

В.Ф. Шуйский, Т.В. Максимова, Д.С. Петров

**ИЗОБОЛИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ И
НОРМИРОВАНИЯ МНОГОФАКТОРНЫХ
АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
НА ПРЕСНОВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ
ПО СОСТОЯНИЮ МАКРОЗООБЕНТОСА**

**Санкт-Петербург
2004**

УДК 504.61: 574.587

Рецензенты: доц., к.б.н. А.А. Добровольский; к.б.н. М.А. Перевозников; проф., д.б.н. Ю.А. Стрелков

Шуйский В.Ф., Максимова Т.В., Петров Д.С.

Изоболический метод оценки и нормирования многофакторных антропогенных воздействий на пресноводные экосистемы по состоянию макрозообентоса: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ). 2004. 304 с.

Научный редактор **проф. В.Ф. Шуйский**
Технический редактор **А.И. Демьяников**
Компьютерный набор **Т.В. Максимова**
Корректор **Г.В. Акимова**

Подготовлено в печати в Международной академии наук экологии,
безопасности человека и природы (МАНЭБ).
199026, Санкт-Петербург, 26 линия В.О., д. 9-а
Заказ № 17

Отпечатано с готовых диапозитивов в ООО "Балтсервис".
190068, Санкт-Петербург, ул. Средняя Подъяческая, 4-а

Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Гарнитура таймс.
Тираж 500 экз.

ISBN 5-93048-014-1

© МАНЭБ, 2004

© В.Ф. Шуйский, Т.В. Максимова, Д.С. Петров, 2004

АННОТАЦИЯ

Монография содержит обоснование и подробное описание количественного метода оценки и нормирования сложных (многофакторных) воздействий на экосистемы пресных вод. Предлагаемый метод использует выявленные общие закономерности реакции лучшего биоиндикатора гидроэкосистем – сообществ макрозообентоса – на многокомпонентную внешнюю нагрузку, выражаемую оригинальным изоболическим показателем. Разработки основаны и апробированы на представительных результатах многолетних гидроэкологических исследований, выполненных авторским коллективом. Основные методологические положения и практическое применение метода подробно иллюстрируются на фактическом материале. Рассматриваются также конкретные примеры использования метода для решения различных природоохранных задач.

Глава 1. Проблема количественной оценки многофакторных антропогенных воздействий на пресноводные экосистемы

Проводится сравнительный анализ различных методов оценки состояния и изменений пресноводных экосистем по их абиотическим, биотическим параметрам и на основе совместного использования показателей обеих категорий. Доказываются следующие положения.

– Количественная оценка многофакторных воздействий должна осуществляться на основе разработки единого, универсального показателя.

– Этот показатель должен соответствовать следующим требованиям:

- быть изоболическим (его конкретное значение должно соответствовать всей изоболе многофакторного воздействия, то есть детерминировать ответную биотическую реакцию);

- адекватно и точно отражать эффект взаимодействия любой комбинации факторов;

- выражать кратность превышения воздействием его ПДУ (то есть осуществлять нормировку воздействия относительно его предельно допустимого уровня).

– Антропогенные сукцессии гидроэкосистем целесообразно оценивать по вызываемым изменениям наиболее показательного биоиндикатора – макрозообентоса.

– Важнейшей характеристикой макрозообентоса является его видовой состав. Предельно допустимым уровнем антропогенной нагрузки на гидроэкосистему следует считать её наибольший уровень, не вызывающий изменений видового состава макрозообентоса. Антропогенные изменения количественных структурно-функциональных характеристик макрозообентоса также важны для биоиндикации, но они определяются изменениями видового состава сообщества и, поэтому имеют вторичное, вспомогательное значение.

Обосновывается необходимость выявления и описания основных количественных закономерностей реакции видового состава макрозообентоса и его структурно-функциональных характеристик на многофакторные антропогенные воздействия, выражаемые изоболическим показателем. Разработка и апробация соответствующего показателя и основанного на нём метода количественной оценки и нормирования многофакторных антропогенных воздействий на пресноводные экосистемы проводятся в следующих главах.

