

О. А. Белых
М. А. Галемина
А. В. Мокрый

БИОМОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДЫ

Дан краткий обзор методов, применяемых для тестирования токсичности загрязнителей водоемов. Показано, что тест-объектами могут служить сообщества, популяции, организмы, органы, клетки и ферментные системы различных тест-организмов.

Ключевые слова: биомодели; токсичность; загрязнители; тест-объекты.

BIOMODELS FOR THE EVALUATION OF TECHNOGENOUS WATER POLLUTANTS

The article gives a brief review of a number of methods that are used for the toxicity testing of waterbody pollutants. It was shown that communities, populations, organisms, organs, cells and enzyme systems of various test pollutants can serve as the test-objects.

Keywords: biomodel; toxicity; pollutants; test-objects.

На фоне разразившегося глобального энергетического кризиса и обращения ООН к проблеме охраны окружающей среды большую роль в экологизации международных отношений сыграла Стокгольмская конференция ООН по охране окружающей среды. Параллельно с постановкой экологических проблем Стокгольмская конференция сориентировала мировое сообщество на поиски путей их предотвращения и блокирования. В этом процессе помимо экологов постоянное участие принимают экономисты, политические лидеры, а также представители отраслей промышленности, чья деятельность наносит ощутимый ущерб природной среде и ресурсам. Государства были вынуждены признать тщетность одностороннего решения экологических проблем. Меры локального и регионального характера – это лишь частичные решения в силу трансграничных последствий практически любого экологического ущерба. Технический прогресс способен только отсрочить, наступление глобальной экологической катастрофы и замаскировать ответственность нашего поколения перед потомками за необратимый ущерб природной среде. У мирового сообщества нет иной альтернативы, кроме необходимости сокращения антропогенной нагрузки на биосферу планеты и перехода к стратегии самоконтроля и самоограничения в вопросах экономического и демографического роста.

На качество жизни человека напрямую влияет состояние окружающей среды и в первую очередь «воды». Развитие промышленного производства с неизбежностью приводит к поступлению в природную среду огромного количества химических загрязнителей [6]. От умения своевременно выявлять их негативное действие на живые организмы, определять спектр индуцированных ими повреждений, устанавливать степень активности и прогнозировать отдаленные, в том числе генетические последствия действия, зависит решение ряда санитарно-гигиенических вопросов, связанных с применением тех или иных технологических решений, обеспечивающих оздоровление природной среды и населения [3]. Вместе с тем оценивать уровень биологической опасности загрязнителей для живых организмов, включая и человека, можно на основе экспериментальных исследований с применением точных и надежных методов. Однако в настоящее время не существует универсальной тест-системы и обще-

принятых критериев для оценки генотоксической активности промышленных загрязнителей, циркулирующих в природной среде [2].

Важнейшая биологическая и хозяйственная проблема современности – проблема «чистой воды», возникшая в индустриальном обществе в связи с нарастающими темпами водопотребления и стремительным ростом загрязнения внутренних водоемов. Остановить развитие технического прогресса невозможно, поэтому человеку необходимо изменить отношение к природной среде, учитывая ограниченность ее способности к самоочищению. В перспективе – это разработка замкнутых безотходных технологий, а ближайшая непосредственная задача – интенсификация имеющихся и разработка новых путей борьбы с антропогенным загрязнением водных систем.

К числу загрязняющих факторов относятся сточные воды сельскохозяйственного и промышленного производства, коммунально-бытовые стоки различного происхождения, нефть и нефтепродукты, ионы металлов, радиоактивное загрязнение и др. Многие металлы чрезвычайно токсичны для позвоночных уже в малых дозах (Hg, Pb, Cd, Tl), другие вызывают токсические эффекты в больших дозах, хотя и являются необходимыми микроэлементами для жизнедеятельности (Cu, Zn) [1]. Зарегистрировано накопление ионов тяжелых металлов в тканях различных организмов [4; 8; 11]. Проблема радиоактивного загрязнения биосферы возникла из-за того, что человеческая деятельность привнесла в окружающую среду новые источники радиации. Радиоактивность влияет на интенсивность размножения организмов и индуцирует хромосомные нарушения. Как правило, на формирование качества воды в водоеме влияет не один загрязняющий фактор, а их комплекс. Это не только усугубляет воздействие на биоту водоема, но и усложняет работу по выявлению основных загрязнителей водоема и оценке их воздействия на гидробионтов.

