

ПРЕДИСЛОВИЕ

В основу предлагаемой технологии экологического контроля положена биоцентрическая точка зрения на взаимоотношение человека и природной среды. А именно, оценка экологического состояния природных объектов должна производиться по показателям нормы или патологии биологических видов, населяющих исследуемые экосистемы. Среди видов может фигурировать и человеческий вид (и тогда биоцентрическая точка зрения смещается к антропоцентрической идеологии).

Книга задумана как теоретическое и методическое обоснование, а также апробация количественных методов, обеспечивающих все этапы анализа данных в технологии экологического контроля природной среды, взаимодействующей с хозяйственной деятельностью человека. По мнению авторов, предложенные подходы применимы к анализу самых различных типов экосистем. Однако приведенные в книге примеры приложения методик преимущественно относятся к пресноводным экосистемам.

Реализованные в исследовании методы обработки данных регулярного биотического и физико-химического мониторинга позволяют вести экологический контроль за природными и полуприродными объектами на основе биоиндикации их экологического состояния. Предложенные методы позволяют реализовывать необходимые этапы анализа данных в технологии экологического контроля: оценку состояния; поиск факторов, ответственных за экологическое неблагополучие биоты; нормирование нарушающих воздействий; ранжирование этих факторов по степени их воздействия на биоценозы; а также экологический прогноз, управление качеством окружающей среды, выявление неполноты программ абиотического мониторинга.

При наличии оценок экологического состояния, полученных по биологическим показателям, и данных о потенциально опасных для биоты факторах среды реализо-

ванные в исследовании методы позволяют выделить в многомерном пространстве факторов область экологического благополучия экосистемы. Границы этой области представляют собой экологически допустимые уровни (ЭДУ) факторов, выход за пределы которых переводит биотический компонент экосистемы из благополучного в неблагополучное состояние. Т.е. мерой экологического неблагополучия служат нарушения, зарегистрированные в биоте, а уровни абиотических факторов выступают не как симптомы, а как возможные причины неблагоприятных биологических последствий, ранжированные по степени их вклада в эти последствия.

Реализованные в исследовании методы позволяют при проведении экологического контроля соблюдать принцип региональности, так как рассчитанные для одной экосистемы нормы допустимого воздействия неприменимы для другой в силу различий, в частности, в климате, в природном фоне, в видовом составе, в типе природопользования, в степени адаптированности организмов к многолетним воздействиям различных факторов.

Предложенные методы нормирования применимы не только к химическим веществам, но и к любым абиотическим факторам, воздействующим на природные сообщества. Например, к температуре, скорости ветра, уровням воды, интенсивности водопотребления, радиоактивным загрязнениям и т.д.

Нормативы ЭДУ по каждому из факторов среды учитывают все реально действующие в экосистеме нарушающие воздействия и все возможные взаимодействия между действующими факторами.

Адаптированные к экологическим исследованиям процедуры детерминационного анализа оказываются исключительно эффективными при обработке данных экологического мониторинга. Они позволяют работать с данными, недоступными традиционным методам математической статистики, выявлять адекватные биологические индикаторы экологического неблагополучия, анализировать экологические данные в любом необходимом контексте, автоматизировать диагностику, нормирование и ранжирование нарушающих воздействий.

Книга имеет следующую структуру.

Известно, что ранее в СССР, а теперь и в России, для обоснования предотвращения опасных уровней загрязнения используется концепция критериев качества среды

на основе лабораторных токсикологических тестов в виде предельно допустимых концентраций (ПДК), ориентировочных безопасных уровней воздействия (ОБУВ) и др. Суть токсикологического контроля заключается в относительно кратковременном наблюдении за какой-либо характеристикой тест-организмов, помещенных в исследуемую среду. Глава 1 указывает на особенности концепции ПДК, не позволяющие считать ее эффективным инструментом оценки экологического риска, и описывает альтернативные принципы экологического контроля, опирающиеся на биотическую концепцию.

