СБОРНИК ТРУДОВ
VI МЕЖДУНАРОДНОГО КОНГРЕССА
«ЧИСТАЯ ВОДА.КАЗАНЬ»

25-27 МАРТА, 2015

Казань
2015

УДК 628.161(082)
ББК 38.761.1я43
С23

Под редакцией: **А.А. Быков** (Руководитель Нижне-Волжского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов), **Ф.Ф. Мухатетшин** (Директор ФГБУ «Средволгаводхоз»), к.г.н. **А.П. Шлычков** (ФГБУ «Средволгаводхоз»).

Под общей редакцией: **А.А. Быков**
Составители: **А.П. Шлычков, Д.С. Романов**

Сборник трудов VI Международного Конгресса «Чистая вода. Казань» 25-27 марта 2015 г.: науч.изд. – Казань: типогр. ООО «Куранты», 2015. – 229 с.

ISBN 978-5-9902925-5-0

ISBN 978-5-9902925-5-0

УДК:628.161(082)
ББК 38.761.1я43

© Федеральное агентство водных ресурсов, 2015
Тираж 100 экз.

выработки озона в несколько раз выше стоимости кислорода воздуха, то применение последнего с экономической точки зрения более предпочтительно.

Для последующего удаления осаждением из сточной воды ИТМ достаточно скорректировать pH и довести его значения до 10,5–10,7.

Качество очищенной воды по значениям ХПК, плавающим УВ, щелочности и ИТМ позволяет отправить ее на БОС.

Таким образом показано, что ИТМ, содержащиеся в СВ гальванопроизводства, интенсифицируют окисление УВ СВ органического синтеза, и их совместная очистка является рациональной.

Список литературы:

1. Савельев, С.Н. Особенности каталитической очистки сточных вод озонированием / С.Н. Савельев, Р.Н. Зиятдинов, С.В. Фридланд // Вестник Казанского технологического университета. – 2008. – №6. – С. 48 – 54.

2. Мунтер, Р.Р. Принципы разработки проведения процесса и контактных аппаратов для озонирования природных и сточных вод / Р.Р. Мунтер // Химия и технология воды. – 1988. – № 5. – С. 390 – 392.

3. Савельев, С.Н. Интенсификация процесса окисления углеводородов кислородом воздуха и озоно-воздушной смесью при очистке сточных вод / С.Н. Савельев, Р.Н. Зиятдинов, С.В. Фридланд // Безопасность жизнедеятельности. – 2008. – №11. – С. 35 – 40.

ВЛИЯНИЕ СУПЕРТОКСИКАНТОВ НА ПЛАВАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ *DAPHNIA MAGNA*

Сафина Д.А., Никитин О.В.
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
г. Казань, oleg.nikitin@kpfu.ru

Для оценки токсичности природных вод и прочих объектов окружающей среды, а также новых химических веществ используют тесты на различных живых организмах. В таких тестах оценка степени токсичности осуществляется на основе наблюдений и экспериментов с «живыми реагентами» – водными организмами (гидробионтами), жизнедеятельность которых нарушается в токсической среде (Халилова и др., 2010). Особенно интересна реакция живых организмов на наличие в среде супертоксикантов.

Анализ литературных данных убедительно свидетельствует об огромном разнообразии тест-объектов, используемых исследователями. Несмотря на то, что диапазон организмов, используемых в качестве тестов, весьма широк, не может быть одного такого организма, который был бы универсально чувствителен ко всем существующим токсикантам (Мисейко и др., 2001). К наиболее распространенным тест-объектам относят представителей ветвистоусых ракообразных (Cladocera). Особенностью большинства из них является фильтрационный способ питания, при котором через организм пропускаются огромные количества воды. Раки способны извлекать из воды не только необходимую пищу, но и растворенные и взвешенные вещества, в том числе компоненты загрязнений. Они могут накапливать такие вещества в своем теле в концентрации, в несколько десятков тысяч раз превышающей содержание их в воде (Туманов, Постнов,1983).

