

УДК [574.1/64:(502.175:061):592](285.3)

*В. Д. Романенко, А. В. Ляшенко, С. А. Афанасьев,
Е. Е. Зорина-Сахарова*

БИОИНДИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ В ЧЕРТЕ Г. КИЕВА

На примере исследования ряда показателей и количественных характеристик бентосных и фитофильных сообществ макробеспозвоночных, включая разнообразие, проведена критериальная оценка экологического состояния водных объектов, которые расположены в черте г. Киева. Показана возможность нахождения численных значений референсных характеристик для выполнения сравнительной оценки состояния водных объектов. Приведена типология водоемов и для каждого типа предложена таблица референсных условий по всем ключевым характеристикам биоты.

***Ключевые слова:** биоиндикация, водные объекты, макробеспозвоночные, биоразнообразие, референсные условия.*

Водные экосистемы урбанизированных территорий попадают под интенсивное воздействие антропогенных факторов, которые вызывают изменения в биоте и формирование новых биологических сообществ. В то же время их существование в условиях широкого диапазона различных видов антропогенной нагрузки открывает возможности разработки и апробации методов оценки состояния гидроэкосистем. Сегодня существует несколько подходов к экологической оценке состояния природных вод, однако многими специалистами-гидроэкологами признается их несовершенство, что связано в первую очередь со слабой разработанностью методов биологической составляющей оценки [2, 3, 8, 19]. Принятая в странах Европейского сообщества Водная Рамочная Директива ЕС 2000/60 (ВРД) [9], применение которой целесообразно и в Украине, определяет приоритеты биологических компонентов экосистемы при оценке ее состояния. В последнее время в Украине достигнуты определенные успехи в разработке методической базы экологической оценки состояния водных объектов [2, 3, 20—23, 33]. В то же время оценка экологического состояния водных объектов по биотическим компонентам все еще не является приоритетной по сравнению с химическими методами, как этого требует ВРД.

Целью работы было на примере исследования структурных характеристик фитофильной фауны и макрозообентоса как модельных сообществ показать возможность определения численных значений характеристик при

© Романенко В. Д., Ляшенко А. В., Афанасьев С. А.,
Зорина-Сахарова Е. Е., 2010

установлении так называемых «референсных значений биологической составляющей качества» [9], используемых при оценке состояния экосистем¹.

Материал и методика исследований. Методология наших исследований основана на понятии биологической индикации [8, 25]. Нами были использованы методы, базирующиеся на индикации состояния водных экосистем на основе индексо-балльного подхода [2, 19, 21], методиках экологической оценки качества вод и состояния гидроэкосистем [21, 26, 28], принципах оценки экологического состояния, приведенных в ВРД [9].

В Дополнении V ВРД детально определены элементы составляющих качества, которые следует использовать для классификации экологического статуса озер: состав, распространение и биомасса фитопланктона; состав и распространение других водных растений; состав и распространение донных беспозвоночных; состав, распространение и размерная структура популяций рыб.

В пределах каждого элемента показателями могут служить, например, отдельные виды, группы, популяции или сообщества водных организмов, характеристики которых изменяются в соответствии с изменениями качества водной среды (биотопа), вызванными, в первую очередь, антропогенной нагрузкой. В качестве характеристик (дескрипторов) могут быть использованы как индивидуальные свойства вида (индекс сапробности, индикаторный вес и т. д.) или популяции (информационное разнообразие размерно-возрастных групп, половая структура и т. д.), так и разнообразные биотические индексы, учитывающие наличие в сообществах индикаторных групп организмов, а также простое соотношение количества видов в сообществе.

Материалом для работы послужили посезонные сборы фитофильной фауны и макрозообентоса, выполненные в 2004—2006 гг. на 15 озерах, расположенных в черте г. Киева, по общепринятым гидробиологическим методикам [14, 19]. В качестве исследуемого элемента для определения экологического состояния этих водоемов мы использовали «состав и распространение фауны донных беспозвоночных» [9]. В качестве дескрипторов выбраны: суммарная численность и биомасса, видовое богатство, индекс Вудивисса (*TBI*), видовое разнообразие по Шеннону, наличие исчезающих и редких, включенных в различные списки охраны видов макрофауны беспозвоночных. Количественное развитие макрофауны характеризировали в соответствии с известной классификацией [28], модифицированной нами с учетом требований ВРД в пятиуровневую шкалу (табл. 1).

Для других характеристик, основываясь на известных литературных данных [4—7, 10—13, 15—18, 24; 26, 29, 32, 35—38], мы сделали допущение, что наилучшими для озер урбанизированных территорий г. Киева являются значения дескрипторов, соответствующие категории мезотрофности. Гра-

¹ Работа выполнена в рамках целевой программы Национальной академии наук Украины «Разработка технологии минимизации экологических рисков, связанных с техногенным и биологическим загрязнением поверхностных вод с целью улучшения окружающей среды».

ницы их изменений для каждого конкретного случая оценки качества гидроекосистемы устанавливали с учетом их колебаний в градиенте антропогенной нагрузки. Для оценки степени антропогенной нагрузки на экосистемы озер мы использовали метод, основанный на анализе наиболее очевидных антропогенных факторов, оценке их наличия для каждого из водных объектов. Таким образом, наиболее подверженным антропогенному влиянию считался тот водный объект, где зафиксировано максимальное количество и сила влияния факторов [39].

Результаты исследований

Общая гидроморфологическая характеристика, тип и хозяйственный статус исследованных водоемов приведены в таблице 2. Большинство озер используются в рекреационных целях, включая и те, где нет оборудованных зон отдыха и существует запрет контролирующих органов. Результаты оценки степени антропогенной нагрузки на экосистемы озер приведены в таблице 3.

Среди исследованных водоемов максимальное количество факторов антропогенного влияния зафиксировано для оз. Вырлица (Харьковский массив), на берегу которого находится мусоросжигательный комбинат, наименее подверженным антропогенному влиянию оказалось оз. Березка в Гидропарке. Высокой степенью антропогенной нагрузки характеризуются озера Теремковское, Троещинское и Солнечное, низкой — озера Лесное, Сырецкое, Редькино и Дидоровский пруд.

