

УДК [(504.4.054:592)](282.243.7)

А. В. Ляшенко, Е. Е. Зорина-Сахарова

**БИОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ВОД КИЛИЙСКОЙ
ДЕЛЬТЫ ДУНАЯ ПО ОРГАНИЗМАМ МАКРОФАУНЫ
ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

Проведены оценка загрязнения вод украинского участка Дуная по европейским индексам, сравнение полученных результатов между собой, а также с результатами экологической оценки качества поверхностных вод.

Ключевые слова: биоиндикация, трофо-сапробиологические показатели, дельта Дуная.

Биоиндикация — оценка качества природной среды по состоянию биотических группировок — основана на наблюдениях за составом и численностью организмов-индикаторов. Состояние биоты определяется состоянием окружающей среды, она адекватно реагирует на воздействия любого происхождения, независимо от их характера. Биоиндикация показывает интегральное состояние водного объекта, реакцию биоты на комплексное действие многих составляющих, не раскрывая, однако, конкретных факторов воздействия и их значимости. После принятия Водной рамочной директивы ЕС 60/2000, определившей приоритетность биотической составляющей в водном менеджменте [3], биоиндикации качества вод и состояния водных экосистем придается всё большее значение.

Сегодня предложено достаточно большое количество подходов и методов биоиндикации [2, 13, 14, 24, 35, 43], однако решить, каким из них отдать предпочтение в том или ином случае достаточно сложно.

Проведя анализ существующих подходов, В. К. Шитиков с соавторами, пришел к выводу, что «в мировой практике отсутствует сколько-нибудь формализованная классификация индексов и критериев, рекомендуемых для решения конкретных задач гидробиологического мониторинга» [13, стр. 151], «общепринятых, точных и адекватных методик гидробиологической оценки качества воды, применимых на практике, не существует до настоящего времени» [13, стр. 153].

К тому же многие, в том числе и известные, показатели имеют различные модификации, например Biological Monitoring Working Party Index (BMWP), который является базовым для оценки качества текучих вод Вели-

© Ляшенко А. В., Зорина-Сахарова Е. Е., 2012

кобритании [48], был модифицирован для использования во многих европейских странах [28, 41]. Такие трансформации приводят к тому, что разные исследователи под названием одного индекса могут рассчитывать отличные показатели. Дополнительные трудности взаимопонимания создают неточности перевода и толкования оригинальных методик, различия в классификациях, названиях классов и категорий качества и т.п. Значительным шагом в унификации подходов оценки состояния водных объектов стала ВРД [3], где в европейском масштабе была предпринята попытка создания единого формата представления результатов исследований (в том числе и биоиндикации) с пятью классами качества экологического состояния: отличное, хорошее, посредственное, плохое и очень плохое. Для Дуная такая градация по результатам международного обследования (JDS-2) предложена для сапробиологического индекса Зелинки — Марвана, рассчитанного по составу макрозообентоса [40]. Использование других биотических индексов, на наш взгляд, требует обсуждения и унификации; сравнить, насколько эффективно «работают» биотические индексы на крупной европейской реке было одной из задач настоящего исследования.

Целью настоящей работы была биоиндикация загрязнения вод украинского участка Дуная по известным европейским индексам, сравнение полученных результатов между собой, а также с результатами экологической оценки качества поверхностных вод [16], утвержденной как межведомственный руководящий документ при выполнении гидроэкологической оценки состояния континентальных поверхностных вод в Украине.

Материал и методика исследований. Материалом для анализа послужили сезонные сборы макрофауны водных беспозвоночных — биотического (экологического) комплекса, включающего организмы зообентоса (животных, живущих в толще грунта), эпифауны твердых субстратов (животных, обитающих на субстратах, приподнятых над донными отложениями) и фитофильной фауны (животных, обитающих в зарослях высших водных растений). Такое разделение макрофауны принято в Украине [21], хотя в то же время все эти биотические группировки объединяют в единый комплекс под общим понятием макрозообентос [8—10]. Использование термина «макрофауна» позволяет избежать путаницы, когда целое и его часть имеют одно и то же название.

Пробы в водных объектах дельты Килийского рукава Дуная собраны в 2006, 2007 и 2010 гг. по стандартным гидробиологическим методикам [12, 15]. В водотоках (рукавах Очаковский, Быстрый, Восточный) пробы отбирали на участках исток и устье, в водоемах (заливы Делюков кут, Потапов кут, Быстрый кут и озеро Ананькин кут) — по трансектам (берег, середина, берег), полученную информацию обобщали для водного объекта в целом. Материал отбирали из максимального числа имеющихся биотопов в соответствии с европейскими стандартами отбора проб для биоиндикации [32].

Расчеты сапробности проведены по методу Пантле — Букк [45] в модификации Дзюбан — Кузнецовой [7], с использованием абсолютных значений численностей индикаторных видов. Средний индекс сапробности рассчитан как среднеарифметическое между индексами сапробности по мак-

розообентосу¹, фитофильной фауне, эпифауне¹, зоопланктону¹ и фитопланктону¹ в соответствии с рекомендациями, приведенными в методических руководствах [1, 26].

Авторами использованы три подхода к оценке загрязнения вод и состояния водных экосистем: биоиндикация сапробности по индикаторным видам, биоиндикация загрязнения, основанная на исчезновении индикаторных групп беспозвоночных по мере увеличения загрязнения, и комплексная оценка качества вод по трофо-сапробиологическим показателям (ТСП) [16].

Биоиндикация загрязнения была проведена на основании сезонных списков видов, составленных как для отдельных биотических группировок, так и обобщенных для всей макрофауны беспозвоночных. Рекомендация расчета интегральных биотических индексов по обобщенным спискам видов следует из работы Ф. Вудивисса [4].

Индекс Вудивисса, или индекс реки Трент (ТВИ) [4, 47], является сегодня одним из наиболее известных и широко используется в Европе, России и других странах [14]. Его принцип положен в основу целого семейства подобных индексов, прошедших модификации и адаптации, связанные со спецификой наличия индикаторных групп в разных регионах и водных бассейнах [35, 36, 43]. Мы также внесли некоторые изменения в рабочие таблицы расчета индекса (табл. 1 и 2). Необходимость модификации определительной таблицы Ф. Вудивисса, её русскоязычной версии, приведенной в «Трудах советско-английского семинара» [4], который прошел на базе Валдайской научно-исследовательской гидрологической лаборатории в 1976 г., в первую очередь обусловлена погрешностями перевода. В оригинальной английской версии [47] автор пишет не «все известные виды...», а «каждый известный вид... (each known species of ...)» (табл. 1). Такая неточность на практике приводит к тому, что все зарегистрированные виды в расчетах учитывают как одну группу, а по авторской методике необходимо учитывать столько групп, сколько видов встречено. Правильность нашего толкования подтверждается и примерами расчетов, приведенными в работе [4].

