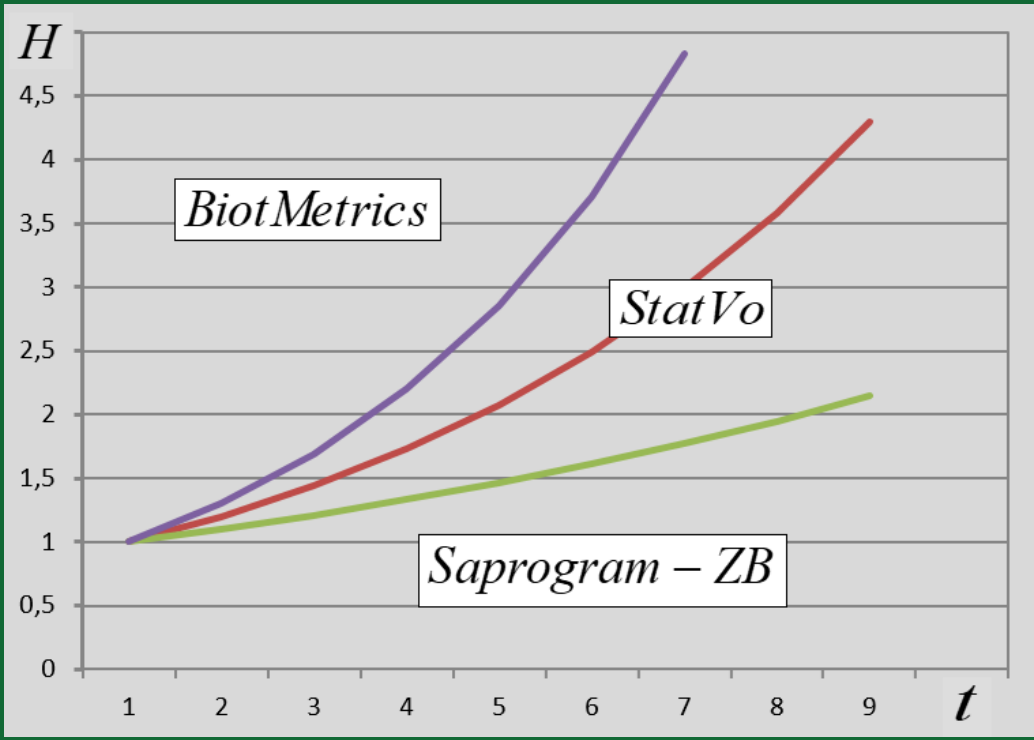
Прикладні програми для обробки гідробіологічних даних



Методичний посібник

Київ – 2019

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ

Афанасьєв С.О., Юришинець В.І., Воліков Ю.М., Усов О.Є., Ляшенко А.В.

ПРИКЛАДНІ ПРОГРАМИ ДЛЯ ОБРОБКИ ГІДРОБІОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

Методичний посібник

Київ – 2019

[574.5:004.42] (07)

Афанасьєв С.О., Юришинець В.І., Воліков Ю.М., Усов О.Є., Ляшенко А.В. Прикладні програми для обробки гідробіологічних даних. Методичний посібник. – Київ, 2019. – 28 с.

У виданні наведено настанови та роз'яснення щодо використання прикладних програм для обробки гідробіологічних даних: «BiotMetrics», «Saprogram-ZB», «StatVo». Програма «BiotMetrics» створена з метою уніфікації і спрощення процедури розрахунку біотичних індексів та інших показників якості води, для знайомства з їхніми конструкціями, навчання алгоритмам обчислень. Програма «Saprogram-ZB» створена для уніфікації та спрощення процедури розрахунку значень показника сапробності за індикаторними організмами угруповань макрозообентосу і макрозооперифітону. Програма «StatVo» розроблена з метою комплексного використання коефіцієнтів схожості та оригінальності для масивів даних гідробіонтів із кількісними показниками. Програма дозволяє розраховувати основні коефіцієнти схожості для якісного і кількісного порівняння угруповань.

Для спеціалістів в галузі гідробіології, екології, гідрології, гідрохімії, іхтіології, радіоекології, аспірантів і студентів біологічних, екологічних та географічних спеціальностей.

Друкується за рішенням Вченої ради Інституту гідробіології НАН України (прот. №11 від 06.12.2019 р.).

Рецензенти:
член-кореспондент НАН України,
д-р. фіз-мат. наук, проф. Никифорович Євген Іванович,

д-р. біол. наук. Потрохов Олександр Спиридонович.

Публікацію підготовлено за фінансової підтримки Цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України з розроблення наукових засад раціонального використання природно-ресурсного потенціалу та сталого розвитку, наукового проекту «Дослідження, оцінка та розробка заходів із збереження біотичного і ландшафтного різноманіття гірських річок на основі підходів Європейського союзу до створення планів управління річковими басейнами» (2015-2019 рр.) № держреєстрації 0115U001466.

ISBN 978-966-02-9117-1 © Інститут гідробіології НАН України, 2019

ВСТУП

Методичний посібник по користуванню прикладними програмами «BiotMetrics», «Saprogram-ZB», «StatVo», які розроблені у співавторстві творчою групою співробітників Інституту гідробіології НАН України, для обробки гідробіологічних даних. Програма «BiotMetrics» створена з метою уніфікації і спрощення процедури розрахунку біотичних індексів та інших показників, які відображають якість води, знайомства з їх конструкціями і навчання алгоритмам обчислень. Програма «Saprogram - ZB» створена з метою уніфікації та спрощення процедури розрахунку значень показника сапробності по індикаторним організмам угруповань макрозообетоса і макрозооперіфітона. Програма «StatVo» створена з метою комплексного використання коефіцієнтів схожості та оригінальності. В якості вхідних даних виступають списки видів гідробіонтів з відповідними кількісними показниками. Програма дозволяє розраховувати основні коефіцієнти схожості в формах розширення для якісного і кількісного порівняння угруповань.

Отримати безкоштовно останні версії програмних продуктів можна звернувшись до розділу «Наукові послуги» на сайті Інституту гідробіології НАН України (http://hydrobio.kiev.ua). При використанні програм обов'язковою умовою є посилання на даний методичний посібник.

Автори будуть вдячні за конструктивні пропозиції з приводу подальшого впровадження та оптимізації поширення творчих розробок, які пропонуються.

«BiotMetrics»

Програма «**BiotMetrics**» створена з метою уніфікації і спрощення процедури розрахунку біотичних індексів та інших показників, які відображають якість води, знайомства з їх конструкціями і навчання алгоритмам обчислень.

