

С. К. Рындевич

**ОТРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВИДОВОГО СОСТАВА
БЕСТОЗВОНОЧНЫХ**



С. К. Рындевич

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВИДОВОГО СОСТАВА
БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

Практическое руководство
для экологов

Барановичи
2015

УДК 574(07)
ББК 28я73
P93

Печатается в рамках проекта Establishing Modern Master-level Studies
in Industrial Ecology программы Tempus

Рецензенты:

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник сектора экологической оценки преобразований окружающей среды Государственного научно-производственного объединения «Научно-практический центр по биоресурсам» Национальной академии наук Беларуси

А. В. Дерунков,

кандидат биологических наук, заведующий кафедрой зоологии учреждения образования «Белорусский государственный университет имени Максима Танка» *В. А. Цинкевич*

Рындевич, С. К.

P93 Определение экологического состояния водных экосистем на основе анализа видового состава беспозвоночных : практическое руководство / С. К. Рындевич. — Барановичи, 2015. — 27 с.

Содержит информацию по основам биоиндикации и основным группам биоиндикаторов, которые используются при оценке экологического состояния водных объектов. Ключевыми составляющими пособия является описание методик отбора гидробиологических проб и определения экологического состояния водных экосистем. Важным элементом руководства выступает иллюстрированное приложение, которое облегчит идентификацию беспозвоночных.

Адресуется специалистам-экологам, а также студентам, проводящим научные исследования в сфере экологии и охраны окружающей среды, будет полезно широкому кругу читателей, интересующихся вопросами экологии и охраны природы.

УДК 574(07)
ББК 28я73

ISBN 978-985-498-674-6

© Рындевич С. К., 2015

Предисловие

В настоящее время большое значение приобретает разработка методов определения экологического состояния водных объектов, особенно в крупных населённых пунктах, при помощи биоиндикационных методов. Определение физико-химических свойств воды не даёт полной картины экологического состояния водных объектов. Кроме того, применение стандартных методов анализа воды обычно сопряжено с выполнением ряда требований: наличие специального оборудования и химических лабораторий для обработки проб, наличие специально подготовленного персонала, значительные финансовые затраты и т. д.

Использование же методов биоиндикации для оценки состояния окружающей среды является наиболее приемлемым и наименее трудоемким, так как он не требует сложного оборудования и доступен людям, владеющим определенными знаниями, в первую очередь — информацией о видах-биоиндикаторах. Одними из наиболее чувствительных к интенсивности антропогенной нагрузки являются беспозвоночные животные. В связи с этим эта группа животных является удобной для проведения оценки качества вод.

*С. К. Рындевич,
кандидат биологических наук, доцент*

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ БИОИНДИКАЦИИ

Биоиндикация — использование подходящих индикаторных организмов, позволяющих осуществить качественную оценку изменений окружающей среды.

Биоиндикация имеет ряд преимуществ перед химическими методами оценки состояния окружающей среды, широко применяемыми в настоящее время. Они:

- суммируют все без исключения биологически важные данные об окружающей среде и отражают её состояние в целом;
- в условиях хронической антропогенной нагрузки могут реагировать на очень слабые воздействия в силу аккумуляции дозы;
- исключают необходимость регистрации физических и химических параметров среды;
- делают необязательным применение дорогостоящих и трудоемких физических и химических методов для измерения биологических параметров;
- фиксируют скорость происходящих в окружающей среде изменений;
- указывают пути и места скоплений различного рода загрязнений в экосистемах и возможные пути попадания этих веществ;
- помогают нормировать допустимую нагрузку на экосистемы, различающиеся по своей устойчивости к антропогенному воздействию, так как одинаковый состав и объем загрязнений может привести к различным реакциям природных систем в разных географических зонах;
- вскрывают тенденции развития окружающей среды.

Различают две формы биоиндикации:

- **неспецифическая биоиндикация**, предполагающая, что одинаковые реакции организма-индикатора могут быть вызваны различными факторами среды (например, органическим загрязнением, изменением активной реакции воды и т. д.);
- **специфическая биоиндикация**, предполагающая, что изменения реакции чётко связаны с изменением конкретного фактора.

Биоиндикатор (от греческого «bios» – жизнь и латинского «indicator» – указатель) – вид или сообщество организмов, используемые для оценки состояния окружающей среды.

К биоиндикаторам относятся виды, группы видов или сообщества живых организмов по наличию, степени развития, изменению морфологических, генетических, биохимических и других признаков, на основании которых судят о состоянии, специфических особенностях и свойствах окружающей среды [1]. В качестве биоиндикаторов могут выступать различные организмы: бактерии, грибы, лишайники, растения и животные. Биоиндикация получила применение в оценке экологического состояния как наземных, так и водных экосистем.

При выборе биоиндикаторов, по мнению Ю. Одума, необходимо учитывать следующее:

1. Стенотопные виды (т. е. виды, приспособленные к существованию в строго определенных условиях), более редкие в сообществах, как правило, являются лучшими

индикаторами, чем эвритопные (широко распространенные, обладающие широким диапазоном экологической выносливости).

2. Более крупные виды являются обычно лучшими индикаторами, чем мелкие, так как скорость оборота последних в биоценозах выше и они могут не попасть в пробу в момент исследования (при наблюдениях с длительной периодичностью).

3. При выделении вида (или группы видов), используемого в качестве индикатора воздействия того или иного фактора, необходимо иметь полевые и экспериментальные сведения о лимитирующих значениях данного фактора, с учетом возможных компенсаторных реакций организма и толерантности вида (группы видов).

4. Численное соотношение разных видов (популяций или сообществ) более показательнее и является более надёжным индикатором, чем численность одного вида [2].