Численность и биомасса макрофауны беспозвоночных исследованных озер изменялись в широком диапазоне (рисунок). Максимальная численность макрозообентоса отмечена в оз. Сырецком, а фитофильной фауны — в оз. Березка. Наибольшими показателями биомассы донных беспозвоночных характеризовался пруд № 15, а фитофильной фауны — оз. Лесное. Уровень развития сообществ фитофильных беспозвоночных по общей численности во всех озерах соответствовал значениям: «низкий — очень высокий», а биомассы «очень низкий — средний». Для бентоса эти показатели изменялись в границах «низкий — высокий».

Анализ показателей численности и биомассы макрофауны беспозвоночных в различных водоемах позволяет выделить две группы озер со схожим соотношением уровней развития фитофильных комплексов и зообентоса. В первую группу входят водоемы, где совпадают уровни биомассы как для фитофильной, так и для донной макрофауны: это озера Вербное, Редькино, Березка, Дидоровский пруд, Теремковское и Лесное. Вторую, более многочисленную, группу составляют водоемы, где уровень развития по биомассе бентосных сообществ выше, чем фитофильных: озера Троещинское, Вырлица, Малиновка, Солнечное, Синее, Сырецкое, пруды № 13, 14, 15.

Видовое богатство исследованных водоемов составляет 291 таксон макробеспозвоночных. Наибольшим количеством видов были представлены личинки комаров-звонцов — 87 видов. Зарегистрировано также 36 видов брюхоногих моллюсков, 31 вид малоцетинковых червей, 17 — водных жуков,

1. Характеристика уровня показателей развития зообентоса и фитопильной фауны водоемов урбанизированных территорий г. Киева

Уровни развития сообществ гидробионтов	Зообентос				Фитофильная фауна		Классы трофности водных экосистем (преобладающий тип)
	общая	биомасса, г/м ²		численность (общая), тыс. экз/м ²	биомасса, г/кг	численность, экз/кг	
		без моллюсков (мягкий зообентос)	олигохет и хирономида				
Очень низкий	< 5,1	< 3,1	< 0,3	< 0,6	< 11	< 0,26	Олиготрофный
Низкий	5,1—50,0	3,1—15,0	0,3—1,5	0,6—2,0	11—100	0,26—1,00	Мезотрофный
Средний	50,1—300,0	15,1—50,0	1,6—7,5	2,1—10,0	101—500	1,01—5,0	Евтрофный
Высокий	300,1—1000,0	50,1—75,0	7,6—15,0	10,1—20,0	501—1000	5,10—10,00	Политрофный
Очень высокий	> 1000,0	> 75,0	> 15,0	> 20,0	> 1000	> 10,00	Гипертрофный

2. Общая характеристика исследованных водоемов г. Киева

Водоемы	Типы водоемов	Площадь водного зеркала, га	Целевое использование	Максимальная глубина, м	Прозрачность, м (лето)	Степень зарастания, %	Доминирующие типы грунта
1. Оз. Вербное	1	13,2	А/р	14,0	1,38	20	Черный ил, заиленный песок
2. Оз. Редькино (Министерское)	1	28,0	А/р	9,5	3,46	10	Заиленный песок, детрит
3. Оз. Синее	3	2,8	А/р	3,0	1,64	35	Черный ил, заиленный песок
4. Оз. Лесное (р. Дарница)	2	8,2	А/р	2,7	0,87	35	Заиленный песок, детрит
5. Дидоровский пруд (в Голосеевском парке)	2	2,8	А/р	4,0	0,77	25	Заиленный песок, детрит

Продолжение табл. 2

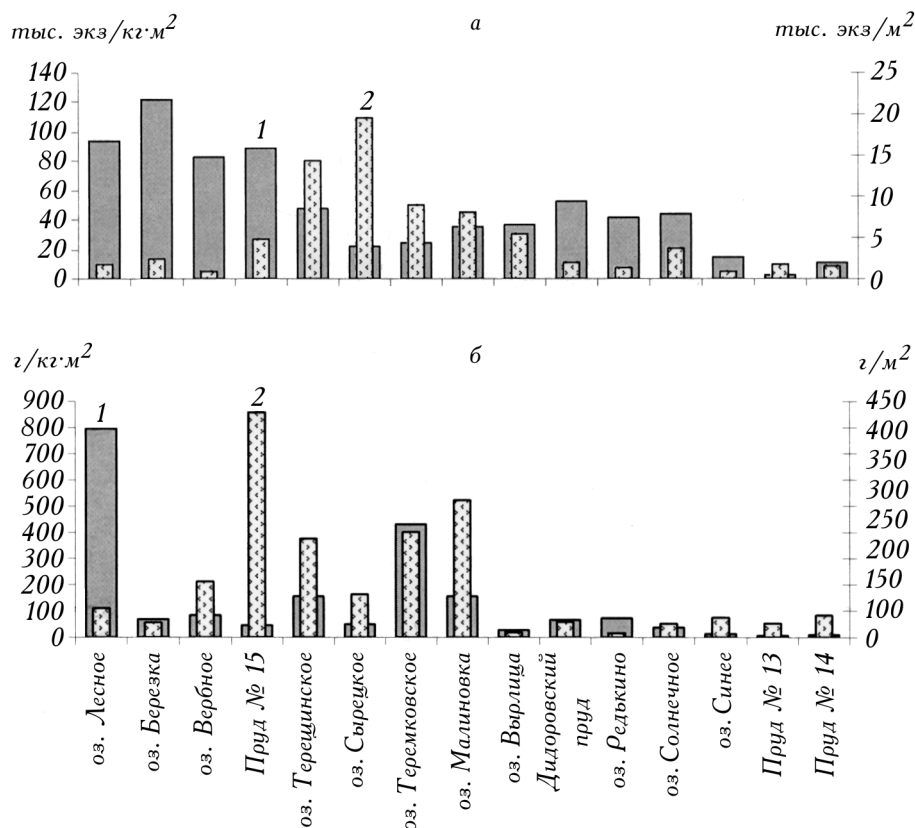
Водоёмы	Типы водоёмов	Площадь водного зеркала, га	Целевое использование	Максимальная глубина, м	Прозрачность, м (лето)	Степень зарастания, %	Доминирующие типы грунта
6. Оз. Вырлица	3	98,0	А/р	13,0	2,10	20	Черный ил, заиленный песок
7. Оз. Троещинское	4	10,0	А/р	8,0	1,11	40	Серый ил, заиленный песок
8. Оз. Малиновка	1	2,2	А/р	5,0	1,71	35	Черный ил, заиленный песок, детрит
9. Оз. Сырецкое	2	1,2	А	0,5	0,3	90	Черный ил
10. Оз. Теремковское	2	0,9	А/р	3,0	1,33	45	Серый ил, заиленный песок
11. Оз. Солнечное	4	13,8	А/р	14,0	0,70	10	Серый ил, заиленный песок
12. Оз. Березка (в Гидропарке)	1	3,44	А/р	6,0	1,38	15	Черный ил, серый ил
13. Пруа № 13 в урочище Кинь-Грусть, ул. Красицкого	2	0,24	А	2,0	0,80	25	Черный ил
14. Пруа № 14 в урочище Кинь-Грусть, ул. Кобзарской	2	0,4	А	2,5	1,10	70	Черный ил
15. Пруа № 15 в урочище Кинь-Грусть, ул. Красицкого	2	1,0	А	3,0	1,15	10	Черный ил