Для біоіндикації забруднення задіяні відомі метрики, що широко використовуються на річках і водоймах світу. Деяким з них запропоновані модифікації, адаптовані до особливостей фауністичного складу водних об'єктів різного типу в Україні. Основний підхід до оцінки стану водних екосистем за допомогою задіяних метрик – біоіндикація водних об'єктів, яка заснована на наявності індикаторних груп в угрупованнях макробезхребетних і зникненні представників найбільш чутливих груп по мірі збільшення забруднення.

Інструкція до користування «BiotMetrics».

«**BiotMetrics**» виконана в додатку «Excel», займає об’єм близько 25 Mb. Розрахунки проводяться на основі таксономічної структури, сформованої на базі визначників, які включають найбільш поширені групи прісноводної макрофауни безхребетних [19, 20, 21, 22, 23, 26, 36].

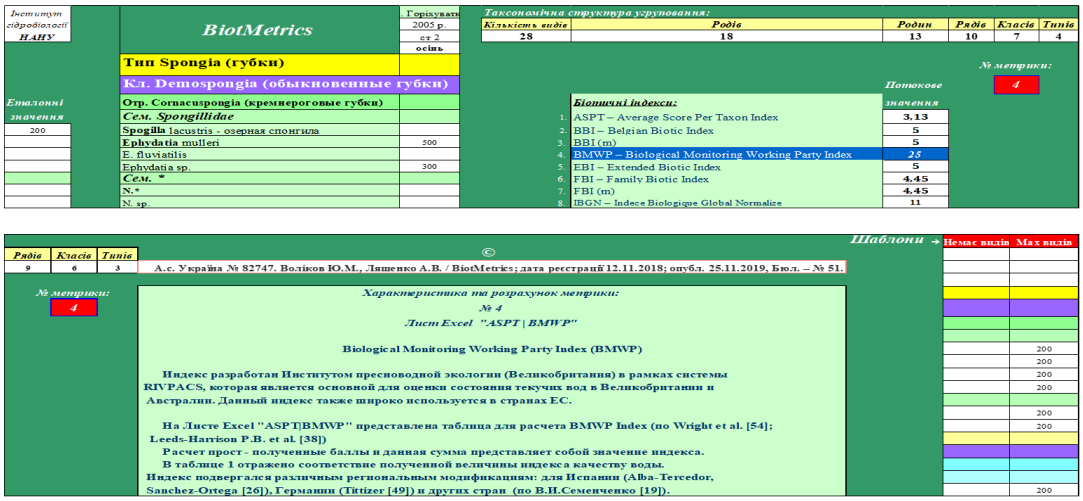


Рис.1. Фрагменти титульного *Аркуша* Excel програми «**BiotMetrics**».

«**BiotMetrics**» складається з ряду функціонально пов'язаних «*Аркушів*» Excel. На *Аркуші* «**Увід_даних**» стовпець «**D**» призначений для введення значень чисельності відповідних видів макробезхребетних. У стовпці «**C**» символ «*****» позначає можливість внесення нових і коригування старих назв вже задіяних

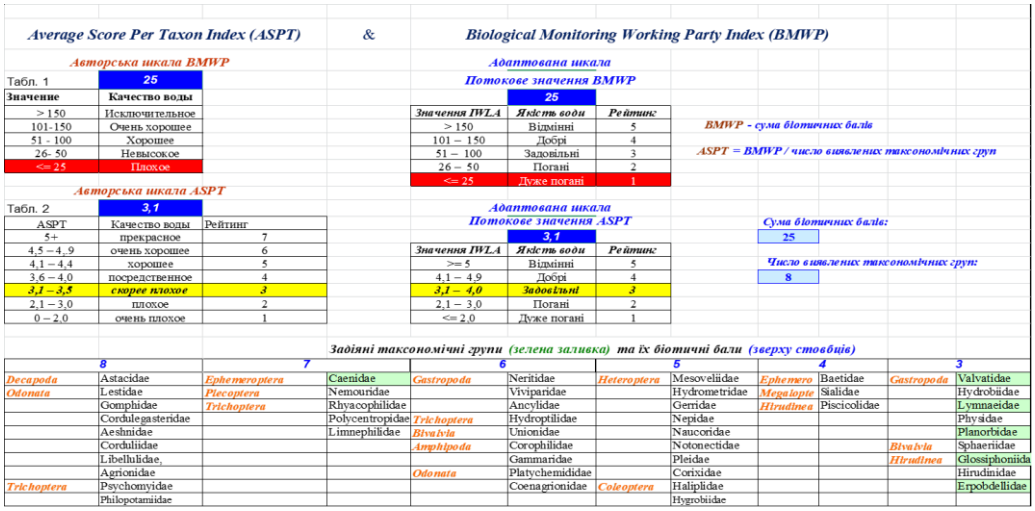
таксонів різного рангу. На цей же *Аркуш* Excel винесені вже розраховані значення біотичних і структурних індексів, побудова та алгоритми яких виконані відповідно до змісту використаних літературних джерел [12, 28, 37]. Після введення в позначену клітинку «**J6**» порядкового номера зі списку метрик, розташованому від неї зліва, у виділеному масиві справа, демонструються відповідні їм опис і виклад алгоритмів розрахунку. Окремо номером з цифрою «**33**», для введення, позначений список задіяних літературних джерел (Рис.1).

Оскільки у розрахунку величин окремих метрик (індекс ICI) беруть участь значення параметрів еталонних ділянок (створів), стовпець «**A**» *Аркуша* «**Увід_даних**» призначений для внесення первинних даних про референсне угруповання з яким ведеться порівняння. Вгорі виділений масив (F2: K3), який відображає кількісні параметри таксономічної структури досліджуваного угруповання.

Для оперативного видалення використаних значень і перевірочного тестування поруч представлені відповідні шаблони для «максимуму» та «мінімуму» величин загального списку. Один з швидких кроків для видалення використаних значень - виділити стовпець «**D**» і натиснути клавішу «**Delete**».

Для «прозорості» розрахунку на *Аркушах* Excel з назвами абревіатури дев'яти біотичних індексів та їх модифікацій, демонструється послідовність і результат їх обчислень. Позначеними шрифтами виділені задіяні на момент розрахунку індикаторні таксономічні групи і поточна їх кількість. Тут же знаходяться таблиці з активованими оціночними шкалами для кожного індексу. Шкали представлені в форматі авторської подачі і окремо, в адаптованому варіанті, відповідно до рекомендацій ВДР [7] про надання результатів оцінок за п'ятибальною системою (Рис.2).