Кроме того, мы предлагаем не определять личинок комаров-звонцов р. *Chironomus* до вида, в связи с тем, что в современной систематике к этому роду относят несколько сотен видов, однако не существует общепринятого ключа идентификации личинок, в большинстве случаев определение до вида невозможно без анализа кариотипа [20]. В отдельную группу мы выделяем не личинок мух, а всех Diptera, правильность такого подхода вытекает из примеров расчета индекса, приведенных в работе [4].

Далее, с одной стороны, автор разделял червей на Annelida и отдельно род *Nais*, а с другой, в примерах расчетов он приводит и семейство — Tubificidae. Поэтому мы считаем целесообразным использовать в качестве индикаторных групп отдельные семейства малощетинковых червей (Tubificidae, Naididae, Enchitraeidae, Lumbriculidae и др.).

¹ Материалы предоставлены Л. В. Гулейковой, О. В. Мантуровой, Ю. О. Санжаком и В. В. Маковским, которым авторы выражают свою искреннюю благодарность.

1. Перечень индикаторных групп для расчета ТВІ

Индикаторные группы макробеспозвоночных (цит. по [4])	Индикаторные группы макробеспозвоночных для низовьев р. Дунай
1. Все известные виды плоских червей (Plathelminthes)	Каждый из известных видов плоских червей (Plathelminthes)
2. Черви (Annelida) (исключая р. <i>Nais</i>)	Каждое из известных семейств малощетинковых червей (Oligochaeta)
3. Род <i>Nais</i> (черви)	
4. Все известные виды пиявок (Hirudinea)	Каждый из известных видов пиявок (Hirudinea)
5. Все известные виды улиток (Mollusca);	Каждый из известных видов моллюсков (Gastropoda + Bivalvia)
6. Все известные виды ракообразных (креветки)	Каждый из известных видов ракообразных (Crustacea)
7. Все известные виды веснянок (Plecoptera)	Каждый из известных видов личинок веснянок (Plecoptera)
8. Все известные виды поденок (Ephemeroptera) исключая <i>Baetis rhodani</i>	Каждый из известных видов личинок поденок (Ephemeroptera) за исключением <i>Baetis rhodani</i>
9. Поденка <i>Baetis rhodani</i>	Личинки поденок <i>Baetis rhodani</i>
10. Все семейства ручейников (Trichoptera)	Каждое из известных семейств личинок ручейников (Trichoptera)
11. Все виды личинки Megaloptera (вислокрилки)	Каждый из известных видов личинок вислокрылок (Megaloptera)
12. Семейство Chironomidae (личинки комаров-звонцов), кроме <i>Chironomus Ch. thummi</i> ;	Личинки комаров-звонцов (Chironomidae) за исключением р. <i>Chironomus</i>
13. Личинки комаров-дергунов (<i>Chironomus Ch. thummi</i>)	Личинки комаров-звонцов р. <i>Chironomus</i>
14. Семейство Simulidae (личинки мошек)	Личинки мошек (Simulidae)
15. Все известные виды других личинок мух	Каждый из известных видов двукрылых Diptera (за исключением Chironomidae и Simulidae)
16. Все известные виды Coleoptera (жуки и их личинки)	Каждый из известных видов жуков (Coleoptera)
17. Все известные виды водяных клещей (Hydracarina)	Каждый из известных видов водных клещей (Acarina)
18. Все известные виды (Hemiptera).	Каждый из известных видов водных клопов (Heteroptera).

2. Рабочая шкала для определения ТВІ в низовьях р. Дунай

Группы организмов	Видовое богатство	Биотический индекс при общем количестве индикаторных групп				
		0—1	2—5	6—10	11—15	> 15
Личинки Plecoptera	Больше одного вида	—	7	8	9	10
	Только один вид	—	6	7	8	9
Личинки Ephemeroptera за исключением <i>Baetis rhodani</i>	Больше одного вида	—	6	7	8	9
	Только один вид	—	5	6	7	8
Личинки Trichoptera и/или <i>Baetis rhodani</i>	Больше одного вида		5	6	7	8
	Только один вид	4	4	5	6	7
Gammaridae	Все вышеназванные виды отсутствуют	3	4	5	6	7
<i>Asellus</i>	Все вышеназванные виды отсутствуют	2	3	4	5	6
Tubificidae и/или <i>Chironomus</i>	Все вышеназванные виды отсутствуют	1	2	3	4	—
Виды, нечувствительные к недостатку кислорода (например, <i>Eristalis</i>)	Все вышеназванные виды отсутствуют	0	1	2		—

В рабочей шкале и примерах расчетов ТВІ у Ф. Вудивисса [4] в качестве индикаторной группы приведен р. *Gammarus*, представители которого практически не встречаются в пресных водах низовий Дуная, где преобладают понто-каспийские бокоплавы. Поэтому мы считаем целесообразным в качестве индикаторных групп использовать виды семейства Gammaridae.

Кроме ТВІ, для биоиндикации загрязнения нами выбраны широко известные и используемые на крупных реках мира [5, 11, 35, 42, 44, 48, 49], в том числе и на р. Дунай [29, 30, 40], индексы: Belgian Biotic Index (BBI) и Biological Monitoring Working Party Index (BMWP). Расчеты BBI и BMWP проведены с использованием программы расчета биотических индексов ASTERICS 3.1.11 [32]. Соответствие ТВІ зонам сапробности приведено по [4], а соответствие BBI и BMWP классам качества вод — по стандартам, действующим в Бельгии и Великобритании [31, 33] (табл. 3).

Оценка качества вод дельты Дуная по трофо-сапробиологическим показателям (ТСП) выполнена согласно [16]. Химические и гидробиологические данные получены в ходе выполнения совместного украино-румынско-швейцарского проекта «Сравнительная оценка влияния факторов среды на водные экосистемы дельты Дуная (румынская и украинская части)» (2006—2008 гг.), а также «Гідробіологічного моніторингу прісноводних еко-

3. Классификация результатов расчетов биотических индексов

ТВІ		ВВІ, баллы	ВМWР, баллы	ВВІ и ВМWР, классы качества вод
баллы	зоны сапробности			
0—2	Полисапробная	0—2	0—10	V — очень грязные
3—4	α -мезосапробная	3—4	11—40	IV — грязные
5—6	β -мезосапробная	5—6	41—70	III — умеренно загрязненные
7—10	Олигосапробная	7—8	71—100	II — достаточно чистые
		9—10	>100	I — чистые (незагрязненные)

систем при відновленні та експлуатації суднового ходу Дунай — Чорне море» (2005—2010 гг.).