Примечание. Типы водоёмов: 1 — пойменные озера на р. Днепр; 2 — пруды, расположенные на небольших реках и ручьях; 3 — озера, питающиеся грунтовыми водами и атмосферными осадками; 4 — искусственные водоёмы; А — декоративные водоёмы, А/р — декоративно-рекреационные водоёмы.

3. Оценка степени антропогенной нагрузки на исследованные водоемы

Факторы антропогенного влияния	Водоемы														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Промышленное или жилищное строительство*	++	0	++	0	0	+++	++	+	0	++	++	0	+	+	+
Искусственное изменение морфометрических характеристик**	0	0	0	0	+	0	0	0	0	+	0	0	++	++	0
Наличие транспортных путей	+	+	0	0	0	+	+	0	+	+	+	0	+	+	+
Наличие автостоянок	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сливной сток с промышленной застройки	0	0	0	0	0	+	0	0	+	0	0	0	0	0	0
Сливной сток с жилищной застройки	+	0	+	0	0	+	+	+	0	+	+	0	+	+	+
Рекреация	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	0	0
Любительская рыбная ловля	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	+
В общем	6	3	6	2	3	9	6	4	3	7	6	1	5	5	4

Пр и м е ч а н и е. 1—15 — названия водоемов см. табл. 2; «+» — наличие фактора влияния; «0» — отсутствие фактора влияния; влияние фактора: * «+» — слабое (частный сектор), «++» — среднее (многоэтажные здания), «+++» — сильное (промышленное строительство); ** «+» — слабое (частичная модификация), «++» — сильное (полная модификация). Для остальных факторов сила влияния не оценивалась.



Численность (а) и биомасса (б) фитофильной (1) и донной (2) макрофауны беспозвоночных озер г. Киева.

15 — личинок стрекоз, 14 — личинок ручейников, 13 — водных клопов, по 10 — личинок мокрецов и поденок, 9 — пиявок, по 7 — гаммарид и двустворчатых моллюсков, 4 — комаров-болотниц, по 3 — мшанок и мух-береговушек, по 2 — равноногих ракообразных, личинок бабочек, кровососущих комаров, мух-журчалок и настоящих мух; мизиды и вислоккрылки представлены по 1 виду. Зарегистрировано два вида беспозвоночных, подлежащих охране: водяной клоп *Ranatra linearis* (Linne) и брюхоногий моллюск *Lymnaea fusca* (С. Pfeiffer) [34]. Первый отмечен в фитофильных сообществах озер Лесное, Синее и в пруду № 15, второй — в бентосе оз. Лесное.

Общая характеристика показателей видового богатства макрофауны приведена в таблице 4. Наибольшим числом видов фитофильной и донной фауны беспозвоночных характеризовалось оз. Лесное, а наименьшим — пруд № 14 в урочище Кинь-Грусть.

Самые высокие значения индекса Вудивисса (ТВИ) [41], широко используемого [2, 3, 23] для оценки состояния вод по разнообразию индикаторных групп, отмечены для озер Вербного, Троещинского и Малиновки. Самые низкие показатели зафиксированы для донной макрофауны Дидоровского пруда, фитофильной — пруда № 13 и озера Солнечного. В последнем водо-

4. Характеристика биоразнообразия сообществ водных беспозвоночных водоемов урбанизированных территорий

Водоемы	Видовое богатство			<i>TBI</i>			Видовое разнообразие индекс Шеннона, бит/экз	
	зоо-бен-тос	зоо-фитос	макро-фауна в целом	зоо-бен-тос	зоо-фитос	макро-фауна в целом	зоо-бен-тос	зоо-фитос
1. Оз. Вербное	46	59	87	7	8	8	2,55	2,50
2. Оз. Солнечное	25	45	60	4	6	6	1,70	2,46
3. Оз. Вырлица	32	66	86	5	7	7	1,95	2,79
4. Оз. Редькино	37	44	72	5	7	7	2,07	2,55
5. Оз. Троещинское	40	73	94	7	7	8	1,57	2,86
6. Оз. Березка	27	64	78	5	8	8	1,93	3,09
7. Оз. Малиновка	53	77	108	7	7	7	2,19	3,36
8. Дидоровский пруд	41	50	83	2	7	7	1,93	2,31
9. Оз. Синее	57	58	96	5	7	7	2,24	3,62
10. Пруд № 15	24	52	64	5	7	7	1,75	2,66
11. Оз. Теремковское	44	67	92	6	7	7	1,95	3,18
12. Оз. Лесное	63	90	130	4	8	8	2,37	2,78
13. Пруд № 14	22	33	49	3	7	7	2,19	2,19
14. Пруд № 13	22	41	60	5	6	7	2,31	2,98
15. Оз. Сырецкое	25	76	93	3	8	8	2,04	2,75

П р и м е ч а н и е. Для *TBI* приведены максимальные значения.