Индикаторы должны удовлетворять ряду требований:

1) накопление загрязняющих веществ не должно приводить к гибели биоиндикаторов;

2) численность индикаторных организмов должна быть достаточной для отбора, т. е. без влияния на их воспроизводство;

3) тесты должны быть генетически однородными;

4) должна быть обеспечена легкость взятия проб, содержащих индикаторы;

5) должна реализоваться относительная быстрота проведения анализа состояния среды;

6) биоиндикаторы должны обеспечивать получение достаточно точных и воспроизводимых результатов;

7) биоиндикаторы должны быть одновозрастными и характеризоваться, по возможности, близкими свойствами;

8) диапазон погрешностей измерений (по сравнению с классическими или эталонными методами тестирования) не должен превышать 20–30%;

9) при выборе биоиндикаторов предпочтение следует отдавать регистрации функциональных, этологических, цитогенетических изменений отдельных индикаторных процессов биоты, а не только изменению её структуры, численности или биомассы, так как последние являются более консервативными.

Жизненные функции биоиндикаторов, показатели их биологического разнообразия позволяют судить о естественных и антропогенных изменениях в среде. Биоиндикаторы реагируют на воздействия экологических факторов с различной скоростью, а реакция индикатора на фактор может сохраняться разный промежуток времени. Исходя из этого, различают несколько типов чувствительности индикаторов:

I тип – биоиндикатор проявляет быструю и сильную реакцию, продолжающуюся некоторое время, после чего перестает реагировать на экологический фактор;

II тип – биоиндикатор в течение длительного времени линейно реагирует на воздействие возрастающей концентрации экологического фактора;

III тип – после немедленной, сильной реакции у биоиндикатора наблюдается её затухание, сначала резкое, затем постепенное;

IV тип – под влиянием фактора реакция биоиндикатора постепенно становится всё более интенсивной, однако, достигнув максимума, постепенно затухает.

V тип – реакция и типы неоднократно повторяются, возникает осцилляция биоиндикаторных параметров [3].

Живые организмы постоянно присутствуют в окружающей среде и реагируют даже на кратковременные выбросы веществ-загрязнителей, которые не всегда возможно зарегистрировать при периодическом отборе проб для анализа изменений параметров окружающей среды. Различают чувствительные и аккумулятивные биоиндикаторы:

– **чувствительный (сенситивный)**. Быстро реагирует значительным отклонением показателей от нормы. Например, гибель ряда личинок ряда видов водных насекомых, широкопалого рака может быть обнаружена практически сразу после начала действия фактора (снижение уровня кислорода в воде, попадание в воду аммиака и т. д.);

– **аккумулятивный (поглощительный)**. Накапливает воздействия без проявляющихся нарушений. Например, пруд при вбросе органических загрязнителей на начальных этапах его загрязнения будет прежним по своим основным характеристикам (видовому составу, видовому разнообразию, экологической структуре и т. д.). Только по прошествии некоторого времени начнут исчезать отдельные виды беспозвоночных, произойдёт смена соотношения стенобионтных и эврибионтных видов в экологической структуре, изменится общая численность организмов и т. д. Таким образом, прудовое сообщество как биоиндикатор не сразу обнаружит изменение состояния среды.

Для биоиндикаторов свойственна **специфичность** и **чувствительность**.

При **низкой специфичности** биоиндикатор реагирует на разные факторы, а при **высокой специфичности** – только на один экологический.

При **низкой чувствительности** биоиндикатор даёт ответ только на сильные отклонения фактора от нормы, а при **высокой чувствительности** – даже на незначительные.

В структуре биоиндикации выделяют также биотестирование. Иногда биоиндикацию и биотестирование считают различными составляющими оценки качества окружающей среды. При биоиндикации организмы извлекаются из экосистем (либо устанавливаются параметры сообществ организмов непосредственно в природе) и по их состоянию оценивают состояние окружающей среды. Анализ проб и собранной информации проводится в лаборатории.

При **биотестировании** качество среды оценивается посредством реакций тест-организмов, помещённых в тестируемую среду в лаборатории

Тест-организмы – это организмы, используемые для оценки качества воздуха, воды или почвы в лабораторных опытах.

Наиболее широко биоиндикация применяется для оценки степени и характера загрязнения поверхностных вод, используемых для питьевого водоснабжения и хозяйственных целей.

Водные объекты относятся к экосистемам, которые испытывают наибольший антропогенный прессинг, так как активно используются в хозяйственных и рекреационных целях. Загрязнение водных объектов усиливается в последнее время, снижая хозяйственные свойства воды и отражаясь на всём водном населении. Кроме антропогенного, происходит и естественное изменение качества воды. Последнее может быть обусловлено как гибелью и разложением гидробионтов, так и прижизненным выделением определённых веществ водными растениями. Погодные явления (засухи, наводнения, сильные дожди и т. д.), сезонные изменения уровня воды, разливы рек могут также способствовать изменению качества воды и экологического состояния водного объекта.

Исследования трансформации водных экосистем позволили выявить ряд процессов, которые являются составляющими обозначенных выше положений [4]. При увеличении антропогенной нагрузки (увеличении числа антропогенных факторов и их интен-

сивности) наблюдается изменение ряда показателей биоразнообразия как α -, так и β -разнообразия. Эти изменения проявляются в следующем:

- 1) обеднение таксономического состава, что выражается в уменьшении количества таксонов различного ранга (отрядов, семейств и т. д.);
- 2) сокращение видового состава;
- 3) упрощение экологической структуры экосистем, что проявляется в сокращении числа экологических групп организмов по биотопической приуроченности, а также за счёт сокращения числа стенобионтных видов в составе зооценозов, снижение числа трофических групп беспозвоночных, уменьшения доли беспозвоночных-фитофагов по отношению к зоофагам.

Кроме того, отмечена корреляция между коэффициентом фаунистического сходства экосистем и степенью антропогенного воздействия. Экосистемы с большей степенью негативного влияния человека имеют более низкие коэффициенты сходства с ненарушенными экосистемами, чем те экосистемы, где воздействие человека незначительно. Все указанные показатели биоразнообразия для их определения не требуют использования специальных статистических программ. Они легко определяются на начальных этапах анализа состояния биоразнообразия как водных, так и наземных экосистем.

