

## Некоторые научно-организационные проблемы «Global Indicator Networks»

© 2009. В.А. Терехова, д.б.н., зав. лабораторией,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
e-mail: vtterekhova@gmail.com

В связи с проблемой создания «глобальных индикаторных сетей» («global indicator networks») обсуждается проблема адекватности и сопряжённости методов биотестирования объектов окружающей среды, рекомендованных нормативами разных ведомств РФ (Минприроды, Минсельхоза, Минздрава). Для выработки общих принципов постановки биотестов предлагается использовать междисциплинарные методические семинары, стажировки и образовательные программы университетов.

The problem of adequateness and coordination of bioassays methods in environmental ecological evaluation in different parts of the Russian Federation is discussed in connection with the «global indicator networks» (the methods are recommended by the Ministry of Natural Resources, Ministry of Agriculture and Ministry of Health). Interdisciplinary methodological seminars, trainings and university education programs are proposed for working out common bioassay's principles.

Ключевые слова: окружающая среда, биоиндикация, образовательные программы, междисциплинарные семинары

На современном этапе в связи с масштабными биоэкологическими и социально-техническими изменениями на Земле (климатические колебания, инвазии видов, транспортные потоки, электромагнитные излучения и пр.) чрезвычайно актуальными становятся вопросы выявления адекватных методов контроля окружающей среды, как универсальных для всех стран, так и специфических для разных регионов и видов воздействий.

Эти вопросы тесно связаны с проблемой создания «глобальных индикаторных сетей» («global indicator networks»), которая явилась основной темой обсуждения на прошедшей 18 – 22 мая 2009 г. 17-й Международной конференции по биоиндикации окружающей среды (The 17th International Conference on Environmental Bioindicators). Этот ежегодный форум, в организации которого участвовали ученые МГУ им. М.В. Ломоносова, впервые проводился в этом году в Москве. На конференции по итогам обсуждения докладов под эгидой Международного общества биоиндикаторов окружающей среды (the International Society of Environmental Bioindicators – ISEBI) создана рабочая группа специалистов, целью работы которой будет классификация (ранжирование) методов биологической оценки изменений окружающей среды и существующих сетей биомониторинга, координация их работы, анализ приемлемости методов биоиндикации качества среды одновременно для здоровья человека и природных экосистем и другие проблемы.

Проблема выбора адекватных методов биологического контроля, приемлемых для оценки безопасности окружающей среды, как для здоровья населения, так и других живых компонентов в природных экосистемах, по ряду дополнительных специфических для нашей страны причин очень актуальна и для Российской Федерации.

Необходимость совершенствования системы нормирования вредных воздействий с опорой на оценку не физических и химических факторов, в т. ч. содержания загрязняющих веществ, а на их последствия для биоты, ни у кого не вызывает сомнения. В методологическом плане эта работа обоснована господствующей сейчас в теоретической экологии концепцией «биотического контроля природной среды» [1].

Именно биотические показатели могут дать информацию о возможных структурно-функциональных изменениях в компонентах экосистемы, включая человека, о состоянии организмов и степени приемлемости воздействий для сохранения разнообразия форм жизни и их сбалансированного развития. Аналитический же контроль загрязнения, проводимый химическими методами, показывает наличие лишь «маркеров» – определённых концентраций загрязнителей, которые могут иметь неодинаковые последствия в разных регионах с разнообразными условиями среды обитания и разным составом обитающих видов живых организмов.

Интерес к биологическим методам экологической оценки качества окружающей среды

после некоторого спада на рубеже 70-80-х годов прошлого столетия заметно возрос. Заметно увеличилось и количество изданий книг, справочных пособий и монографий, с описанием возможных методов оценки природных сред по биотическим показателям: «Методы биотестирования качества водной среды», 1989 [2], «Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы» [3], «Биоиндикация экологического состояния равнинных рек» [4], «Биологический контроль окружающей среды...» [5] и другие. При этом, как во всякой развивающейся отрасли знаний, заметна некоторая терминологическая неопределённость в этой области и даже подмена понятий – биоиндикация, биотестирование, биодиагностика. Тогда как, на наш взгляд, в системе биологической оценки (биодиагностике) целесообразно условно выделять два способа сбора информации о реакции живых организмов на воздействие – *биоиндикацию и биотестирование*. При этом обоснованно считается, что, рассматривая в совокупности результаты биоиндикационных наблюдений и результаты биотестирования по строго регламентированным методикам, можно поставить более точный «диагноз» экосистеме [6].

