

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Вятский государственный университет»

Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Материалы
XVI Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
3–5 декабря 2018 г.

Книга 1

Киров 2018

УДК 501.1(082)
Б 632

XVI Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием
«Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем»
проводится в рамках Программы развития
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

Ответственный редактор:

Т. Я. Ашихмина, д-р техн. наук, профессор, зав. НИЛ биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и Вятского государственного университета

Редакционная коллегия:

С. В. Дёгтева, д-р биол. наук, **С. Г. Литвинец**, доцент, к. с.-х. н., **Т. Я. Ашихмина**, профессор, д-р техн. наук, **Л. И. Домрачева**, профессор, д-р биол. наук, **Л. В. Кондакова**, профессор, д-р биол. наук, **И. Г. Широких**, с. н. с., д-р биол. наук, **Е. В. Дабах**, доцент, канд. биол. наук, **Е. А. Домнина**, доцент, канд. биол. наук, **Г. Я. Кантор**, канд. техн. наук, **Т. И. Кутявина**, канд. биол. наук, **С. В. Пестов**, канд. биол. наук, **С. Г. Скугорева**, канд. биол. наук, **А. И. Фокина**, канд. биол. наук, **С. В. Шабалкина**, канд. биол. наук, **Е. Г. Шушканова** доцент, канд. биол. наук.

Б 632 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. 323 с.

ISBN 978-5-98228-183-8

В сборник материалов XVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем» вошли материалы, которые посвящены изучению экологического состояния окружающей природной среды в регионах РФ. Особое внимание уделено методам оценки природных сред и объектов.

Значительное место в сборнике занимают материалы по устойчивости и адаптации растений, животных и микроорганизмов к действию неблагоприятных факторов среды. Представлены материалы по химии и экологии почв, а также освещены отдельные аспекты в области здоровья человека.

Сборник материалов конференции предназначен для научных работников, преподавателей, специалистов природоохранных служб и ведомств, аспирантов, студентов высших учебных заведений.

Благодарим руководство Филиала «КЧХК» АО «ОКХ «УРАЛХИМ» в г. Кирово-Чепецке за партнерство и сотрудничество.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

УДК 501.1(082)

ISBN 978-5-98228-183-8

© Вятский государственный университет
(ВятГУ), 2018

движением (ул. Солнечная) более 700 м, а по расположенной в 300 м ул. 8-я просека передвигаются только автомобили местных жителей.

Ранее в подобных экспериментах было показано, что во многих городских прудах вода токсична для дафний [3–6].

Одновременно по нашей просьбе сотрудником кафедры экологии, ботаники и охраны природы Самарского университета Е. С. Корчиковым был изучен фитопланктон в отобранных нами пробах воды. В пробах были обнаружены криптофитовые водоросли *Cryptomonas*, которые размножаются ранней весной во время таяния льда. Скорее всего, именно размножение этих водорослей в изучаемом пруду и придало воде розовый цвет.

Результаты наших исследований показывают, что химическое загрязнение пруда на ул. 8-я просека г. Самары незначительно, а окраска воды пруда появляется ранней весной вследствие естественных причин.

Литература

1. Строганов Н. С. Методика определения токсичности водной среды // Методики биологических исследований по водной токсикологии. М.: Наука, 1971. С. 14–60.
2. Гублер Е. В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов Л.: Медицина, 1978. 294 с.
3. Герасимов Ю. Л., Филиппов Н. А., Вдовин В. Г., Маслов С. К. Исследования качества воды в прудах г. Самара // Материалы XXXI итоговой науч.-практ. конф. военно-медицинского факультета СГМУ. Самара, 1998. С. 18–19.
4. Герасимов Ю. Л., Лекомцева Е. А. Воздействие воды из озера на пересечении улиц Воронежской и Стара-Загора на выживаемость и размножение *Daphnia magna* Straus // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование, наука, практика Материалы региональной 59-й науч.-техн. конф. Самара, 2002. С. 434.
5. Герасимов Ю. Л., Маслов С. К., Вдовин В. Г. Выживаемость и размножение *Daphnia magna* Straus в воде из озера на пересечении улиц Аминева и Ново-Садовой в г. Самаре // Сб. тез. и статей 25 итоговой науч.-практ. конф. науч.-пед. состава СВМИ. Самара, 2002. С. 139–140.
6. Герасимов Ю. Л. Качество воды загрязнённого городского пруда // Проблемы и перспективы изучения естественных и антропогенных экосистем Урала и прилегающих регионов: Сб. материалов Всерос. заочной науч. конф. г. Стерлитамак, 23–25 мая 2013 г. Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. С. 14–16.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДАФНИЙ

