

СИСТЕМА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

А. Н. Крайнюкова

Доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией

Лаборатория биологических исследований и биотестирования
Украинский научно-исследовательского институт экологических проблем

ул. Бакулина, 6, г. Харьков, Украина, 61166

Контактный тел.: +38 (057) 702-62-23

e-mail: biotest@niiep.kharkov.ua

В статье представлена система интегральной оценки токсичности природных и сточных вод на основе использования методов биотестирования (биотестов). Рассмотрены критерии подбора биотестов для определения токсичности сточных вод на различных этапах их образования, очистки и отведения в водный объект, а также токсикологической оценки качества природных вод в местах сброса сточных вод

1. Введение

В основу природоохранной политики в Украине положена концепция устойчивого развития, которая ориентирована на преодоление противоречий между ростом потребности общества в использовании природных ресурсов и необходимостью предотвращения дальнейшей деградации природных экосистем с целью создания безопасных условий существования человека.

Основной и наиболее опасной разновидностью антропогенного влияния на все компоненты окружающей природной среды является загрязнение токсическими веществами, которые способны нарушать биопродукционные процессы, приводить к глубоким изменениям в структурно-функциональной организации биотической составляющей экосистем. При наличии токсических веществ в какой-либо среде обитания живых организмов она приобретает токсические свойства. К таким веществам относятся, в первую очередь, тяжелые металлы, хлорорганические пестициды, фенолы, нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества и целый ряд других.

В настоящее время при проведении природоохранных мероприятий ограничение поступления в окружающую среду экологически опасных химических веществ осуществляется путем сопоставления фактических значений их содержания с установленными значениями предельно допустимых концентраций (ПДК) этих веществ для воды водных объектов, атмосферного

воздуха, почв и т.д. Следует подчеркнуть, что даже при наличии информации о содержании в окружающей среде отдельных химических веществ, при таком подходе не учитывается их совокупное влияние на состояние экосистем.

Это связано с тем, что концепция ПДК предусматривает оценку изолированного воздействия химических веществ на живые организмы наземных и водных экосистем, в то время как в реальных условиях влияние на них оказывают многокомпонентные смеси веществ, вследствие чего может проявляться комбинированный эффект, проявляющийся в адитивности, синергизме и антогонизме.

Интегральную оценку какого-либо компонента природной среды можно получить с помощью биотестирования – методического приема, который основан на теоретических разработках, созданных в рамках науки экотоксикологии, изучающей распределение и трансформацию химических веществ в биосфере и механизмы их влияния на биоту.

2. Состояние вопроса

Начиная с 80-х годов прошлого столетия, в ряде развитых стран дальнего (США, Канада, Франция, Германия и др.) и ближнего (Российская Федерация, Латвия, Литва, Эстония, Казахстан и др.) зарубежья биотестирование стало применяться в природоохранной практике наряду с химическими методами [1-3].

В последнее время метод биотестирования получил широкое распространение при осуществлении наблюдений за состоянием водных объектов и источников их загрязнения в большинстве европейских стран, о чем свидетельствует ряд законодательных и нормативных актов, целью которых является ограничение поступления токсических загрязнений в водные объекты [4].

В лаборатории биологических исследований и биотестирования (далее – лаборатория) УкрНИИЭП разработка и применение биотестирования при решении проблем токсического загрязнения различных компонентов окружающей природной среды с 1977 года является основным научным направлением.

Значительные трудности в использовании биотестирования, и в первую очередь, при определении токсических свойств воды, возникали в связи с отсутствием стандартизованных терминов и их определений. С целью систематизации и однозначного трактования терминов в области водной токсикологии специалистами лаборатории был разработан стандарт [5], согласно которому биотестирование воды – это экспериментальное определение токсичности водной среды по изменению показателей жизнедеятельности чувствительных к действию токсикантов организмов (тест-объектов), специально подготовленных в лабораторных условиях к биотестированию.

Среди основных достижений лаборатории в области разработки и применения методов биотестирования в природоохранной практике можно отметить следующие: созданы новые и модифицированы существующие методы биотестирования для опреде-

ления токсичности различных компонентов окружающей природной среды; обоснованы и установлены нормативные требования к качеству природных и сточных вод по токсикологическому показателю; разработаны классификационные шкалы качественных и количественных характеристик токсических свойств природных и сточных вод; аттестованы и гармонизированы с международными и европейскими стандартами методики биотестирования, которые апробированы и внедрены в систему экологического мониторинга сточных, поверхностных, подземных, морских, питьевых вод, донных отложений и почв в различных регионах Украины; разработаны и утверждены 15 нормативно-методических документов, 21 государственный стандарт Украины (ДСТУ) в области биотестирования; созданы правовые основы использования биотестирования в природоохранной практике [6,7].

