решении оперативных задач с целью оценки токсичности отдельных проб воды и донных отложений для выявления чрезвычайных экологических ситуаций.

Использование методов биотестирования для определения качества водной и донной составляющих природных экосистем является достаточно сложной задачей, так как их химический состав обычно неизвестен, а концентрации загрязняющих веществ довольно низкие. Тем более, что в процессе исследования необходимо различать естественную токсичность, обусловленную природными процессами, протекающими в

водном объекте, и токсичность, возникающую в результате деятельности человека. Поэтому биотестирование природных вод имеет существенные особенности [2]:

- все процедуры и технологические приемы биотестирования должны быть более жесткими по сравнению с таковыми для сточных вод из-за относительно низких концентраций загрязняющих веществ;
- необходимо четко соблюдать стандартные условия и процедуры биотестирования в связи с относительно низкими концентрациями загрязняющих веществ и влиянием естественных физико-химических параметров водной среды;
- обязательное наличие данных о параметрах гидрохимического режима водного объекта и использования испытываемой воды без их изменения, поскольку активная реакция среды, жесткость и т.д. способны маскировать антропогенное влияние;
- преимущественное использование методов непрерывного биотестирования (т.е. при отсутствии острого токсического действия в кратковременном опыте необходимо продолжить тот же опыт без замены среды и популяций тест-объектов в длительный эксперимент по определению хронического токсического действия).

Методы должны быть применимы для оценки любых экологических изменений среды обитания гидробионтов и характеризовать наиболее общие и важные параметры жизнедеятельности биоты; обладать широкой разрешающей способностью (чтобы учитывать, как острое, так и хроническое токсическое загрязнение); быть оперативными и достаточно удобными для проведения в полевых условиях.

Одним из наиболее важных требований при оценке состояния природных вод является чувствительность применяемых методов, которые должны оценивать не только существенные, как правило, уже необратимые изменения в среде, но и первоначальные незначительные отклонения. Эти требования особенно актуальны для системы мониторинга трансграничных участков водотоков, находящихся, как правило, на значительном расстоянии от сосредоточенных источников сброса сточных вод. Кроме того, набор методов должен быть относительно простой и доступный, пригодный для широкого использования на сети мониторинга поверхностных вод.

Характерной особенностью биотестирования природной воды при проведении режимных наблюдений в пределах трансграничного участка водотока являются трудности с использованием для расчета ее токсичности стандартного приема водной токсикологии - сравнения результатов испытания тестируемой пробы воды с контрольной пробой, отобранной на условно чистом (фоновом) участке водотока. Как правило, выделить фоновые участки для большинства трансграничных створов не представляется возможным и контрольная проба должна проводиться на дехлорированной водопроводной воде исследуемого региона.

Методики биотестирования, используемые в водной токсикологии базируются на количественной оценке изменения жизненно важных функций или выявления смертельного (летального) действия на гидробионтов. Вместе с тем, специфика биотестирования воды и донных отложений в пределах трансграничных участков водотоков заключается в том, что тесты по критериям смертности (летальности) могут быть использованы, как правило, при решении задач по выявлению чрезвычайных экологических ситуаций.

При проведении режимных наблюдений наиболее востребованы будут тест-функции, рассчитанные на регистрацию относительно низких концентраций загрязняющих веществ. Такие тест-функции, регистрируемые в разных вариантах биотестирования, достаточно разнообразны. Так, у водорослей — это интенсивность фотосинтеза или соотношение фотосинтеза и деструкции (A/R), содержание хлорофилла, других пигментов, изменение морфологической структуры клеток. У макрофитов — изменение тургора и окраски листы, скорость движения протоплазмы (в клетках элодеи); у инфузорий — интенсивность движения, частота биения ресничек и многие другие микроскопические показатели. У ветвистоусых ракообразных регистрируется частота

колебательных движений антенн, ритм сердечных сокращений, вращательные движения вокруг оси тела. Некоторые методы биотестирования токсических загрязнений базируются на использовании реакции избегания зоны загрязнения (рыбы, водные насекомые) или реакции закрывания раковин (у двухстворчатых моллюсков) [4].

Основой биотестирования является выбор чувствительных тест-организмов, удобных для лабораторного культивирования, достаточно репрезентативных, отражающих некоторые специфические особенности не только данного вида, но и большой группы гидробионтов, входящих в тот или иной биоценоз. Для биотестирования используют как лабораторные культуры гидробионтов, так и выделенные из природных водных объектов. Использование последних дает возможность прогноза влияния токсического загрязнения на гидробионтов конкретного водного объекта.