Наиболее чувствительными к интенсивности антропогенной нагрузки являются беспозвоночные животные (моллюски, ракообразные, насекомые, среди которых выделяются стрекозы, веснянки, поденки, ручейники, жесткокрылые).

Существует ряд методик, позволяющих провести оценку качества воды при помощи беспозвоночных [5]. Метод определения качества речных вод от Р. Вассмана и В. Ксиландера [6] является малоизвестным, хотя это не уменьшает его значимости. Данный метод изначально предполагал возможность использования в основном только отдельных групп беспозвоночных, кроме того, метод был разработан для рек.

На основании проведённых исследований, позволявших сравнить использование биологической и гидрохимической оценки качества воды, метод Вассмана и Ксиландера был адаптирован нами к условиям Беларуси. Кроме того, предложенные изменения позволили использовать метод не только для определения экологического состояния всех типов водных объектов. Дополнения позволяют более точно определить показатели качества воды, что подтверждается результатами гидрохимического исследования [7].

МЕТОДИКА ОТБОРА ГИДРОЗООЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ

Отбор гидрозоологических проб осуществлялся при помощи гидробиологического сачка методом кошения по зарослям макрофитов (рис. 1). Для объективности при отборе проб необходимо производить взмахи и по дну водного объекта, вне зависимости, есть там макрофиты или нет, так как в донном грунте обитает ряд видов, которые важны для оценки экологического состояния водных экосистем. Стандартная проба состояла из 10 взмахов в одной станции водного объекта. Проба просматривается в ванночке с водой (рис. 2). Беспозвоночные либо учитываются визуально (если их возможно идентифицировать в полевых условиях), либо фиксируются в 70%-м спирте для последующего определения в лабораторных условиях с использованием оптики.



Рисунок 1 – Отбор проб гидробиологическим сачком



Рисунок 2 – Разбор пробы в ванночке

В зависимости от размера и разнородности экологических условий в водных экосистемах (например, в ручьях и реках) для отбора проб выбирались до 10 станций для каждого водного объекта.

Практика отбора гидробиологических проб и для биоиндикации экологического состояния водных объектов показала, что кроме указанного метода следует использовать и ручной сбор беспозвоночных с корней макрофитов, промывание в ванночке с водой и просеивание почвенным ситом для наносов и растительных остатков, находящихся вблизи уреза воды.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Для определения степени загрязнения на основе анализа видового состава беспозвоночных следует придерживаться следующего алгоритма:

1. Организмы в пробе определяются по группам в соответствии с таблицей 1. Идентификация может производиться при использовании фотографий (рис. А.1–А.38) или при помощи специальной определительной литературы [48]. Данные вносятся в таблицу (каждая обнаруженная группа в столбце 2).

2. Для каждой группы определяется число видов организмов. Результаты указываются в столбце 3.

3. Подсчитывается общее число видов в столбце 3, и результат записывается в выделенную ячейку нижней части столбца.

4. На основании числа видов в группе определяется разряд для каждой группы организмов. Разряды отмечаются крестиками в столбце 5.

5. Затем определяется высший из отмеченных разрядов, соответствующий латинской букве с наименьшим порядковым номером в алфавите. Высший разряд записывается в выделенную ячейку в нижней части столбца 5.

6. Класс качества воды определяется по таблице 2 на основе данных по общему числу видов и высшему разряду, продвигаясь слева направо по строке, соответствующей высшему разряду, до столбца с указанием общего числа видов. Римские цифры обозначают класс качества воды в водном объекте.

7. По таблице 3 определяется степень загрязнения воды. Определение степени загрязнения производится по большему порядковому числу, присужденному классу качества воды (если в пробах отсутствуют виды-биоиндикаторы).

Т а б л и ц а 1 — Расчёт входных параметров для таблицы 2

Название групп организмов	Обнаруженные в пробе группы организмов	Число видов организмов в группе	Определение высшего разряда	
			Сравнение числа видов организмов в группе	Разряд
1	2	3	4	5
Личинки веснянок			2 и более 1	А В
Широкопалый рак				В
Плавунчик брихиус, плавунцы деронектес и ореодитес, сумеречная вертячка и их личинки			2-4 1	В С
Личинки поденок			3 и более 2 1	В С Не влияет
Личинки ручейников			4 и более 1-3	В С
Губки			1-2	С *
Бокоплав			2 и более 1	С Не влияет
Узкопалый рак				С
Личинки вислокрылок				Д
Водяной ослик				Д
Пиявки				Д
Поденка каэнис				Д
Водожук бурый и его личинка				Д
Личинка стрекозы болотной				Д
Трубочник и другие кольчатые черви				Е
Личинки комаров-звонцов				Е
Личинки львинок				Е
Личинки журчалок				Е
Кишечнополостные				
Мшанки				
Плоские черви				
Круглые черви				
Моллюски				
Другие ракообразные				
Личинки бабочек				
Личинки других двукрылых				
Личинки других стрекоз				
Клопы				
Водные клещи и другие паукообразные				
Другие жуки и их личинки				
Общее число видов				Высший разряд

Т а б л и ц а 2 – Определение класса качества вод

Высший разряд	Общее число видов			
	0-1	2-8	9-15	16 и более
A	—	II	I-II	I
B	III	II-III	II	I-II
C	III-IV	III	II-III	II
D	IV	III-IV	III	II-III
E	V	IV-V	III-IV	III

Т а б л и ц а 3 – Определение степени загрязнения по классу качества воды

Класс качества воды	Степень загрязнения
I	Очень чистые
II	Чистые
III	Умеренно грязные
IV	Загрязнённые
V	Грязные
VI	Очень грязные