Глава 2 посвящена особенностям обработки данных экологического мониторинга с помощью методов традиционной статистики (корреляционного, регрессионного, факторного анализа). Оказывается, что подобные данные не всегда удовлетворяют требованиям метрологии, статистической воспроизводимости и другим условиям, которые необходимы для эффективной работы указанных методов.

Альтернативным и более эффективным методом обработки данных экологического мониторинга, пригодным, в частности, для осуществления всех основных этапов экологического контроля природной среды является детерминационный анализ (ДА) многомерных данных, используемый для установления сопряженностей между биотическими и абиотическими компонентами экосистем (глава 3). С помощью процедур ДА возможно проведение не только экологического нормирования, но и практически всех этапов экологического контроля — выбора наиболее адекватного биотического индикатора экологического состояния, экологической диагностики (отбор факторов, приводящих к экологическому неблагополучию), ранжирования факторов риска по степени их опасности для сообществ, выявления неполноты в программах физико-химического мониторинга. Нормирование факторов риска с помощью ДА продемонстрировано на примере р. Суры и Сурского водохранилища, для которых индикацию экологического состояния проводили по численности массовых видов зоопланктона.

Эффективность технологии экологического контроля, зависит прежде всего от ее начального этапа — биоиндикации состояния природного объекта, или оценки его состояния по биотическим показателям. Глава 4 посвящена аналитическому обзору существующих подходов к биотестированию (раздел 4.1) и биоиндикации (раздел 4.2). Под биотестированием понимается лабораторное определение предельно допус-

тимых концентраций загрязняющих веществ в виде пороговых величин для заданных значений смертности, плодовитости и других показателей отдельных видов гидробионтов. Одним из наиболее часто применяемых подходов к биоиндикации является исследование структурных характеристик биоценозов (раздел 4.2.1). Подобный подход может быть основан, в частности, на: 1) на относительном обилии организмов, являющихся индикаторами разного рода загрязнений; 2) на индексах видового разнообразия сообществ организмов; 3) на экологических модификациях природного биоценоза. Довольно распространенной является точка зрения, согласно которой оценивать неблагополучие экосистемы следует по степени отклонения определенных характеристик отдельного сообщества от некоторой статистической нормы, выведенной по данным многолетних наблюдений (раздел 4.2.2). Такими характеристиками могут быть, например, параметры ранговых распределений численностей или биомасс входящих в сообщество видов, размерных групп, жизненных форм и т.д.). Для биоиндикации также могут быть привлечены: динамические показатели эффективности функционирования биоценозов, т.е. значения продукции и деструкции в экосистеме; численности и биомассы отдельных биотических компонентов (раздел 4.2.3); морфологические, биохимические, цитогенетические, иммунологические характеристики отдельных организмов, населяющих данную экосистему (раздел 4.2.4); некоторые индикаторные биологические показатели в экосистеме, принятой в качестве эталона (заповедника, зоны рекреации и др.) (раздел 4.2.5). В разделе 4.2.6. речь идет о принципах выбора среди имеющихся биотических индикаторов того, который наиболее эффективно описывал бы состояние данной экосистемы.

Биоиндикация, как правило, требует перевода числовых значений индикаторной характеристики в качественные градации шкалы "норма-патология". Для этого строится "функция желательности" (глава 5), позволяющая отображать количественные шкалы в обобщенные шкалы критериев качества.

Мировой и отечественной практике диагностики экологического неблагополучия и нормирования неблагоприятных воздействий посвящена глава 6. Представлены как методика установления государственных российских стандартов предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ, так и альтернативные подходы к нормированию.