еме также отмечены самые низкие значения *TBI* для макрофауны в целом. Во всех озерах (за исключением оз. Малиновка) максимальные значения индекса Вудивисса, рассчитанные по фитофильной фауне, был выше, чем по донной.

Разнообразие изученных сообществ было оценено на основе анализа среднегодовых значений индекса Шеннона. Максимальные его значения для зоофитоса зарегистрированы в оз. Синем, для бентоса — в оз. Вербном; минимальные — в пруду № 14 и в оз. Троещинском. В целом, видовое разнообразие фитофильных комплексов большинства озер выше, чем бентосных группировок. Значения 2,0 для бентоса и 2,5 для зоофитоса, с нашей точки зрения, характеризуют в озерах некую среднюю величину, условную границу перехода от «хорошего» состоянию к «плохому». Объединив исследованные озера относительно этих величин, мы получили следующие четыре группы. Первая группа — это водоемы с самыми высокими значениями как для бентоса, так и для фитофильной фауны (Синее, Малиновка, пруд № 13, Лесное, Сырецкое, Редькино). Вторая — водоемы, где отмечено уменьшение

биоразнообразие в фитофильных сообществах, несмотря на высокий уровень этого показателя в бентосе (Вербное, пруд № 14). Для озер третьей группы для фитофильных сообществ характерными являются достаточно высокие значения индекса Шеннона, тогда как для бентосных они значительно ниже (Теремковское, Березка, Троещинское, Вырлица, пруд № 15). Четвертая группа объединила водоемы, в которых низкие среднегодовые значения индекса Шеннона отмечены для обоих типов сообществ (Солнечное, Дидоровский пруд).

Полученные данные позволяют установить изменения значений дескрипторов в градиенте уровней антропогенной нагрузки на водоемы (без учета их генезиса) и соответственно провести классификацию экологического состояния водоемов урбанизированных территорий по характеристикам макрофауны беспозвоночных на основании оценочной шкалы (табл. 5). Мы принимаем, что 5 баллов — значение дескриптора, соответствующее «отличному» состоянию, 4 — «хорошему», 3 — «удовлетворительному», 2 — «плохому», 1 — «очень плохому».

Результаты обобщенной оценки экологического состояния водоемов в пределах г. Киева по структурным показателям макрофауны беспозвоночных с использованием шести характеристик — численность, биомасса, видовое богатство, видовое разнообразие, *TBI*, наличие или отсутствие редких видов — приведены в таблице 6. Максимально возможная сумма баллов при шкале с пятиуровневой градацией шести характеристик равна 30 баллам и характеризует «отличное» состояние. Путем суммирования баллов по всем дескрипторам рассчитывали интегральный суммарный балл по элементу «макрофауна беспозвоночных». Среднебалльный индекс как частное от деления интегрального суммарного балла и количества используемых дескрипторов, округленный до целых величин, соответствовал классификации: 5 — «отличное», 4 — «хорошее», 3 — «удовлетворительное», 2 — «плохое» и 1 — «очень плохое» качество (или состояние). Как видно из таблицы 6, наивысший рассчитанный балл равнялся 23 для оз. Лесного. Наименьшая сумма баллов отмечена для оз. Солнечного — 12,5.

Имеющиеся данные позволили также рассчитать коэффициент, аналогичный коэффициенту экологического качества (*EQR* — Ecological Quality Ratio) [9], как частное от деления полученного суммарного интегрального балла на его значения в эталонных условиях (баллы всех дескрипторов равны 5). *EQR* выражается величинами от 1 в эталонных условиях до 0 при крайне плохом экологическом состоянии. Деление *EQR* на пять градаций проводили, разбивая всю шкалу значений на отрезки, равные 5, 30, 30, 30 и 5% [40].

Обобщенные результаты оценки состояния исследованных водоемов по макрофауне представлены в таблице 7. «Хороший» статус определен для четырех водоемов: озер Лесного, Малиновки, Теремковского и пруда № 15. Не зарегистрировано озер с «отличным» или «очень плохим» экологическим состоянием, что, на наш взгляд, логично для водоемов, используемых в рекреационных и декоративных целях. Состояние большинства из них оценивается как «удовлетворительное». В этой группе выделяются водоемы с различными характеристиками исследованных комплексов макрофауны бес-

5. Оценочная шкала экологического состояния водоемов урбанизированных территорий г. Киева

Показатели	Категории экологического состояния				
	отличное, 5 баллов	хорошее, 4 балла	удовлетворительное, 3 балла	плохое, 2 балла	очень плохое, 1 балл
Уровень развития по численности зообентос	Средний	Высокий	Низкий	Очень высокий	Очень низкий
фитофильная фауна	Высокий	Средний	Очень высокий	Низкий	Очень низкий
Уровень развития по биомассе	Средний	Высокий	Низкий	Очень высокий	Очень низкий
Видовое разнообразие	> 3,0	2,5—3,0	2,0—2,5	1,5—2,0	< 1,5
Видовое богатство зообентос	> 50	40—50	30—40	30—20	< 20
фитофильная фауна	> 70	60—70	50—60	50—40	< 40
Индекс Вудивисса	9—10	7—8	5—6	4—3	2—1
Наличие исчезающих, редких, находящихся под охраной видов*	+	+	—	—	—

П р и м е ч а н и е. Для видового богатства используются общее количество видов за вегетационный сезон по всему водоему, для всех остальных показателей — среднегодовые значения; * «+» — виды, занесенные в Красную книгу Украины (5 баллов) и в другие списки (4 балла).