В качестве индикаторов экологического состояния водного объекта предлагается использовать:

– **индикаторы чистоты воды** (широкопалый рак *Astacus astacus* (Linnaeus), плавунцы деронектес *Deronectes latus* (Stephens) и ореодитес *Oreodytes sanmarkii* (Sahlberg), плавунчик брихиус *Brychius elevatus* (Panzer), сумеречная вертячка *Orectochilus villosus* (O.F. Müller), нахождение которых, согласно данному методу, позволяет присвоить воде разряд B;

– **индикаторы умеренного органического загрязнения** (поденки каэнис (*Caenis* sp.), личинки стрекозы болотной *Leucorrhinia pectoralis* (Charpentier) и водожук бурый *Hydrobius fuscipes* (Linnaeus) – разряд D;

– **индикаторы сильного органического загрязнения и заиления** (личинки мух-журчалок, личинки мух-львинок, личинки комаров-звонцов и другие) – разряд E.

Предложенные виды-индикаторы достаточно хорошо идентифицируются. Например, широкопалый рак хорошо отличается от узкопалого по верхней (более крупной) ветви клешней. У широкопалого на внутренней стороне верхней ветви клешни посередине имеется хорошо заметная выемка, которая ограничена четкими зубцами (см. рис. А.11). У узкопалого рака таких зубцов и большой выемки нет (см. рис. А. 10).

Преимуществом использования видов-биоиндикаторов является и возможность определения не только факта загрязнения воды, но и наличия таких экологических процессов как обмеление водного объекта и закисление воды, что не предусмотрено методикой Вассмана и Ксиландера.

При оценке экологического состояния водного объекта следует учитывать присутствие в пробах конкретных видов-биоиндикаторов. Это позволяет более точно определить

класс качества воды. Так, наличие в пробах индикаторов чистоты воды или индикаторов органического загрязнения в случае (согласно обозначенной выше методике) промежуточного класса качества (например, II–III) позволяет более точно определить класс качества воды. Присутствие индикатора загрязнения воды предполагает снижение класса качества воды (например, при II–III классе, согласно таблице 2, до III). При наличии в пробе индикатора чистоты воды класс качества воды определяется как II.

В практике биоиндикации довольно редко используются жесткокрылые, как имаго, так и их личинки. Это связано как с недостаточной изученностью их экологических предпочтений (в первую очередь личинок), так и со слабой чувствительностью взрослых особей к изменению химического состава воды. Однако наши исследования показывают, что не стоит недооценивать эту группу насекомых для индикации состояния воды. Это касается использования не только отдельных видов в качестве биоиндикаторов, но и применения показателей их видовой и экологической структуры [49].

Долговременные исследования были проведены по установлению влияния изменения гидрологического режима водоема на генезис водной колеоптерофауны на примере карьерных прудов. Эти водоёмы проходят три стадии в своем развитии: молодость, зрелость и старость.

Полученные данные позволяют сделать краткосрочный прогноз судьбы определённого пруда и, проведя очистку и углубление ложа водоема, предотвратить его заболачивание и пересыхание. В прудах, которым грозит пересыхание или полное заболачивание в течение 3–5 лет, увеличивается доля стагнобионтных видов жуков (с 70% и выше). На модельных прудах, при переходе от второй стадии развития (зрелость) к третьей стадии (старость), было отмечено увеличение общего количества видов водных жуков, иногда в 2,0–2,5 раза, за счёт видов, характерных для болот и временных водоемов. Исследования показали, что увеличение числа стагнобионтных видов и появление **видов-индикаторов закисления воды** (влаголюбые *Hydrochus brevis* (Herbst), *H. megaphallus* Berge Henegouwen, *H. crenatus* (Fabricius), *H. elongatus* (Schaller), *H. kirgisticus* Motschulsky, *H. ignicollis* Motschulsky, морщинник весенний *Helophorus nanus* (Sturm), тинолюб *Enochrus ochropterus* (Marshall)), **индикаторов обмеления водного объекта** (морщинник гранулированный *Helophorus granularis* (Linnaeus), *H. discrepans* Rey, шипоножка *Anacaena lutescens* (Stephens)), **индикатора органического загрязнения и обмеления водного объекта** (водожук бурый *Hydrobius fuscipes*), свидетельствуют о том, что пруд прекратит свое существование в течение 3–5 лет, если своевременно не очистить и углубить ложе [50].

ВИДЫ-ИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Индикаторы чистоты воды: широкопалый рак *Astacus astacus* (Linnaeus), плавунцы деронектес *Dronectes latus* и ореодитес *Oreodytes sanmarkii*, плавунчик брихиус *Brychius elevatus*, сумеречная вертячка и их личики.

Индикатор умеренного органического загрязнения: водяной ослик (*Asellus aquaticus* Linnaeus), личинка поденки каэнис (*Aenis* sp.).

Индикатор умеренного органического загрязнения и закисления воды: личинка стрекозы болотной *Eucorrhinia pectoralis* (Charpentier).

Индикаторы сильного органического загрязнения и заиления: трубочник (*Tubifex tubifex* (Müller)), личинки журчалок (*Eristalis*), львинок (*Bratiomyia* sp.) и комаров-звонцов (*Chironomus* sp.).

Индикаторы закисления воды: влаголюбы (*Hydrochus brevis* (Herbst), *H. megaphallus* Berge Henegouwen, *H. crenatus* (Fabricius), *H. kirgisticus* Motschulsky, *H. ignicollis* Motschulsky), морщинник весенний *Helophorus nanus*, тинолюб *Enochrus ochropterus* (Marsham).

Индикаторы обмеления водного объекта (морщинник гранулированный *Helophorus granularis*, морщинник дискрепанс *H. discrepans*, шипоножка *Anacaena lutescens*).

Индикатор умеренного органического загрязнения и обмеления водного объекта (водожук бурый *Hydrobius fuscipes*).

