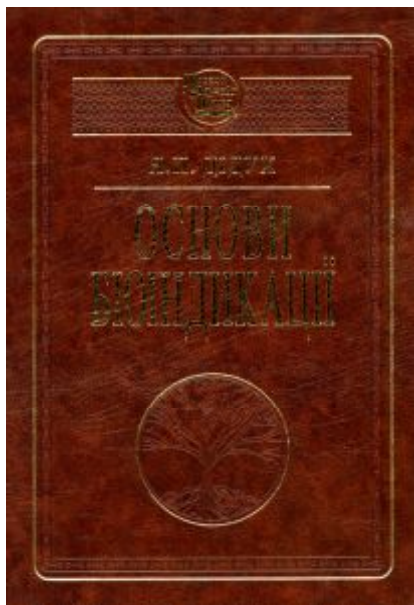


Я.П. Дідух. **Основи біоіндикації.** Київ: Наукова думка, 2012. 344 с.
(Я.П. Дидух. **Основы биоиндикации.** Киев: Наукова думка, 2012. 344 с.)

Ya.P. Didukh. **Fundamentals of Bioindication.** Kyiv: Naukova Dumka, 2012.
344 p.)



Биоиндикация – активно развивающаяся в современной экологии область научных исследований. И хотя истоки наблюдений за индикаторными свойствами биологических объектов можно найти в трудах естествоиспытателей самой глубокой древности, до завершения этих работ (создания стройной теории и адекватных методов биоиндикации) – «дистанция огромного масштаба». Основная часть достижений в этой области относится к растительным и водным экосистемам. Интерес к биоиндикационным исследованиям (после некоторого спада в конце 70-х начале 80-х годов прошлого столетия) сегодня опять возрос, что в значительной степени связано с осознанием стохастической природы взаимодействия компонент экосистем, необходимостью привлечения для анализа статистического аппарата и существенным практическим выходом этих работ (прежде всего, для решений задач биотического мониторинга и экологического нормирования антропогенных воздействий). Поэтому рецензируемая монография украинского фитоценолога и эколога, зав. отделом Института ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, чл.-корр. НАНУ Я.П. Дидуха воспринимается как своевременное и весьма ценное издание.

Книга состоит из трёх глав. В первой главе «Основы и методы биоиндикации» (с. 7-79) рассмотрены идеи и концепции, экологические основы и методы биоиндикации (с акцентом на фитоиндикацию). Автор принимает такое определение биоиндикации – «это оценка экологических факторов и их изменений с помощью признаков или свойств (параметров) биосистем» (с. 9). Замечу, что сегодня с описательным объяснением терминов биоиндикации дело обстоит сравнительно благополучно. Например, согласно определению Н.Ф. Реймерса (1990): «Биоиндикатор: группа особей одного вида или сообщество, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей... Сообщество индикаторное – сообщество, по скорости развития, структуре и благополучию отдельных популяций микроорганизмов, грибов, растений и животных которого можно судить об общем состоянии среды, включая её естественные и искусственные изменения». Безусловно, объективные факты свидетельствуют о существовании

влияния факторов среды на биотические процессы в экосистемах (плотность популяций, динамику видовой структуры, поведенческие особенности и пр.). Такие факторы среды, как свет, температура, водный режим, биогенные элементы (макро- и микроэлементы), соленость и другие имеют функциональную важность для организмов на всех основных этапах жизненного цикла. Однако можно использовать и обратную закономерность и судить, например, по видовому составу организмов о типе физической среды. Поэтому «*Биоиндикация – это определение биологически значимых нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ. В полной мере это относится ко всем видам антропогенных загрязнений*» (Криволуцкий и др., 1988).