Глава 2. Материал, методики, модельные гидроэкосистемы

Настоящая работа обобщает некоторые результаты многолетнего (1983 – 2002 гг.) изучения антропогенных сукцессий экосистем разнотипных водных объектов (реки, озера, водоём–охладитель руслового типа, эстуарии, ручьи, временные водоёмы).

Гидроэкологические исследования выполнены в Северо-Западном и Центральном регионах России (Ленинградская, Псковская и Рязанская области) и в Финляндии. Используемая база данных включает протоколы обработки более шести тысяч проб макрозообентоса и более тысячи проб воды и грунта. Дается описание использованного первичного материала, методов его сбора и обработки. Подробно характеризуются эталонные (модельные) гидроэкосистемы, на примере которых далее будет поясняться предлагаемый изоболоческий метод. Это – водоем-охладитель Рязанской ГРЭС, реки Паша, Сясь, Луга и их притоки.

Глава 3. Устойчивость макрозообентоценозов к многофакторному воздействию

Излагается концепция оценки устойчивости сообществ макрозообентоса (макрозообентоценозов) к внешнему воздействию. Вводится критерий выделения тех видов, которые следует считать характерными для макрозообентоценоза в период его изучения и учитывать при сравнительной оценке экзогенных изменений видового состава. Обосновываются понятия и признаки фоновых условий и фонового состояния макрозообентоценоза. Определяется процедура описания его фонового состояния в разнотипных биотопах. Положения концепции и метод описания фонового состояния макрозообентоценоза, его видового состава и биоиндикационно значимых количественных характеристик подробно иллюстрируются на примерах модельных экосистем.

Предлагаются конкретное понятие и количественная мера упругой устойчивости (или "упругости") макрозообентоценоза к внешнему воздействию. Упругость трактуется как способность сообщества возвращаться в исходное состояние после прекращения воздействия, определяемая сохранением состава видов, характерных для этого сообщества в его фоновом состоянии. Соответственно, достоверное изменение состава характерных видов свидетельствует об утрате сообществом упругости.

Предложенная концепция позволяет перейти к количественному описанию условий сохранения упругости.

Глава 4. Количественное описание условий сохранения устойчивости макрозообентоценоза к многофакторному воздействию

Обосновывается и вводится система взаимосвязанных показателей, которые необходимы для количественного описания условий сохранения макрозообентоценозом упругости при внешнем воздействии. Методология и метод количественного описания упругости сообщества вводятся и поясняются постепенно, по мере усложнения решаемой задачи. Сначала рассматривается простейший случай действия одного фактора, затем – сочетание двух факторов и, наконец, ситуация неограниченно сложного (многофакторного) взаимодействия. Обобщаются некоторые результаты количественной оценки упругой устойчивости макрозообентоценозов различных пресноводных экосистем, изучавшихся авторами. Предельно допустимый уровень (ПДУ) внешнего воздействия на индикатор–макрозообентоценоз и на представляемую им экосистему описывается в гиперпространстве факторов как граница области всех допустимых сочетаний факторных значений.

Все этапы количественного описания условий сохранения устойчивости макрозообентоценоза к многофакторным воздействиям подробно демонстрируются на конкретных примерах.

Количественное описание условий сохранения макрозообентоценозом упругости позволяет перейти к решению следующей задачи: измерению многофакторного воздействия путём сравнения его уровня с соответствующим ПДУ.