З огляду на те, що відхилення величин деяких показників якості вод, що тестуються від значень, характерних для референсних умов, можуть бути як у бік збільшення, так і в бік зниження їх значень, деякими авторами рекомендовано розробляти екологічні класифікації з подвійною оціночною шкалою [6, 16]. На *Аркуші* «**Оціночні_шкали**» запропоновані можливі варіанти шкал для різних типів водних об'єктів і задіяних в програмі показників.



Average Score Per Taxon Index (ASPT) & *Biological Monitoring Working Party Index (BMWP)*

Авторська шкала BMWP

Табл. 1 | 25

Значение	Качество воды
> 150	Исключительное
101-150	Очень хорошее
51 - 100	Хорошее
26- 50	Невысокое
<= 25	Плохое

Адаптована шкала Потокове значення BMWP

25

Значення IWLA	Якість води	Рейтинг
> 150	Відмінні	5
101 – 150	Добрі	4
51 – 100	Задовільні	3
26 – 50	Погані	2
<= 25	Дуже погані	1

BMWP - сума біотичних балів

ASPT = BMWP / число виявлених таксономічних груп

Авторська шкала ASPT

Табл. 2 | 3,1

ASPT	Качество воды	Рейтинг
5+	прекрасное	7
4,5 – 4,9	очень хорошее	6
4,1 – 4,4	хорошее	5
3,6 – 4,0	посредственное	4
3,1 – 3,5	скорее плохое	3
2,1 – 3,0	плохое	2
0 – 2,0	очень плохое	1

Адаптована шкала Потокове значення ASPT

3,1

Значення IWLA	Якість води	Рейтинг
>= 5	Відмінні	5
4,1 – 4,9	Добрі	4
3,1 – 4,0	Задовільні	3
2,1 – 3,0	Погані	2
<= 2,0	Дуже погані	1

Сума біотичних балів: 25

Число виявлених таксономічних груп: 8

Задіяні таксономічні групи (зелена заливка) та їх біотичні бали (зверху стовбців)

8		7		6		5		4		3	
Decapoda	Astacidae	Ephemeroptera	Caenidae	Gastropoda	Neritidae	Heteroptera	Mesoveliidae	Ephemero	Baetidae	Gastropoda	Valvatidae
Odonata	Lestidae	Plecoptera	Nemouridae		Viviparidae		Hydrometridae	Megalopte	Sialidae		Hydrobiidae
	Gomphidae	Trichoptera	Rhyacophilidae		Ancylidae		Gerridae	Hirudinea	Piscicolidae		Lymnaeidae
	Cordulegasteridae		Polycentropidae	Trichoptera	Hydroptilidae		Nepidae				Physidae
	Aeshnidae		Limnephilidae	Bivalvia	Unionidae		Naucoridae				Planorbidae
	Corduliidae			Amphipoda	Corophilidae		Notonectidae			Bivalvia	Sphaeriidae
	Libellulidae,				Gammaridae		Pleidae			Hirudinea	Glossiphoniida
	Agrionidae			Odonata	Platychemididae		Corixidae				Hirudinidae
Trichoptera	Psychomyidae				Coenagrionidae	Coleoptera	Haliplidae				Erpobdellidae
	Philopotamidae						Hygrobiidae				

Рис.2. Фрагмент *Аркуша* Excel «**ASPT/BMWP**».

Індексу TBI (kl) запропоновано кілька модифікацій. Одна з них викликана необхідністю внесення змін у таблиці для визначення в російськомовному варіанті [8] через неточність перекладу оригінальної англійської версії [55], а також специфікою наявності індикаторних груп на території регіону Дунайського водного басейну [12] (*Аркуш* «**TBI (Dunau)**») (Рис.3). В основу другої модифікації закладена таблиця розрахунку і список індикаторних груп з раніше опублікованого методичного посібника [17] (*Аркуш* Excel «TBI (m)»).

Аркуші Excel із запропонованими варіантами модифікацій інших біотичних індексів супроводжено позначками (m).

На Аркуші «**Домінанти**» представлена відповідна назві інформація. Для угруповання в цілому види вважаються домінантами тільки за умови, якщо значення їх становить не менше 90% від значення виду з максимальною чисельністю (назви видів автоматично транслюються у відповідному стовпці таблиці). Окремо виділяються домінанти для кожної з основних біотичних груп, тобто види з найбільшими поточними значеннями показника чисельності в межах групи.

Trent Biotic Index (TBI (Dunau))

Адаптована шкала TBI

Значення TBI (Dunau)

8		
Кількість балів	**Якість води**	**Колір**
10	Відмінні	блакитний
9 – 7	**Добрі**	**зелений**
5 – 6	Задовільні	жовтий
3 – 4	Погані	помаранчевий
0 – 2	Дуже погані	червоний

Кількість індикаторів та індикаторних груп

16

Кількість видів

26

Табл. 1

Розрахунок індексу TBI (m)

Групи організмів	**Видове богатство**	**Потокові значення**			**Загальна кількість наявних індикаторних груп**				
					0 – 1	*2 – 5*	*6 – 10*	*11 – 15*	*>15*
Личинки веснянок (Plecoptera)	Більше ніж один вид	–	–	–	-	7	8	9	10
	Тільки один вид	–	–	–	-	6	7	8	9
Личинки поденок Ephemeroptera без Baetis rhodani	Більше ніж один вид	–	–	–	-	6	7	8	9
	Тільки один вид	без Baetis rhodani	Тільки один вид	8	-	5	6	7	8
Личинки Trichoptera і/або Baetis rhodani	Більше ніж один вид	–	–	–	-	5	6	7	8
	Тільки один вид	–	–	–	4	4	5	6	7
Gammaridae	Вище названі види відсутні	–	–	–	3	4	5	6	7
Asellus	Вище названі види відсутні	–	–	–	2	3	4	5	6
Tubifiex і/або p.Chironomus	Вище названі види відсутні	–	–	–	1	2	3	4	5
Види не чутливі до нестачі кисню	Вище названі види відсутні*	–	–	–	0	1	2	-	-

*** Макрозообентос може бути відсутній зовсім**

Рис.3. Фрагмент *Аркуша* Excel «**TBI (Dunau)**».

У випадку коли рівні максимальні значення мають відразу кілька видів-домінантів з'являється текст з червоним шрифтом "Домінантів більше одного!". Заголовок стовпчика з назвою відповідної біотичної групи інформує про кількість домінантів всередині групи з рівним значенням і виділяється червоною заливкою. У напрямку вниз під кожним стовпцем (групою) розташовуються назви видів-домінантів та їх кількісні значення.