3. Принципы построения системы интегральной токсикологической оценки природных и сточных вод

Результаты исследований реакций водных организмов различных систематических групп на токсические воздействия, испытаний методов биотестирования в лабораторных и производственных условиях явились основой для разработки структуры системы интегральной токсикологической оценки природных и сточных вод, которая включает ряд объектов применения биотестов, условно дифференцированных на технологическую и экологическую сферы (таблица).

Таблица

Рекомендуемые биотесты для интегральной токсикологической оценки природных и сточных вод

Объект биотестирования	Цель биотестирования	Рекомендуемые биотесты (используемые реакции и тест-объекты)
Вода водного объекта, забираемая для использования в технологическом процессе	Определение фоновой токсичности	Снижение выживаемости и плодовитости ракообразных, снижение выживаемости рыб, изменение интенсивности размножения водорослей
Технологические сточные воды	Токсикологическая паспортизация	Снижение выживаемости ракообразных или рыб
Сточные воды, направляемые на биологические очистные сооружения	Выявление высокотоксичных сточных вод, представляющих опасность для биоценоза активного ила	Снижение выживаемости или интенсивности размножения инфузорий; изменение дегидрогеназной активности микроорганизмов активного ила
Сточные воды на сбросе в водный объект	Определение острого токсического действия на тест-объекты, проверка соответствия установленному нормативу	Снижение выживаемости ракообразных
Природная вода в створе смешения сточной воды с водой водного объекта	Определение хронического токсического действия на тест-объекты, проверка соответствия установленному нормативу	Снижение выживаемости и плодовитости ракообразных, снижение выживаемости рыб, изменение интенсивности размножения водорослей

Технологическая сфера охватывает все звенья деятельности предприятия, как потенциального источника загрязнения водной экосистемы и предполагает токсикологическую оценку воды, забираемой для использования в процессе производства, сточных вод на всех этапах их образования, очистки и на сбросе в водный объект. Экологическая – предусматривает токсикологическую оценку качества воды водного объекта в зоне выпуска сточных вод.

Исходя из определения термина «токсикологический контроль» – проверка соответствия качества воды установленным нормативным требованиям, основным функциональным назначением биотестов в системе является возможность проверки с их помощью соответствия качества тестируемой воды установленным нормативным требованиям [8].

В соответствии с эколого-рыбохозяйственными требованиями предельно допустимым сбросом является такое количество загрязняющих веществ, которое при поступлении в водный объект не создает остролетальных условий в зоне первичного разбавления. В связи с этим, нормативом предельно допустимого уровня токсичности сточных вод на сбросе в водный объект, обеспечивающим соблюдение указанных требований, является отсутствие острой летальной токсичности.

Поступление в водные объекты загрязняющих веществ вместе со сточными водами может вызвать хроническую токсичность воды, что приводит к нарушению нормального функционирования водных организмов, угнетению процессов самоочищения и ухудшению качества воды. Исходя из этого, нормативом предельно допустимого уровня токсичности природных вод, соблюдение которого обеспечит экологическое благополучие водных объектов и нормальную жизнедеятельность водных организмов, является отсутствие хронической токсичности.

Согласно предложенным нормативам, сточная вода на выпуске в водный объект не должна оказывать острого токсического действия, а вода в контрольном створе водного объекта – хронического действия на тест-организмы по результатам биотестирования.

Чтобы обеспечить качество сточной воды на сбросе в водный объект, соответствующее этому нормативу, набор биотестов в технологической сфере применения должен обеспечить выявление, для последующего изъятия из общего стока, наиболее токсичных компонентов сточных вод. При этом необходимость биотестирования воды, забираемой предприятием из водисточника для производственных целей, целесообразна в том случае, если возникает ситуация, когда предприятие, расположенное ниже по течению реки, забирает воду, загрязненную токсическими веществами, содержащимися в сточных водах, сбрасываемых вышерасположенным предприятием.

Предприятие, забирающее заведомо токсичную воду для технологического процесса, вынуждено производить дополнительную очистку воды от токсикантов, внесенных вышерасположенным водопользователем, что требует соответственно и увеличения затрат на очистку. Биотестирование воды из водозабора следует, по-видимому, проводить тем же набором биотестов, который применяется для оценки токсично-

сти воды водного объекта ниже выпуска сточных вод данного предприятия. Режим биотестирования может быть дискретным, либо непрерывным, в зависимости от используемых биотестов.