ИЛЛЮСТРАЦИИ



Рисунок А.1 – Губка (бодяга) [8]



Рисунок А.2 – Кишечно-
полостное (гидра) [9]

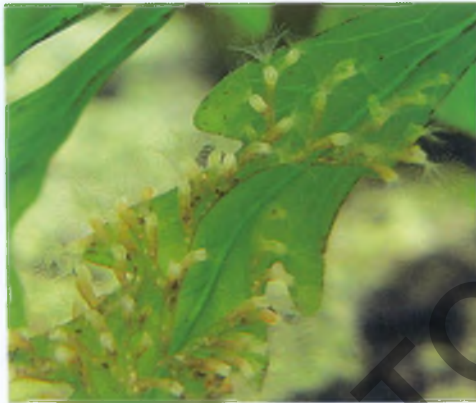


Рисунок А.3 – Мшанки [10]



Рисунок А.4 – Плоский червь
(планарии) [11]



Рисунок А.5 – Круглый червь
(волосатик) [12]

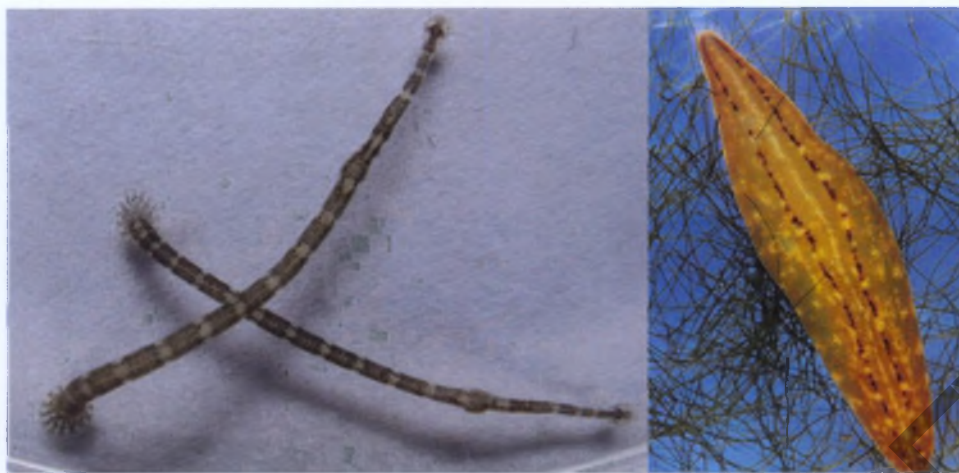


Рисунок А.6 – Пиявки [13]

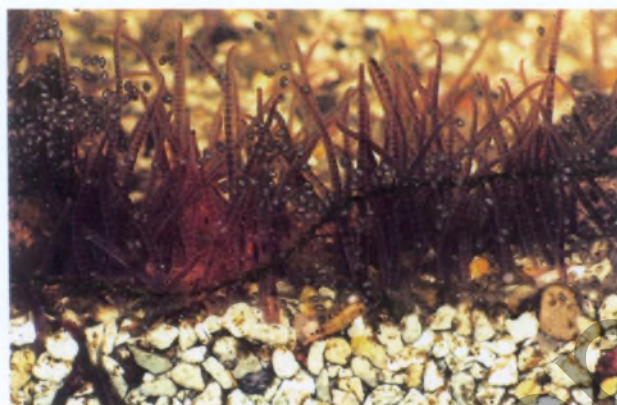


Рисунок А.7 – Трубочник [14]



Рисунок А.8 – Бокоплав [15]



Рисунок А.9 – Водяной ослик [16]



Рисунок А.10 – Узкопалый рак [17]



Рисунок А.11 – Широкопалый рак [18]



а)



б)

а – дафния [19]; б – щитень [20]

Рисунок А.12 – Ракообразные



а)



б)

а – водный клещ гидрахна; б – паук-серебрянка

Рисунок А.13 – Паукообразные [21]



Рисунок А.14 – Личинка веснянки [22]



Рисунок А.15 – Личинка вислокрылки [23]

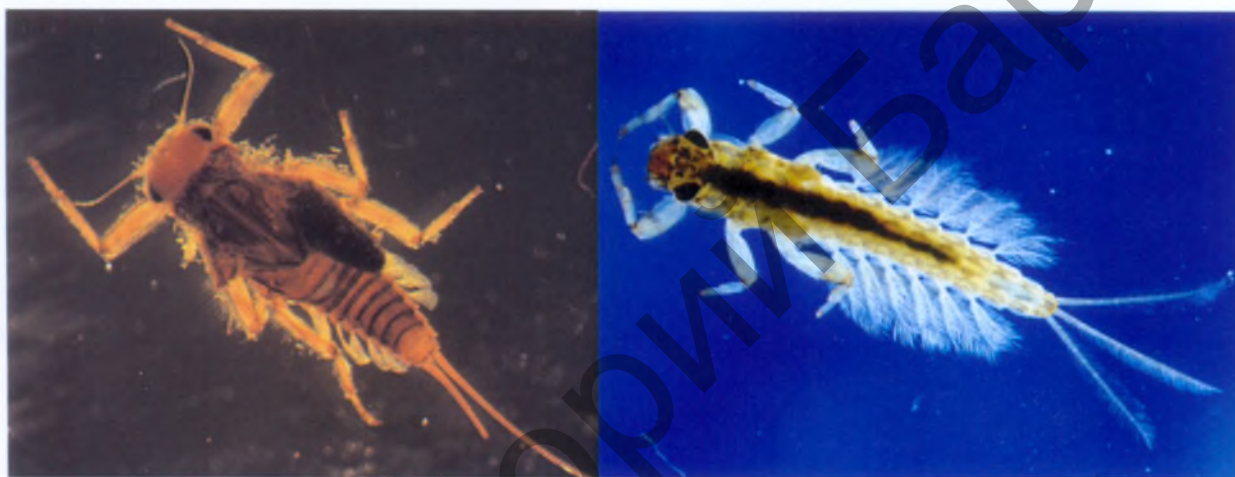


Рисунок А.16 – Личинки поденок [24]