На *Аркуші* «**Загальна_структура**» представлена інформація про загальну чисельність старших за рангом задіяних таксонів, процентне співвідношення їх чисельності, біомаси (якщо введені значення), кількості видів (Рис.4).

	Біомасу вводити вручну ↓				
Чисельність	*Біомаса*	*Видів*	*% чисельності*	*% біомаси*	*% видів*
11300	27	26	100	100,00	100
$\sum N$ (екз/м$_2$)	$\sum B$ (г/м$_2$)	Кіль-ть видів	% *N*	% *B*	% Кіль-ть видів
Кл. Demospongia (обыкновенные губки)					
0	5,00	0	0,00	18,52	0
Кл. Briozoa (мшанки)					
0	10,00	0	0,00	37,04	0
Кл. Hydrozoa (гидроидные)					
0	12,00	0	0,00	44,44	0
Кл. Turbellaria (ресничные черви)					
0		0	0,00	0,00	0
Кл. Enopla					
0		0	0,00	0,00	0
Кл. Nematodes (круглі черви)					
0		0	0,00	0	0
Кл. Gordiacea (волосатики)					
0		0	0,00	0	0
Кл. Polychaeta (многощетинковые черви)					
0		0	0,00	0	0
Класс OLIGOCHAETA					
2100		7	18,58	0	26,92
Класс HIRUDINEA (пиявки)					
900		3	7,96	0	11,54
Класс GASTROPODA (брюхоногие)					
3300		7	29,20	0	26,92

Рис.4. Фрагмент *Аркуша* Excel «**Загальна_структура**».

На *Аркуші* «**Діаграма_структури**» з метою візуалізації отриманих даних інформація про структуру досліджуваного угруповання представлена у вигляді кругових діаграм (Рис.5).

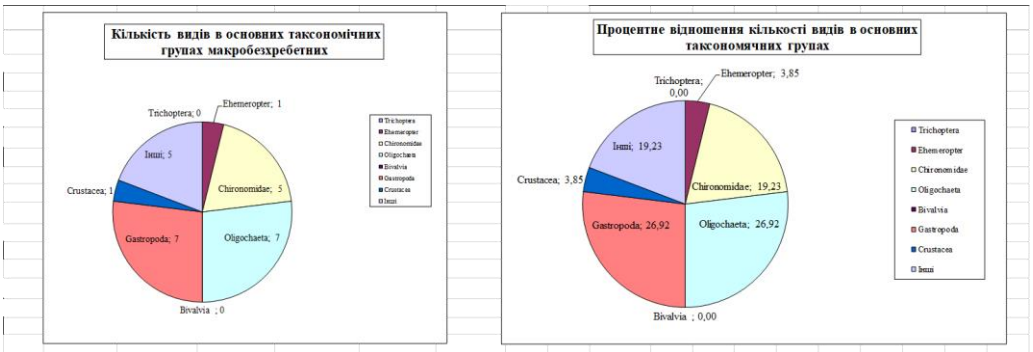


Рис.5. Фрагмент *Аркуша* Excel «**Діаграми**».

На *Аркуші* «**Сапробність**» для попередньої оцінки показника сапробності представлені результати обчислень, проведені відповідно до класичних методів: **Пантле-Букк** [47] в модифікації Сладечека [50] і **Зелінка-Марвана** [56, 57] з представленням індексу сапробності по Ротшайну в модифікації Тодераша [30]. Паралельно проводиться розрахунок модернізованого сапробіологічного індексу за методом **Чертопруда** [34, 35].

Робочий список містить 254 організмів-індикаторів макрофауни безхребетних, зібраних з різних літературних джерел і 41 таксон-індикатор більш високого рангу. Остаточний уніфікований розрахунок показника сапробності рекомендовано проводити, використовуючи «**Saprogram - ZB**» [4].

На *Аркуші* Excel «**Подібність**» з використанням відповідних індексів проводиться оцінка досліджуваного угруповання по відношенню до угруповання, яке представляє референсні (еталонні) умови. У розрахунку задіяні основні коефіцієнти подібності [25]. Для індексу **Шимкевіча-Сімпсона** [49, 53], що оцінює міру включення меншого порівнюваного списку видів (досліджуваного угруповання макроорганізмів) в більший список (референсного угруповання), Про ситуацію, коли кількість видів в досліджуваному угрупованні більше, ніж в «еталонному» попереджає відповідний напис. Розрахунок значень показника рангової подібності [24] і основних коефіцієнтів подібності рекомендується проводити за допомогою програми "**StatVo**" [2].

Аркуш «**Структурні_індекси**» містить активовані розрахункові таблиці найбільш цитованих в гідробіологічній літературі індексів: хірономідний індекс Балушкіной [5], інформаційний індекс сапробності олігохет Попченко [27], олігохетний індекс Гуднайт-Уїтлі [42], індекси Пареле [9], ЕРТ, ЕТО а також інші структурні індекси та їх модифікації.

На *Аркуші* «**Індекси_різноманітності**» винесені значення широко поширених індексів видового багатства і різноманітності.

На *Аркуші* «**Банк_даних**» інформація про вихідні дані вже досліджених угруповань може бути збережена у вигляді копій стовпчика «**D**» *Аркуша* Excel «**Увід_даних**».

Аркуш «**Робочий_стіл**» створений для розміщення, попередньої підготовки і зберігання даних, що використовуються.

Увага! Розширювати задіяний таксономічний список заборонено.

«Saprogram - ZB»

«**Saprogram - ZB**» створена з метою уніфікації та спрощення процедури розрахунку значень показника сапробності по індикаторним організмам угруповань макрозообетоса і макрозооперіфітона. Алгоритми обчислень складені з використанням логіко-евристичного (смислового) підходу у відповідності до класичних методів: **Пантле-Букк** [47] в модифікації Сладечека [50] і **Зелінка-Марвана** [56, 57] із вираженням індексу сапробності по Ротшайну в модифікації Тодераша [30]. Паралельно проводиться розрахунок модернізованого сапробіологічного індексу за методом **Чертопруда** [34, 35].

Інструкція до користування «Saprogram - ZB».

«**Saprogram - ZB**» виконана в додатку «Excel» і складається з ряду функціонально пов'язаних *Аркушів* Excel. Перший з них - *Аркуш* «**Увід даних**» містить матрицю для введення даних типу S x M (обрамлена кольором) для 3-х станцій (стовпці) і 151 таксонів (ряди). Оперативний обсяг змінюється в діапазоні від 72 до 76 Mb залежно від кількості задіяних таксонів (Рис. 6).