Представляют несомненный интерес, пропагандируемые Я.П. Дидуком, классификации биоиндикаторов Я. Спелленберга (Ian F. Spellerberg; The Isaac Centre for Nature Conservation [ICNC] of the Lincoln University, Canterbury, New Zealand) и Э. Йоргенсена (Sven Erik Jørgensen; Royal Danish School of Pharmacy, University of Copenhagen, Denmark) с соавторами. В последнем случае, правда, мы имеем дело с индикаторами «здоровья экосистем» («под здоровьем среды в самом общем смысле принимается её состояние [качество], необходимое для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ» [Захаров и др., 2007, с. 5]. Свидетельством все возрастающего интереса именно к данному биоиндикационному подходу, может служить факт начала реализации новой национальной программы в США, которая получила название Национальная экологическая наблюдательная сеть (National Ecological Observatory Network [NEON]; <http://iscience.ru/2013/04/23/v-ssha-opredelyat-zdorove-ekosistem/>). Она предусматривает установку ряда станций мониторинга, которые позволят определить здоровье экосистем путем получения различных данных в стратегических местах – наподобие того, как с помощью ЭКГ можно узнать о здоровье сердца. Предполагается, что такой подход позволит решить значительное количество проблем – от последствий глобального потепления до городского планирования.

Основной задачей биоиндикации является разработка методов и критериев, которые могли бы адекватно отражать уровень антропогенных воздействий с учетом комплексного характера загрязнения и диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ. Биоиндикация, как и мониторинг, осуществляется на различных уровнях организации биосферы: макромолекулы, клетки, органы, организмы, популяции, биоценозы (Биоиндикация..., 1994). Очевидно, что сложность живой материи и характера её взаимодействия с внешними факторами возрастает по мере повышения уровня организации. В этом процессе биоиндикация на низших уровнях организации должна диалектически включаться в биоиндикацию на более высоких уровнях, где она предстает в новом качестве и может служить для объяснения динамики более высокоорганизованной системы.

Считается, что использование *метода биоиндикации* позволяет решать задачи экологического мониторинга в тех случаях, когда совокупность факторов антропогенного давления на биоценозы трудно или неудобно измерять непо-

средственно. К сожалению, современная практика биоиндикации носит в значительной мере феноменологический характер, выраженный в пространном изложении подмеченных исследователем фактов поведения различных видов организмов в конкретных условиях среды. Иногда эти описания сопровождаются не всегда обоснованными выводами, носящими, как правило, сугубо оценочный характер (типа «хорошо / плохо», «чисто / грязно» и т. д.), основанными на чисто визуальных методах сравнения или использовании недостаточно достоверных индексов. Чаще всего такой «прогноз» делается, когда «общественное» мнение по конечному результату оценки качества экосистемы уже заранее известно, например, по прямым или косвенным параметрам среды. В результате этого, роль биоиндикации оказалась сведенной к следующей совокупности действий, технологически совпадающей с биомониторингом:

- выделяется один или несколько исследуемых факторов среды (по литературным данным или в связи с имеющейся программой мониторинговых исследований);
- собираются полевые и экспериментальные данные, характеризующие биотические процессы в рассматриваемой экосистеме, причем теоретически эти данные должны измеряться в широком диапазоне варьирования исследуемого фактора (например, в условно-чистых и в условно-грязных районах);
- некоторым образом (путем простого визуального сравнения, с использованием системы предварительно рассчитанных оценочных коэффициентов или с применением математических методов первичной обработки данных) делается вывод об индикаторной значимости какого-либо вида или группы видов.

В редких случаях делаются практические попытки оценить лимитирующий уровень рассматриваемого фактора загрязнения, т. е. выполнить так называемый «анализ биологически значимых нагрузок». И только в исключительных случаях выполняется собственно операция «индикации», когда с использованием биоиндикаторных показателей прогнозируются неизвестные факторы среды и оценивается их значимость для всей экосистемы в ближайшем и отдаленном будущем.

В качестве замечания к этой главе укажу лишь на упоминание автором статистических методов ординации (с. 20), хотя в настоящее время количественные методы достаточно широко используются в биоиндикационных исследованиях (Шитиков и др., 2005):

- сформированы банки многолетних данных по наблюдениям за природными экосистемами;
- разработан и апробирован ряд методов и математических моделей интегральной оценки состояния сложных систем различного типа, позволяющих, по терминологии А.П. Левича и А.Т. Терехина (1997, с. 328), осуществлять «поиск детерминации и распознавание образов в многомерном пространстве экологических факторов для выделения границ между областями нормального и патологического функционирования экосистем»;

- развиваются аппаратные и программные информационные компьютерные технологии, позволяющие анализировать необходимые массивы экологических данных;
- существует огромный объем неформальных знаний высококвалифицированных специалистов, частично сконцентрированный в методических разработках (назову, например, только серию «Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга», издаваемую в Нижегородском госуниверситете (Экологический мониторинг..., 1995-2006).