Рисунок А.17 – Личинки поденки каэнис [25]



Рисунок А.18 – Личинки ручейников [26]



Рисунок А.19 – Личинки стрекоз [27]



Рисунок А.20 – Личинка стрекозы болотной [28]



Рисунок А.21 – Водные клопы (скорпион, гладыш) [29]



Рисунок А.22 – Плавунчик
брихиус [30]



Рисунок А.23 – Плавунец
деронектес [31]



Рисунок А.24 – Плавунец
ореодитес [32]



Рисунок А.25 – Сумеречная
вертячка [33]



а)



б)



в)

а – водолюб; б – личинка водолюба, в – плавунец

Рисунок А.26 – Водные жуки и их личинки [34]



Рисунок А.27 – Водожук бурый [35]



Рисунок А.28 – Тинолюб [36]



Рисунок А.29 – Влаголюб [37]



Рисунок А.30 – Шипоножка [38]



Рисунок А.31 – Морщинник
гранулированный [39]



Рисунок А.32 – Личинки комара-
звонца [40]



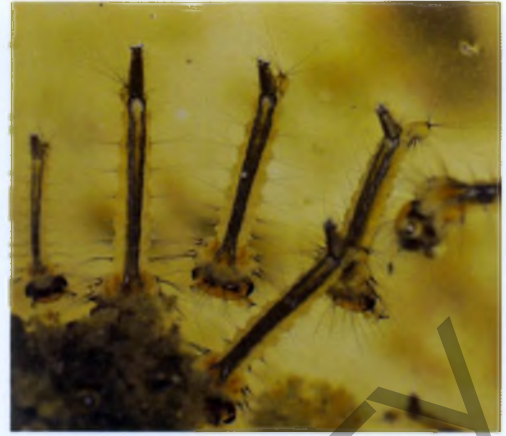
Рисунок А.33 – Личинка журчалки [41]



Рисунок А.34 – Личинка львинки [42]



а)



б)

а – слепень [43]; б – комар-пискун [44]

Рисунок А.35 – Личинки двукрылых



Рисунок А.36 – Личинка бабочки (огневка) [45]



а)



б)

а – катушка; б – прудовик

Рисунок А.37 – Брюхоногие моллюски [46]



а)



б)

а – перловица; б – шаровка

Рисунок А.38 – Двустворчатые моллюски [47]

Репозиторий БарГУ

СПИСОК ЦИТИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Малашевич Е. В. Краткий словарь-справочник по охране природы. Минск : Ураджай, 1987. 223 с.
2. Одум Ю.: 1) Экология : в 2 т. ; пер с англ. М. : Мир, 1986. Т. 1. 328 с. ; 2) Т. 2. 376 с.
3. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / под общ. ред. Р. Шуберта. М. : Мир, 1988. 350 с.
4. Рындевич С. К. Использование показателей биоразнообразия для оценки антропогенного воздействия на естественные водные и околотоводные экосистемы // Эко- и агротуризм: перспективы развития на локальных территориях : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., 18–19 мая 2011 г., Барановичи, Респ. Беларусь / редкол.: В. Н. Зуев (гл. ред.) [и др.]. Барановичи : РИО БарГУ, 2011. С. 202–206.
5. Байчоров В. М., Тищиков Г. М., Рощина Н. Н. Экологические риски и оценка состояния водотоков Беларуси. Минск : Беларус. наука, 2005. 118 с. ; Семенченко В. П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Минск : Орех, 2004. 125 с.
6. Wassmann R., Xylander W. E. R. Ein neuer praxisbezogener Gewaeseguerteschluesel fuer die Bildungsarbeit- Arbeitsweise und Anwendungsbereich // Das Kuenanzhaus. 1986. № 11. S. 1–12.
7. Рындевич С. К. Использование беспозвоночных для биоиндикации экологического состояния водных экосистем // Экология на современном этапе развития общества : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 25–26 нояб. 2014 г., г. Барановичи, Респ. Беларусь / редкол.: В. И. Кочурко (гл. ред.) [и др.]. Барановичи: РИО БарГУ, 2014. С. 189–197.
8. Иллюстративный материал [Электронный ресурс]. URL: <http://www.afblum.be/bioafb/especies/eponges/eponges.htm> (дата обращения: 04.06.2015).
9. Hydra - a monstrous freshwater predator [Электронный ресурс] // Photography blog of Daniel Stoupin. URL: <http://notes-from-dreamworlds.blogspot.com/2011/09/hydra-monstrous-freshwater-predator.html> (дата обращения: 04.06.2015).
10. Иллюстративный материал [Электронный ресурс] // ANIMALREGISTER.NET : журн. о животных нашей планеты. URL: А <http://animalregister.net/p/planarii.html> (дата обращения: 04.06.2015) ; Непрошенные гости в аквариумах [Электронный ресурс] // Форум аквариумистов Узбекистана при Ташкентском аквариумном сайте. URL: <http://aquatropic.uz/forum/index.php?showtopic=795> (дата обращения: 04.06.2015).
11. Planaria Lab [Электронный ресурс] // Schneider24 : Just another WordPress.com site. URL: <https://schneider24.wordpress.com/2012/05/03/planaria-lab/> (дата обращения: 04.06.2015).
12. Opowieść o drucieńcu wodnym (Gordius cf. aquaticus) [Электронный ресурс] // Kochamy Polska Przyroda. URL: <http://polskaprzyroda.pl/articles,73> (дата обращения: 04.06.2015).
13. Пресноводные хищные пиявки [Электронный ресурс] // ИНВЕРТАРИУМ : Клуб любителей беспозвоночных животных. URL: <http://www.invertarium.ru/t373-topic> (дата обращения: 04.06.2015).
14. File:Tubifex02.jpg [Электронный ресурс] // Wikipedia : The free encyclopedia. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Tubifex02.jpg> (дата обращения: 04.06.2015).
15. Михаил Дмитров. Бокоплав и водяной ослик [Электронный ресурс] // Просто о рыбалке. Сайт. 2015. URL: <http://www.myfishinghome.com/baits/crustacean/> (дата обращения: 04.06.2015).
16. Водяной ослик – пресноводный рачок [Электронный ресурс] // ANIMAL READER : журн. 2014. 3 дек. URL: <http://animalreader.ru/vodyanoy-oslik-presnovodnyiy-rachok.html> (дата обращения: 04.06.2015).