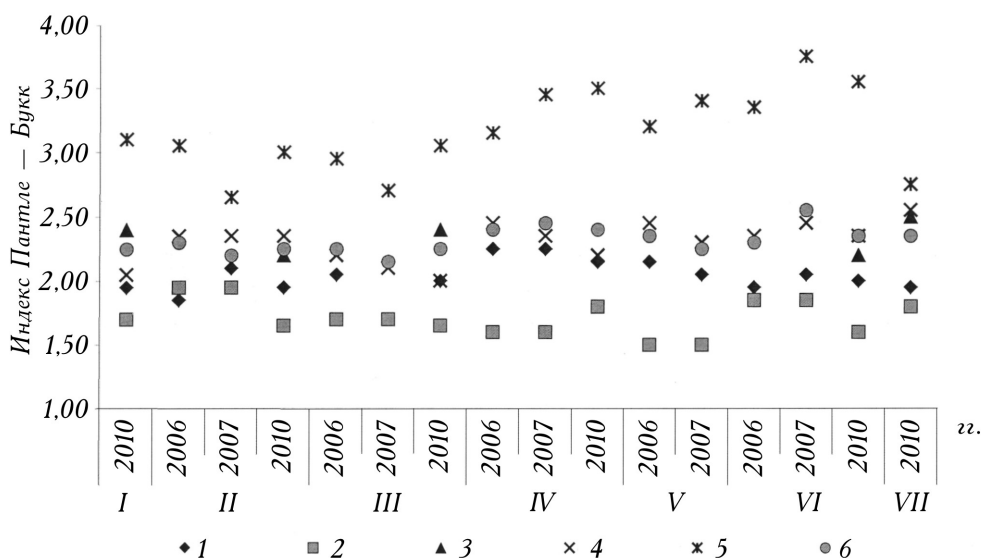
Мы использовали также названия классов (пять) и категорий (семь) качества вод по сапробности, трофности и по состоянию в соответствии с известными национальными методическими руководствами [15—18].

Результаты исследований

Результаты расчета сапробности по индикаторным видам отдельных биотических группировок существенно отличаются даже для одного водного объекта, например, от 1,3—1,7 (α -олиго— β '-мезосапробные) по зоопланктону до 3,1—3,7 (α ''-мезо—полисапробные) по зообентосу в заливе Потапов кут (рисунок). Кроме того, существенные отличия, вплоть до смены зоны сапробности, отмечены в результатах расчетов по одной биотической группировке в течение одного вегетационного сезона. Вместе с тем зоопланктон практически всегда показывает меньшую сапробность, чем макрофауна, а на максимальное загрязнение указывает макрозообентос. Наиболее стабильные результаты получены по расчетам усредненного индекса сапробности 2,1—2,5 (β '-мезосапробная зона) для рукавов и 2,3—2,7 (β ''— α '-мезосапробная зона) для заливов, что соответствует третьему классу (евтрофные, загрязненные воды) согласно классификации [16].

Биоиндикация загрязнения вод показала, что результаты, полученные по отдельным биотическим группировкам, варьировали даже сильнее, чем значения сапробности (табл. 4). В первую очередь такая картина связана с сезонными изменениями в составе макрофауны беспозвоночных, приводящими к занижению результатов в определенные периоды исследований вследствие отсутствия некоторых групп гидробионтов (например, вылета амфибионтных насекомых, или слабого развития фитофильной фауны в весенний период).

Рекомендации, как и когда правильно использовать различные индексы, приводятся как в авторских изданиях, так и в различных методических руководствах (например, [32]), но, к сожалению, на практике к ним прислуши-



Биоиндикация сапробности: 1 — фитопланктон; 2 — зоопланктон; 3 — эпифауна; 4 — фитофильная фауна; 5 — макрозообентос; 6 — в среднем; I — рук. Очаковский; II — рук. Быстрый; III — рук. Восточный; IV — зал. Делюков кут; V — зал. Потапов кут; VI — оз. Ананькин кут; VII — зал. Быстрый кут.

ваются не всегда. Максимальные изменения значений в одном водном объекте на протяжении вегетационного сезона показал ТВІ: по макрозообентосу в пределах β-мезосапробной—полисапробной зон (рукава Очаковский и Быстрый, заливы Быстрый кут и Потапов кут), а по фитофильной фауне и макрофауне в целом — олиго—α-мезосапробной зон (рук. Быстрый). Значения ВВІ также могли существенно изменяться даже в пределах одного водного объекта: III—V класс качества вод по макрозообентосу (рук. Восточный, зал. Делюков кут) или II—IV класс качества вод по фитофильной фауне и макрофауне в целом (зал. Быстрый кут). Для ВМWP-индекса наибольший диапазон значений зафиксирован в расчетах по фитофильным сообществам и по макрофауне в целом: III—V класс качества вод (рук. Быстрый). Стабильностью отличались лишь значения ТВІ по макрозообентосу в оз. Ананькин кут, где они всегда составляли 2 балла — полисапробная зона. Небольшим был и разброс значений ВМWP-индекса по макрозообентосу, для большинства водных объектов они указывали на «грязные воды». Индексы, рассчитанные по структуре эпифауны, изменялись в пределах либо одной зоны сапробности, либо одного класса качества вод.

В большинстве случаев наиболее загрязненные воды показывали результаты биоиндикации по макрозообентосу, выше были оценки по организмам эпифауны и фитофильной фауны, максимальные значения (наиболее чистые воды) давала макрофауна в целом. Последнее понятно и следует из сути выбранных индексов: при расчетах обобщенного индекса информация интегрируется (добавляется), а не усредняется, как при расчетах сапробности, поэтому результаты биоиндикации по макрофауне в целом не могут быть