позвоночных. По величинам среднебалльного индекса четыре озера (Дидоровский пруд, пруды № 13 и 14 в урочище Кинь-Грусть и оз. Солнечное) характеризуются «плохим» экологическим состоянием.

Обсуждение результатов исследований

Согласно ВРД, эталонным может быть принято состояние водного объекта в период, когда отсутствовало существенное антропогенное воздействие на его экосистему [2, 3, 9]. Референсные условия могут быть выбраны или путем анализа и моделирования ретроспективных данных, или на основании экспертной оценки. В ряде случаев используются палеолимнологические данные, на основании которых устанавливаются эталонные условия. Положение о том, что для определения экологического состояния водного объекта необходимо оценивать степень нарушения его экосистемы относительно некоего условного природного статуса, является базовым для ВРД. Оценка экологического состояния (статуса) фактически представляет собой классификацию водных объектов (или их участков) на основании сравнения данных, полученных при проведении натурных исследований, с рефе-

Продолжение табл. 6
6. Балльная оценка структурных показателей макрофауны беспозвоночных водоемов г. Киева

Водоемы	Биотические группировки	Общая численность	Общая биомасса	Видовое богатство	Видовое разнообразие	TVI	Редкие виды	Интегральный суммарный балл		Средне-балльный индекс	EQR*
								по группировке	по макрофауне		
Оз. Лесное	Зообентос	3	5	5	3	2	4	22	23	4	0,77
	Фитофильная фауна	2	5	5	4	4	4	24			
Оз. Малиновка	Зообентос	5	5	5	3	4	—	22	22	4	0,73
	Фитофильная фауна	5	3	5	5	4	—	22			
Пруд № 15	Зообентос	5	4	2	2	3	—	16	21,5	4	0,72
	Фитофильная фауна	2	3	3	4	4	4	20			
Оз. Теремковское	Зообентос	5	5	4	2	3	—	19	21	4	0,70
	Фитофильная фауна	5	5	4	5	4	—	23			
Оз. Синее	Зообентос	3	4	5	3	3	—	18	19,5	3	0,65
	Фитофильная фауна	4	1	3	5	4	4	21			
Оз. Троещинское	Зообентос	4	5	3	2	4	—	18	18	3	0,60
	Фитофильная фауна	2	3	5	4	4	—	18			

Продолжение табл. 6

Водоёмы	Блотические группировки	Общая численность	Общая биомасса	Видовое богатство	Видовое разнообразие	TBI	Редкие виды	Интегральный суммарный балл		Средне-балльный индекс	EQR*
								по группировке	по макрофауне		
Оз. Вербное	Зообентос	3	5	4	4	4	—	20	17,5	3	0,58
	Фитофильная фауна	2	4	2	3	4	—	15			
Оз. Сырецкое	Зообентос	4	5	2	3	2	—	16	17,5	3	0,58
	Фитофильная фауна	3	3	5	4	4	—	19			
Оз. Березка	Зообентос	5	3	2	2	3	—	15	17	3	0,57
	Фитофильная фауна	3	3	4	5	4	—	19			
Оз. Вырлица	Зообентос	5	3	3	2	3	—	16	17	3	0,57
	Фитофильная фауна	5	1	4	4	4	—	18			
Оз. Редькино	Зообентос	3	3	3	3	3	—	15	15	3	0,50
	Фитофильная фауна	2	3	2	4	4	—	15			
Пруа № 13	Зообентос	5	3	2	3	3	—	16	14,5	2	0,48
	Фитофильная фауна	3	1	2	4	3	—	13			
Дидоровский пруд	Зообентос	3	3	4	2	1	—	13	13,5	2	0,45

Продолжение табл. 6

Водоемы	Блотические группировки	Общая численность	Общая биомасса	Видовое богатство	Видовое разнообразие	TBI	Редкие виды	Интегральный суммарный балл		Средне-балльный индекс	EQR*
								по группировке	по макрофауне		
	Фитофильная фауна	2	3	2	3	4	—	14			
Пруда № 14	Зообентос	5	3	2	3	2	—	15	13,5	2	0,45
	Фитофильная фауна	3	1	1	3	4	—	12			
Оз. Солнечное	Зообентос	5	3	2	2	2	—	14	12,5	2	0,42
	Фитофильная фауна	2	1	2	3	3	—	11			

Примечание. «—» — не обнаружены; * EQR — Ecological Quality Ratio.

ренными характеристиками для этого типа водного объекта. Рассмотрим далее возможности перехода от критериального подхода в оценке к компаративному, или референсному подходу. В первую очередь необходимо установить точки отсчета для каждого типа водоемов, или так называемые референсные условия.

Первым этапом оценки состояния водных объектов является их типизация. В черте и окрестностях г. Киева нами выделены несколько типов водных объектов [1]: пойменные водоемы Днестра, не имеющие с ним прямой гидравлической связи (например, озера Малиновка, Березка, Вырлица); пойменные водоемы с прямой гидравлической связью с р. Днестр (Бобровня, Малый Гидропарк, Долобечка); озера в поймах малых рек (пойменные водоемы р. Вита, Опечень, Пташиное, Редькино, Вербное); пруды на малых реках (Лесное, Дидоровка, Теремки, № 15, № 14, № 13, Сырецкое) и непосредственно русловые участки малых рек (реки Вита, Лыбидь, Сырец), искусственные водоемы (озера Троещенское, Солнечное) и бессточные озера (оз. Синее).

