

УДК 574.5

## СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ БИОДИАГНОСТИКИ ВОДОЕМОВ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

© 2014 Д.Н. Перегудов, А.В. Васильев

Самарский государственный технический университет

Поступила в редакцию 29.09.2014

Проведено исследование состояния проблемы биодиагностики в современной экологической науке. Проведена систематизация источников по индикационным параметрам. На основе полученных данных сделаны выводы о состоянии изученности проблемы.

*Ключевые слова:* биодиагностика, физиология, морфология, токсиканты

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Проблема защиты окружающей среды от негативных аспектов существования человечества в наше время стоит весьма остро. И для успешного осуществления природоохранной деятельности необходимы эффективные методы экологической диагностики.

Биологические объекты являются идеальными системами, состояние которых адекватно отражает состояние окружающей среды.

Под биологическими объектами понимаются любые биологические системы на различных уровнях организации живой материи (молекулы органических веществ, клетки, ткани, органы, организмы, популяции, виды, группировки, сообщества организмов).

При этом в целях биодиагностики используются генетические, биохимические и физиологические признаки. Это могут быть нарушения хромосом, биомембран, органелл, метаболизма, активности ферментов и гормонов. Кроме того, это различные морфологические, анатомические, биоритмические и поведенческие отклонения.

Важным критерием при отборе как организмов-индикаторов, так и их диагностических признаков является специфичность. Изменения в окружающей среде вызывают отклик в виде изменений определенного параметра этих организмов.

На этом основаны методы биоиндикации и биотестирования, широко применяющиеся в деятельности по управлению природопользованием – экологической экспертизе, ОВОС и т.д. Реакции на токсиканты таких организмов как гуппи (*Roecilia reticulata*) прекрасно изучены и

активно применяются в биодиагностике. Вместе с тем, индикационный потенциал многих других видов (и их параметров) известен недостаточно.

Еще не был выявлен индикатор, выявляющий присутствие определенных загрязнителей в водоемах с должной точностью.

Таким образом, задача поиска эффективной системы индикации экологического состояния окружающей среды все еще остро стоит перед наукой и практикой.

### 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Был проведен анализ различных источников в области биодиагностики водоемов. Ниже приведены представляющие наибольший интерес в контексте биодиагностики научные работы. Они сгруппированы по индикационным параметрам, принимавшимся во внимание авторами.

#### Морфологические параметры

Наблюдения за рачками рода *Artemia* в озере Медвежье, проведенные Е.Г. Бойко.

*Artemia* относятся к отряду жаброногов (*Anostraca*).

Такие ракообразные, как *Artemia salina* могут жить в водоемах с разной соленостью – от достигающих 300‰ до почти пресных. В зависимости от солености местообитания, варьирует форма их тела.

Исследования *A. salina*, проведенные авторами в 2008 г., показали корреляцию между морфометрическими признаками жаброногов и минерализацией озера Медвежьего (варьировавшей в течение года).

Этими признаками была длина фурки и вооруженность ее щетинками, длина тела, длина и ширина абдомена, расстояние между глазами, отношение длины тела к длине абдомена.

Эти морфометрические отличия могут быть использованы для биодиагностики (уровня ми-

*Перегудов Дмитрий Николаевич, аспирант кафедры экологии, природопользования и биотехнологии Тольяттинского государственного университета.*

*E-mail: ecology@samgtu.ru*

*Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой “Химическая технология и промышленная экология”. E-mail: ecology@samgtu.ru*

нерализации воды, в данном случае) [3].

Таким образом, *A. salina* реагируют на состояние окружающей их среды изменением своей морфологии. Подобные реакции есть и у ветвистых ракообразных (*Cladocera*). Например, явление цикломорфоза - сезонной морфометрической изменчивости.

Он представляет собой смену отличающихся друг от друга последовательных поколений в связи с сезонными различиями условий (температуры и плотности воды, присутствия хищников, токсикантов и др.).

Отличия связаны с изменением формы тела (появлением шлемообразного выступа на голове) и его длины.

Такие модификации дафний именуется сезонными морфами, и иногда ошибочно принимаются за новые виды.

В статье С.И. Питулько и В.М. Корзуна показана связь проявления морфологических изменений у *Daphnia galeata* и *D. hyaline* и плотность популяции *Leptodora kindtii* - хищной кладоцеры. Морфы, обладающие шлемообразной головой и более длинной задней иглой, менее доступны для хищника [8].