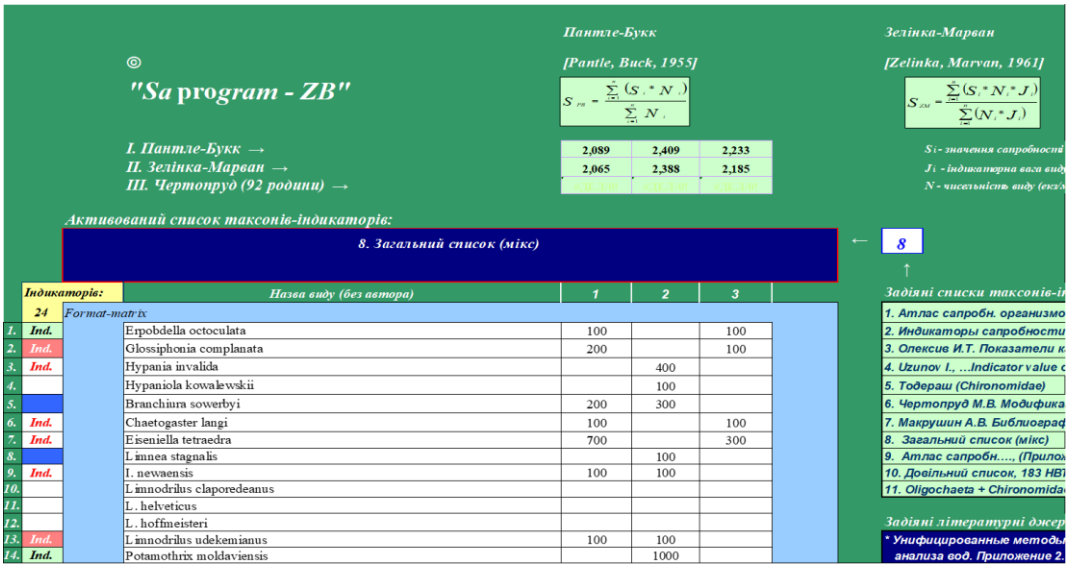


Рис. 6. Фрагмент титульного *Аркуша* Excel «Saprogram — ZB».

Для активації обчислень, вхідні дані, у вигляді робочої таблиці Excel з переліком таксонів і їх чисельною представленістю, необхідно помістити в вільну від значень матрицю введення даних.

Увага! Назви видів вводяться без посилання на автора!

Обов'язковою вимогою до публікацій за даною темою мають бути посилання на використаний метод і список індикаторних таксонів. Кожен список і метод розрахунку, в нашому розумінні, це більш або менш ефективний інструмент для оцінки ступеня забруднення водних об'єктів. Використання набору цих інструментів, надає можливість коректного порівняння результатів справжніх і минулих досліджень, отримання інформації про динаміку процесу самоочищення /забруднення та його спрямованості.

Слідуючи цьому, в програмі задіяні списки таксонів-індикаторів з найбільш цитованих літературних джерел [14, 18, 30, 32, 33, 34, 54], розрахунок по кожному з яких проводиться окремо. Пронумерований їх перелік подано на *Аркуші* «**Увід_даних**».

Для початку роботи цифру, що відповідає номеру необхідного списку, слід ввести в позначену клітинку «**J12**», потім натиснути клавішу «**Enter**».

З метою «прозорості» зроблених розрахунків, на *Аркуші* «**Задіяній_список_(алфавіт)**» і «**Задіяній_список_(групи)**», у відповідному вигляді, подаються відомості про використаний на поточний момент набір таксонів, їх індикаторні значення та посилання на літературні джерела.

На *Аркуші* «**Увід_даних**», у виділених масивах, над матрицею введення даних, демонструється назва активованого списку і, після закінчення обчислень, подаються вже розраховані значення індексів. Праворуч від матриці введення, темно-синім фоном, виділяються відомості про задіяні наукові публікації в активованому списку.

Окремо, на *Аркушах* «**Пантле-Букк**», «**Зелінка-Марван**» та «**Чертопруд**», готові результати транслюються в вигляді значень трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників якості поверхневих вод, в форматі «Додатку 2» до методичного керівництва «Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України» [15] (Рис.7). Для копіювання підсумкових даних необхідно використовувати опцію «Спеціальна вставка».

	Станції →	1	2	3
Індикаторів загалом >	24	Пантле-Букк, поточні значення (3 станції)		
	Інд. по станціям >	17	16	15
Поточні значення →		2,09	2,44	2,23
Клас якості вод →		III	III	III
Категорія якості вод →		4	4	4
Сапробність	Загальні категорії	β-мезосапробні	β-мезосапробні	β-мезосапробні
	Категорії	β´´-мезосапробні	β´´-мезосапробні	β´´-мезосапробні
Трофність	Трофність	Евтрофні	Евтрофні	Евтрофні
	переважаючий тип трофності	Евтрофні	Евтрофні	Евтрофні
Якість води	Назва класів	Задовільні	Задовільні	Задовільні
за їх станом	категорій	Задовільні	Задовільні	Задовільні
Якість води за ступен	Назва класів	Забруднені	Забруднені	Забруднені
чистоти (забрудненос	категорій	Слабко забруднені	Слабко забруднені	Слабко забруднені

Рис.7. *Аркуш* Excel «**Пантле-Букк**».

Окрім базових списків, надається можливість роботи з різними їх комбінаціями (міксами). У ситуації, коли один і той же таксон, за різними літературними джерелами, має кілька відмінних значень показника сапробності (**Si**) і/або індикаторної ваги (**Ji**), послідовність розрахунку здійснюється за принципом «**пріоритету**» значень. Слідуючи цьому, в першу чергу, в програмі будуть задіяні індикаторні значення, представлені в наукових роботах по окремим групам і видам гідробіонтів [10, 11, 30], де узагальненням та аналізу відповідних характеристик приділено більш цілеспрямовану увагу. У разі їх відсутності, в розрахунок приймаються значення з найбільш цитованих на пострадянському просторі робіт, що представляють собою збірники таксонів-індикаторів із ранніх наукових публікацій по даній темі [14, 32, 33]. За нею слідують значення, результат узагальнень яких несе регіональний відбиток [18]. У списках на *Аркушах* «**Загальний_список**» и «**Вибір_значень**» пріоритетний варіант виділено більш контрастним червоним кольором (Рис.8).