Цель биотестирования сточных вод, образующихся на разных стадиях их образования – выявление высокотоксичных сточных вод, поступление которых на биологические очистные сооружения (БОС) может нарушить их нормальную работу вплоть до гибели активного ила. Своевременное обнаружение высокотоксичных сточных вод, образующихся в процессе производства, позволяет принять меры по их обезвреживанию или изъятию: подобрать оптимальный вариант разбавления менее токсичными водами, организовать локальную очистку, отведение в накопитель и т.п.

Основным токсикологическим приемом в данном случае может быть кратковременный эксперимент с использованием тест-объектов, обеспечивающих адекватность отклика по отношению к организмам активного ила, если сточная вода направляется на биологическую очистку, например инфузорий, микроорганизмов активного ила и др. Для непрерывного контроля сточных вод, поступающих на БОС, можно рекомендовать биотест на микроорганизмах активного ила по изменению потребления ими кислорода, которое регистрируется с помощью автоматизированного устройства.

При необходимости определения токсичности сточных вод без увязки с их подачей на БОС биотестирование можно проводить с помощью любого тест-объекта, отвечающего требованиям удобства и доступности при работе в производственных условиях. Для этих целей, например, подходит биотест на ракообразных по их выживаемости, метод «рыбной пробы» или любой другой, позволяющий проводить серию токсикологических анализов для сравнительной оценки уровня токсичности производственных сточных вод. Целесообразно также применение экспресс-индикатора острой токсичности, с помощью которого можно проводить биотестирование сточных вод непосредственно в местах их образования.

Наиболее важным элементом в системе следует считать биотестирование сточной воды на сбросе в водный объект. Цель токсикологической оценки сточных вод в этом случае – определить соответствие качества отводимой воды установленному нормативному требованию. В неразрывной связи с этим находится завершающий этап применения биотестов – экологическая сфера, основным объектом которой является природная вода в зоне влияния на нее сточных вод. Цель биотестирования – оценить степень их опасности для водной экосистемы. Набор биотестов для токсикологической оценки сточных вод на сбросе в водный объект и степени их опасности для водных организмов должен соответствовать ряду критериев, среди которых наиболее существенными являются представительность используемых тест-организмов для основных трофических уровней водной экосистемы, чувствительность тест-объектов к различным токсическим веществам, экономичность, доступность и простота выполнения процедур биотестирования.

4. Выводы

В современных условиях техническая и энергетическая оснащенность общества достигла такого уровня, при котором антропогенная нагрузка на окружающую природную среду привела к глобальным необратимым изменениям ее состояния. Одним из наиболее опасных источников загрязнения наземных и водных экосистем является поступление в окружающую природную среду токсических веществ и их соединений. Широко используемым в природоохранной практике приемом интегральной оценки токсических свойств среды обитания живых организмов является биотестирование. С целью повышения эффективности применения методов биотестирования для предотвращения и ограничения дальнейшего токсического загрязнения природных вод целесообразно использовать систему, охватывающую все стадии образования, очистки и отведения сточных вод в водные объекты, включая этап токсикологической оценки их влияния на качество природных вод.

Литература

1. Manual for the Evaluation of Laboratories Performing Aquatic Toxicity Tests // U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development. EPA/600/4-90/031. Cincinnati, 1991. 108 p.
2. Biologische Testverfahren / eds. Steinhauser K. G., Hansen P. D. Stuttgart: Gustav-Fisher Verlag, 1992. 884 s.
3. Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Бражникова Л.В., Жулидов А.В. Мониторинг качества вод: оценка токсичности. СПб.: Гидрометеониздат, 2000. 159 с.
4. Водна Рамкова Директива ЕС 2000/60/ЕС. К., 2009. 240 с.
5. ДСТУ 3928-99 Охорона природи. Гідросфера. Токсикологія води. Терміни та визначення.
6. Крайнюкова А.М. Біотестування – метод оцінки токсичних властивостей компонентів природного середовища та джерел їх забруднення // Проблеми охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки: Зб. наук. пр. / УкрНДІЕП. – Х.: ВД «Райдер», 2006. 204 с.
7. Крайнюкова А.М., Ульянова І.П. Біотестування в охороні довкілля від токсичного забруднення: нові розробки та перспективи розвитку // Проблеми охорони навколишнього середовища та техногенної безпеки: Зб. наук. пр. / УкрНДІЕП, Харків, 2001. 246 с.
8. Крайнюкова А.М., Губар Т.В., Котко Л.О. Методика визначення рівнів токсичності поверхневих і зворотних вод для контролю відповідності їх якості встановленим нормативним вимогам: Нормативний документ./ Затв. Наказом Мінекобезпеки України від 31.01.2000 № 27. К., 2000. 28 с.