О. В. Никитин, Э. И. Насырова, В. Р. Нуриахметова, В. З. Латыпова
Казанский (Приволжский) федеральный университет, olnova@mail.ru

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 [1, 2], упуская из вида другие важные биологические переменные тест-объекта. Перечень реакций мож-

но существенно расширить, если использовать дополнительные сведения по тест-объекту, основанные на его функциональных показателях, в том числе и поведенческие реакции, способные оперативно обнаруживать сублетальные концентрации загрязняющих веществ [3–5]. Поведенческие реакции наиболее наглядно проявляются на организменном уровне, находящемся между биохимическим и экосистемным уровнями биомониторинга. Однако поведенческие изменения непосредственно основываются на биохимических процессах, отражают приспособленность отдельного организма, а также потенциальное воздействие на популяционном уровне. Поведенческие реакции выгодно отличаются от биохимических реакций с точки зрения чувствительности и эффективности, позволяя оперативно обнаруживать сублетальные концентрации загрязняющих веществ. В дополнение к их интегративной природе и экологической значимости, оценка поведенческих реакций относится к неразрушающим методам, что делает возможным осуществление непрерывного долгосрочного мониторинга [6].

Поведенческая водная токсикология – сравнительно молодая область исследований, не в последнюю очередь это связано со сложностями регистрации особенностей поведения тест-организмов. Со временем многие трудности были сняты и в настоящее время помимо визуальной регистрации, количественное описание поведенческих реакций осуществляют различными методами: оптическими, ультразвуковыми, электрическими, магнитными и др.

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 поведения тест-организмов и токсичности среды подобными методами, появились в конце 80-х – начале 90-х гг. XX в. (например, по речным ракам в 1988 г. [7], по дафниям в 1998 г. [8], по флагеллятам в 1999 г. [9]). В частности, в экспериментах с дафниями предполагалась экспозиция тест-объектов в токсичной среде (около суток) и сравнение полученных данных по скоростям движения с контрольными данными. 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. В настоящее время в качестве биоиндикаторов в таких системах преимущественно используют рыб, моллюсков и ракообразных. 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 10 шт.), контролируются такие параметры как: средняя скорость, расстояние между дафниями, их размер и некоторые другие. Регистрация ухудшения качества воды осуществляется довольно оперативно [10].

Неугасающий интерес к использованию технологий компьютерного зрения в экотоксикологии показывает перспективность данного метода для оценки токсичности, в том числе при построении систем раннего биологического предупреждения. Это также подтверждается ростом количества публикаций по данной тематике в базах данных Scopus, Web of Science.

На кафедре прикладной экологии Института экологии и природопользования КФУ разработан программно-аппаратный комплекс для обнаружения и регистрации поведенческих реакций дафний – «Анализатор токсичности «ТраскТох», реализующий алгоритмы компьютерного зрения (рис. 1): получение видео с тест-объектами, применение фильтров для устранения «шумов», конвертация цветовой модели, определение граничных значений для пороговой обработки видео, получение бинарного видеопотока, его покадровая обработка с целью нахождения контуров объектов и определения центров масс, расчет координат объектов, осуществление трекинга объектов и его визуализация на исходном видео. Для каждого тест-объекта определяются следующие параметры: скорость плавания, высота нахождения тест-объекта в камере, текущее и общее пройденное расстояние, размер тест-объекта и его ориентация в пространстве, сложность траектории движения (фрактальная размерность траектории).



Рис. 1. Алгоритм обработки видео с дафниями

Для экспериментов используется лабораторная монокультура *Daphnia magna*, выращиваемая в климатостате «В-4» по ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06. Общая схема эксперимента следующая: 1) три дафнии переносятся в прозрачный пластиковый контейнер с 25 мл культивационной воды; 2) контейнер переносится в анализатор токсичности; 3) производится измерение скорости

плавания дафний, т.н. «контроль» (X_c); 4) для изучения воздействия токсиканта, он помещается в контейнер в количестве, необходимом для достижения требуемой концентрации (возможен перенос дафний в другой контейнер с токсикантом); 5) в течение следующего временного интервала производится повторное измерение скорости плавания дафний, т.н. «опыт» (X_o); 6) в ходе эксперимента, данные визуализируются на экране; 7) в конце эксперимента данные по плавательной активности передаются в виде файла для статистического анализа и расчета индекса токсичности (рис. 2).