Вторая глава «Индикация состояния экосистем и их загрязнения» (с. 80-200) – самая большая в монографии. В ней с многочисленными примерами Я.П. Дидух рассматривает биоиндикацию атмосферы (реакция растительности на загрязнение, лишено- и бриоиндикация), водной среды (фитоиндикация поверхностных вод, альго- и зооиндикация загрязненных вод, методы оценки загрязнения морских вод), почвы (биоиндикация водного режима, химического загрязнения, диагностика грунтов на основе альгологических данных и пр.), геологических пород (в том числе фитоиндикация нефтяных и газовых месторождений). Следует подчеркнуть, что большинство примеров фитоиндикации – авторские, что, несомненно, повышает ценность монографии.

К сожалению, возникшие в начале 90-х годов прошлого века государственные границы между нашими странами, «воздвигли» и границы в доступности научной литературы. Поэтому, пользуясь случаем, хочу указать на ряд наших исследований «биоиндикационной направленности» (прежде всего, по биоиндикации водных объектов), которые, как мне представляется, вполне доступны (в том числе и через Интернет) и были бы полезны в дальнейшем развитии и методологии, и методов биоиндикации (Экологическое состояние..., 1997; Шитиков и др., 2003, 2005, 2012; Биоиндикация экологического..., 2006; Вопросы экологического..., 2011).

Последняя глава «Индикация изменения экосистем в пространстве и времени» (с. 201-311) затрагивает три очень важных современных аспекта развития экосистем: индикация процессов, связанных с изменением климата, ландшафтная биоиндикация и индикация устойчивости экосистем. Эта глава представляется мне наиболее интересной, насыщенной новыми подходами и методами биоиндикации. Укажу только на очень наглядные результаты синфитоиндикации и климатических (с. 241-246), и ландшафтных изменений (с. 256-273).

В качестве немногочисленных примеров организации комплексных биоиндикационных исследований у нас в стране, в результате которых были даны долгосрочные прогнозы и сформулирован некоторый комплекс научно-обоснованных природоохранных решений, приведу работы по оценке экологического состояния оз. Байкал (Кожова, 1986), рек Невы (Алимов и др., 1996) и Чапаевки (Экологическое состояние..., 1997; Биоиндикация экологического..., 2006), бореального экотона на территории Волжского бассейна (Коломыц, 2005, 2008, Kolomyts et al., 2012, горных ландшафтов Центрального Кавказа (Залиханов и др., 2010). В этих работах раскрыты механизмы пространственной

и временной организации как водных, так и наземных экосистем, дано теоретическое обоснование и показана биоиндикационная роль широкого набора математических методов и моделей, что позволяет перевести процедуры биоиндикации на новый, статистически более достоверный уровень.

Последний раздел этой главы «Устойчивое развитие и проблемы биоиндикации» (с. 302-311) вполне заслуживает более подробного рассмотрения и его следовало бы выделить в качестве отдельной главы. Число публикаций на эту тему растет быстрее, чем грибы после дождя. Особенно это касается разного рода индикаторов «экологической составляющей» устойчивого развития. Здесь автор попытался лишь обозначить существующие проблемы и высказать, своего рода, пожелания о том, какими должны быть эти индикаторы (с. 305): простыми, научно достоверными, технически реализуемыми (вычисляемыми), обладать прогностическими способностями, характеризовать пространственную изменчивость и быть гибкими. При этом, «региональные экологические индикаторы пытаются согласовать с общим состоянием окружающей среды в стране. Процесс выделения региональных индикаторов, с одной стороны, инициирует наблюдения за многими экологическими региональными параметрами, а с другой – предоставляет богатую информацию о выделении ключевых индикаторов национального уровня» (с. 311). Опять же для информации украинских коллег, укажу на некоторые наши исследования, которые проводятся «по сходным курсам» и могут оказаться полезными, особенно, на межгосударственном уровне достижения устойчивого развития (Розенберг, 2009; Волжский бассейн..., 2011; Устойчивое развитие..., 2012).