Чтобы как-то сдержать прогрессирующее загрязнение водоемов и обеспечить комплексное использование водных ресурсов, была сформулирована генеральная концепция охраны водоемов от загрязнений, в соответствии с которой вводилось государственное регулирование спуска сточных вод и нормирование в них загрязнений путем установления предельно допустимых концентраций (ПДК). Нормативы допустимых выбросов веществ устанавливаются для стационарных и иных источников воздействия. При этом решение исходит из нормативов допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду, а также нормативов ее качества на основе использования наилучших существующих технологий производства и в соответствии с требованиями федеральных законов и нормативной документации.

Вопрос о допустимых уровнях загрязнения водоемов приобретает все большую остроту, так как количество загрязняющих водоемы веществ увеличивается, а очистка стоков дорога и сложна. Идея о том, что сбрасывать в водоемы можно все и без ограничения, поскольку с помощью гидробионтов вода перерабатывает это, давно себя скомпрометировала [7].

Каждое соединение, находящееся в воде – среде обитания гидробионтов, рано или поздно попадает в водные организмы, включается в метаболические процессы и в той или иной степени оказывает влияние на течение биохимиче-

ских процессов. Это проявляется не только в жизнеспособности данной особи, но может иметь и отдаленные последствия – влиять на следующие поколения. В связи с этим контроль за техногенными загрязнителями необходим не только со стороны токсикологов, требуется также научное прогнозирование отдаленных последствий их действия. В настоящее время следует учитывать, что ряд водоемов, имеющих практическое значение, включены в перечень охраняемых как Всемирное наследие, а также в государственный кадастр особо охраняемых природных территорий. Наиболее высокие требования предъявляются к воде для питьевых целей и рыбного хозяйства.

Модели, используемые для оценки качества водных объектов.

Разнообразие используемых тест-объектов не так велико. Это связано с требованиями, предъявляемыми к такого рода исследованиям:

- доступность объекта и легкость его культивирования,
- простота постановки эксперимента,
- легкость выявления, учета и оценки эффектов,
- дешевизна эксперимента.

Предпочтение отдается типичным гидробионтам, биология которых изучена, а культивирование в лабораторных условиях не представляет особых трудностей.

Большинство методов нацелено на изучение тех показателей, которые определяют благополучие популяции, особи и вида: выживаемости и плодовитости. Другие критерии необходимы для понимания механизма действия токсиканта. Существуют методы определения токсичности на бактериях [10]. Разработаны методики биотестирования на инфузориях (*P. caudatum*), светящихся бактериях (*Photobacterum phosforeum*) и коловратках.

Учитывались их численность и общая биомасса. С использованием *P. caudatum* исследовали токсические свойства адамантов, которые индуцировали изменение движения тест-организма. Показателем токсичности среды служило изменение фагоцитарной активности инфузорий. Разработана автоматизированная система оценки токсичности с применением другого простейшего организма – *Euglena gracilis*. Показателями токсичности служили изменения формы его тела и скорости движения [12]. Достаточно часто используются в экспериментах представители моллюсков. Жизнеспособность личинок донных беспозвоночных служила показателем загрязнения оз. Байкал. Использование различных видов дафний в токсикологических опытах по выявлению фтористых соединений, фенолов, гербицидов, ионов и солей металлов, многих других загрязнителей водоемов давно известно.

Из позвоночных животных – различные виды рыб являются объектами токсикологических экспериментов. Показателями токсичности служат не только гибель рыб, но и различные гистологические, физиологические и биохимические показатели [9; 13], а также уменьшение видового разнообразия ихтиофауны и замена одних видов на другие.

Растения – важный компонент экосистем, поэтому они часто оказываются тест-организмами в экспериментах. Водоросли используются как индикаторные организмы качества воды в водоеме, а также в модельных экспериментах по

изучению токсичности различных химических веществ [13]. Литовские исследователи применяли в качестве растительных тест-организмов высшие растения: *Spirodela polyrhiza*, *Lepidium sativum* и клон 02 *Tradescantia*. В этих экспериментах изучалось токсичное действие сточных вод различных промышленных предприятий. Влияние компонентов сточных вод изучалось на *Raphanus sativus* по динамике прорастания семян. Учитывая различную толерантность организмов к токсикантам, в последнее время используют мезо- и микрокосмы с многовидовыми сообществами, моделирующими природные экосистемы. Некоторые эксперименты, связанные с изучением влияния химических соединений на организмы, проводятся *in vitro*. Так, исследовали особенности взаимодействия комплемента с эндотоксинами и иммунными комплексами. В качестве биомаркера загрязнения среды служила активность Р450 в клетках диких животных, обитающих на загрязненных территориях. Токсическое действие соединений исследовали также на выделенные белки.