Чаще всего в качестве тест-объектов используются рачки *Daphnia magna*, а так же *D. longispina*, *Ceriodaphnia dubia*, *C. affinis* и др. Наиболее универсальным тест объектом по чувствительности и адекватности реагирования на разные токсиканты следует признать *D. magna* Straus, 1820. Лабораторная культура *D. magna* является одной из наиболее часто

используемых в практике определения острого и хронического токсического действия индивидуальных химических веществ и проб воды с многокомпонентным химическим составом. О токсичности воды судят по статистически значимому изменению параметров жизнедеятельности дафний по сравнению с контролем (Чеснокова, Чугай, 2008).

Методы биотестирования на дафниях широко применяются для целей экологического контроля, как в России, так и за рубежом. Однако преимущественно в качестве тест-реакции используют смертность рачков, а при установлении хронического токсического воздействия проводят наблюдения за изменением плодовитости и качеством потомства (ISO, 2000; Брагинский, 2000; Blaise, Férard, 2005), упуская из вида другие важные биологические переменные тест-объекта. Перечень реакций можно существенно расширить, если использовать дополнительные сведения по тест-объекту, основанные на его функциональных показателях, в том числе и поведенческие реакции.

На современном этапе развития техники возможно чувствительное определение наличия токсических веществ в воде по поведенческим характеристикам тест-объектов, посредством компьютерного анализа их цифровых изображений. Первые работы, связанные с оценкой токсичности среды подобными методами появились в 90-х годах XX в. (например, по дафниям в 1998 г. (Baillieul, Scheunders, 1998), по флагеллятам в 1999 г. (Tahedl, Häder, 1999)). Из-за низких вычислительных мощностей компьютеров, исследователи ограничивались анализом последовательностей из нескольких десятков изображений.

В некоторых случаях этот подход используется на практике для построения биологических систем раннего оповещения о наличии в среде токсических веществ. Так, в коммерчески реализуемой системе Daphnia Toximeter (bbe Moldaenke, Германия) в непрерывно проточной камере (0,5–2 л/ч) осуществляется наблюдение за плавательной активностью дафний (до 12 шт.), контролируются такие параметры как: средняя скорость, расстояние между дафниями, их размер и некоторые другие. Регистрация ухудшения качества воды осуществляется довольно оперативно (Lechelt et al., 2000). К недостаткам метода можно отнести невозможность обработки пересечений дафний в пространстве при плавании, т.е. слежение за отдельными тест-организмами не осуществляется (производится усредненная оценка). Кроме того, в тесте используется лишь профильтрованная вода, тогда как Европейская водная рамочная директива рекомендует использовать нефильтрованную воду для процедуры тестирования, т.к. при фильтрации могут быть удалены адсорбированные на взвешенных частицах токсичные вещества (Baea, Park, 2014). Также существенным недостатком является высокая стоимость системы, которая в базовой комплектации составляет около 65 тыс. евро. Решить ряд недостатков системы Daphnia Toximeter предлагается с помощью шестиканальной системы Grid Counter, осуществляющей слежение за индивидуальными дафниями (Jeon et al., 2008). В России производится приборный комплекс для оценки токсичности по инфузориям – БиоЛаТ. На основании компьютерного анализа последовательности пар изображений, определяется количество тест-объектов и их смещение, на основании чего делается заключение об их жизнеспособности. Неугасающий интерес к использованию технологий компьютерного зрения в экотоксикологии (Noss et al., 2013; Baea, Park, 2014; Jeong et al., 2014), показывает перспективность данного метода для оценки токсичности.

В связи с вышесказанным, целью данной работы было проанализировать действие супертоксикантов на плавательную активность *Daphnia magna*., используя для обнаружения и регистрации поведенческих реакций дафний подход, основанный на компьютерном зрении. Метод построен на покадровом компьютерном анализе потоковой видеопоследовательности изображений, на которых присутствует тест-объект. Плавательная активность оценивалась при помощи программно-аппаратного комплекса для обнаружения и регистрации поведенческих реакций тест-объектов – «Анализатора токсичности «TrackTox», реализующего алгоритмы компьютерного зрения (Никитин, Латыпова, 2014).