Глава 5. Количественная оценка и нормирование многофакторных антропогенных воздействий на макрозообентоценозы

Предлагается универсальный показатель результирующего уровня многофакторного воздействия на гидроэкосистему, соответствующий всем необходимым критериям (глава 1). Искомый показатель выражает кратность превышения воздействием упругой устойчивости главного биоиндикатора–макрозообентоса. Показатель обосновывается и вводится для трёх типовых ситуаций в порядке их усложнения (как это было сделано в главе 4). Сначала рассматривается оценка действия одного фактора, затем – результат комбинации двух факторов и, наконец, результирующий эффект многофакторного воздействия. Проводится всесторонняя апробация показателя, подтверждающая соответствие всем трём критериям:

- показатель действительно является изоболическим и детерминирует изменение важнейших биотических характеристик;

- он адекватно и гибко учитывает сложный эффект взаимодействия факторов в их любом сочетании;

- он является безразмерным и выражает кратность превышения любым сложным воздействием своего ПДУ, определяемого упругой устойчивостью сообществ именно к этому воздействию.

Кроме того, предложенный изоболический показатель многофакторного воздействия имеет некоторые дополнительные достоинства. Если воздействие ещё не вызвало потери упругости макрозообентоценоза, то показатель характеризует также "запас прочности" сообщества (его остаточную устойчивость). Он также даёт точную оценку долевого вклада каждого из факторов в их общую нагрузку на биоту.

Использование предложенного изоболического показателя позволило проанализировать, обобщить, формализовать и типизировать основные количественные закономерности реакции пресноводных макрозообентоценозов на различные многофакторные воздействия. Предложена единая классификация и подход к нормированию многофакторных антропогенных воздействий на пресноводные экосистемы по состоянию индикатора–макрозообентоса.

Оценка воздействий различной сложности и разные варианты реакции макрозообентоса на многофакторную нагрузку детально иллюстрируются конкретными примерами.

Глава 6. Некоторые примеры использования изоболического метода

Приводятся примеры практического применения изоболического метода, детально описанного в предыдущих главах, для решения следующих экологических и природоохранных задач:

- изучение и оценка многофакторных антропогенных воздействий на различные водные экосистемы;

- анализ экологического риска и определение экологического ущерба от многофакторных антропогенных воздействий на водные объекты;

- обоснованный выбор наиболее эффективных мер по регулированию техногенной нагрузки на речную экосистему и прогноз ожидаемых от этого результатов.

Книга предназначена для специалистов в области гидроэкологии, обеспечения экологической безопасности, экологической токсикологии и зоологии, а также может быть полезна самому широкому кругу читателей, интересующихся проблемами изучения внешних воздействий на биосистемы или иные системные объекты.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	19
Глава 1. ПРОБЛЕМА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ МНОГОФАКТОРНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПРЕСНОВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ...	24
1.1. Оценка состояния и антропогенных изменений экосистем по абиотическим параметрам	24
1.2. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений (на примере сообществ макрозообентоса)	41
1.3. Оценка состояния и антропогенных изменений экосистем с использованием и абиотических, и биотических параметров	56
1.4. Основные результаты анализа проблемы количественной оценки многофакторных антропогенных воздействий на пресноводные экосистемы	60
Глава 2. МАТЕРИАЛ, МЕТОДИКИ, МОДЕЛЬНЫЕ ГИДРОЭКОСИСТЕМЫ	62
2.1. Использованный материал	62
2.2. Методики, применённые при сборе и обработке проб	64
2.3. Краткая характеристика модельных гидроэкосистем	64
2.3.1. Водоем-охладитель Рязанской ГРЭС (Пронское водохранилище)	66
2.3.2. Реки Паша, Капша и Сясь	70
2.3.3. Река Луга и её притоки в зоне воздействия ООО "ПГ Фосфорит"	82
Глава 3. УСТОЙЧИВОСТЬ МАКРОЗООБЕНТОЦЕНОЗОВ К МНОГОФАКТОРНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ	89
3.1. Видовой состав сообщества как совокупность характерных для него видов; критерий оценки изменения видового состава	89
3.2. Выбор доверительного уровня для выявления характерных видов макрозообентоценоза	95
3.3. Фоновые условия и фоновое состояние макрозообентоценоза	107
3.3.1. Понятия фоновых условий и фонового состояния макрозообентоценоза	107
3.3.2. Описание фонового состояния макрозообентоценоза в гомотопных и в гетеротопных биотопах	110
3.4. Понятие и мера устойчивости макрозообентоценоза к воздействию	124
3.4.1. Обоснование выбора понятия устойчивости макрозообентоценоза к воздействию	124
3.4.2. Обоснование выбора критерия и количественной меры упругой устойчивости макрозообентоценозов к воздействию	126
Глава 4. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ УСЛОВИЙ СОХРАНЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ МАКРОЗООБЕНТОЦЕНОЗА К МНОГОФАКТОРНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ	131
4.1. Функции благополучия биосистем; диапазоны оптимальных, субоптимальных и толерантных значений экологических факторов	131
4.2. Функции благополучия макрозообентоценоза от факторов, составляющих изучаемое воздействие; диапазоны факторных значений – оптимальных, субоптимальных и толерантных для макрозообентоценоза	138
4.3. Количественное описание условий сохранения упругой устойчивости макрозообентоценоза к воздействию	143
4.3.1. Описание ОСУ при однофакторном воздействии	144
4.3.2. Описание ОСУ при двухфакторном воздействии	150
4.3.3. Описание ОСУ при многофакторном воздействии	163