Это явление характерно не только для кладоцер, но и для других зоопланктеров - коловраток (*Rotatoria*).

Вариации морфометрических параметров *Daphnia* в водоемах с присутствием/отсутствием хищников были рассмотрены в статье D.L. Fisk и других. Методами отбора и сравнения проб, а также экспериментальных исследований авторами была установлена корреляция [14].

Биоиндикационные свойства *Daphnia magna* в водоемах, загрязненных отходами скотобоев были изучены L.S.S. Vargas и другими авторами. Результаты их исследований показали увеличение смертности ракообразных в водах с птицефабрик и свиноферм Сан-Паулу, Бразилия [13].

Морфометрические параметры различных биоиндикаторов в Куйбышевском и Саратовском водохранилищах рассмотрены в работах [23, 26-28].

### Физиологические параметры

Интерес представляют исследования К.В. Кулагиной. Была выявлена зависимость частоты сокращений сердца у *Daphnia magna* от концентрации пестицидов [6].

В статье Е.И. Сарапульцевой и коллектива авторов рассматриваются эффекты радиационного у-облучения тех же *D. magna*. Анализировалась летальность, фертильность и частота сердцебиения [9].

Изменения параметра частоты сердцебиения кладоцер использовалось также в исследовани-

ях А.Д. Усанова. В его статье рассматривалось воздействие магнитных полей низкой интенсивности - существенного фактора в антропогенно видоизмененных экосистемах.

В работе А.Д. Усанова частота сердечных сокращений фиксировалась с помощью видеокамеры, подключенной к микроскопу. Данные вводились в ЭВМ и сопоставлялись в программе *heartbeating.exe*. Программа осуществляла перебор кадров видеоизображений и считывала частоту полных периодов сокращений [12].

### Выживаемость

В работе А.А. Александровой отмечено, что выживаемость дафний в культуре зависит не от времени года, а от качества воды. Плодовитость же имеет сезонные вариации [1].

### Экологические параметры

Статья Е.И. Беккер рассматривает вариации структуры зоопланктонных сообществ старичных водоемов г. Пензы.

Проведенные с мая по сентябрь 2005 г. исследования показали зависимость видового состава и других показателей зоопланктоценозов от гидрографических характеристик водоемов - температурного режима, проточности, степени зарастания и т.д. [2].

В этой связи интерес представляет и исследование зоопланктона и других гидробионтов малых рек Пензенской области, представленное в статье Т.Г. Стойко и коллектива авторов. Видовой состав рек Ардым, Елань и Пенза насчитывает, помимо прочего, 40 видов зоопланктеров. Также был проведен анализ условий среды этих водоемов [10].

В статье Ю.Л. Герасимова и Н.Г. Тарасовой рассмотрено сообщество беспозвоночных пруда, обладающего (несмотря на такие особенности, как бетонированное ложе и слабое развитие макрофитов) немалым видовым разнообразием (не менее 59 видов коловраток и ракообразных) [4].

Исследования трофической структуры зоопланктоценозов также не были обойдены вниманием. В работе О.Н. Кононовой, например, представлены результаты изучения планктеров пойменных озер бассейна среднего течения р. Вычегда [5].

В частности, среди зоопланктонных организмов были выделены фильтраторы, факультативные и облигатные хищники.

Влияние позвоночных и беспозвоночных хищников на особенности популяций и отдельных особей кладоцер рода *Daphnia* исследовалось М. Манса и коллективом авторов.

Согласно полученным ими данным, хищная ихтиофауна оказывает эффекты в виде снижения плодовитости, пропорцию взрослых особей в популяции, а также средние размеры. С другой стороны, беспозвоночные хищники способствуют снижению пропорции ювенильных особей [17].

Само по себе это является прекрасным образцом воздействия факторов среды (биотических, в данном случае) на различные параметры планктонов – в том числе и морфометрические.

Воздействие на *Daphnia* продуктов неконтролируемого размножения цианобактерий на примере Балтийского моря изучалось М. Lotocka. Итоги исследований показали подавление способности кладоцер к питанию. Был использован параметр заполненности кишечника, выявляемый с помощью оптического микроскопа [16].

В статье Р.А. Тарасовой и др. представлена блок-схема влияния различных факторов среды на популяцию *Calanipeda Aquae-Dulcis*. Она позволила анализировать комплексное воздействие разнообразных абиотических факторов среды на биосистему [11].