В экспериментах использовалась лабораторная монокультура *D. magna*, выращиваемая в климатостате «В-4» (ПНД Ф…, 2011). Для анализа плавательной активности, в данной работе использовались данные по скорости плавания рачков. Единичные дафния среднего размера (1,5–1,7 мм) при помощи микропипетки быстро и аккуратно переносилась из маточной культуры в прозрачную пластиковую тестовую камеру (100 мм × 45 мм × 10 мм) с 30 мл культивационной воды, которая переносилась в анализатор токсичности, расположенный в термостатируемых условиях (20±2 °С). Дафнии выдерживались 10 мин. в камере для акклиматизации, после чего в течение последующих 20 мин. производилось измерение плавательной активности, т.н. «контроль». Обработка осуществлялась с частотой 5 кадров в секунду. Для изучения воздействия единичного токсиканта, он помещался в тестовую камеру в количестве, необходимом для достижения нужной концентрации. После 10 минут экспозиции, в течение последующих 20 мин. снова производится измерение плавательной активности, т.н. «опыт». Таким образом, общее время экспозиции в растворе с токсикантом составляло 30 мин. В конце эксперимента данные по плавательной активности дафнии (~6000 измерений в контроле и опыте) сохранялись в текстовый файл, для последующей обработки и статистического анализа. Статистическая обработка полученных данных выполнялась при помощи пакета программ STATISTICA 8.0 (StatSoft, Талса, США).

Токсичность оценивалась по индексу токсичности, который рассчитывался по формуле:

$$A,\% = 100 * \frac{X_{к-}X_{оп}}{X_к},$$

где, А – индекс токсичности: изменение тест-функции (плавательная активность) в опыте по сравнению с контролем; Хк – полученные значения тест-функции в контроле; Хоп – полученные значения тест-функции в опыте.

По вышепредставленной схеме было проведено определение токсичности водных растворов, содержащих следующие отдельные токсиканты: пестицид эсфенвалерат (3 мкг/л), цианотоксин микроцистин-LR (1 мкг/л). Эсфенвалерат ($C_{25}H_{22}ClNO_3$) – представитель группы синтетических пиретроидов, наиболее масштабно выпускаемых и применяемых препаратов для борьбы с вредителями растений (выбранная концентрация – ПДК данного пестицида в воде). Микроцистины ($C_{49}H_{74}N_{10}O_{12}$) – одни из самых известных и широко распространенных цианобактериальных токсинов, выделяемых некоторыми видами цианобактерий при «цветении» водоемов (выбранная концентрация – рекомендуемый норматив ВОЗ).

Проведенное исследование позволило получить обширную базу данных поведенческих реакций *Daphnia magna* в нормальных условиях и при наличии токсикантов. Можно отметить, что распределение скоростей плавания дафний отличается от нормального распределения для всех опробованных дафний, коэффициент асимметрии положителен, правый хвост распределения длиннее левого. Вследствие этого, лучше использовать непараметрические критерии и в частности медиану для описания поведенческих реакций, кроме того, она является более робастной оценкой в присутствии выбросов значений, чем среднее.

На рис. 1 представлены скорости плавания дафний в контроле и в эксперименте с эсфенвалератом. Медианная скорость в контроле составляла 0,26 см/с, дафния плыла достаточно равномерно, без резких колебаний.

Скорость дафнии в эксперименте с добавлением инсектицида заметно повысилась, наблюдалась ее гиперактивность, медианная скорость составила 0,49 см/с, можно отметить также увеличение разброса данных. Индекс токсичности составил – 97%, что говорит о стимуляции плавательной активности тест-объекта при добавлении инсектицида и о

возможности применения данного биотеста в выявлении низких концентраций пестицидов. При постановке экспериментов за основу был взят критерий токсичности ≥ 50%.