4.3.4. Некоторые результаты количественной оценки степени синергизма различных факторов при их комбинированных воздействиях на макрозообентос	176
Глава 5. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА И НОРМИРОВАНИЕ МНОГОФАКТОРНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА МАКРОЗООБЕНТОЦЕНОЗЫ	181
5.1. Количественная оценка многофакторных антропогенных воздействий на макрозообентоценозы	182
5.1.1. Оценка однофакторного воздействия	183
5.1.2. Оценка двухфакторного воздействия	188
5.1.3. Оценка многофакторного воздействия	198
5.2. Закономерности реакции макрозообентоценозов на многофакторное воздействие как основа его нормирования	210
Глава 6. НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗОБОЛИЧЕСКОГО МЕТОДА	218
6.1. Анализ динамики многофакторных воздействий на гидроэкосистемы	220
6.1.1. Воздействие ООО "ПГ Фосфорит" на экосистему р. Луги	221
6.1.2. Воздействие ОАО "Бокситогорский глинозём" на экосистему р. Сяси и её притоков	228
6.1.3. Техногенное воздействие на экосистему р. Плюсы и ее притоков	236
6.1.4. Последствие молевого лесосплава на экосистему р. Паши и её притоков	239
6.2. Оценка техногенного экологического ущерба на основе риск-анализа	243
6.3. Выбор мер по регулированию многофакторных воздействий на гидроэкосистему и наносимого ей ущерба	256
Приложение 1. Химический состав воды в водоёме–охладителе Рязанской ГРЭС и в фоновых условиях (р. Проня) (1990 – 1994 гг.). Диапазоны значений показателей	263
Приложение 2. Список видов макрозообентоса, обнаруженных в водоеме-охладителе Рязанской ГРЭС и изучавшегося участка реки Прони	265
Приложение 3. Гидрологические и гидрохимические характеристики р. Сяси в верхнем и среднем течении; по результатам исследований на 6 створах (1997 г.)	267
Приложение 4. Гидрологические и гидрохимические характеристики рек Паши (участок 60 км – от устья р.Пить до д.Новое Село) и Капши (участок 30 км – от п.Новинка до устья); летняя межень 1992 г.	268
Приложение 5. Гидрологические и гидрохимические характеристики рек Паши и Капши на эталонных створах в летнюю межень (1992 г.–1999 г.)	272
Приложение 6. Список видов макрозообентоса, обнаруженных в реках Паше, Капше и Сяси	274
Приложение 7. Диапазоны значений концентрации некоторых веществ в водах р. Луги и ее притоков	281
Приложение 8. Список видов макрозообентоса, обнаруженных в реке Луге и её притоках	282
ЛИТЕРАТУРА	286