Через однакову поліграфію, рік і місце видання, Додаток 1 («**Индикаторы сапробности ...**») [32] і Додаток 2 («**Атлас сапробных организмов** ...») [33] до спільного збірника «Унифицированные методы исследования качества вод / Часть III. Методы биологического анализа вод. СЭВ» [31], часто помилково приймають за одне і те ж саме наукове видання. Між тим, відмічено, що окремі сапробіологічні значення індикаторних таксонів, представлених тут, істотно різняться (*Аркуш* «**Вибір значень**»). Ця обставина може бути причиною помилок при інтерпретації отриманих результатів.

При формуванні «**міксу**» з двох цих збірок, більший пріоритет був наданий даним Додатку 2 («**Атлас сапробных организмов** ...») [33], оскільки тут інформація про таксони-індикатори, в кожному разі, містить значення як сапробної валентності (**Si**), так і індикаторної ваги (**Ji**), необхідні для розрахунку за методом Зелінка-Марвана, найбільш вдосконаленої модифікації системи сапробності Кольквітца і Марссона [37]. Ілюстрований супровід робить дану роботу інформативно більш наповненою. Послідовність обчислень під час роботи з «**міксами**» відображена на «шкалі пріоритетності» (*Аркуш* «**Увід_даних**»).

Основним і рекомендованим для розрахунку показника сапробності пропонується "**Загальний список (мікс)" (№ 8**) з використанням методу **Зелінка-Марвана** (нумерація **II** в переліку методів розрахунку) *Аркуш* «**Увід даних**».

З метою розширення індикаторного «простору», на *Аркуші* «**Синоніми**», в абетковому порядку подано відповідний список, обґрунтований посиланнями на «робочі» визначники [13, 19, 21, 22, 23, 26, 36]. У разі «непорозумінь», коли назва таксону пропонується одночасно і в ролі синоніма, але, вже з іншими індикаторними значеннями, дані відповідні коментарі.

Значення показників сапробної валентності (**Si**) та індикаторної ваги (**Ji**) взяті з опублікованих робіт [10, 11, 14, 18, 30, 32, 33, 34, 35, 54].

Загальний список таксонів-індикаторів, задіяних в програмі, складається з 1129 НВТ (нижчих визначальних таксонів) і 92 індикаторних родин (*Аркуш*

«**Загальний_список**»). Перелік представлений з дотриманням авторських шрифтів та скорочень. У разі виявлених помилок, (круглими) дужками відмічені помилкові літери або символи, [квадратними] – вірні або пропущені варіанти (Рис.8).

			Правильні варіанти:					
S	*J*		↓ Варіанти для копіювання	↓	↓		*Таксони*	*Літ. Джерело*
2,13	2		Ablabesmyia monilis (L.)	Ablabesmyia monilis	A. monilis		Chironomic	Голубева
2,10	2		Ablabesmyia phatta Egg.	Ablabesmyia phatta	A. phatta		Chironomic	Голубева
2,10	2		Ablabesmyia sp.div.	Ablabesmyia sp.	Ablabesmyia sp.		Chironomic	Олексив
1,20	*4*		**Acentropus niveus (Атлас сапроби. ...)**	Acentropus niveus	A. niveus		Lepidoptera	Атлас сапр.
1,80	*3*		**Acentropus niveus Olivier (Олексив)**	Acentropus niveus	A. niveus		Lepidoptera	Олексив
2,00	*2*		**Acilius, larva (Атлас сапроби. ...)**	Acilius sp.div none	Acilius, larva		Coleoptera	Атлас сапр.
2,10	*2*		**Acilius sp.div. (Олексив)**	Acilius sp.div none	Acilius, larva		Coleoptera	Олексив
1,50	*3*		**Acroloxus lacustris (L.) (Атлас сапроб. ...)**	Acroloxus lacustris	A. lacustris		Gastropoda	Атлас сапр.
2,00	*0*		**Acroloxus lacustris (L.) (Инд-ры. сапр. ...)**	Acroloxus lacustris	A. lacustris		Gastropoda	Индик. сапр.
1,70	*2*		**Acroloxus lacustris (L.) (Олексив)**	Acroloxus lacustris	A. lacustris		Gastropoda	Олексив
0,70	4		Adicella filicornis Pictet	Adicella filicornis	A. filicornis		Trichoptera	Олексив
2,50	*0*		**Aeolosoma hemprichi EHR. (Инд-ры. сапр. ...)**	Aelosoma hemprichi	Ae. hemprichi		Oligochaeta	Индик. сапр.
2,70	*2*		**Aeolosoma hemprichi Ehrb. (Олексив)**	Aelosoma hemprichi	Ae. hemprichi		Oligochaeta	Олексив
2,20	*3*		***Aeolosoma hemprichi* EHRENBERG (Узунов)**	Aelosoma hemprichi	Ae. hemprichi		Oligochaeta	Узунов
1,80	4		*Aeolosoma niveum* LEYDIG	Aelosoma niveum	Ae. niveum		Oligochaeta	Узунов
2,50	3		*Aeolosoma quaternarium* EHRENBERG	Aelosoma quaternarium	Ae. quaternarium		Oligochaeta	Узунов

Рис. 8. Фрагмент *Аркуша* Excel «**Загальний список**».

Алгоритм роботи з програмою:

Після розміщення первинних даних у матриці введення (виділена кольоровою рамкою) і цифри, що відповідає номеру необхідного списку у зазначену клітинку «**J12**» на *Аркуші* «**Увід_даних**», треба натиснути клавішу «**Enter**».

Далі по ходу роботи програми можливі наступні ситуативні варіанти:

Варіант 1. Таксон –індикатор сапробності.

Зліва від клітинки з видовою назвою з'являється текст «***Ind***.». Це означає, що індикаторні значення даного таксона задіяні у необхідному для роботи списку і вже включені в результат програмних обчислень.

	Індикаторів:		*Назва виду (без автора)*	*1*	*2*	*3*
	24	*Format-matrix*				
1.	*Ind.*		Chaetogaster langi	100		100
2.			Hypaniola kowalewskii	200		100
3.	*Ind.*		Lithoglyphus naticoides		300	

Варіант 2. Назва таксону-індикатора введена з помилкою або коротка видова назва збігається у різних видів.

Поруч з назвою таксона, з'являється синій фон індикаторної клітинки без тексту. Це значить, що таксон гарантовано присутній в одному зі списків програми, але відсутній у активованому списку.