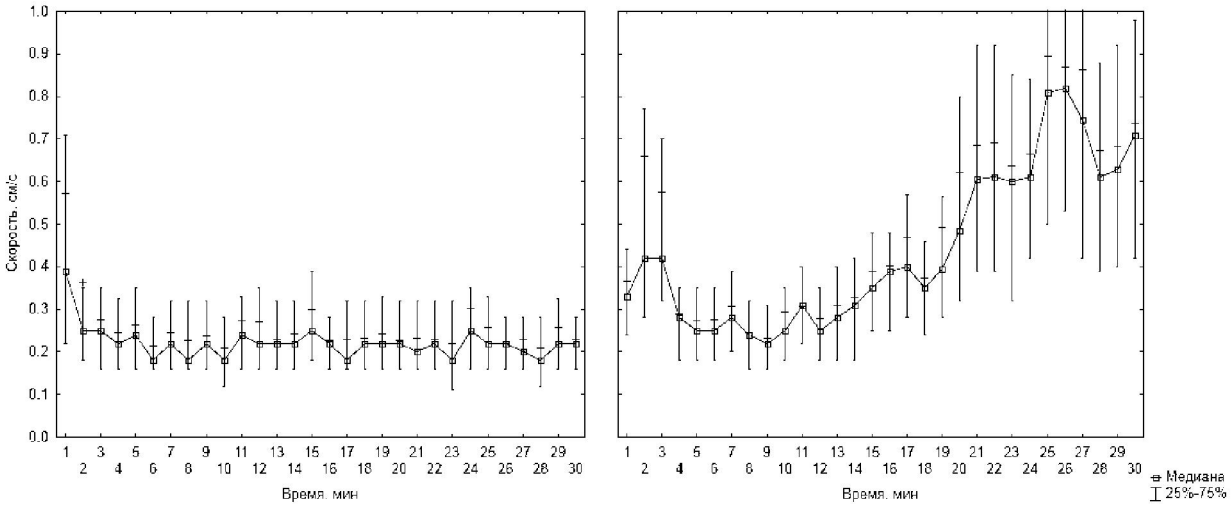


Рис. 1. Плавательная активность дафний в контроле (слева) и в эксперименте с эсфенвалератом (справа)

В эксперименте с микроцистином-LR наблюдалась схожая картина. Медианная скорость в контроле составила 0,11 см/с, а с добавлением токсиканта увеличилась до 0,18 см/с. При этом, также как и в опыте с эсфенвалератом, отмечалось увеличение разброса данных при добавлении токсиканта, в контроле плавательная активность сохраняется на примерно одном уровне. Индекс токсичности составил –68%, что говорит о стимуляции плавательной активности тест-объекта при добавлении микроцистина.

Таким образом, проведенное исследование показало возможность использования поведенческих реакций дафний для целей биотестирования супертоксикантов, особенно в случаях, когда необходима экспрессность получения ответной реакции.

Список литературы:

1. Брагинский Л.П. Методологические аспекты токсикологического биотестирования на Daphnia magna и других ветвистоусых ракообразных (критический обзор). Гидробиологический журнал. – 2000. – Т. 36(5). – С. 50–70.

2. Мисейко Г.Н., Безматерных Б.М., Тушкова Г.И. Биологический анализ качества пресных вод. – Барнаул: АлтГУ, 2001. – 201 с.

3. Никитин О.В., Латыпова В.З. Определение токсичности водной среды по поведенческой активности Daphnia magna при помощи системы компьютерного зрения «TrackTox» // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: материалы V Всероссийской конференции по водной экотоксикологии (Борок, 28 октября – 1 ноября 2014 г.). Том 2. – Ярославль: Филигрань, 2014. – С. 100–105.

4. ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06. Т 16.1:2.3:3.9-06. Методика определения острой токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по смертности дафний (Daphnia magna Straus), 2011.

5. Туманов А.А, Постнов И.Е. Водные беспозвоночные как аналитические индикаторы (обзор) // Гидробиология. – 1983. – Т. 19, № 5. – С. 3–16.