17. Image [Электронный ресурс] // BIOLIB.CZ. Сайт. URL: <http://www.biolib.cz/en/image/id221496/> (дата обращения: 04.06.2015).
18. *Astacus astacus* (Noble crayfish) (*Astacus fluviatilis*) [Электронный ресурс] // UNIPROT. Сайт. URL: <http://www.uniprot.org/taxonomy/6715> (дата обращения: 04.06.2015).
19. *Daphnia mendotae* [Электронный ресурс]. URL: http://cfb.unh.edu/cfbkey/html/Organisms/CCladocera/FDaphnidae/GDaphnia/Daphnia_mendotae/daphniamendotae.html (дата обращения: 04.06.2015).
20. Щитни (Triopsidae). Содержание и разведение щитней [Электронный ресурс] // Terraforum. URL: [http://www.terraforum.net/showthread.php?3918-%D0%A9%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B8-\(Triopsidae\)-%D0%A1%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D0%B8-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B5%D0%B9](http://www.terraforum.net/showthread.php?3918-%D0%A9%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B8-(Triopsidae)-%D0%A1%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D0%B8-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B5%D0%B9) (дата обращения: 04.06.2015).
21. Photo by Catfish [Электронный ресурс] // BugGuid. Сайт. 2003–2015. URL: <http://bugguide.net/node/view/278755/bgpage> (дата обращения: 04.06.2015) ; [Электронный ресурс]. URL: <http://mir-nasekomyh.ru/uploads/images/Gallery/Karik-i-Valya/pauk-sereibryanka.jpg> (дата обращения: 04.06.2015).
22. Plecoptera [Электронный ресурс] // Wikipedia : The free encyclopedia. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Plecoptera> (дата обращения: 04.06.2015).
23. All photographs copyright [Электронный ресурс] // Сайт. 2014. URL: <http://www.pbase.com/tmurray74/image/109732724> (дата обращения: 04.06.2015).
24. [Электронный ресурс] // Clipart For Kids, School. URL: <http://imgkid.com/baetidae-larvae.shtml> (дата обращения: 04.06.2015).
25. [Электронный ресурс] // Innovative Fly Fisher Forum. 2011. URL: <http://innovativeflyfisher.com/forum/index.php?action=profile;u=75;area=showposts> (дата обращения: 04.06.2015).
26. Photo by M. Barton [Электронный ресурс] // Nature Odes. URL: <https://natureodes.wordpress.com/2012/11/19/aquatic-insects-are-the-best-insects/> (дата обращения: 04.06.2015) ; Photo by Arlo Pelegrin [Электронный ресурс] // BugGuid. Сайт. 2003–2015. URL: <http://bugguide.net/node/view/383086> (дата обращения: 04.06.2015).
27. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pinterest.com/pin/183169909818271319/> (дата обращения: 04.06.2015) ; Dragonflies and Damselflies [Электронный ресурс] // Introduction to the Odonata. URL: <http://www.ucmp.berkeley.edu/arthropoda/uniramia/odonatoida.html> (дата обращения: 04.06.2015).
28. Vážka jasnosvrnná – *Leucorrhinia pectoralis* [Электронный ресурс] // Сайт. 2015. URL: <http://www.vazky.net/cs/vazka-jasnosvrnna---leucorrhinia-pectoralis> (дата обращения: 04.06.2015).
29. Про водяного клопа гладыша и гигантскую белостому [Электронный ресурс] // KLOP911.RU : Сайт о борьбе с домашними насекомыми. 2013–2015. URL: <http://klop911.ru/klopy/vidy-klovov/vodyanoj-klop-gladysh.html> (дата обращения: 04.06.2015) ; Водные клопы [Электронный ресурс] // ZOOLOGIST.RU : Зоологический форум. 2006–2013. URL: <http://forum.zoologist.ru/viewtopic.php?id=1101> (дата обращения: 04.06.2015).
30. Photo by K. V. Makarov [Электронный ресурс] // *Brychius elevatus* Panz. (Haliplidae) – atlas of beetles of Russia. URL: <http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/eng/bryelek.htm> (дата обращения: 04.06.2015).
31. Photo by K. V. Makarov [Электронный ресурс] // *Deronectes latus* Steph. (Dytiscidae) – atlas of beetles of Russia. URL: <http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/eng/derlatkm.htm> (дата обращения: 04.06.2015).
32. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.colpolon.biol.uni.wroc.pl/oreodytes%20sanmarkii.htm> (дата обращения: 04.06.2015).
33. File:Orectochilus villosus (O.F.Mueller, 1776).jpg [Электронный ресурс] // WIKIMEDIA COMMONS. Сайт. URL: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orectochilus_villosus_\(O.F.Mueller,_1776\).jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orectochilus_villosus_(O.F.Mueller,_1776).jpg) (дата обращения: 04.06.2015).

