

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ДЛЯ БИОИНДИКАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Введение. Водные объекты относятся к экосистемам, которые испытывают наибольший антропогенный прессинг, так как активно используются в хозяйственных и рекреационных целях. Загрязнение водных объектов в последнее время усиливается, снижая хозяйственные свойства воды и отражаясь на всем водном населении. Кроме антропогенного, происходит и естественное изменение качества воды. Последнее обусловлено как гибелью и разложением гидробионтов, так и прижизненным выделением определённых веществ водными растениями.

В настоящее время важное значение приобретает разработка методов определения экологического состояния водных объектов, особенно в крупных населённых пунктах, при помощи биоиндикационных методик. 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: наличия специального оборудования и химических лабораторий для обработки проб, специально подготовленного персонала, значительных финансовых затрат и т. д. Использование же методов биоиндикации для оценки состояния окружающей среды является наиболее приемлемым и наименее трудоёмким, так как они не требуют сложного оборудования и доступны людям, владеющим определёнными знаниями, в первую очередь — информацией о видах-биоиндикаторах. Наиболее чувствительными к интенсивности антропогенной нагрузки являются беспозвоночные животные.

Существует ряд методик, позволяющих провести оценку качества воды при помощи беспозвоночных [1; 2]. Один из таких методов от Р. Вассмана и В. Ксиландера [3] является малоизвестным, хотя это не уменьшает его значимости. На основании проведённых исследований, позволивших сравнить использование биологической и гидрохимической оценки качества воды, метод Вассмана и Ксиландера был адаптирован нами к условиям Беларуси.

Основная часть. Материалом для работы послужили сборы автора, проведённые на территории Беларуси с 1985 по 2013 год. Исследования проводились на территории Витебской, Минской и Брестской областей.

Отбор гидробиологических проб осуществлялся при помощи гидробиологического сачка Бальфура-Брауна методом кошения по зарослям макрофитов. Стандартная проба состояла из 10 взмахов в одной станции водного объекта. 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. Использовался и ручной сбор беспозвоночных с корней макрофитов, промывание в ванночке с водой и просеивание почвенным ситом для наносов и растительных остатков.

Исходя из результатов анализа возможности использования фауны беспозвоночных в качестве показателя экологического состояния водных объектов, считаем необходимым внесение некоторых дополнений (обозначены *) в метод Вассмана и Ксиландера, а именно в таблицы 1 и 2.

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
Личинки веснянок			2 и более 1	A B
Широкопалый рак *				B *
Плавунчик брихиус, плавунцы деронектес и ореодитес, сумеречная вертячка и их личинки *			2—4* 1*	B * C *
Личинки поденок			3 и более 2 1	B C не влияет
Личинки ручейников			4 и более 1—3	B C
Губки *			1—2 *	C *
Бокоплавы			2 и более 1	C не влияет
Узкопалый рак *				C *
Личинки вислокрылок				D
Водяной ослик				D
Пиявки				D
Поденка каэнис *				D *

Окончание таблицы 1

Название групп организмов	Обнаруженные в пробе группы организмов	Число видов организмов в группе	Определение высшего разряда	
			Сравнение числа видов организмов в группе	Разряд
Водожук бурый и его личинка *				D *
Личинка стрекозы болотной *				D *
Трубочник * и другие кольчатые черви				E
Личинки комаров-звонцов *				E *
Личинки львинок *				E *
Личинки журчалок *				E *
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

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. Данные вносятся в таблицу (каждая обнаруженная группа — в графу 2).

2. Для каждой группы определяется число видов организмов (результаты указываются в графе 3).

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

4. На основании числа видов в группе определяется разряд для каждой группы организмов (отмечается крестиком в графе 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 графы 5).

6. Класс качества воды определяется (см. таблица 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. Степень загрязнения воды определяется (таблица 3) по большему порядковому числу, присуждённому классу качества воды (если в пробах отсутствуют виды-биоиндикаторы).

Данный метод изначально предполагал возможность использования в основном только отдельных групп беспозвоночных, кроме того, метод был разработан для рек. Изменения касаются в первую очередь видов-индикаторов, которые можно использовать для определения качества вод. Поэтому мы внесли в таблицу дополнительные графы, включающие 1) индикаторы чистоты воды (широкопалый рак *Astacus astacus* (Linnaeus), плавунцы деронектес *Deronectes latus* (Stephens) и ореодитес *Oreodytes*

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

sanmarkii (Sahlberg, плавунчик брихиус *Brychius elevatus* (Panzer), сумеречная вертячка), нахождение которых, согласно данному методу, позволяет присвоить воде разряд В; 2) индикаторы умеренного органического загрязнения (поденки каэнис (*Caenis* sp.), личинки стрекозы болотной *Leucorrhinia pectoralis* (Charpentier) и водожук бурый *Hydrobius fuscipes* (Linnaeus), по которым можно судить о разряде D; 3) индикаторы сильного органического загрязнения и заиления (личинки журчалок, личинки лвынок, личинки комаров-звонцов и другие), свидетельствующие о разряде Е. Кроме того, среди групп беспозвоночных, не влияющих на разряд воды, были внесены в графы мшанки, личинки стрекоз, личинки бабочек, клопы и т. д. Вышеуказанные дополнения позволяют более точно определить показатели качества воды, что подтверждается результатами гидрохимического исследования. Предложенные виды-индикаторы достаточно хорошо идентифицируются.