Кроме того, в статьях Ф.М. Шакировой с коллективом авторов и Е.М. Куриной [7] была рассмотрена актуальнейшая для современных водоемов (в том числе реки Волги) проблема биоинвазий – внесение в экосистемы чуждых для них видов.

За период 2006-2009 гг. в Саратовском водохранилище, к примеру, было зафиксировано около 25 видов-вселенцев. Преимущественно, это эврифаги, мало зависящие от кормовой базы. Пришельцы вытесняют автохтонные виды, нарушая функционирование биоценозов и подрывая видовое разнообразие.

В статье [15] описывается обнаружение прежде характерной только для экосистем Старого Света кладоцеры *Daphnia lumholtzi* в пресных водоемах Северной Америки. Последствия этой инвазии для экосистем могут быть самыми негативными.

В работах [18-20, 22, 24-28] описываются подходы к экологическому мониторингу (в том числе водных экосистем) и к использованию программного обеспечения для задач экологического мониторинга.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рассмотренных в данной статье работах были представлены разнообразные параметры – морфологические, физиологические, экологические и пр. Чаще всего во внимание принималось состояние планктонных биоценозов и популяций отдельных видов-индикаторов. Не было отмечено, к примеру, попыток систематически изучить значение морфологических параметров

зоопланктонов для диагностики степени антропогенной нагрузки на пресноводные экосистемы.

Можно сделать вывод, что изучение организмов-индикаторов антропогенного воздействия на водоемы в настоящий момент нельзя назвать достаточно полным. Необходима дальнейшая работа в этом направлении – поиск новых видов-индикаторов и их индикационных параметров.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александрова В.В.* Сезонные изменения фактической выживаемости и плодовитости *Daphnia magna* в лабораторной культуре // Вестник Нижневолговского государственного гуманитарного университета № 4, 2009.
2. *Беккер Е.И.* Видовой состав и структура зоопланктонного сообщества старичных водоемов г. Пензы // Известия ПГПУ № 3 (7), 2007.
3. *Бойко Е.Г.* Динамика изменения морфометрических параметров рачков рода *Artemia* озера Медвежье Курганской области // Аграрный вестник Урала № 1, 2011.
4. *Герасимов Ю.Л., Тарасова Н.Г.* Ракообразные, коловратки и фитопланктон пруда в парке им. Ю. Гагарина г. Самары // ИЭВБ РАН, Сам. ГУ, Известия ПГПУ, Естественные науки № 25, 2011.
5. *Коновалова О.Н.* Трофическая структура зоопланктона малых пойменных озер р. Вычегда // Известия Коми Научного Центра Уро РАН № 3, 2010.
6. *Кулагина К.В.* Исследование зависимости сердечных сокращений *Daphnia magna* от концентрации пестицидов // Фундаментальные исследования № 3, 2011.
7. *Курина Е.М.* Оценка распределения видов-вселенцев в Саратовском водохранилище в 2006-2009 гг.
8. *Питикулько С.И., Корзун В.М.* Цикломорфоз у двух видов байкальских дафний // Известия Иркутского государственного университета, серия "Биология. Экология" Т.2 № 1, 2009.
9. *Сарапульцева Е.И., Малина Ю.Ю., Сарапульцева Б.И.* Линейно-пороговые эффекты у-облучения *Daphnia magna* в диапазоне малых доз // Радиация и риск. Т. 16 № 2-4, 2007.
10. *Стойко Т.Г., Пашикова Г.Ф., Ильин И.В., Мазей Ю.А.* Гидробионты малых рек в окрестностях города Пензы // Известия ПГПУ, Естественные науки № 29, 2012.
11. *Тарасова Р.А., Шитилин С.В., Тарасова Л.И.* Влияние абиотических факторов среды на популяцию *Calanipeda Aquae-Dulcis* // Вестник Астраханского государственного технического университета № 3, 2007.
12. *Усанов А.Д.* Изменение параметров жизнедеятельности биообъектов под воздействием переменных и постоянных магнитных полей низкой интенсивности // Bulletin of Medical Internet Conferences, Volume 2 Issue 6, 2012.
13. *Barros L.S.S., Amaral L.A., Lorenzon C.S.* *Daphnia magna* - bio-indicator of pollution from poultry and pig abattoir effluents // Revista Brasileira de Saude e Produzao Animal Vol 8 Iss 3, 2007.
14. *Fisk D.L., Latta L.C., Rnapp R.A., Pfender M.E.* Rapid evolution in response to introduced predators I: rates and patterns of morphological and life-history trait divergence. BMC Evolutionary Biology, 2007.
15. *Kotov A.A., Taylor D.J.* *Daphnia lumholtzi* Sars, 1885 (Cladocera: Daphniidae) invades Argentina // Journal of Limnology, 2014.