6. Халилова А.А., Яковлева А.В., Сироткин А.С. Сравнительная оценка токсичности сточных вод, содержащих ионы хрома и никеля с применением различных тест-объектов // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – Вып. 10. – С. 392–401.

7. Чеснокова С.М., Чугай Н.В. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды. – Владимир: изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 92 с.

8. Baea M.-J., Park Y.-S. 2014. Biological early warning system based on the responses of aquatic organisms to disturbances: a review // Science of the Total Environment. – 2014. – Vol. 466–467. – P. 635–649.

9. Baillieul M., Scheunders P. On-line determination of the velocity of simultaneously moving organisms by image analysis for the detection of sublethal toxicity // Water Research. – 1998. – Vol. 32(4). – P. 1027–1034.

10. Blaise C., Férard J.-F. Small-scale freshwater toxicity investigations. Vol. 1. Toxicity test methods. – Dordrecht: Springer, 2005. – P. 1–68.

11. ISO. Water quality determination of long term toxicity of substances to Daphnia magna Straus (Cladocera, Crustacea) – chronic toxicity test. ISO 10706:2000 (E), Geneva, International organization for standardization, 2000.

12. Jeon J., Kim J.H., Lee B.C., Kim S.D. Development of a new biomonitoring method to detect the abnormal activity of Daphnia magna using automated Grid Counter device // Science of The Total Environment. – 2008. – Vol. 389(2-3). – P. 545–556.

13. Jeong T.Y., Jeon J., Kim S.D. Development and evaluation of new behavioral indexes for a biological early warning system using Daphnia magna // Drinking Water Engineering and Science. – 2014. – Vol. 7. – P. 1–9.

14. Lechelt M., Blohm W., Kirschneit B. et al. Monitoring of surface water by ultrasensitive Daphnia toximeter // Environmental Toxicology. – 2000. – Vol. 15(5). – P. 390–400.

15. Noss C., Dabrunz A., Rosenfeldt R.R., Lorke A., Schulz R. Three-dimensional analysis of the swimming behavior of Daphnia magna exposed to nanosized titanium dioxide // PLoS ONE. – 2013. – Vol. 8(11): e80960. doi:10.1371/journal.pone.0080960.

16. Tahedl H., Häder D.-P. Fast examination of water quality using the automatic biotest ECOTOX based on the movement behavior of a freshwater Flagellate // Water Research. – 1999. – Vol. 33. – P. 426–432.

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ БАССЕЙНА РЕКИ УЛЕМА

Семягин И.Н., Курбанова С.Г.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, ilya_7yagin@mail.ru

Пристальное изучение рек началось с развитием водного транспорта в конце 19 века - начале 20 века. Именно в это время были заложены основы теории русловых процессов в работах инженеров-путейцев В.М. Лохтина, Н.С. Лелявского, Л. Фаржа, Г. Жирданова, Н.Н. Жуковского, В.Е. Тимонова, В.М. Родевича и др., были подведены итоги фундаментальных исследований по гидрологии и геоморфологии рек, описаны закономерности происходящих на них процессов. Первая морфодинамическая классификация речных русел принадлежит К.И. Россинскому и И.А. Кузьмину, (1947) выделившим прямолинейные (соответствующий тип деформации- периодическое расширение), извилистые (развитие излучин, меандрирование) и разбросанные (блуждание) русла. Несколько позднее появляется классификация Н.И. Маккавеева, (1951) который выделял меандрирующие и немеандрирующие русла, а среди последних- прямолинейные и разветвленные на рукава, т.е. извилистость русла принималась им в качестве ведущего классификационного признака. Многие зарубежные морфодинамические классификации опираются в основном на принципы, которые были заложены еще К.И. Россинским и И.А. Кузьминым(1947,1958). К ним относятся классификации Leopold, Wolman, (1957); Richards, (1980); Schumm, (1977), но дополняются новыми признаками, к примеру, учёные уделяют большое внимание