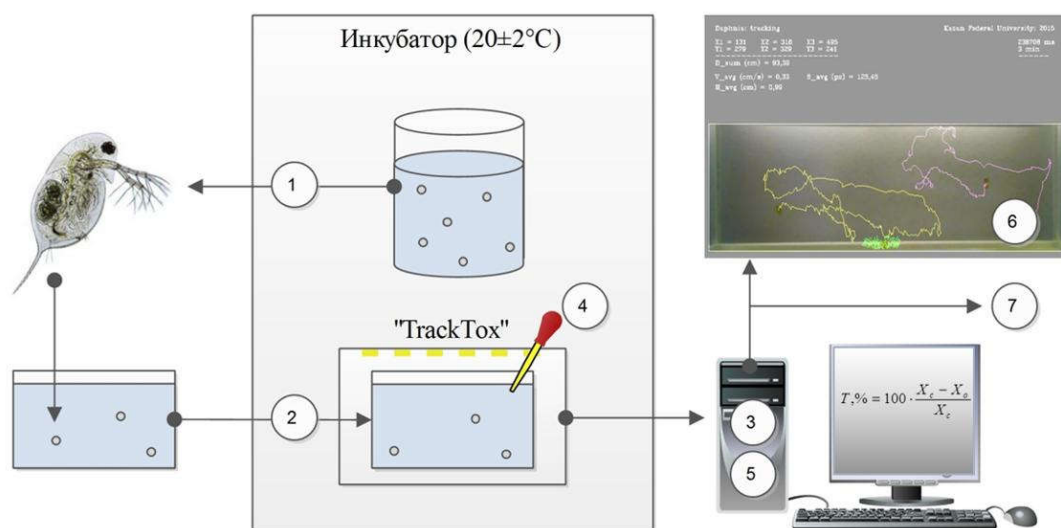


Рис. 2. Схема определения токсичности при помощи анализатора «TrackTox»

По представленной схеме с помощью анализатора токсичности были исследованы характеристики поведенческой активности *D. magna* в нормальных условиях и при добавлении различных токсикантов: бихромата калия [11, 12], сульфата цинка [12], пестицида эсфенвалерата [12–14], цианотоксина микроцистина [12, 13, 15, 16–18]. В случае добавления солей металлов отмечалось статистически значимое снижение, а в случае с пестицидом и цианотоксином увеличение скорости плавания дафний при краткосрочном времени экспозиции в 10–30 минут.

Помимо анализа токсичности водных растворов веществ, интерес представляет оценка токсичности других объектов окружающей среды при помощи технологии компьютерного зрения: отходов, осадков сточных вод, почв, донных отложений. В том числе и из-за методических трудностей, связанных с пробоподготовкой (изменением окраски и повышением мутности анализируемых образцов). В 2017 г. были проведены указанные исследования по оценке токсичности вытяжки донных отложений, искусственно загрязненных солями хрома ($K_2Cr_2O_7$). В качестве контроля выступала вытяжка из чистых донных отложений [19].

Таким образом, проведенные исследования показали возможность использования нового метода биотестирования основанного на компьютерном зрении, для оценки качества как водных растворов опасных веществ, так и загрязненных донных отложений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Казанского (Приволжского) федерального университета.