Следующий этап — описание референсных условий для каждого типа водных объектов. На сегодняшний день в Европе не существует единой утвержденной формы представления данных о референсных условиях для тех или иных водных объектов. В последнее время в качестве таковой все более широко используются таблицы RQBA (River Quality Biological Asses-

7. Классификация экологического состояния водоемов г. Киева по показателям макрофауны беспозвоночных (материалы табл. 6)

Водоемы	Экологическое состояние водоемов по макрофауне	
	Среднебалльный индекс	EQR
Оз. Лесное Оз. Малиновка Пруд № 15 Оз. Теремковское	Хорошее состояние	Хорошее состояние
Оз. Синее Оз. Троещинское Оз. Вербное Оз. Сырецкое Оз. Березка Оз. Вырлица Оз. Редькино	Удовлетворительное состояние	Удовлетворительное состояние
Пруд № 13 Дидоровский пруд Пруд № 14 Оз. Солнечное	Плохое состояние	

ment) [2, 3], которые оказались удобными не только для рек, но и для других типов водных объектов. Формы таблиц не предполагают определенного жесткого набора дескрипторов, при их заполнении необходимо придерживаться блочного принципа построения. В частности блоки «Структура сообществ» и «Биоразнообразие» предполагают наличие данных по индикаторным и показательным для эталонных условий группам и видам организмов. И если такие данные нам не были нужны при критериальной оценке, то в компаративном методе они необходимы.

В таблице 8 приведены характеристики бентосных и фитофильных комплексов уже с учетом требований метода *RQBA*. А зная уровни антропогенной нагрузки на каждый из водоемов и определяя их состояние по критериям изменения изученных дескрипторов и данным, приведенным в литературе [4—7, 10—13, 15—18, 24, 26, 29, 33, 35—38], мы определили референсные значения по элементу «состав донных беспозвоночных» (табл. 9).

Основываясь на результатах исследований других групп гидробионтов [4—7, 15, 18, 26, 29], мы сделали попытку определения «референсных гидробиологических составляющих качества» в полном объеме согласно методике оценочных таблиц *RQBA* [2, 3] для нескольких типов озер и речных систем г. Киева и его окрестностей (см. табл. 9).

8. Характеристики макрофауны беспозвоночных в группах водоемов разного типа (лето)

Группы беспозвоночных	Пойменные водоемы Днепра, не имеющие с ним прямой гидравлической связи	Озера в поймах малых рек	Пруды на малых реках	Бессточные озера
Видовое богатство				
Зообентос	11—30	20—40	5—34	40
Фитофильная фауна	32—54	38—40	13—82	51
Ephemeroptera	2—5	3—4	2—4	3
Trichoptera	3—6	1—4	1—6	3
Odonata	2—5	1—2	2—5	5
Bivalvia	—	2	1	—
Уровень развития по численности				
Зообентос	Средний	Низкий	Низкий — высокий	Низкий
Фитофильная фауна	Высокий — очень высокий	Очень высокий	Низкий — очень высокий	Средний
Уровень развития по биомассе				
Зообентос	Низкий — средний	Низкий — средний	Низкий — высокий	Низкий
Фитофильная фауна	Низкий — очень низкий	Низкий — средний	Средний — очень низкий	Очень низкий
Индекс Вудивисса (ТВІ)				
Макрофауна	7—8	7—8	7—8	7

Недостаточное количество и качество данных о современном состоянии биоты озер г. Киева пока не позволяет сделать полную оценку их экологического статуса. Однако необходимо отметить, что для большинства исследованных водных объектов Киева по структурным показателям макрофауны он определяется категорией «удовлетворительный», при этом можно констатировать отсутствие водоемов с «отличным» и «очень плохим» экологическим статусом. Компаративная оценка по макрофауне позволила определить Дидоровский пруд, пруды № 13 и 14, а также оз. Солнечное как водоемы с «плохим» состоянием.

Предложенная таблица «Референсных гидробиологических составляющих качества» является основой для оценки современного состояния (статуса) водных объектов. Безусловно, многие характеристики нуждаются в уточнении, возможно дополнение другими дескрипторами, в идеале каждому воздействию должен соответствовать свой дескриптор. Наверное, целе-

9. Референсные гидробиологические составляющие качества для различных типов водных объектов г. Киева (лето)

Гидробиологические характеристики	Объекты классификации					
	пойменные водоемы Днепра		речные системы малых рек		русловые участки малых рек	
	не имеющие прямой гидравлической связи с Днепром	с прямой гидравлической связью с Днепром	озера в поймах малых рек	пруды на малых реках		
БЛОК 1. Биотические индексы						
Биотический индекс макрофауны беспозвоночных	8	8	9	8	7	
Индекс сапробности по Пантле — Букк						
фитопланктон	1,6—2,5	1,6—2,5	1,6—2,5	1,6—2,5	1,6—2,5	
зоопланктон						
зообентос						
фитофильная фауна						
Трофность	Мезотрофная	Мезотрофная	Мезотрофная	Мезотрофная	Мезотрофная	Мезотрофная
БЛОК 2. Структура сообществ (индикаторные и показательные для эталонных условий группы в основных сообществах)						
Видовое богатство						
зообентос	35	45	45	40	35	
фитофильная фауна	50	55	45	85	45	
Количество видов макробеспозвоночных	Erhemeoptera — 6	Erhemeoptera — 6	Erhemeoptera — 4	Erhemeoptera — 5	Erhemeoptera — 4	

Продолжение табл. 9

Гидробиологические характеристики	Объекты классификации					
	пойменные водоемы Днепра		речные системы малых рек		русовые участки малых рек	
	пойменные водоемы Днепра с прямой гидравлической связью с Днепром	с прямой гидравлической связью с Днепром	озера в поймах малых рек	пруды на малых реках		
Количество видов высших водных растений в индикаторных группах	Trichoptera — 7 Odonata — 6 Bivalvia — 3 Реофильные — 1 Лимнофильные — 3 Болотные — 3	Trichoptera — 5 Odonata — 5 Bivalvia — 4 Реофильные — 2 Лимнофильные — 3 Болотные — 1	Trichoptera — 7 Odonata — 5 Bivalvia — 3 Реофильные — 0 Лимнофильные — 7 Болотные — 5	Trichoptera — 7 Odonata — 6 Bivalvia — 5 Реофильные — 2 Лимнофильные — 5 Болотные — 3	Trichoptera — 5 Odonata — 4 Bivalvia — 2 Реофильные — 5 Лимнофильные — 2 Болотные — 1	Trichoptera — 5 Odonata — 4 Bivalvia — 2 Реофильные — 5 Лимнофильные — 2 Болотные — 1
Количество поясов высших водных растений	3	1	3	3	2	
Численность зообентоса	Средний	Высокий	Средний	Средний	Средний	
фитофильная фауна	Средний	Средний	Высокий	Высокий	Средний	
Биомасса зообентоса	Средний	Высокий	Средний	Средний	Средний	
фитофильная фауна	Средний	Средний	Высокий	Высокий	Средний	