Нами также учитывалось присутствие в пробах конкретных видов-биоиндикаторов. Наличие индикаторов чистоты воды или индикаторов органического загрязнения в случае (согласно выше обозначенной методике) промежуточного класса качества (например: II—III) позволяло более точно определить последний как более высокий или низкий. Преимуществом использования видов-биоиндикаторов является 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.

Данная методика была апробирована как на речных экосистемах, так и на других типах водных экосистем, как естественных, так и искусственных.

Так, в Барановичском районе Брестской области было выбрано две реки: Мышанка и Исса (первая подвергается значительному антропогенному воздействию; вторая относится к малонарушенным речным экосистемам). На реке Мышанка было выбрано три стационара для проведения полевых исследований: «Приозёрное—Барановичи», «Кунцевичи», «Волохва». Точно так же и на реке Исса для этих же целей мы выбрали три стационара: «Лотвичи», «Лотвичи—Елово», «Полонка—Елово—Вершок». По степени усиления интенсивности антропогенного воздействия (учитывая число и экологическую опасность фактора) стационары можно расположить следующим образом: стационар № 3 реки Исса «Полонка—Елово—Вершок», стационар № 1 реки Исса «Лотвичи», стационар № 2 реки Исса «Лотвичи—Елово», стационар № 2 реки Мышанка «Кунцевичи», стационар № 1 реки Мышанка «Приозёрное—Барановичи», стационар № 3 реки Мышанка «Волохва».

Сравнение данных исследования видового состава беспозвоночных рек Исса и Мышанка с данными гидрохимического анализа позволило установить степень загрязнения исследуемых рек.

По данным гидрохимического анализа, степень загрязнения реки Исса соответствует категории «чистая», что совпадает и с нашими данными с использованием биоиндикации: на стационаре № 1 и № 2 класс качества воды — I—II, а степень загрязнения соответствует категории «чистая»; на стационаре № 3 вода в реке Исса имеет класс качества воды I—II и соответствует категории «очень чистая». На последнем стационаре были обнаружены все вышеуказанные индикаторы чистой воды. Однако в заводи реки у деревни Вершок класс качества снижается (II—III) и степень загрязнения соответствует категории «умеренно грязная». Это объясняется тем фактом, что нами было зафиксировано сильное органическое загрязнение и обмеление реки Исса в окрестностях деревни Вершок из-за весенне-осеннего сброса воды из мелиоративного канала. Факт органического загрязнения и обмеления подтверждается не только уменьшением глубины, но и увеличивающейся степенью зарастания русла и заводи макрофитами, а также нахождением вида-биоиндикатора органического загрязнения и обмеления (*Hydrobius fuscipes*) и видов-биоиндикаторов обмеления и зарастания (*Helophorus granularis*, *Anacaena lutescens*).

Степень загрязнения реки Мышанка, по данным гидрохимического анализа, соответствует категории «умеренно-грязная», что совпадает и с данными биоиндикации. Класс качества воды на 1-м стационаре — II—III, на стационаре № 2 — класс I—II, а степень загрязнения соответствует категории «чистая» (при сбросе воды из Барановичского водохранилища она может становиться «умеренно-грязной»). На стационаре № 3 «Волохва» класс качества воды III—IV, со степенью «загрязнённая».

Использование данного метода позволило определить степень загрязнения и других типов наиболее значимых водных объектов в Барановичском районе (таблица 4).

Наши исследования показали, что использование данного метода для анализа качества вод в родниках (особенно небольших по площади лимнокренов) не всегда даёт объективные результаты. Это связано с тем, что родники имеют достаточно бедную и специфичную фауну беспозвоночных.

В практике биоиндикации довольно редко используются жесткокрылые, как имаго, так и их личинки. Это связано как с недостаточной изученностью их экологических преференций (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 не только использования отдельных видов в качестве биоиндикаторов, но и применения показателей

Т а б л и ц а 4 — Степень загрязнения вод в различных водных объектах Барановичского района

Водный объект	Количество видов	Класс качества воды по результатам биоиндикации	Степень загрязнения по результатам биоиндикации	Степень загрязнения по результатам гидрохимического анализа
Река Щара	63	I—II	Чистая	Чистая
Река Мышанка	58	II—III	Умеренно-грязная	Умеренно-грязная
Река Исса	77	I—II	Чистая	Чистая
Озеро Домашевичское	12	III	Умеренно-грязная	Умеренно-грязная
Озеро Колдычевское	14	III	Умеренно-грязная	Умеренно-грязная
Озеро Жлобинское	15	III	Умеренно-грязная	Умеренно-грязная, загрязнённая
Водохранилище «Барановичское»	22	II—III	Умеренно-грязная	Умеренно-грязная
Водохранилище «Гать»	28	II—III	Умеренно-грязная	Умеренно-грязная
Пруд «Светиловское озеро»	15	III	Умеренно-грязная	Умеренно-грязная