4. Биондикация загрязнения

Водные объекты	Годы	ТВИ				ВВИ				ВМВР			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Рук. Очаковский	2010	2—5	4—5	6—7	7—8	4	3—5	3—5	5—7	13—32	15—33	11—55	36—79
Рук. Быстрый	2006	2—5	×	4—8	4—8	4—5	×	5	4—6	7—16	×	3—60	9—63
	2007	5—6	×	5—7	6—8	5—6	×	4—7	6—9	16—26	×	15—48	26—57
	2010	2—5	4—5	5—8	7—9	4—5	4	4—5	6—7	6—15	27—29	22—28	36—57
Рук. Восточный	2006	6—8	×	6—8	6—8	2—5	×	5—7	5—7	1—24	×	41—77	41—83
	2007	3—6	×	6—7	7	5	×	5—6	7	18—33	×	44—62	50—70
	2010	4—5	5	8	7—8	4—5	4	4—5	6—7	13—38	19—32	22—38	42—95
Зал. Демюков кут	2006	2—3	×	6—9	7—9	3—5	×	5—7	6—7	6—12	×	30—95	36—98
	2007	2—3	×	7—8	7—8	2—5	×	5—6	5—6	3—17	×	40—53	40—67
	2010	3—5	×	7—8	6—8	2—5	×	4—5	5—6	9—10	×	19—37	40—47
Зал. Потапов кут	2006	2—3	×	7—9	7—9	4—5	×	7—8	8—9	11—15	×	63—65	68—72
	2007	2—6	×	7—9	7—9	4—5	×	6—7	6—8	6—32	×	42—72	45—89
Оз. Ананькин кут	2006	2	×	6—9	6—9	2	×	4—5	5—6	3—8	×	23—55	23—60
	2007	2	×	6—7	6—7	2—3	×	5	5—6	3—6	×	25—36	25—33
	2010	2	5—6	5—7	7—9	2—3	3—4	2—4	4—6	3—6	3—15	7—10	10—43
Зал. Быстрый кут	2010	2—5	4	4—6	6—8	2—3	3	4	4—7	18—61	9—15	1—17	15—50

П р и м е ч а н и е. 1 — макрозообентос; 2 — эпифауна твердых субстратов; 3 — фитопильная фауна; 4 — макрофауна в общем; × — оценка не проводилась.

меньшими, чем значения, рассчитанные по составляющим ее биотическим группировкам. Мы исходим из того, что макробеспозвоночные, имеющие достаточно длительные жизненные циклы, показывают состояния водного объекта за достаточно продолжительный период времени, как суммарный отклик на состояние экосистемы. На наш взгляд, наиболее объективно отражают состояние водного объекта максимальные значения индексов, полученные на протяжении вегетационного сезона, когда нивелируются сезонные изменения в составе комплексов макробеспозвоночных, агрегированность поселений, погрешности при отборе проб и т. п. По нашим результатам, воды дельты Дуная — это преимущественно воды II—III классов качества.

Оценка качества вод по трофо-сапробиологическим показателям проведена с использованием 15 (из 18 предлагаемых в методике [16]) показателей, три из них (количество взвешенных веществ, БПК₅ и численность бактериопланктона) при анализе некоторых водных объектов не измерялись (табл. 5).

Диапазоны значений практически всех показателей характеризовались значительной вариабельностью, что связано с сезонными и годовыми различиями гидрологического режима Дуная. Широкий диапазон показателей, например, концентраций азотистых соединений, кислорода, фосфора и др., отмечен и предыдущими исследованиями [6], вариабельность значений связывают с жизнедеятельностью гидробионтов, поступлением загрязнений с вышележащих участков и населенных пунктов, однако, четкой сезонной динамики и зависимостей от определенных факторов для отдельных показателей качества вод в дельте не установлено.

По результатам наших исследований (см. табл. 5) качество вод в целом не выходило за рамки II—III классов, β' — α' -мезосапробные, чистые — загрязненные воды, что вполне соответствует результатам усредненного индекса сапробности (β'' -мезосапробные воды в рукавах и β'' — α' -мезосапробные в заливах) и преимущественно II—III классам качества по ТВІ, ВВІ и ВМWP.

Обсуждение результатов исследований

Приведенные выше результаты, полученные по различным методикам, зачастую имеют некоторые, иногда существенные, различия. Как оценить полученные результаты, какие оценки наиболее адекватно отражают реальную картину, какие индексы «работают» лучше? Учитывая, что современный математический аппарат позволяет рассчитывать десятки и сотни различных индексов, эти вопросы являются весьма актуальными. Их решение в рамках настоящей работы мы основывали на нескольких допущениях: результаты должны соответствовать общей экологической ситуации, ее долгосрочным изменениям и иметь подтверждение другими исследованиями; мы также полагали, что совпадение оценок, выполненных разными методами, повышает надежность результата.

Оценки качества вод по трофо-сапробиологическим показателям в низовьях Дуная можно проследить с 50-х годов прошлого века, тогда они были

5. Оценка качества вод по трофо-сапробиологическим показателям (по материалам 2006, 2007 и 2010 гг.)

Показатели	Водные объекты							
	Рук. Очаковский	Рук. Быстрый	Рук. Восточный	Зал. Поглапов кут	Зал. Делюков кут	Оз. Ананькин кут	Зал. Быстрый кут	
Гидрофизические								
Прозрачность, м	0,3—0,6	0,1—0,5	0,2—0,7	0,1—0,4	0,2—1,0	0,3—1,3	0,3—0,5	
категории качества воды	4—5	5—7	3—6	5—7	2—6	2—6	5—6	
Взвешенные вещества, мг/дм ³	41—56	65—134	30—65	25—30	14—31	12—35	60—80	
категории качества воды	5	5—7	4—6	4	3—4	3—5	6	
Гидрохимические								
pH	7,8—8,1	7,8—8,1	7,8—8,2	7,9—8,9	7,8—8,8	7,7—8,5	8,0—8,3	
категории качества воды	2—3	2—3	2—4	2—7	2—7	2—5	3—4	
Аммонийный азот, мг N/дм ³	0,01—0,10	0,03—0,40	0,03—0,32	0,01—0,37	0,01—0,30	0,05—0,34	0,01—0,10	
категории качества воды	1—2	1—4	1—4	1—4	1—3	1—4	1—2	
Нитриты, мг N/дм ³	0,01—0,02	0,01—0,20	0,01—0,13	0,00—0,10	0,02—0,07	0,01—0,03	0,00—0,01	
категории качества воды	4	4—7	4—7	1—6	4—6	3—5	1—3	
Нитраты, мг N/дм ³	0,18—0,80	0,10—0,98	0,10—0,92	0,13—0,87	0,17—0,79	0,10—1,10	0,22—0,30	
категории качества воды	1—5	1—5	1—5	1—5	1—5	1—6	2	
Фосфаты, мг P/дм ³	0,12—0,40	0,04—0,46	0,05—0,44	0,03—0,34	0,03—0,55	0,02—0,50	0,24—0,30	
категории качества воды	5—7	3—7	3—7	2—7	2—7	2—3	6	
Растворенный кислород, мг O ₂ /дм ³	6,7—13,9	4,9—12,3	5,2—13,2	4,8—12,3	3,0—10,9	0,1—13,3	8,2—13,6	