Продолжение табл. 9

Гидробиологические характеристики	Объекты классификации		
	пойменные водоемы Днепра	речные системы малых рек	русловые участки малых рек
	не имеющие прямой гидравлической связи с Днепром	озера в поймах малых рек	пруды на малых реках
<p>БЛОК 3. Биоразнообразие (индикаторные, показательные для эталонных условий виды, а также эндемики и охраняемые виды)</p>			
Индикаторные и показательные для эталонных условий виды беспозвоночных	<p><i>Euparius fragilis</i>, <i>Pseudoanodonta complanata</i>, <i>Dreissena polymorpha</i>, <i>D. bugensis</i>, <i>Unio crassus</i>, <i>Dikergammarus</i> sp.</p>	<p><i>Spongilla lacustris</i>, <i>Dreissena bugensis</i>, <i>Unio tumidus</i>, <i>Plumatella emarginata</i>, <i>Astacus astacus</i></p>	<p><i>Lymnaea stagnalis</i>, <i>Hirudo medicinalis</i>, <i>Sigara falleni</i>, <i>Astacus astacus</i>, <i>Dreissena polymorpha</i>, <i>Hydrobia tardata</i>, <i>Helophorus aquaticus</i></p>
Индикаторные и показательные для эталонных условий виды водных растений (жирным шрифтом — виды требующие охраны)	<p><i>Butomus umbellatus</i>, <i>Schoenoplectus lacustris</i>, <i>Nuphar lutea</i>, <i>Potamogeton perfoliatus</i>, <i>Nymphaea candida</i></p>	<p><i>Butomus umbellatus</i>, <i>Nuphar lutea</i>, <i>Potamogeton perfoliatus</i>, <i>Utricularia vulgaris</i>, <i>Aldrovanda vesiculosa</i>, <i>Salvinia natans</i>, <i>Trapa natans</i>, <i>Wolffia arrhiza</i>, <i>Nymphoides peltata</i></p>	<p><i>Nuphar lutea</i>, <i>Potamogeton perfoliatus</i>, <i>P. natans</i></p>

Продолжение табл. 9

Гидробиологические характеристики	Объекты классификации				
	пойменные водоемы Днепра		речные системы малых рек		
	не имеющие прямой гидравлической связи с Днепром	с прямой гидравлической связью с Днепром	озера в поймах малых рек	пруды на малых реках	
Индикаторные и показательные для эталонных условий виды рыб	<i>Esox lucius</i> , <i>Scardinius erythrophthalmus</i> , <i>Carassius auratus</i> , <i>Tinca tinca</i>	<i>Abramis brama</i> , <i>Esox lucius</i> , <i>Perca fluviatilis</i> , <i>Leuciscus cephalus</i> , <i>Aspius aspius</i> , <i>Lota lota</i>	<i>Carassius carassius</i> , <i>Misgurnus fossilis</i> , <i>Cyprinus carpio</i> , <i>Tinca tinca</i> , <i>Anguilla anguilla</i>	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> , <i>Percusa fluviatilis</i> , <i>Leuciscus idus</i> , <i>Carassius auratus</i>	
БЛОК 4. Биотопы (показательные для эталонных условий соотношения основных типов биотопов)					
Степень зарастания прибрежной полосы, %	20—30	5—10	50	60	40
Средняя глубина, м	4	5	4	3	2
Преобладающий тип субстрата	Зайленный песок	Песок	Зайленный песок, ил	Песчанистый ил	Песок

сообразно включать в биологические блоки организмы высших трофических уровней как интегрирующие характеристики состояния, редкие и краснокнижные виды рыб и птиц, исходя из высокой ценности экосистем, способных обеспечить их существование. Понятно, что такая оценка требует большого объема дополнительной информации по всем представленным в таблице блокам, синхронного изучения каждой из биотических группировок. Сегодня материалов для полноценной оценки по всем предложенным блокам, к сожалению, недостаточно, их поиск является предметом нашей дальнейшей работы.

**

З використанням кількісних характеристик та показників біорізноманіття бентосних та фітофільних угруповань проведено оцінку екологічного стану та запропоновано таблицю референсних характеристик водних об'єктів, розташованих в м. Києві.

**

The ecological state of water bodies situated within the limits of Kyiv are estimated using quantitative parameters and biodiversity indices of benthos and phytofilous communities. The table of reference characteristics is proposed.

**

1. Афанасьев С.А. Характеристика гидробиологического состояния разнотипных водоемов города Киева // Вестн. экологии. — 1996. — № 1—2. — С. 112—118.
2. Афанасьев С.А. Развитие европейских подходов к биологической оценке состояния гидроэкосистем в мониторинге рек Украины // Гидробиол. журн. — 2001. — Т. 37, № 5. — С. 3—18.
3. Афанасьев С.А. Структура біотичних угруповань та оцінка екологічного статусу річок басейну Тиси. — К.: Інтертехнодрук, 2006. — 101 с.
4. Белінг Д. Е. Список Euphylloroda, Amphipoda, Isopoda, Spongillidae, Bryozoa собранных Днепровской биологической станцией летом 1912 г. // Тр. Днепр. биол. ст. — 1914. — № 1. — С. 114—120.
5. Белінг Д. Рибне населення невеликих заплавних водойм // Тр. гідробіол. ст. — 1940. — № 19. — С. 83—135.
6. Белінг Д., Коротун М., Марковський Ю., Цитович В. Матеріали до гідробіологічної характеристики дніпрових заплавних водойм і визначення їх рибопродуктивності // Там же. — 1933. — № 7. — С. 35—74.
7. Бенинг А. Л. К фауне амфипод окрестностей г. Киева // Тр. Днепр. биол. ст. — 1915. — № 2. — С. 90—102.
8. Биоразнообразие и качество среды антропогенно измененных гидроэкосистем Украины. — Киев: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2006. — 314 с.
9. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення / EU Water Framework Directive 2000/60/EC. Definitions of Main Terms. — К., 2006. — 240 с.
10. Воронков Н. В. Коловратки Днепра и стариц Труханового острова // Тр. Днепр. биол. ст. — 1915. — № 2. — С. 1—90.

