

**ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 556.012:574

**МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ
ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

© 2014 г. О.И. Бейсуг*, Л.М. Предеина**

* *Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл.*

** *Гидрохимический институт Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Ростов-на-Дону, Ростовская обл.*

Поступила в редакцию 10.03.2014 г.

В данной работе приведён критический анализ методологии и методов оценки состояния водных экосистем. Сделан вывод, что показатели активности щелочной фосфатазы и внеклеточных эстераз показывают интенсивность метаболизма гидробиоценозов, отличаются высокой информативностью и простотой определения и могут быть использованы для оценки интенсивности метаболизма биоценозов.

Ключевые слова: активность щелочной фосфатазы, активность внеклеточных эстераз, метаболизм, гидробиоценозы, интенсивность метаболизма биоценозов, методология, методы оценки, экологический мониторинг, биоиндикация, экологическое состояние, системы контроля, загрязняющие вещества, водные экосистемы, гидробиологический контроль, ПДК (предельно допустимая концентрация).

Поступила в редакцию 14.03.2014 г.

Методы биоиндикации имеют чрезвычайно важное значение для оценки комбинированного влияния загрязняющих веществ на состояние гидробиоценозов с учетом региональных и экологических особенностей водных экосистем. В настоящее время для биоиндикации водных экосистем предлагается использовать показатели активности ферментов, которые продуцируются одноклеточными водорослями и бактериопланктоном. Эти ферменты участвуют в трансформации органических соединений, осуществляя, таким образом, биогеохимический круговорот веществ.

Под термином «состояние» в широком смысле этого слова понимают положение объекта в выбранной системе координат, охватывающей всю область существования данного объекта (или их совокупности), полную амплитуду его изменчивости без разрушения структуры. Оценка состояния экосистем подразумевает оценку нарушенности или трансформированности экосистем, как степень отклонения состояния экосистем от исходного, принятого за «нормальное», за счет разрушения (трансформации) структуры и функций фитоценоза, зооценоза, атмосферы, гидросферы, педосферы, литосферы [5]. Таким образом, при описании состояния экосистем учитываются все образующие ее элементы.

В методологии оценки состояния экосистем существуют два подхода – экосистемный и популяционный. Экосистемный подход связан, в основном, с оценкой роли организмов – продуцентов, консументов и редуцентов, в процессе трансформации вещества и энергии в природе. Популяционный подход заключается в изучении популяций отдельных видов: популяционной организации вида, пространственной структуры и генетического состава популяций, механизмов иерархии и

группообразования, внутривидовых средств сигнализации и связи, консолидирующих популяцию в единое целое [11]. По мнению О.М. Кожовой с соавторами [5], степень нарушенности экосистем под влиянием антропогенного воздействия определяется, прежде всего, глубиной трансформации их структурных компонентов: функциональные расстройства чаще являются следствием изменения структуры, т.е. преимущественно вторичны. В то же время, Г.Г. Винберг [3] писал, что жизнь необычайно многообразна по своим формам и структурному выражению, но сравнительно однообразна по своим биогеохимическим функциям. Поэтому, видовой состав особей, входящих в состав биоценоза, может существенно меняться без изменения характеристик его биогеохимического цикла. Такой же вывод находим и в более ранних работах Н.В. Тимофеева-Ресовского [10]: «... одну и ту же биогеохимическую работу выполняют особи разных видов». В этой связи, по-видимому, следует считать первичными именно функциональные изменения, а структурные – их следствием. Очевидно, что наиболее полная и корректная оценка состояния экосистемы может быть дана при комплексном подходе с учетом характеристики как структурных, так и функциональных показателей.

Состояние экосистемы, как и любого другого объекта, достаточно сложно определить произвольным описанием бесконечного множества ее признаков. Для оценки состояния экосистемы необходимо использовать наиболее существенные признаки, такие как состав, строение, способность достаточно долго функционировать и самовосстанавливаться. Кроме того, «состояние» буквально означает сравнение с чем-то, сопоставление с идеалом, нормой или эталоном. Каждая экосистема, как тип, имеет свою норму. Сравнение реально наблюдаемых экосистем с «нормой» позволяет установить степень их отклонения от этой «нормы».

На практике, в обстановке повсеместной нарушенности природных экосистем, реализация этого, в целом не вызывающего сомнений, подхода представляется весьма проблематичной. Иначе говоря, нужна реконструкция коренного или хотя бы исходного состояния на определенную дату, после которой происходили различные изменения, приведшие к современному состоянию, либо необходимо устанавливать фоновые участки для разных экосистем, испытывающие наименьшее антропогенное воздействие.