Продолжение табл. 5

Показатели	Водные объекты							
	Рук. Очаковский	Рук. Быстрый	Рук. Восточный	Зал. Потапов	Зал. Дельцов	Оз. Ананькин	Зал. Быстрый	кут
категории качества воды	1—4	1—6	1—5	1—6	1—7	1—7	1—7	1
Насыщение кислородом, %	65—131	59—117	65—125	59—150	30—129	1—160	79—133	
категории качества воды	5	3—6	4—5	6	4—7	7	4—5	
БО, мг O/Дм ³	15—20	15—77	13—80	12—100	18—114	19—74	8—15	
категории качества воды	2—3	2—7	2—7	2—7	3—7	3—7	1—2	
БПК ₅ , мгO ₂ /Дм ³	1,7—3,4	0,2—1,8	1,6—8,8	×	2,1—3	2,0—3	×	
категории качества воды	3—4	1—3	2—6					
Гидробиологические								
Биомасса фитопланктона, мг/Дм ³	0,5—2,4	0,6—2,2	0,2—5,3	1,3—5,0	1,2—2,5	1,0—11,6	1,1—2,4	
категории качества воды	2—4	2—4	2—5	3—4	3—4	2—6	3—4	
Бактериологические								
Численность бактериопланктона, млн. кл/см ³	×	5,4—8,7	5,2—7,1	6,7—10,4	6,4—9,4	6,1—8,7	×	
категории качества воды		5—6	5—6	5—7	5—6	5—6		
Биоиндикация сапробности								
По Пантле — Букк	2,1—3,7	2,6—3,5	2,2—3,7	3,0—3,7	2,5—3,8	3,0—3,8	2,3—3,1	
категории качества воды	4—7	5—6	4—7	5—7	4—7	5—7	4—6	

Продолжение табл. 5

Показатели	Водные объекты							
	Рук. Очаковский	Рук. Быстрый	Рук. Восточный	Зал. Потапов кут	Зал. Делюков кут	Оз. Ананькин кут	Зал. Быстрый кут	
По Гуднайту — Уитлею	25—89	57—98	12—100	52—91	53—94	41—95	47—74	
категории качества воды	2—6	3—7	1—7	3—7	3—7	2—7	3—5	
Индекс трофо-сапробиологических показателей	3,2—4,1	3,7—5,2	2,7—4,9	3,2—4,9	3,4—5,1	3,5—4,9	3,2—3,7	
Категории качества вод	3—4	4(3)—5	3(2)—5	3—5	3(4)—5	3—4—5	3—4(3)	
Классы качества вод	2—3	3	2—3	2—3	2—3	2—3	2	

наивысшими (табл. 6). В 70-е годы, по сравнению с 50-ми—60-ми годами, произошло ухудшение качества вод: по средним показателям на четверть категории (3 до 3(4)) со сменой класса воды со II на III, а по предельным — на полкатегории (с 5(4) до 5(6)). В 80-е годы различия составляли 0,75 категории по средним и 1,25 категории по наихудшим значениям, со сменой класса вод в последнем случае с III на IV. В 90-е годы было отмечено ухудшение качества вод только по средним значениям на 1,25 категории по сравнению с 50-ми—60-ми годами (см. табл. 6). В начале XXI ст. отмечено некоторое улучшение качества вод, вследствие чего разрыв с 50-ми—60-ми годами прошлого века составил 1 категорию по средним и 0,25 категории по предельным показателям, с улучшением класса качества вод с IV на III. Приведенные результаты достаточно хорошо согласуются с материалами исследований прошлых лет и показывают незначительное улучшение качества вод по сравнению с периодом 80-х—90-х годов XX ст. [25] как по средним, так и по предельным (наихудшим) показателям (табл. 7). Некоторое улучшение качества вод и состояния водных сообществ в низовьях Дуная после 1995 г. отмечают и другие исследователи [34, 39, 50].

Проследить многолетнюю динамику изменения качества вод по биотическим индексам не представляется возможным: в литературе предыдущих лет нам не удалось найти списков макрофауны беспозвоночных, пригодных для сравнительных расчетов (для отдельных водных объектов за один вегетационный сезон). Кроме того, если для макрозообентоса такая информация в принципе возможна (например, по нашим собственным материалам), то для фитофильной фауны, а тем более для эпифауны твердых субстратов, такие сведения практически отсутствуют. До нас в низовьях Дуная эти экологические группировки систе-

6. Сравнительная оценка качества вод украинского участка Дуная по трофо-сапробиологическим (эколого-санитарным) критериям

50—60-е гг. XX ст. [25]		70-е гг. XX ст. [27]		80-е гг. XX ст. [19]		90-е гг. XX ст. [25]		2006—2010 гг.		
классы качества вод	категории качества вод	классы качества вод	категории качества вод	классы качества вод	категории качества вод	классы качества вод	категории качества вод	классы качества вод	категории качества вод	
II	3	Хорошая, достаточная, мезотрофная, β'-мезосапробная	3(4)	Хорошая (Удовлетворительная, Достаточная), мезотрофная, β'-мезосапробная	III	4(3)	Удовлетворительная (хорошая), слабо (достоточно) загрязненная, мезотрофная (мезотрофная (евтрофная (евтрофная), β'-мезосапробная	III	4	Удовлетворительная, слабо загрязненная, мезотрофная, β'-мезосапробная
Средние значения										

Продолжение табл. 6

50—60-е гг. XX ст. [25]		70-е гг. XX ст. [27]		80-е гг. XX ст. [19]		90-е гг. XX ст. [25]		2006—2010 гг.	
классы качества вод	категории качества вод	классы качества вод	категории качества вод	классы качества вод	категории качества вод	классы качества вод	категории качества вод	классы качества вод	категории качества вод
III	5(4) Посредственная (УДовлетворительная), умеренно (слабо) загрязненная, литрофная (α' (β''')-мезосапробная)	III	5(6) Удовлетворительная (плохая), умеренно (слабо) загрязненная (загрязненная), литрофная (α' (β''')-мезосапробная)	III	6 Плохая, загрязненная, литрофная (α''-мезосапробная)	III	6 Плохая, загрязненная, литрофная (α''-мезосапробная)	III	5 Посредственная, умеренно (слабо) загрязненная, литрофная (α'-мезосапробная)
Пределные (наихудшие) значения									

7. Сравнение результатов оценок сапробности и качества вод, выполненных различными методами (по данным табл. 5, 6 и рис. 1)