	Індикаторів:		Назва виду (без автора)	1	2	3
	23	Format-matrix				
1.			Limnea stagnalis	100		100
2.			Hypaniola kowalewskii	200		100
3.	Ind.		Lithoglyphus naticoides		300	

Ваші дії: На *Аркуші* «**Загальний_список**», із загального переліку індикаторів, розміщених в абетковому порядку, вибрати повний або скорочений варіант видової назви, потім скопіювати її у відповідну клітинку *Аркуша* «**Увід_даних**», замінивши помилковий варіант.

Відповідь програми: синій фон індикаторної клітинки зникає, в ній з'являється текст «***Ind***.». Це означає, що необхідні значення сапробних характеристик таксона вже включені в поточні програмні обчислення.

Якщо синій фон зникає і клітинка залишається порожньою, це значить, що сам таксон відсутній у задіяному списку індикаторів або відсутні значення його чисельності.

Якщо на синьому фоні індикаторної клітинки залишається текст «***Ind***.», це означає, що таксон задіяний в програмі, навіть з помилкою введення.

Індикаторів:		Назва виду (без автора)	1	2	3
1	Format-matrix				
Ind.		D. Villosus	100		100

Варіант 3. У разі роботи зі збірними списками (міксами), можлива ситуація, коли один і той же таксон-індикатор може мати різні значення показника сапробної валентності (**Si**) і / або індикаторної ваги (**Ji**).

Під час роботи з «міксами», після введення первинних даних, поряд з назвою таксона з'являється текст «***Ind***.» (на червоному фоні) індикаторної клітинки. У цьому випадку, за замовчуванням, у розрахунок автоматично включаються дані, вибрані за принципом «**пріоритету значень**» (*Аркуш* «**Вибір_значень**»). Червоний фон, без тексту, лише інформує про те, що таксон має кілька різних значень сапробної валентності **Si** і/або індикаторного ваги **Ji**.

	Індикаторів:		Назва виду (без автора)	1	2	3
	24	Format-matrix				
1.	Ind.		Theodoxus fluviatilis	100		100
2.			Hypaniola kowalewskii	200		100
3.	Ind.		Unio pictorum		300	

У випадку, коли є сенс робити розрахунок з використанням інших значень, досить відкрити цей же *Аркуш* «**Вибір_значень**», або *Аркуш* «**Загальний_список**», вибрати клітинку, що містить повну назву таксона із зазначенням автора і посилання на необхідне джерело (інформація знаходиться в одній клітинці), скопіювати і помістити її в відповідному полі матриці введення *Аркуша* «**Увід _даних**».

Відповідь програми: червоний фон індикаторної клітинки зникає, в ній залишається текст «***Ind***.», Це означає, що необхідні значення сапробних характеристик таксона включені в результат розрахунку.

Варіант 4. Таксон **не** індикатор сапробності.

Після введення даних, клітинка ліворуч від видової назви, залишається порожньою. Отже, вид або відсутній в списках таксонів-індикаторів програми, або значення його чисельності не представлені на жодній зі станцій.

Спрощений алгоритм роботи з програмою:

У разі якщо після введення вхідних даних і номера списку (*Аркуш* «**Увід_даних**») з'являється синій фон індикаторної клітинки, необхідно з *Аркуша* «**Загальний_список**» скопіювати будь-який варіант написання таксона в відповідне поле матриці введення даних (*Аркуш* «**Увід_даних**»). Якщо на синьому тлі індикаторної клітинки з'являється текст «***Ind***.», Це означає, що таксон задіяний в розрахунках, навіть з помилкою написання.

Червоний фон індикаторної клітинки з'являється тільки у випадку роботи з «міксами», і попереджає, що таксон має кілька відмінних значень сапробної валентності **Si** і/або індикаторної ваги **Ji**. За замовчуванням у розрахунку будуть задіяні «пріоритетні» значення цих показників. У разі обґрунтованої необхідності з *Аркушів* Excel «**Вибір_значень**» або «**Загальний_список**» можна скопіювати варіанти назви таксона з посиланням на необхідне джерело та розмістити її у відповідній клітинці *Аркуша* «**Увід_даних**».

Якщо таксон є індикатором в задіяному на даний момент списку, поруч з видовою назвою в матриці введення даних з'являється текст «***Ind***.».

Зелений фон індикаторної клітинки з текстом «***Ind***.» інформує, про те, що видова назва є синонімом одного із задіяних в програмі таксонів (*Аркуш* «**Синоніми**») і вже включений в розрахунок показника сапробності.

	Індикаторів:	*Назва виду (без автора)*	*1*	*2*	*3*
	25	*Format-matrix*			
1.	*Ind.*	Isochaetides michaelseni	100		100
2.	*Ind.*	Potamothrix moldaviensis	200		100
3.	*Ind.*	Lithoglyphus naticoides		300	

Для гарантованого очищення матриці введення даних (*Аркуш* «**Увід_даних»)** від уже використаних значень, досить виділити її, зсунувши курсор з верхнього горизонтального рядка «Format» у напрямку донизу і натиснути клавішу «**Delete**». Для цієї ж мети на *Аркуші* «**Format-matrix**» присутні, готові до копіювання, варіанти відформатованої матриці введення даних.

Для ідентифікації індикаторних видів, для більшості з них в програмі створено від 30 до 65 варіантів типових помилок введення (зайві пропуски, програма також визначає як помилку). У випадках, що викликають сумніви, слід

вибрати на *Аркуші* «**Загальний_список**» правильну назву таксона і скопіювати її в потрібну клітинку *Аркушу* «**Увід_даних**»

Передбачена корекція роботи програми. Виявлені, але не зафіксовані варіанти помилок, слід копіювати і розташовувати в будь-якій із клітинок виділеної таблиці на *Аркуші* «**Ідентифікація**» (Рис. 9). У разі введення, надалі, даний текст буде повідомляти про присутність таксона в загальному списку індикаторів, появою синього фону (без тексту) клітинки.

				↓ Для варіантів помилок ↓						
	Acentoppus niveus					Tubifex tubiex				
	Tanytarus gregaius			Limnea stagnalis						

Рис. 9. Фрагмент *Аркуша* Excel «**Ідентифікація**».

Аркуш «**Робочій_стіл**» створений для розміщення, попередньої підготовки і зберігання кінцевих даних.

Пропонується наступний варіант універсального коректного представлення отриманих даних (мета створення програми):

Приклад: після значень або оцінок, представлених в публікації йде посилання - **Saprogram - ZB (II / 3):**

де **Saprogram - ZB** - назва програми, **II** → номер використаного методу (римська нумерація) (вказано на *Аркуші* «**Увід_даних**»), **3** → номер з переліку списків-індикаторів (арабська нумерація) (*Аркуш* «**Увід_даних**»).