11. Гольдфельд М. Н. К фауне гидроакарин Киевской губернии // Там же. — 1914. — № 1. — С. 102—110.
12. Гримайлівська М. А. Spongilidae р. Дніпро та стоячих водоймищ околиць м. Києва // Тр. гідробіол. ст. — 1926. — С. 193—197.
13. Добровлянський В. Список пресноводних простейших окрестностей г. Києва // Тр. Днепр. биол. ст. — 1914. — № 1. — С. 39—45.
14. Зимбалева Л. Н. Фитофильные беспозвоночные равнинных рек и водохранилищ: экологический очерк. — Киев: Наук. думка, 1981. — 216 с.
15. Кирпиченко М. Я. Донне тваринне населення заплавних водойм р. Дніпра Циганське і Підбірне (в зв'язку з виявленням їх типу та продуктивності) // Тр. гідробіол. ст. — 1940. — № 19. — С. 3—83.
16. Крашенінников С. До вивчення солодководої малакофауни околиць Києва // Там же. — 1929. — С. 421—429.
17. Краюхін Б. В. Залежність біомаси бентосу від хімічного складу донних відкладів // Тр. Ін-ту гідробіології АН УРСР. — 1949. — № 24. — С. 3—12.
18. Марковский М. Озеро Конча та його зоопланктон // Тр. гідробіол. ст. — 1934. — № 7. — С. 113—150.
19. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В. Д. Романенка. — К.: ЛОГОС, 2006. — 408 с.
20. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуарій України / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк та ін. — К.: ВІПОЛ, 2002. — 48 с.
21. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк та ін. — К., 1998. — 28 с.
22. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води / Л. Г. Руденко, В. П. Разов, В. М. Жукинський та ін. — К.: СИМВОЛ-Т, 1998. — 48 с.
23. Методика оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты / С. А. Афанасьев, М. Д. Гродзинский. — Киев: АйБи, 2004. — 60 с.
24. Носаль П. Рибне населення оз. Підбірного // Тр. гідробіол. ст. — 1940. — № 19. — С. 135—167.
25. Оксіюк О.П., Давидов О.А. Оценка экологического состояния водных объектов по микрофитобентосу. — Киев: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2006. — 32 с.
26. Оксіюк О. П., Жданова Г.А., Гусынская С.Л., Головка Т.В. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. 1. Планктон // Гидробиол. журн. — 1994. — Т. 30, № 3. — С. 26—31.
27. Оксіюк О.П., Жукинський В.Н., Брагинський Л.П. *и др.* Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Там же. — 1993. — Т. 29, № 4. — С. 62—72.
28. Оксіюк О.П., Зимбалева Л.Н., Протасов А.А. *и др.* Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. Бентос, перифитон и зоофитос // Там же. — 1994. — Т. 30, № 4. — С. 31—35.
29. Оліварі Г. А. До характеристики донної фауни додаткової системи Середнього Дніпра // Тр. Ін-ту гідробіології АН УРСР. — 1949. — № 24. — С. 12—32.
30. Петрушевський Г. К. До фауни Dytiscidae околиць м. Києва // Тр. фіз.-мат. відділу УАН. — 1928. — Т. 10, № 2. — С. 153—156.

31. *Протасов А.А.* Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсико-логия. — К., 2002. — 105 с.
32. *Рогович А. С.* Обзорение растений входящих в состав флоры губерний Киевского учебного округа // Университетские известия. — 1869. — 126 с.
33. *Романенко В. Д., Жукинський В.Н.* Актуальные проблемы и достижения украинской гидрoэкологии в области экологической оценки состояния поверхностных водных объектов // Гидробиол. журн. — 2003. — Т. 39, № 1. — С. 3—20.
34. *Романенко В.Д., Афанасьев С.О., Петухов В.Б. та ін.* Вплив рибного господарства на біологічне різноманіття в басейні річки Дніпро. Визначення прогалин та проблем. — К.: Академперіодика, 2003. — 188 с.
35. *Сабанеев П.* К познанию зоопланктона пойменных водоемов р. Днепра // Тр. гідрoбіол. ст. — 1936. — № 12. — С. 123—163.
36. *Таран М.К.* До фавни Coleoptera з околиць м. Києва // Тр. фіз.-мат. відділу УАН. — 1928. — Т. 10, № 2. — С. 173—185.
37. *Шевлягін М.М.* Дослідження донного тваринного населення Матвіївської затоки в зв'язку з виявленням ступеня її забруднення // Тр. гідрoбіол. ст. — 1938. — № 16. — С. 5—17.
38. *Щеголев Г.* К познанию фауны пиявок р. Днепра // Тр. Днепр. биол. ст. — 1914. — № 1. — С. 39—45.
39. *Щербак В.І., Семенюк Н.Є.* Порівняльна оцінка ступеню урбанізації водойм за різноманіттям фітопланктону // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту. Сер. Біологія. Спец. вип. Гідрoекологія. — 2005. — № 3 (26). — С. 498—500.
40. *Barbour M.T., Gerritsen J., Griffith G.E. et al.* A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates // J. of the North American Benthological Soc. — 1996. — Vol. 15. — P. 185—211.
41. *Woodiwiss F.S.* The biological system of stream classification used by Trent River Board // Chemistry and Industry. — 1964. — Vol. 11. — P. 443—447.