их видовой и экологической структуры. Долговременные исследования были проведены по установлению влияния изменения гидрологического режима водоёма на генезис водной колеоптерофауны на примере карьерных прудов (в трёх областях Беларуси). Полученные данные позволяют сделать краткосрочный прогноз судьбы определённого пруда и путём очищения и углубления ложа водоёма 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 было отмечено увеличение (при переходе от второй стадии развития (зрелость) к третьей стадии (старость)) общего количества видов водных жуков, иногда в 2—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 (*Hydrochus brevis* (Herbst), *H. megaphallus* Berge Henegouwen, *H. crenatus* (Fabricius), *H. elongatus* (Schaller), *H. kirgisicus* Motschulsky, *H. ignicollis* Motschulsky, *Helophorus nanus*, *Enochrus ochropterus* (Marshall)), индикаторов обмеления водного объекта (*Helophorus granularis*, *H. discrepans*, *Anacaena lutescens*), индикатора органического загрязнения и обмеления водного объекта (*Hydrobius fuscipes*) свидетельствуют о том, что пруд прекратит своё существование в течение 3—5 лет, если своевременно не очистить и не углубить ложе [4].

Однако использование беспозвоночных-индикаторов не должно носить ограниченный характер, т. е. нельзя использовать вид-индикатор для определения состояния экосистемы без применения комплексного подхода (в совокупности с такими показателями таксономического состава, как число видов в целом и число видов в отдельных таксономических группах). Это в первую очередь касается имаго жуков-индикаторов, которые активно летают, и поэтому индикаторы чистоты воды могут оказаться в загрязнённых водных экосистемах. Так, например, сумеречная вертячка *Orectochilus villosus* Müller, считающаяся достаточно требовательной к качеству воды, была отмечена в реке со степенью «загрязнённая» [4]. Это был единичный экземпляр имаго. Личинки же могут считаться индикаторами чистой воды, так как развиваются только в чистых быстро текущих реках, с высокой концентрацией кислорода в воде.

Для сравнения степени антропогенной нагрузки можно использовать коэффициенты фаунистического сходства, наличие стенобионтных видов в составе фауны и характер трофической структуры беспозвоночных [5]. Так, при увеличении антропогенной нагрузки наблюдается сокращение видового состава, обеднение таксономического состава, упрощение экологической структуры, за счёт сокращения числа

стенобионтных видов в составе зооценозов, снижения числа трофических групп беспозвоночных, уменьшения доли беспозвоночных-фитофагов по отношению к зоофагам.

Заключение. Беспозвоночные животные являются достаточно эффективными биоиндикаторами для определения экологического состояния водных экосистем. Использование дополнений к методу Вассмана и Ксиландера позволяет дать оценку качеству вод различных типов водных объектов.

Список цитируемых источников

1. Байчоров, В. М. Экологические риски и оценка состояния водотоков Беларуси / В. М. Байчоров, Г. М. Тищиков, Н. Н. Рощина. — Минск : Белорус. наука, 2005. — 118 с.
2. Семенченко, В. П. Принципы и системы биоиндикации текущих вод / В. П. Семенченко. — Минск : Орех, 2004. — 125 с.
3. Wassmann, R. Ein neuer praxisbezogener Gewässerqualitätschlüssel fuer die Bildungsarbeit — Arbeitsweise und Anwendungsbereich / R. Wassmann, W. E. R. Xylander // Das Kuenstlich. — 1986. — № 11. — S. 1—12.
4. Рындевич, С. К. Фауна и экология водных жесткокрылых Беларуси (Haliplidae, Noteridae, Dytiscidae, Gyrinidae, Helophoridae, Georissidae Hydrochidae, Spercheidae, Hydrophilidae, Hydraenidae, Limnichidae, Dryopidae, Elmidae) : моногр. : в 2 ч. / С. К. Рындевич. — Минск : Технопринт, 2004. — Ч. 1. — 272 с.
5. Рындевич, С. К. Водные жесткокрылые как индикаторы экологического состояния водных объектов / С. К. Рындевич // Навук. вісн. Чернівецького ун-ту. Біологія : зб. наук. праць. — 2008. — Вып. 417. — С. 135—140.

Материал поступил в редакцию 05.09.2014.

УДК 595.763

С. К. Рындевич, Ю. А. Черняк

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

РЕДКИЕ ВИДЫ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ (COLEOPTERA: DYTISCIDAE, HELOPHORIDAE, HYDROCHIDAE, HYDROPHILIDAE, SCARABAEIDAE, DASYTIDAE, CERAMBYCIDAE) И НОВЫЙ ВИД ЖУКОВ-МЯГКОТЕЛОК (COLEOPTERA: CANTHARIDAE) ДЛЯ ФАУНЫ БЕЛАРУСИ

Введение. Экологическая и зоогеографическая информация по конкретным видам позволяет определить их статус в составе фауны, а кроме этого, установление путей формирования фауны конкретной территории. Несмотря на достаточно хорошую степень изученности отдельных семейств и экологических групп жесткокрылых и колеоптеро-