Оценка по показателям	Рук. Быстрый	Рук. Восточный	Рук. Очаковский	Зал. Делюков	Зал. Быстрый	Зал. Потапов	Оз. Аванькин
Среднего индекса сапробности вод	β'' -мезосапробные	β'' -мезосапробные	β'' -мезосапробные	β'' - α' -мезосапробные	β'' -мезосапробные	β'' -мезосапробные	β'' - α' -мезосапробные
ТВ1 бентос	β -мезосапробные	β -мезосапробные	β -мезосапробные	β - α -мезосапробные	β -мезосапробные	β - α -мезосапробные	полисапробные
эпифауна	β -мезосапробная	β -мезосапробные	β -мезосапробные	×	α -мезосапробные	×	β -мезосапробные
фитофильная фауна	олиго- β -мезосапробные	олигосапробная	олигосапробная	олигосапробная	олигосапробная	олигосапробная	олигосапробная
макрофауна	олигосапробные	олигосапробные	олигосапробные	олигосапробные	олигосапробные	олигосапробные	олигосапробные
БВИ бентос	III класс	III класс	III класс	III класс	III класс	III класс	IV—V класс
эпифауна	IV класс	IV класс	III класс	×	IV класс	×	IV класс
фитофильная фауна	II—III класс	II—III класс	III класс	II—III класс	IV класс	II класс	III—IV класс
макрофауна	I—III класс	II класс	II класс	II—III класс	II класс	II класс	III класс
БМWP бентос	IV класс	IV класс	IV класс	IV—V класс	IV класс	IV класс	V класс
эпифауна	IV класс	IV класс	IV класс	×	IV—V класс	×	V класс
фитофильная фауна	III—IV класс	II—IV класс	III класс	II—IV класс	IV класс	II—III класс	III—V класс
макрофауна	III класс	II класс	II класс	II—III класс	III класс	II класс	III—IV класс

Продолжение табл. 7

Оценка по показателям	Рук. Быстрый	Рук. Восточный	Рук. Очаковский	Зал. Делюков	Зал. Быстрый	Зал. Погапов	Оз. Ананькин
Индекса сапробности вод ТСП	β'' — α' -мезо-сапробные	β' — α' -мезо-сапробные, II—III класс	β'' — β'' -мезо-сапробные	β' — α' -мезо-сапробные	β' — β'' -мезо-сапробные	β' — α' -мезо-сапробные	β' — α' -мезо-сапробные
класс качества	III класс	II—III класс	II—III класс	II—III класс	II—III класс	II—III класс	II—III класс

П р и м е ч а н и е. Выделены согласованные оценки в пределах одного водного объекта.

матически не исследовались, что не позволяет провести корректные расчеты.

Адекватной оценкой современного состояния качества дунайских вод могут служить результаты международного обследования Дуная JDS-2 (The Joint Danube Survey 2), проведенного летом и осенью 2007 г. под эгидой Международной комиссии по защите реки (ICPDR), которая сегодня является одним из наиболее авторитетных органов Европейского содружества в области контроля качества вод и состояния водных экосистем Дуная. На украинском участке от устья р. Прута до г. Вилково и устья рук. Быстрого в составе JDS-2 проводил исследования и один из авторов настоящей статьи. Результаты обследования, приведенные в отчете ICPDR [40], показали, что воды украинского участка соответствовали β'' -мезосапробной зоне (2,15—2,24, индекс Зелинки — Марвана по макрозообентосу), что отвечает и нашим результатам по средней сапробности (см. рис. 1). В целом, учитывая концентрацию фосфатов и нитратов, кислорода, pH, электропроводность, другие физико-химические показатели, нижнему участку Дуная был присвоен высокий экологический статус — I—II классы (high-good classes).

Таким образом, качество вод водотоков и водоёмов аванделты украинского участка Дуная по результатам различных оценок изменяется преимущественно в диапазоне II—III классов. Безусловно, реальные показатели, к тому же выполненные различными методами, в конкретные моменты времени и точках исследований могут отличаться друг от друга и выходить за рамки указанных классов, что, собственно видно и из полученных нами материалов.

Анализ особенностей «работы» отдельных индексов как совпадений результатов оценок, выполненных различными методами (см. табл. 7), в целом показал достаточно высокие результаты — 60% совпадений. Полное совпадение оценок имели расчеты среднего индекса сапробности вод, BVI по макрофауне, а также сапробности и класса качества вод по трофо-сапробиологическим показателям. Высокое сходство с результатами этих индексов дали ТВИ и BVI по макрозообентосу и фитофильной фауне, а также BMWP по макрофауне беспозвоночных в целом (лишь в одном случае,

для оз. Ананькин кут, указавшие на более высокое загрязнение). ТВІ по фитофильной фауне и макрофауне беспозвоночных везде показали более чистые, олигосапробные воды. ВМWP, наоборот, хорошо «работал» в расчетах по макрофауне беспозвоночных, несколько хуже — по фитофильной фауне и показал полное несовпадение результатов по макрозообентосу и эпифауне (они указали на большее загрязнение). Наименее согласованными оказались оценки для оз. Ананькин кут, наиболее изолированного внутридельтового водоема, что согласуется с принципом разработки большинства выбранных индексов для оценки загрязнения текущих вод.

Заключение

Полученные результаты, на наш взгляд, хорошо иллюстрируют возможность применения всех использованных подходов. Оценка загрязнения по биоиндикации сапробности, биотическим индексам и трофо-сапробиологическим показателям позволяет утверждать, что воды авандельты Килийского рукава в настоящее время являются преимущественно II—III классов качества, или β' — α' -мезосапробными, чистыми — загрязненными, отмечена тенденция незначительного ухудшения качества в водоемах по сравнению с водотоками. В многолетнем плане нами, как и другими исследователями, отмечено определенное улучшение качества вод по сравнению с 90-ми годами предыдущего столетия и стабилизация результатов оценок.

Кроме того, оценки, выполненные разными методами, показали особенности использования в биоиндикации разных биотических группировок. Расчеты сапробности водного объекта в целом наиболее точно отражает усредненный индекс сапробности. Справедливость такого подхода для оценки сапробности вод указана в ряде методических руководств [1, 26], хотя в гидробиологических работах широко распространена практика расчетов по отдельным биотическим группировкам. Наши материалы показали, что на наиболее высокую сапробность указывает макрозообентос, далее, в порядке уменьшения сапробности, можно построить ряд фитофильная фауна и эпифауна твердых субстратов — фитопланктон и зоопланктон.

Из биотических индексов наиболее согласованные результаты показали ТВІ (по бентосу), ВВІ (по макрофауне, бентосу и фитофильной фауне) и ВМWP (по макрофауне в целом).