34. Жук плавунец [Электронный ресурс] // Журнал ЖЖ. 1999. URL: <http://bruevich-mikluh.livejournal.com/908335.html> (дата обращения: 04.06.2015) ; [Электронный ресурс]. URL: <http://macroid.ru/showphoto.php?photo=63789> (дата обращения: 04.06.2015) ; Фото [Электронный ресурс] // VFL.RU. Сайт. 2001–2015. URL: http://vfl.ru/fotos/7c79512085949_1862.html?antid=1 (дата обращения: 04.06.2015).
35. [Электронный ресурс]. URL: http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/images/h_800/hydrobius_fuscipes.jpg (дата обращения: 04.06.2015).
36. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.colpolon.biol.uni.wroc.pl/enochrus%20ochropterus.htm> (дата обращения: 04.06.2015).
37. Photo by K.V. Makarov [Электронный ресурс] // *Hydrochus ignicollis* Motsch. (Hydrochidae) – atlas of beetles of Russia. URL: <http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/eng/hydignkm.htm> (дата обращения: 04.06.2015).
38. Photo by Kirill Makarov [Электронный ресурс] // BugGuide. Сайт. 2003–2015. URL: <http://bugguide.net/node/view/898854> (дата обращения: 04.06.2015).
39. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.colpolon.biol.uni.wroc.pl/helophorus%20granularis.htm> (дата обращения: 04.06.2015).
40. Мотыль [Электронный ресурс] // Крымский форум аквариумистов и террариумистов. URL: <http://aquarept.ru/topic/1052-motyly/> (дата обращения: 04.06.2015).
41. Photo by Harvey Schmidt [Электронный ресурс] // BugGuide. Сайт. 2003–2015. URL: <http://bugguide.net/node/view/817610/bgpage> (дата обращения: 04.06.2015).
42. Паурай:Soldier fly larva.jpg [Электронный ресурс] // Wikipedia. URL: http://war.wikipedia.org/wiki/Паурай:Soldier_fly_larva.jpg (дата обращения: 04.06.2015).
43. Horse fly larv [Электронный ресурс] // IMO WHOOP. URL: <http://www.imgwhoop.com/image/march-fly-larva/horse-fly-larv> (дата обращения: 04.06.2015).
44. Двукрылые [Электронный ресурс] // MacroClub.ru : Клуб любителей макросъёмки и макрофотографии. Сайт. 2005–2014. URL: <http://macroclub.ru/gallery/showphoto.php?photo=88071> (дата обращения: 04.06.2015).
45. Огневка водная кувшинковая или Мотылек кувшинковый [Электронный ресурс] // Сайт. URL: <http://www.danaida.ru/sem9/ogn8.htm> (дата обращения: 04.06.2015).
46. [Электронный ресурс]. URL: http://new-aquarist.ru/wp-content/uploads/2011/08/snail_great_pond_lymnaea_stagnalis_00_08-07-05_1.jpg (дата обращения: 04.06.2015).
47. То же ; Photo by Dr Roy Anderson [Электронный ресурс] // Моллюски Беларуси (Mollusca of Belarus). URL: <http://mollusca-g2n.weebly.com/sphaerium-corneum.html> (дата обращения: 04.06.2015).
48. Зуев В. Н., Рындевич А. Г., Рындевич С. К. Мониторинг пойменных биогеоценозов малых рек : методическое пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Барановичи, 2002. 67 с. ; Рындевич С. К. Фауна и экология водных жесткокрылых Беларуси (Haliplidae, Noteridae, Dytiscidae, Gyridae, Helophoridae, Georissidae Hydrochidae, Spercheidae, Hydrophilidae, Hydraenidae, Limnichidae, Dryopidae, Elmidae) : монография : в 2 ч. Минск : Технопринт, 2004. Ч. 1. 272 с. ; Хейсин Е. М. Краткий определитель пресноводной фауны. М. : Учпедгиз, 1962. 148 с.
49. Рындевич С. К. Использование показателей биоразнообразия для оценки антропогенного воздействия на естественные водные и околоводные экосистемы. С. 202—206.
50. Рындевич С. К. 1) Фауна и экология водных жесткокрылых Беларуси (Haliplidae, Noteridae, Dytiscidae, Gyridae, Helophoridae, Georissidae Hydrochidae, Spercheidae, Hydrophilidae, Hydraenidae, Limnichidae, Dryopidae, Elmidae). Ч. 1. 272 с. ; 2) Видовой состав жесткокрылых (Coleoptera) как показатель экологического состояния водных объектов // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон : материалы Междунар. конф., Санкт-Петербург, 25—27 окт. 2006 г. / Рос. гос. гидромет. ун-т ; редкол.: Л. Н. Карлин [и др.]. СПб : РГГМУ, 2006. С. 56—57 ; 3) Водные жесткокрылые как индикаторы экологического состояния водных объектов // Навуковий вісник Чернівецького університету. Біологія : зб. наук. праць. 2008. Вып. 417. С. 135—140.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
Основные положения биоиндикации	4
Методика отбора гидробиологических проб	8
Определение экологического состояния водных экосистем	10
Виды-индикаторы экологического состояния водных объектов	14
Приложение А	15
Список цитируемых источников	25

Репозиторий БарГУ

Производственно-практическое издание

Рындевич Сергей Константинович

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВИДОВОГО СОСТАВА
БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

**Практическое руководство
для экологов**

Подписано в печать 12.06.2015. Формат 60 × 84 ¹/₈. Бумага офсетная. Цифровая печать.
Усл. печ. л. 3,70. Уч.-изд. л. 1,70. Тираж 250 экз. Заказ 1190

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя и
распространителя печатных изданий № 1/424 от 2 сентября 2014 г.

Полиграфическое исполнение:
открытое акционерное общество «Красная звезда». Свидетельство о государственной
регистрации издателя, изготовителя и распространителя печатных изданий № 2/7 от 28.10.2013 г.
Юридический адрес: пер. 1-й Загородный, 3, 220073, Минск.
Почтовый адрес: ул. Советская, 80, 225409, Барановичи



ЭПОЗИТ ОРНИЙ БАРГУ

ISBN 978-985-498-674-6



9 789854 986746