В практике мониторинга водных объектов оценка их состояния осуществляется по гидрохимическим и гидробиологическим показателям. Состояние водного объекта определяется как его характеристика по совокупности количественных и качественных показателей применительно к видам водопользования [9, 12]. Исходя из этого определения, для характеристики состояния водной экосистемы необходимы оценки, дающие полную всестороннюю информацию не только о составе и свойствах воды, но и о протекающих в водном объекте процессах, которые создают среду обитания для гидробионтов. Ввиду отсутствия экологических нормативов (предельно допустимых экологических нагрузок) комплексное оценивание состояния экосистем на сегодняшний день невозможно. Поэтому на практике применяется подход, при котором составляющие экосистему биотическая и абиотическая компоненты, а также характеризующие их показатели рассматриваются и оцениваются отдельно и совокупно с использованием существующих критериев (предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ – ПДК) и классификаций для различных видов водопользования.

Абиотическая составляющая водных экосистем контролируется с помощью гидрохимических показателей, которые оценивают качество поверхностных вод. В зависимости от состава и количества аналитических данных выделяется несколько основных видов оценки: единичные, косвенные и комплексные.

Первые два вида используются давно и стали традиционными. Появление нового вида оценок – комплексных – было связано с необходимостью иметь четкое представление о степени и характере загрязненности вод, обусловленной антропогенным воздействием.

При оценке качества воды по гидрохимическим показателям для комплексного оценивания применяют коэффициенты загрязненности воды, коэффициенты комплексной загрязненности воды, модульный коэффициент выноса загрязняющих веществ, показатели относительной продолжительности и относительных объемов загрязненного и чистого водного стока и др., которые учитывают небольшое число элементов сложного объекта. При оценке качества воды применяют так же формализованные показатели, которые обеспечивают более разностороннюю и адекватную оценку качества воды. К ним относятся индекс качества воды [4], комбинаторный индекс загрязненности воды [9], общесанитарный индекс качества воды [8], гидрохимический индекс качества воды [6], комплексная оценка степени загрязнения водоемов токсичными веществами [7] и др.

В настоящее время еще нет единого, общепринятого метода комплексной оценки загрязненности поверхностных вод. Однако, комплексная оценка, разработанная в Гидрохимическом институте (РД 52.24.643-2002) [9], уже внедрена в систему мониторинга России и некоторых стран СНГ.

Серьезным недостатком системы контроля, основанной на сравнении концентраций загрязняющих веществ с ПДК, является то, что загрязненность вод оценивают лишь по тем показателям, для которых есть такие критерии. Положение усугубляется еще и тем, что лишь для 10% регламентируемых веществ существуют методы, позволяющие определять их концентрации на уровне ПДК. Кроме того, в водных экосистемах образуются сложные комплексы различных антропогенных химических соединений, которые воздействуют на организмы принципиально иначе, чем отдельные составляющие, для которых разрабатываются ПДК [2].

Систематический контроль биотической составляющей водных объектов в России начался лишь с 1974 г. Программа гидробиологического мониторинга пресноводных экосистем предусматривает наблюдения по всем основным подсистемам: фитопланктону, макрофитам, зоопланктону, зообентосу, перифитону, микрофлоре. Гидробиологический контроль в России в настоящее время охватывает лишь около 20% пунктов наблюдений гидрохимической сети Росгидромета, что, несомненно, сказывается на адекватности оценок экологического состояния водных объектов.

Оценка экологического состояния водных экосистем в нашей стране осуществляется по классификации, разработанной В.А. Абакумовым [1]. Теоретической базой для этой классификации послужил основной кибернетический закон Винера-Шеннона-Эшби. В соответствии с этим законом увеличение внутреннего разнообразия биоценоза позволяет ему стабильно поддерживать высокий уровень метаболизма в широком диапазоне флуктуаций тех или иных факторов внешней среды в соответствии с обеспеченностью важнейшими жизненными ресурсами [2].

При загрязнении окружающей среды может происходить как увеличение интенсивности метаболизма биоценозов – метаболический прогресс, так и ее уменьшение – метаболический регресс. Метаболический прогресс связан с тремя путями изменения структуры биоценоза: с усложнением структуры – экологическим прогрессом, с упрощением структуры – с экологическим регрессом и с перестройкой структуры, не ведущей к ее упрощению или усложнению – экологической модуляцией. В соответствии с этой теорией при фоновом состоянии экосистем не происходит существенных изменений интенсивности метаболизма биоценозов. Состояния антропогенного экологического напряжения и регресса характеризуются

прогрессирующим повышением интенсивности метаболизма. Структурные показатели при состоянии экологического напряжения характеризуются увеличением видового разнообразия биоценозов и усложнении межвидовых отношений. Состояние экологического регресса, напротив, выражается в снижении разнообразия биоценозов и упрощении межвидовых отношений. Снижение интенсивности метаболизма биоценозов, вызванное высоким загрязнением водных объектов токсичными веществами, соответствует состоянию антропогенного метаболического регресса. Таким образом, наиболее адекватную оценку экологического состояния гидробиоценозов можно получить, контролируя одновременно структурные и функциональные показатели.