Список использованной литературы

1. Давыдова С. Л. О токсичности ионов металлов / С. Л. Давыдова. – М. : Знание, 1991. – 205 с.
2. Дурнев А. Д. Мутагены (скрининг и фармакологическая профилактика воздействий) / А. Д. Дурнев, С. Б. Середенин. – М. : Медицина, 1998. – 328 с.
3. Карелин А. О. Проблемы методологии оценки окружающей среды и пути их решения / А. О. Карелин // Гигиена и санитария. – 2006. – № 1. – С. 25–27.
4. Малева М. Г. Реакция гидрофитов на загрязнение среды тяжелыми металлами / М. Г. Малева, Г. Ф. Некрасова, В. С. Безель // Экология. – 2004. – № 4. – С. 266–272.
5. Мокрый А. В. Динамики эксергии в районе г. Байкальска [Электронный ресурс] / А. В. Мокрый, Е. А. Зилов, Фу-Лью Шу // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). – 2010. – № 4. – Режим доступа : <http://eizvestia.isea.ru/reader/article.aspx?id=11966>.
6. Онищенко Г. Г. Санитарно-эпидемиологическая обстановка в Байкальском регионе и ее влияние на состояние здоровья населения / Г. Г. Онищенко // Гигиена и санитария. – 2005. – № 1. – С. 3–6.
7. Остроумов С. А. О полифункциональной роли биоты в самоочищении водных экосистем / С. А. Остроумов // Экология. – 2005. – № 6. – С. 452–459.
8. Силкина Н. И. Влияние сублетальных концентраций ионов кадмия на некоторые показатели липидного обмена рыб / Н. И. Силкина, В. Р. Микряков // Токсикологический вестн. – 2006. – № 1. – С. 20–23.
9. Histopathological biomarkers / D. E. Hinton, P. C. Baumann, G. R. Gardner et al. // Biomarkers, Biochemical, physiological, and histological markers of anthropogenic stress. – Michigan : Lewis Publishers, 1992. – P. 155–209.
10. ISO 10812 Water quality – *Pseudomonas putida* growth inhibition test (*Pseudomonas* cell multiplication inhibition test). – 1995. – 9 p.

11. Radionuclide (^{137}Cs and ^{40}K) concentrations in the muscle of Baikal seal (*Pusa sibirica*) from Lake Baikal / M. Udaka, T. Ikemoto, H. Zenke et al. // Marine Pollution Bulletin. – 2009. – № 58. – С. 290–311.

12. Tahedl Harald Alfred. Friedrich – Alexander Entwicklung eines vollautomatischen Analysesystems für ökotoxikologische Untersuchungen : Diss. Dokt. Naturwiss / Harald Alfred Tahedl. – Nürnberg, Erlangen, 2000. – 121 p.

13. Zhang Y. S. Induction and characterization of hepatic metallothionein expression from cadmium – induced channel catfish (*Xtalurus punctatus*) / Y. S Zhang, D. Schlenk // Environmental Toxicology and Chemistry. – 1995. – Vol. 14, № 8. – P. 1425–1431.

Информация об авторах

Галемина Марина Анатольевна – аспирант, Иркутская государственная сельскохозяйственная академия, 664043, г. Иркутск, пос. Молодежный, e-mail: goldennerpa@yandex.ru.

Белых Ольга Александровна – доктор биологических наук, профессор, кафедры «Налого и таможенное дело», Байкальский государственный университет экономики и права, 664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 11, e-mail belykh-oa@isea.ru.

Мокрый Андрей Викторович – кандидат биологических наук, доцент, кафедры общей биологии и экологии, Иркутская сельскохозяйственная академия, 664043, г. Иркутск, пос. Молодежный, e-mail: mokry@list.ru.

Authors

Galemina Marina Anatol'evna – Graduate of the Irkutsk State Agricultural Academy, Irkutsk, pos. Molodeznyi, 664043, e-mail: goldennerpa@yandex.ru.

Belykh Olga Aleksandrovna – D in Biology, Professor Department of tax and customs affairs, Baikal State University of Economics and Law, 11, Lenin str., Irkutsk, 664003, e-mail: belykh-oa@isea.ru.

Mokryi Andrey Viktorovich – PhD in Biology, Associate Professor, Department of General Biology and Ecology of the Irkutsk State Agricultural Academy, Irkutsk, pos. Molodeznyi, 664043, e-mail : mokry@list.ru.