Включение в расчеты ТВІ фитофильных организмов занижает результаты оценки, указывает на более чистые воды, что, возможно, связано с особенностями биотопа — заросли растений создают среду обитания с улучшенными гидрохимическими характеристиками. Соответственно, с включением фитофильной фауны ниже становятся и результаты обобщенного, интегрального индекса сапробности по макрофауне в целом.

Для ВМWP наоборот, наилучшие, наиболее согласованные результаты показали расчеты интегрального показателя по макрофауне в целом, а из отдельных биотических группировок — лишь по фитофильной фауне (частично).

Трофо-сапробиологическая оценка обнаружила высокую согласованность результатов с другими оценками. Однако, на наш взгляд, эта методика, являясь в целом комплексной, содержащей пять групп показателей (гидрофизические, гидрохимические, гидробиологические, бактериологические и биоиндикацию сапробности), имеет определенный перекоп в соотношении абиотических и биотических характеристик. Последние составляют третью часть, 6 показателей (биомасса фитопланктона, индекс самоочищения-самозагрязнения, численность бактериопланктона, численность сапрофитных бактерий, биоиндикация сапробности по Пантле — Букк и Гуднайту — Уитлею). На наш взгляд, рационально ее дополнение расчетами средней сапробности и интегральных биотических индексов, что усилит роль биотической составляющей в общей оценке и будет весомым улучшением украинского стандарта оценки качества вод, состояния биотической составляющей водных экосистем, их биоразнообразия и биоресурсов.

Подчеркнем необходимость четко придерживаться при расчетах авторских методик или их модификаций, с указанием источника или описания метода: например, если в методике указано, что для определения сапробности по Пантле — Букк необходимо использование не менее 12 [22, 23, 45, 46] или 10 [40] видов-индикаторов сапробности, то меньшее их число использовать некорректно².

Кроме того, на наш взгляд, использование видов с низким индикаторным весом (при расчетах по методике Зелинки — Марвана) может ухудшать результаты анализа. Здесь, возможно, целесообразно придерживаться германского стандарта DIN 38410 [37], значительно усиливающего значение хороших индикаторов (которым присваиваются значения индикаторного веса 16, 8 и 4) и игнорирующего плохих индикаторов (индикаторный вес 1 и 2).

Вероятно, целесообразно использование известных, проверенных и общедоступных (например, в Интернете) программ, таких как Asterix 3.1.1, Ecoprof 3.2.3, BioDiversity Pro, повышающих доверие к результатам расчетов, хотя такая автоматизация урезает процесс познания, лишает исследователя части знаний, важных для понимания сути ситуации в целом.

Сегодня, в соответствии с рекомендациями ВРД [3] актуальным является представление результатов оценок в пятибалльной системе. Однако при этом не следует забывать, что оригинальные методики зачастую предполагали другую систему оценки, например, три класса качества для определения сапробности по Гуднайту — Уитлею [38]. Трансформации в пятиуровневую систему, предлагаемые различными авторами, могут не совпадать, приводить к дополнительной путанице. Создание единой общепринятой методики оценки экологического состояния водных объектов и качества их вод представляется нам маловероятным: многообразие природы порождает многообразие подходов и оценок. Что собственно и заложено в подходах ВРД (бассейновый подход, выделение типоспецифических водных объектов, комплексность оценок с приоритетом биотической составляющей, сравнительный принцип классификации), документе, являющемся сегодня наиболее авторитетным в области европейского водного менеджмента.

² Отметим, что в некоторых случаях расчеты проводятся, но с указанием количества использованных видов индикаторов, например в отчете о JDS-2 [40].

За последние 10—15 лет произошло определенное улучшение качества вод в низовьях Дуная. Наверное, основную роль здесь сыграл экономический кризис конца XX ст., который пережили страны Восточной и Центральной Европы после распада Советского Союза, кризис мировой экономики последних лет, хотя нельзя недооценивать и природоохранную деятельность стран придунайского региона, работу международных организаций экологической направленности, усилия ученых. Полученные результаты показали, что самоочистительная способность Дуная достаточно высока, можно ожидать последующего восстановления структурно-функциональных показателей сообществ гидробионтов и возрастания биологического разнообразия водной флоры и фауны.

**

Проведено оцінку забруднення вод української ділянки р. Дунай за відомими європейським індексами, проведено порівняння їхніх результатів між собою, а також з результатами національної методики екологічної оцінки якості поверхневих вод.

**

The assessment of pollution of Ukrainian part of Danube River according to known European indexes and the comparison of theirs results and results of national method of ecological assessment of water quality have been carried.

**

1. Абакумов В.А. Контроль качества вод по гидробиологическим показателям в системе гидрометеорологической службы СССР / Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. — Л.: Гидрометеоиздат, 1977. — С. 93—99.
2. Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биол. внутр. вод. — 2000. — № 1. — С. 68—82.
3. 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.
4. Вудивисс Ф.С. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. — Л.: Гидрометеоиздат, 1977. — С. 132—161.
5. Гаврилянчик Р.Ю. Порівняльний аналіз біотичних індексів якості води в системі екологічного моніторингу // Актуальні проблеми біології, екології та хімії. — 2009. — № 2. — С. 71—79.
6. Гидроэкология украинского участка Дуная и сопредельных водоемов / Под ред. В. Д. Романенко — Киев: Наук. думка, 1993. — 328 с.
7. Дзюбан Н.А., Кузнецова С.П. О гидробиологическом контроле качества вод по зоопланктону // Науч. основы контроля качества вод по гидробиол. показателям: Тр. Всесоюз. конф., Москва, 1—3 нояб. 1978 г. — Л.: Наука, 1981. — С. 117—136.
8. Жадин В.И. Методы гидробиологического исследования. — М.: Высш. шк., 1960. — 192 с.