Таким образом, биодиагностика как более широкое понятие включает биоиндикацию и биотестирование. Биоиндикация заключается в анализе видимых (индицируемых) изменений биологических характеристик в природных условиях. При этом мониторинговые наблюдения за компонентами экосистем (растениями, животными, микробными сообществами и т. п.) *in situ* позволяют дать оценку экологическим последствиям от воздействия повреждающих факторов, спрогнозировать развитие ситуации. Биотестирование проводится в лабораторных условиях с использованием стандартных тест-систем, которые в контролируемых воспроизводимых условиях дают возможность выявить экологическую токсичность препаратов, отходов или образцов природных сред, испытавших вредное воздействие техногенных факторов. Принято считать, что биотестирование даёт информацию о неблагоприятии в опережающем режиме до проявления видимых изменений в природных экосистемах.

Методы экологического контроля, основанные на реакции живых организмов в лабораторных условиях, востребованы при исследовании качества продуктов, оценке уровня опасности отходов, нормировании вредных воздействий, экспертизе экологического качества природных сред и техногенных объектов и т. п. Результаты биотестирования

используются при сертификации различных биопрепаратов, сорбентов нефтепродуктов и других токсикантов, оценке эффектов биоремедиации воды и почвы [7, 8]. Особый интерес в современных условиях вызывают работы по оценке экологической токсичности наноматериалов [9 – 12].

В нашей стране в разных сферах народного хозяйства – сельскохозяйственной, медицинской и природоохранной – существуют свои «ведомственные» наборы биоиндикационных методов и биотест-организмов, регламентированные к применению приказами министров разных министерств, методическими указаниями и руководствами. Установлены свои правила применения биодиагностических методов и реестры методик экотоксикологического анализа в трёх разных сферах: в *контроле агроценозов* (при оценке безопасности продукции и плодородия почв), *санитарно-эпидемиологическом контроле* (при определении уровня вредных воздействий относительно безопасности для здоровья человека), *в экологическом контроле природных экосистем* (с целью характеристики биоразнообразия и сбалансированного развития). Во многих случаях используются одни и те же тест-организмы и, соответственно, оцениваются одни и те же тест-реакции. Однако нередко одни и те же результаты получаются и интерпретируются по-разному. Это касается, например, разных подходов к определению классов опасности отходов в разных ведомствах: в соответствии с Приказом МПР России от 15.06.2001 г. № 511 «Об утверждении критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» следует выделять 5 классов опасности отходов, а согласно Санитарным правилам СП 2.1.7.1386-03, введённым 30.06.2003 г., установлено 4 класса опасности токсичных отходов производства и потребления. Для одного и того же тест-организма или метода, используемого разными службами, нередко различаются процедуры подготовки проб к биотестированию (в частности, соотношением воды и твёрдого компонента при выщелачивании образцов твёрдых сред – варьируют от 1:2 до 1:5) и т. д.

Определённую проблему при проведении работ по биотестированию в целях производственного и государственного контроля экотоксичности в разных сферах представляет в нашей стране и недостаток инструментальных методов, подобных Toxkits – биотест-системам, разработанным в Бельгии (<http://www.microbiotests.be/>), дефицит методической

информации, коллекций тест-культур, отсутствие подготовленных специалистов.

Частично восполнить некоторые из указанных организационных недостатков, помимо организации производства оборудования, необходимого для биотест-лабораторий (что уже делается и в нашей стране <http://www.energolab.ru/>, <http://www.bmk-invest.ru/>, <http://www.biotox.ru/>), могут учебно-методические семинары, мастер-классы специалистов, стажировки в лабораториях биотестирования, программы дополнительного образования университетов.