Завершая рецензию, еще раз подчеркну актуальность и высокий научный уровень монографии, которая, несомненно, должна занять достойное место в ряду работ по прикладной экологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алимов А.Ф., Голубков С.М., Панов В.Е. Закономерности функционирования и стратегия управления экосистемами эстуария реки Невы // Экологическое состояние водоемов и водотоков бассейна реки Невы. СПб.: СПбНЦ РАН, 1996. С. 187-203.

Биоиндикация: теория, методы, приложения / Под. ред. Г.С. Розенберга. Тольятти: Интер-Волга, 1994. 266 с. – **Биоиндикация экологического состояния равнинных рек** / Под ред. чл.-корр. РАН О.В. Бухарина и чл.-корр. РАН Г.С. Розенберга. М.: Наука, 2006. 402 с.

Волжский бассейн. Устойчивое развитие: опыт, проблемы, перспективы / Под ред. Г.С. Розенберга. М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации / Центр экологической политики России, 2011. 104 с. – **Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов** / Материалы Объединенного Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии. Москва, 30 марта 2011 г. / Отв. ред. Д.С. Павлов, Г.С. Розенберг, М.И. Шатуновский. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2011. 196 с.

Залиханов М.Ч., Коломыц Э.Г., Шарая Л.С. и др. Высокогорная геоэкология в моделях. М.: Наука, 2010. 480 с. – **Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. и др.** Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.

Кожова О.М. Прогноз состояния водных экосистем и приемы экологической оценки действия антропогенных факторов // Прогнозирование экологических процессов. Новоси-

бирск: Наука, 1986. С. 27-34. – **Коломыц Э.Г.** Бореальный экотон и географическая зональность. Атлас-монография. М.: Наука, 2005. 390 с. – **Коломыц Э.Г.** Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем. М.: Наука, 2008. 427 с. – **Криволицкий Д.А., Степанов А.М., Тихомиров Ф.А., Фёдоров Е.А.** Экологическое нормирование на примере радиоактивного и химического загрязнения экосистем // Методы биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. М.: Наука, 1988. С. 4-16.

Левич А.П., Терёхин А.Т. Метод расчета экологически допустимых уровней воздействия на пресноводные экосистемы (метод ЭДУ) // Водные ресурсы. 1997. Т. 24, № 3. С. 328-335.

Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с. – **Розенберг Г.С.** Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. Тольятти: ИЭВБ РАН; Кассандра, 2009. 477 с.

Устойчивое развитие Волжского бассейна: миф – утопия – реальность... / Под ред. В.М. Захарова, Г.С. Розенберга и Г.Р. Хасаева. Тольятти: ИЭВБ РАН и др.; Кассандра, 2012. 226 с.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с. (<http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/default.htm>). – **Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С.** Макроэкология речных сообществ: концепции, методы, модели. Тольятти: Кассандра, 2012. 257 с. (<http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/default.htm>). – **Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д.** Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: В 2-х кн. М.: Наука, 2005. Кн. 1, 281 с.; Кн. 2, 337 с.

Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга: Учеб. пособие / Отв. ред. Д.Б. Гелашвили. Н. Новгород: Изд-во Нижегород. госун-та. 1995, ч. 1, 192 с.; 1995, ч. 2, 272 с.; 1998, ч. 3, 319 с.; 2000, ч. 4, 427 с.; 2003, ч. 5, 399 с.; 2006, ч. 6, 279 с. – **Экологическое состояние** бассейна реки Чапаевка в условиях антропогенного воздействия: Биологическая индикация / Под ред. Т.Д. Зинченко, Г.С. Розенберга. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1997. 337 с.

Kolomyts E.G., Rozenberg G.S., Saksonov S.V., Sharaya L.S. Forests of Volga River Basin under Global Warming (Landscape-Ecological Analysis and Prognosis). N.Y.: Nova Sci. Publ., Inc., 2012. 414 p. (<http://www.walmart.com/ip/20899098>).

© 2013 Г.С. Розенберг
Институт экологии Волжского
бассейна РАН, г. Тольятти