9. *Жизнь пресных вод СССР*. / Под ред. В. И. Жадина. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. — Т. 3. — 911 с.
10. *Жирков И.А.* Жизнь на дне. Биогеография и биоэкология бентоса. — М.: Т-во науч. изданий КМК, 2010. — 453 с.
11. *Замана Л.В.* Программа сбора данных и оценки фоновых экологических и социально-экономических условий по району размещения горнопромышленного предприятия ООО «Тасеевское». — Чита, 2007. — 45 с.
12. *Зимбалева Л. Н.* Фитофильные беспозвоночные равнинных рек и водохранилищ: экологический очерк. — Киев: Наук. думка, 1981. — 216 с.
13. *Количественная гидрoэкология: методы системной идентификации*. — Тольятти, 2003. — 463 с.
14. *Макрушин А.В.* Биологический анализ качества вод. — Л.: ЗИН АН СССР, 1974. — 60 с.
15. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод* / За ред. В. Д. Романенка. — К.: ЛОГОС, 2006. — 408 с.
16. *Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями*. — К., 1998. — 28 с.
17. *Методика картографування екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями*. — К.: Символ-Т, 1998. — 28 с.
18. *Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України*. — К.: ВІПОЛ, 2001. — 48 с.
19. *Оксиук О.П., Журавлева Л.А., Ляшенко А.В. и др.* Характеристика качества воды украинского участка Дуная (по общим показателям) // Гидробиол. журн. — 1992. — Т. 28, № 6. — С. 3—11.
20. *Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий*. Т.4. Высшие насекомые. Двукрылые / Под ред. С. Я. Цалыхина. — 1999. — 1000 с.
21. *Романенко В.Д.* Основы гидроэкологии: Підручник. — К.: Обереги, 2001. — 728 с.
22. *Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем* / Под ред. проф. В. А. Абакумова. — СПб.: Гидрометеиздат, 1992. — 318 с.
23. *Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений* / Под ред. В. А. Абакумова. — Л.: Гидрометеиздат, 1983. — 239 с.
24. *Семенченко В. П.* Принципы и системы биоиндикации текущих вод. — Минск: Орех, 2004. — 125 с.
25. *Харченко Т.А., Ляшенко А.В., Башмакова И.Х.* Ретроспективный анализ качества воды низовьев Дуная // Гидробиол. журн. — Т. 35, № 6. — 1999. — С. 3—16.
26. *Унифицированные методы исследования качества вод*. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. — М.: Изд-во СЭВ, 1977. — 175 с.
27. *Экологические проблемы межбассейновых перебросок стока*. — Киев: Наук. думка, 1984. — 256 с.
28. *Alba-Tercedor J., Sanchez-Ortega A.* Un metodo rapido u simple para evaluar la calidad bioljgica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell // Limnetica. — 1988. — Vol. 4. — P. 51—56.

29. *Arbaciauskas K., Semenchenko V. et al.* Assessment of biocontamination of benthic macroinvertebrate communities in European inland waterways // *Aquatic Invasions*. — 2008. — Vol. 3, Iss. 2. — P. 211—230.
30. *Aristica B., Constantinescu E.* The comparison of the Belgian Biotic Index with physico-chemical analyses for Danube water // *Analele Universita Nii din Bucuresti, Chimie Anul XV (serie noua)*. — 2006. — Vol. II. — P. 21—25.
31. *Armitage P.D., Moss D., Wright J.F., Furse M.T.* The performance of a new biological water quality scores system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites // *Water Res.* — 1983. — Vol. 17. — P. 333—347.
32. *AQEM CONSORTIUM.* Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, 2002. — 202 p [].
33. *Biological quality of watercourses.* Determination of the biotic index based on aquatic macroinvertebrates. Belgian standard T92-402. Belgian institute for normalization. — Brussels, 1984. — 35 p.
34. *Davi C., Gherghisan-Despina C.* Nutrientii in Rezervatia Biosferei Delta Dunarii // *Analele St. Inst. Delta Dunarii*. — 1996. — Vol. 2. — P. 31—36.
35. *De Pauw N., Vannevel R.* Macroinvertebrates and water quality // *Antwerp*. — 1993. — 316 p.
36. *De Pauw N., Hawkes H.A.* Biological monitoring of river water quality // *River water quality monitoring and control / Ed. by W.J. Walley, S. Judd*. — Ashton University, 1993 —P. 87—111.
37. *DIN 38410 T. 2:* Procedure for the determination of the saprobic index on the basis of benthic communities / German standard methods (DEV) for the examination of water, wastewater and sludge. Biological-ecological examination of waters (group M/ M2). — 1991. — P. 1—18.
38. *Goodnight C.J., Whitley L.S.* Oligochaetes as indicators of pollution // *Proc. 15th Intern. Waste Conf.* — Pardue Univ., 1961. — Vol. 106. — P. 139—142.
39. *Ibram O., David, C., Cojocaru L.* Nutrients and heavy metals dynamic in the Danube Delta lakes. — *Analele St. Inst. Delta Dunarii*, 2001. — P. 82—86.
40. *Joint Danube Survey 2.* Final scientific report. — ICPDR — International Commission for the Protection of the Danube River, 2008. — www.icpdr.org.
41. *Kownacki A., Soszka H., Kudelska D., Fleituch T.* Bioassessment of Polish rivers based on macroinvertebrates /11th Magdeburg seminar on waters in Central and Eastern Europe: assessment, protection, management, UFZ Centre for Environmental Research. — Leipzig-Halle, 2004. — P. 17—24.
42. *Leeds-Harrison P.B., Quinton J.N., Walker M.J. Harrison K.S. et al.* Buffer Zones in headwater catchments // *Report on MAFF / English Nature Buffer Zone Project CSA 2285*. — Cranfield University, Silsoe, 1996. — 22 p.
43. *Metcalfe J. L.* Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe // *Environmental pollution*. — 1989. — Vol. 60. — P. 101—139.
44. *Miserendino M. I., Pizzolon L. A.* Rapid assesment of river water quality using macroinvertebrates: a family level Biotic Index for the Patagonic Andean zone // *Acta Limnologica Brasiliensia*. — 2000. — Vol. 11 (2). — P. 137—148.

45. *Pantle R., Buck H.* Die biologische Überwachung der Gewässer und Darstellung der Ergebnisse // Gas- und Wasserfach. — 1955. — Vol. 96, N 98. — 604 s.
46. *Tumpling W.* Statistische probleme der biologischen Gewässerüberwachung // Wasserwirtschaft-Wasstechnik. — 1962. — N 12. — S. 353—357.
47. *Woodiwiss F.S.* The biological system of stream classification used by the Trent River Board // Chem. and Ind. — 1964. — Vol. 11. — P. 443—447.
48. *Wright J.F., Furse M.T., Armitage P.D.* RIVPACS — a technique for evaluating the biological quality of rivers in the UK // European Water Pollution Control. — 1993. — Vol. 3 (4). — P. 15—25.
49. *Zamora-Munos C., Sainz-Cantera C. E.* Are biological indices BWMP and ASPT and their significance regarding water quality seasonally dependent? Factors explaining their variations // Water Res. — 1995. — Vol. 9 (1). — P. 285—290.
50. *Zinevici V., Parpala L.* Zooplanctonul din Delta Dunarii si Avandelta. Diversitate, structura, productivitate si relatii trofice. — Bucuresti: Ars Docendi, Universitatea Bucuresti, 2007. — 380 p.

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

Поступила 07.02.12