16. *Lotocka M.* Toxic effect of cyanobacterial blooms on the grazing activity of *Daphnia magna* Straus. Institute of Oceanology; Polish Academy of Sciences, 2001.
17. *Manca M., Vijyerberg J., Polishchuk L.V., Voronov D.A.* *Daphnia* body size and population dynamics under predation by invertebrate and fish predators in Lago Maggiore: an approach based on contribution analysis // *The Journal of Limnology*, 2011.
18. *Васильев А.В.* Комплексный экологический мониторинг как фактор обеспечения экологической безопасности // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. № 2. С. 23.
19. *Васильев А.В.* Обеспечение экологической безопасности в условиях городского округа Тольятти: учебное пособие. Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2012. - 201 с., ил.
20. *Васильев А.В.* Физические факторы среды обитания. Учебное пособие по курсу "Общая экология". Тольятти, 2002. 60 с.
21. *Васильев А.В., Гусарова Д.В.* Биотестирование степени токсичности смазочно-охлаждающих жидкостей и анализ основных методов снижения их негативного воздействия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3-1. С. 542-545.
22. *Васильев А.В., Заболотских В.В., Терещенко И.О., Терещенко Ю.П.* Информационно-аналитическая система оценки рисков здоровью населения в условиях урбанизированных территорий // Экология и промышленность России. 2013. № 12. С. 29-31.
23. *Васильев А.В., Заболотских В.В., Терещенко Ю.П., Васильев В.А.* Общие подходы к биоиндексационной оценке водных экосистем по степени токсичности. В сборнике: ELPIT-2013 // Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сборник трудов IV Международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции). Научный редактор: А.В. Васильев. 2013. Т. 4. С. 55-61.
24. *Васильев А.В., Заболотских В.В., Терещенко Ю.П., Терещенко И.О.* Комплексная информационная система "Основные токсиканты окружающей среды и здоровье человека" // В сборнике: ELPIT-2013. Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сборник трудов IV Международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции). Научный редактор: А.В. Васильев. 2013. Т. 4. С. 62-65.
25. *Заболотских В.В., Васильев А.В., Терещенко Ю.П.* Комплексный мониторинг антропогенного загрязнения в системе обеспечения экологической безопасности города // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2012. № 2. С. 58-62.
26. *Заболотских В.В., Васильев А.В.* Мониторинг токсического воздействия на окружающую среду с использованием методов биоиндикации и биотестирования: монография. Самара, 2012.
27. *Vasilyev A.V., Khamidullova L.R., Podurueva V.V., Soloviyov S.G.* Investigation of toxicity of waste water of "AVTOVAZ" company by using biological testing methods // *Safety of Technogenic Environment*. 2012. № 2. С. 72-75.
28. *Vasilyev A.V., Gusarova D.V.* Analysis of lubricating cooling liquids negative influence to the human's health and the ways of it reduction // *Safety of Technogenic Environment*. 2013. № 4. С. 37-41.

## STATE OF THE PROBLEM OF BIOLOGICAL DIAGNOSTICS OF WATER RESERVOIRS: THEORETICAL ANALYSIS

© 2014 D.N. Peregudov, A.V. Vasilyev

Samara State Technical University

Investigation of state of the problem of biological diagnostics in modern ecological science have been carried out. Systematization of sources according to indication parameters have been provided. On the basis of data of analysis conclusions about the state of study of the problem of biological diagnostics of water reservoirs have been carried out.

*Key words:* biological diagnostics, physiology, morphology, toxins

---

*Dmitry Peregudov – Postgraduate Student at the Department of Chemical Technology and Industrial Ecology.*

*E-mail: ecology@samgtu.ru*

*Andrey Vasilyev, Doctor of Technical Science, Professor, Head at the of Chemical Technology and Industrial Ecology Department. E-mail: ecology@samgtu.ru*