В главе 7 описываются основы метода экологически допустимых уровней (ЭДУ) факторов среды, опирающегося на концепцию экологической толерантности и биотическую концепцию экологического контроля природных экосистем. Метод позволяет при наличии биологической оценки состояния экосистемы и данных физико-химического мониторинга рассчитать диапазоны ЭДУ. Разделы 7.1-7.2 посвящены описанию алгоритмов расчета ЭДУ, использованию дополнительных возможностей анализа данных (учет совместного действия факторов, учет запаздывания отклика биоты на внешние воздействия, построение годовых хронограмм ЭДУ и т.д.). Раздел 7.3 представляет собой пример применения метода ЭДУ для осуществления экологического контроля в бассейнах рек Дон и Сура. На основе оценок состояния по данным о наличии в пробе гидробионтов-индикаторов загрязненности (фито-, зоопланктеров и бентосных организмов) для рек и водохранилищ бассейна Дона вычислены ЭДУ значимых для возникновения экологического неблагополучия факторов, проведено их ранжирование, составлен прогноз состояния экосистем по данным физико-химического мониторинга. На примере р. Суры показана возможность осуществления этапов экологической диагностики и нормирования с применением контекста, т.е. не для всего исходного массива данных, а для отдельных подмассивов, где наблюдения сгруппированы по времени и ли месту отбора проб.

Наборы абиотических факторов экологического риска и соответствующие значения ЭДУ, кроме бассейна Дона, были получены и для многих других бассейнов крупнейших рек — Немана, Западной Двины, Днепра, Днестра, Дуная, Волги, Оби, Енисея, Ангары, Лены, Амура, Усури, Элисты, Суры (глава 8). В разделе 8.1 приведен сравнительный анализ бассейнов по качественному составу факторов, вызывающих отклонения от нормального функционирования сообществ гидробионтов, и по величинам их ЭДУ. Здесь же описано исследование зависимости адаптированности пресноводных экосистем к внешним воздействиям от места отбора пробы (водная толща или грунты), географической широты, климата, степени удаленности от моря, плотности населения в соответствующем регионе. Результатом такой работы стала географическая и климатическая классификация регионов, основанная на изменчивости границ толерантности местных организмов. Вычисленные во всех бассейнах нормативы ЭДУ основных факторов экологического неблагополучия сопоставлены с официальными стандартами ПДК. В разделе 8.2 содержатся результаты проведения

этапов биоиндикации, экологической диагностики и экологического нормирования в р. Элисте, где в качестве биотического индикатора использовали значения параметров ранговых распределений численностей размерно-морфологических групп перифитона. Другим объектом приложения технологии регионального экологического контроля была р. Сура (раздел 8.3). Здесь для оценки экологического состояния использовали численности массовых видов зоопланктона.

Для осуществления полноэтапной технологии экологического контроля природных вод требуется наличие, во-первых, баз многолетних данных о биологических и физико-химических характеристиках объектов, во-вторых, информационно-вычислительной системы, оснащенной компьютерными методами диагностики состояния экосистем по биотическим показателям и нормирования воздействий, нарушающих экологическое благополучие. Описанию структуры и функций подобной системы, реализованной для рек, озер и водохранилищ России и сопредельных стран, посвящена глава 9.

Авторы глубоко благодарны В.А.Абакумову и С.В.Чеснокову, чьи научные идеи и материалы послужили отправной точкой для разработки основных положений настоящей работы; Д.Г.Замолдчикову и А.Т.Терехину, в соавторстве с которыми рождались методы, продемонстрированные в книге; С.В.Мамихину, принимавшему непосредственное участие в создании оболочки для информационной системы.

Авторы также благодарят Е.Л.Воробейчика, Д.Б.Гелашвили, Ю.В.Гелетина, А.Г.Гурского, Л.В.Джабруеву, В.Г.Дубинину, Т.Д.Зинченко, Г.Ф.Милованову, Г.С.Розенберга, О.Ф.Филенко, В.К.Шитикова за ценные советы и участие в совместных публикациях. Авторы выражают признательность М.А.Белушкину, А.А.Боголюбовой, М.В.Владимирову, Д.Г.Дерягину, С.С.Карпухину, Е.И.Комаровской, А.Кравченко, В.А.Никулину, Н.В.Новиковой, А.А.Рыбакову за конкретную практическую помощь, которая очень помогла в работе.