В настоящее время гидробиологический мониторинг в системе Росгидромета осуществляется преимущественно по структурным показателям. Оценка интенсивности метаболизма биоценозов связана с определенными трудностями. Реализация на практике наиболее изученного обобщенного показателя интенсивности метаболизма – продукции и деструкции органического вещества, связана с методическими сложностями: необходимостью экспонирования проб в месте отбора в течение нескольких часов, что при современном материальном обеспечении сети наблюдений невозможно. В этой связи необходим поиск показателей интенсивности метаболизма гидробиоценозов, которые бы отличались высокой информативностью и простотой определения. Таким требованиям, по нашему мнению, отвечают показатели активности ферментов, участвующих в трансформации жизненно важных веществ в водных экосистемах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абакумов, В.А.* Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем [Текст] / под ред. В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
2. *Абакумов, В.А. и др.* Гидробиологический мониторинг пресноводных экосистем и пути его совершенствования [Текст] / В.А. Абакумов, Л.М. Сушеня // Экологические модификации и критерии экологического нормирования : тр. междунар. симпозиума, Нальчик, 1-12 июня 1990 г. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 41–51.
3. *Винберг, Г.Г.* Многообразие и единство жизненных явлений и количественные методы в биологии [Текст] / Г.Г. Винберг // Журн. общ. биологии. – 1981. – Т.42. – № 1. – С. 5–8.
4. *Гурарий, В.И. и др.* Индекс качества воды [Текст] / В.И. Гурарий, А.С. Шайн // Проблемы охраны вод. – Харьков, 1973. – Вып. 4. – С. 105–114.
5. *Кожова, О.М. и др.* Методология оценки состояния экосистем : учебное пособие [Текст] / О.М. Кожова, Л.Р. Измествьева, Б.К. Павлов, В.И. Воронин и др. – Ростов-на-Дону: ООО «ЦВВР», 2000. – 128 с.
6. Комплексные оценки качества поверхностных вод [Текст] / под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 138 с.
7. *Никаноров, А.М. и др.* Мониторинг качества вод: оценка токсичности [Текст] / А.М. Никаноров, Т.А. Хоружая, Л.В. Бражникова, А.В. Жулидов. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 160 с.
8. *Новиков, Ю.В. и др.* Использование комплексных показателей при разработке гигиенической классификации водоемов по степени их загрязнения [Текст] / Ю.В. Новиков, С.И. Плитман, К.О. Ласточкина, Р.М. Хвастунов // Гигиена и санитария – 1984. – №6. – С. 11–13.
9. РД 52.24.633-2002 «Методические указания. Методические основы создания и функционирования подсистемы мониторинга экологического регресса пресноводных экосистем» [Текст]. – Гидрометеиздат, 2002.
10. *Тимофеев-Ресовский, Н.В.* О некоторых принципах классификации биохорологических единиц: вопросы классификации растительности [Текст] / Н.В. Тимофеев-Ресовский // Тр. Ин-та биологии УФ АН СССР. – 1961. – Вып. 27. – С. 23–28.
11. *Шварц, С.С.* Эволюция биоценозов и экологическое прогнозирование [Текст] / С.С. Шварц // Материалы сов.-амер. симпозиума. по биосфер. заповедникам, 1976. (докл. сов. участников). – М., 1976. – Ч. 2. – С. 327–332.

12. Бакаева, Е.Н. Качество вод приплотинной части Цимлянского водохранилища в условиях цветения сине-зеленых микроводорослей [Текст] / Е.Н. Бакаева, Н.А. Игнатова // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – №1(6). – с.26.

Methodology and Methods of Aquatic Ecosystems Assessment

O.I. Beisug*, L.M. Predeina**

** Volgodonsk Engineering Technical Institute
the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: beisug@rambler.ru*

*** Hydro-chemical Institute of Federal Service on Hydrometeorology and Environment Monitoring,
198 Stachki av., Rostov-on-Don, Rostov region, Russia 344090
e-mail: ghi7@aanet.ru*

Abstract – This work presents a critical analysis of methodologies and methods of aquatic ecosystems assessment. The result of this research shows that the indicators of alkaline phosphatase and extracellular esterases activity indicate on the intensity of hydrobiocenoses metabolism. They are highly informative and can be easily identified and can be used for assessment of the biocenoses metabolism intensity.

Keywords: alkaline phosphatase activity, extracellular esterases activity, metabolism, hydrobiocenosis, the biocenoses metabolism intensity, methodology, evaluation methods, ecological monitoring, bioindication, ecological condition, control system, pollutant, aquatic ecosystems, biological control, MAC (maximum allowable concentration).