Специфика биотестирования заключается в индивидуальной реакции различных организмов/групп организмов на различные комплексы загрязняющих веществ. Поэтому для практики биотестирования на настоящем этапе характерно наличие значительного количества методик. В мировой практике для исследовательских целей используются более ста различных методик биотестирования (в основном для биотестирования воды). Выбор соответствующей методики позволяет обеспечить гарантируемые значения показателей точности, выполняемой при всех допускаемых вариациях влияющих факторов и характеризующих точность любого результата биотестирования, который может быть получен по данной методике при ее строгом соблюдении.

Как правило, для выявления токсичности компонентов водных экосистем необходимо использовать несколько тест-организмов с различной чувствительностью или использовать несколько тест-показателей одного из тест-объектов (например, хемотаксис и смертность инфузории *Paramecium caudatum*). Необходимость использования набора биотестов определяется тем, что состав и загрязненность природных сред заранее неизвестны, и нельзя подобрать тест-объекты, наиболее чувствительные к присутствующим в данной пробе загрязняющим веществам. Использование набора биотестов увеличивает вероятность обнаружения токсичности. Поэтому обнаружение токсичности даже при одном из биотестов (наиболее чувствительном) указывает на наличие токсичности испытываемой воды.

Для надежной оценки токсичности проб воды рекомендуется использовать набор наиболее востребованных токсикологических методов контроля, используемых в национальных системах контроля токсичности вод и рекомендуемых для применения в системах оценки экотоксичности водной компоненты. Как правило, в набор входят биотесты на ракообразных (дафнии или цериодафнии), водорослях (*Scenedesmus quadricauda* или *Chlorella vulgaris*), и рыбах (*Poecilia reticulata*). Любой из этих биотестов можно заменить биотестом на инфузориях (*Paramecium caudatum*), на коловратках (*Brachionus calyciflorus*) или на макрофитах (*Lemna minor* L.) или использовать несколько тест-показателей одного из тест-объектов (например, хемотаксис и смертность *Paramecium caudatum*).

Для получения адекватной оценки состояния водных экосистем трансграничных участков рек, большинство из которых представлено малыми водотоками с незначительной антропогенной нагрузкой, в программу мониторинга необходимо включать такие важные компоненты гидроэкосистем как донные отложения, которые являются неотъемлемой частью водных объектов, имея отличное от воды фазовое состояние и иные механизмы воздействия на водные экосистемы.

В настоящее время при исследовании донных отложений наиболее часто практикуется анализ экстрактов, поскольку это направление базируется на достаточно хорошо разработанной базе биотестирования сточных и природных вод с использованием стандартных тест-объектов: дафний, цериодафний, водорослей, парамеций, коловраток, рыб и др. Вместе с тем, результаты анализа экстрактов не обеспечивают достаточную

репрезентативность информации о токсичности донных отложений в связи с проблемами изменения их исходной токсичности, возникающей на этапе пробоподготовки.

Наиболее приемлемым методическим подходом, обеспечивающим объективную оценку загрязненности донных отложений токсическими химическими веществами, является анализ необработанной (нативной) пробы грунта. При этом для оценки уровня токсического загрязнения донных отложений рекомендуется использовать биотесты на представителях донных биоценозов - макрозообентосе.

Для биотестирования необработанной (нативной) пробы грунта в условиях нашего региона наиболее целесообразно использовать разработанную и рекомендованную к применению в Российской Федерации методику биотестирования с использованием амфибиотических личинок комаров-звонцов - хирономид (сем. *Chironomidae*), являющихся наиболее массовыми представителями зообентоса. Донные отложения представляют собой естественную среду их обитания, поэтому хирономиды являются наиболее экологически адекватным объектом для оценки токсичности донных отложений.

Список использованных источников

1. Олькова А.С. Биотестирование в научно-исследовательской и природоохранной практике России. Журн.Успехи современной биологии, 2014, том 134, № 6, с. 614-622.

2. Бакаева Е.Н., Никаноров А.М. Гидробионты в оценке качества вод суши. – М.: Наука, 2006, 239 с.

3. Игнатова Н.А., Оценка токсичности вод и донных отложений антропогенно загрязненных экосистем методом биотестирования (на примере бассейна Нижнего Дона). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Ростов-на-Дону – 2009, 24 с.

4. Александрова В.В. Определение качества природных вод методом биотестирования в полевых условиях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 15, №3 (3), 2013, с. 897-899.