Программа краткосрочного повышения квалификации в области биотестирования, предназначенная для экологов – преподавателей биологического направления, специалистов контролирующих инспекций и испытательных и исследовательских лабораторий, специализирующихся в сфере биологической оценки природных сред и техногенных объектов, реализуется на факультете почвоведения МГУ ([www.letar.ru](http://www.letar.ru)). Современная привлекательная форма обучения – очно-заочная с использованием дистанционных образовательных ресурсов (<http://de.msu.ru/>, <http://www.msu.ru/study/>), доступна для специалистов практически во всех регионах России. В реализации этого образовательного проекта участвуют профессор, ведущие преподаватели факультета почвоведения и биологического факультета МГУ, авторы методик биотестирования, опытные специалисты-экоотоксикологи.

В дистанционных модулях программы содержатся тексты лекций по вопросам биоиндикации и биотестирования, информация о стандартных классических методиках и современных зарубежных инструментальных биотестах, рассматриваются варианты использования тест-организмов разной таксономической принадлежности и трофического уровня, включая микроорганизмы, бактерии, простейшие, беспозвоночные гидробионты, микроводоросли, высшие растения, теплокровные животные (культура клеток *in vitro*). Приводятся сведения о разработчиках и производителях специализированного оборудования. После выполнения практических задач и письменных тестов обучающиеся получают возможность на практике познакомиться с методами и тест-организмами. В итоге этого вида обучения выдаётся свидетельство о повышении квалификации в МГУ им. М.В. Ломоносова.

Действующий образовательный проект, с одной стороны, способствует повышению методического уровня преподавателей и специалистов, обеспечению потребностей орга-

низаций в услугах в области экологического контроля окружающей среды, популяризации прикладных аспектов экологии, а с другой – предоставляет возможность сопоставлять эффективность работы разных методов, их чувствительность применительно к задачам исследования, связанным с охраной природных экосистем, агроценозов и здоровья человека, поскольку в план программы включены методы биотестирования, рекомендованные к практическому применению разными ведомствами.

Очевидно, что такая работа способствует интеграции накопленного опыта и выработке общих принципов использования биотестов для целей технологического нормирования.

### Литература

1. Левич А.П. Биотическая концепция контроля природной среды // Докл. РАН. 1994. Т. 337. № 2. С. 280-282.
2. Методы биотестирования качества водной среды / Под ред. О.Ф. Филенко. М.: Изд-во МГУ, 1989. 124 с.
3. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: РГУ, 2003. 204 с.
4. Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / Под ред. О.В. Бухарина, Г.С. Розенберга. М.: Наука, 2007. 408 с.
5. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / Под ред. О.П. Мелеховой и др. М.: Academia, 2008. 288 с.
6. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.
7. Терехова В.А, Арчегова И.Б., Хабибуллина Ф.М., Пугачёв В.Г., Тулянкин Г.М. Экоотоксикологическая оценка биосорбента нефти с целью сертификации // Экология и промышленность России. 2006. № 3. С. 34-37.
8. Экологические основы оптимизированной технологии восстановления нефтезагрязнённых природных объектов на Севере / Под ред. Г.М. Тулянкина, И.Б. Арчеговой. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2007. 140 с.
9. Lin D. Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth // Environmental Pollutants. 2007. V. 150. Iss. 2. P. 243-250.
10. Heinlaan M., Ivask A., Blinov I., Dubourguier H.-Ch., Kahru A. Toxicity of nanosized and bulk ZnO, CuO and TiO<sub>2</sub> to bacteria *Vibrio fischeri* and crustaceans *Daphnia magna* and *Thamnocephalus platyurus* // Chemosphere. 2008. V. 71. Iss. 7. P. 1308-1316.
11. Lewinski N., Colvin V., Drezek R. Cytotoxicity of Nanoparticles // Small-journal. 2008. V. 4. № 1. P. 26-49.
12. URL : <http://www.nanometer.ru>