Литература

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. Blaise C., Fftrard J.-F. Small-scale freshwater toxicity investigations. Vol. 1. Toxicity test methods. Springer, 2005. P. 1–68.
3. Borcherdin J. Ten years of practical experience with the Dreissena-Monitor, a biological early warning system for continuous water quality monitoring // Hydrobiologia. 2006. Vol. 556. P. 417–426.
4. Олькова А. С., Фокина А. И. *Daphnia magna* Straus в биотестировании природных и техногенных сред // Успехи современной биологии. 2015. Т. 135. № 4. С. 380–389.
5. Олькова А. С., Санникова Е. А., Будина Д. В., Кутявина Т. И., Зимонина Н. М. Оценка токсичности природных и техногенных сред по двигательной активности *Daphnia magna* // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 3. С. 138.
6. Gerhardt A. Aquatic behavioral ecotoxicology – prospects and limitations // Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2007. Vol. 13 (3). P. 481–491.
7. Olivo R. F., Thompson M. C. Monitoring animals' movements using digitized video images // Behavior Research Methods, Instruments, & Computers. 1988. Vol. 20 (5). P. 485–490.
8. 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.
9. Tahedl H., Hader 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.
10. 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.
11. Курбангалеева К. Р., Амирянова Г. Ф., Никитин О. В. Использование поведенческих реакций *Daphnia magna* для оценки токсичности // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов. Т. I. Казань: Изд-во «Отечество», 2013. С. 99–102.
12. Nikitin O. Aqueous medium toxicity assessment by *Daphnia magna* swimming activity change // Advances in Environmental Biology. 2014. Vol. 8 (13). P. 74–78.
13. Сафина Д. А., Никитин О. В. Влияние супертоксикантов на плавательную активность *Daphnia magna* // Чистая вода. Казань: Сб. трудов VI Междунар. конгресса. Казань: ООО «Куранты», 2015. С. 162–166.
14. Nikitin O. V., Petrova V. M., Latypova V. Z. Bioassay of pyrethroid insecticide esfenvalerate using fractal analysis of *Daphnia magna* motion // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. Vol. 6(6). P. 1729–1736.
15. Nikitin O., Latypova V. Behavioral response of *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera) to low concentration of microcystin // 14th SGEM GeoConference on Ecology, Economics, Education And Legislation, SGEM2014 Conference Proceedings. Albena, Bulgaria. 17–26 June 2014. Vol. 2. Sofia: STEF92 Technology, 2014. P. 85–92.
16. Никитин О. В., Латыпова В. З. Определение токсичности водной среды по поведенческой активности *Daphnia magna* при помощи системы компьютерного зрения «Track-Tox» // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: Материалы V Всерос. конф. по водной экотоксикологии. Т. 2. Ярославль: Филигрань, 2014. С. 100–105.
17. Никитин О. В., Насырова Э. И., Сафина Д. А., Латыпова В. З. Обнаружение цианобактериальных токсинов в водных объектах при помощи биотестирования на ракооб-

разных: перспектива использования компьютерного зрения // Чистая вода. Казань: Сб. трудов VII Междунар. Конгресса. Казань: ООО «Новое знание», 2016. С. 134–138.

18. Никитин О. В., Насырова Э. И. Влияние микроцистинов на поведенческую активность дафний // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 6: Материалы междунар. конф. Тольятти: Анна, 2018. С. 230–232.

19. Nikitin O. V, Nasyrova E. I, Nuriakhmetova V. R. Toxicity assessment of polluted sediments using swimming behavior alteration test with *Daphnia magna* // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 107. Is.1. Art. No. 012068.

ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ПРИПЛОТИННОМ УЧАСТКЕ ОМУТНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Т. И. Кутявина¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2}, А. Ю. Поникаровская¹
¹ Вятский государственный университет, kutyavinati@gmail.com
² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com

Омутнинское водохранилище (пруд) – второй по размерам искусственный водоем в Кировской области, расположен в северо-восточной части региона. Пруд создан в 1773 г. для водоснабжения металлургического завода путем сооружения земляной плотины на реке Омутная, левом притоке реки Вятки. По ландшафтной приуроченности водохранилище является лесным, по генезису котловины – русловым долинным. Длина водоема 10 км, максимальная ширина – 2,3 км, средняя – 1,1 км. Максимальная глубина – 11 м, средняя глубина – 3,4 м, площадь зеркала – 9,5 км². В настоящее время водные ресурсы Омутнинского водохранилища используются для культурно-бытовых нужд жителей г. Омутнинска и производственного водоснабжения металлургического завода [1]. По гребню плотины проходит магистральная транспортно-пешеходная улица районного значения г. Омутнинска. В последние годы на водоеме особо ярко стала проявляться проблема эвтрофикации и, в частности, «цветения» воды. [2] В связи с этим, с 2011 года лабораторией биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГУ проводится комплексный анализ экологического состояния Омутнинского пруда [3]. В 2017 году, с целью очистки дна водохранилища, АО «Омутнинский металлургический завод» провёл работы по углублению дна в приплотинном участке пруда.

Цель работы – сравнить качество воды в приплотинном участке Омутнинского водохранилища до и после проведения дноуглубительных работ.

Пробы воды отбирались в осенний сезон 2016 и 2018 гг. Физико-химический анализ проб проводили по аттестованным методикам измерений в аккредитованной научно-исследовательской экоаналитической лаборатории ВятГУ. Для определения содержания минеральных форм азота и фосфора, химического потребления кислорода (ХПК) использовали фотометрический метод анализа, перманганатной окисляемости – титриметрический, биохимического потребления кислорода (БПК₅) – амперометрический, удельной элект-