З прикладу слідує, що дані отримані з використанням програми **Saprogram - ZB**, за методом Зелінка-Марвана (**II**) з виразом індексу сапробності по Ротшайну в модифікації Тодераша, та задіяним літературним джерелом списку організмів-індикаторів (**3**) «*Олексів І.Т. Показники якості природних вод з екологічних позицій. - Львів: Світ, 1992. - 234 с.*».

Основним і рекомендованим для розрахунку показника сапробності пропонується **"Загальний список (мікс)" (№ 8)** з використанням методу Зелінка-Марвана (нумерація **II** в переліку методів розрахунку). Позначення: **Saprogram - ZB (II / 8)**.

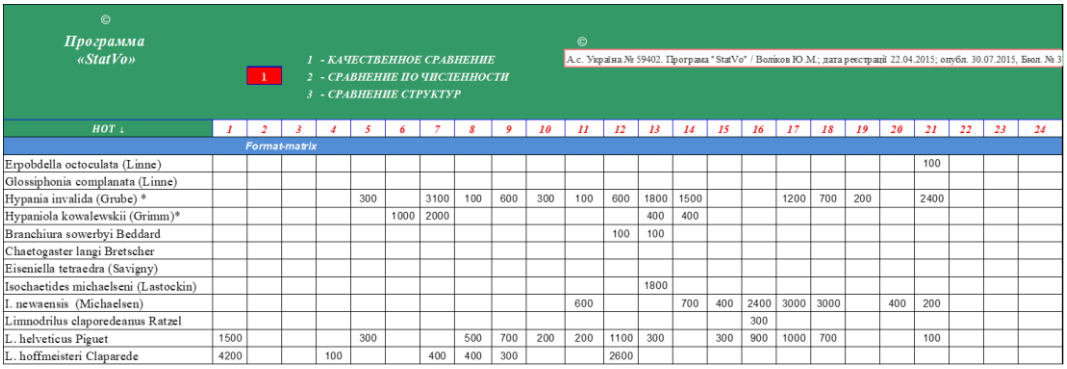
Структура програми, відносна простота процедури внесення змін до складу таксонів-індикаторів та їх сапробіологічних значень, надає можливість задіяння регіональних списків організмів-індикаторів для різних типів водних об'єктів та екологічних груп гідробіонтів.

Програма «StatVo»

Програма «**StatVo**» створена з метою комплексного використання коефіцієнтів схожості та оригінальності. В якості вхідних даних виступають списки видів гідробіонтів з відповідними кількісними показниками. Програма дозволяє розраховувати основні коефіцієнти схожості в формах розширення для якісного і кількісного порівняння угруповань. У програмі реалізований комплексний підхід до їх використання, захищений у вигляді патенту на корисну модель [24]. Додатково розраховуються основні індекси біологічного і видового різноманіття, а також окремі сапробіологічні показники.

Інструкція з користування «Програма« StatVo»

Програма «**StatVo**» виконана в додатку «Excel», займає обсяг близько 75 Mb, складається з ряду функціонально пов'язаних *Аркушів* Excel. Перший з них - *Аркуш* «**Ввод_данных**» включає активний масив підстановки даних для 40 станцій (об'єктів) та 151 таксонів (НВТ). В клітинці **С4** розташований так званий перемикач форм схожості. Після підстановки в дану клітинку одну з трьох цифр «**1**», «**2**», або «**3**» автоматично проводиться розрахунок значень індексів відповідно обраної форми схожості. Після введення цифри «**1**» проводиться якісне порівняння об'єктів по присутнім таксонам, «**2**» - кількісне порівняння, «**3**» - порівняння структур об'єктів (необхідні кількісні дані). Назву таксону вводити не обов'язково. У разі якісного порівняння, введення будь-якого числового значення сприймається програмою як факт присутності таксона (Рис.10).



©
Программа «StatVo»

1

1 - КАЧЕСТВЕННОЕ СРАВНЕНИЕ
2 - СРАВНЕНИЕ ПО ЧИСЛЕННОСТИ
3 - СРАВНЕНИЕ СТРУКТУР

©
А.с. Україна № 59402. Програма "StatVo" / Воліков Ю.М.; дата реєстрації 22.04.2015; опубл. 30.07.2015, Бюл. № 3

НОТ ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Format-matrix																								
Erpobdella octoculata (Linne)																					100			
Glossiphonia complanata (Linne)																								
Hypania invalida (Grube) *					300		3100	100	600	300	100	600	1800	1500			1200	700	200		2400			
Hypaniola kowalewskii (Grimm)*						1000	2000						400	400										
Branchiura sowerbyi Beddard												100	100											
Chaetogaster langi Bretscher																								
Eiseniella tetraedra (Savigny)																								
Isochaetides michaelseni (Lastockin)													1800											
I. newaensis (Michaelsen)											600			700	400	2400	3000	3000		400	200			
Limnodrilus claporedeanus Ratzel																300								
L. helveticus Piguet	1500				300			500	700	200	200	1100	300		300	900	1000	700			100			
L. hoffmeisteri Claparede	4200			100			400	400	300			2600												

Рис.10. Титульный *Аркуш* Excel **«Программа «StatVo».**

Результати обчислень представлені на *Аркуші* «**Коэф_сходства**» у вигляді вторинних матриць з розрахованими значеннями відповідних форм схожості. Значення індексів представлені у відсотках (результати обчислень за формулами помножені на 100). Матриці розташовані зверху вниз за ознакою зменшення ступеня чутливості індексу до різниці в розмірі порівнюваних видових списків.

Вгорі *Аркуша* «**Коэф_ сходства**» розміщена вторинна матриця для значень індексу Сокела-Сніта [51], і далі відповідно у напрямку донизу - для індексів

Жаккара [43], Чекановського-Серенсена [40, 41, 52], Охіаі-Баркмана [38, 46], Кульчинського [44]. Ще нижче на цьому ж *Аркуші* Excel розташовані вторинні матриці значень подібності індексів Шимкевіча-Сімпсона [49, 53] та Браун-Бланке [39] (за Песенко Ю.А. [25]). Над кожною матрицею представлені формули індексів для різних форм порівняння. Про задіяну форму інформують написи, що автоматично змінюються над матрицями (Рис.11).

Для візуалізації отриманих даних, в разі перевищення значення індексу 50%-го рівня схожості, відповідна клітинка автоматично виділяється сірим кольором, більше 75% - чорним.

1	Качественное сравнение сообществ, Чекановский-Съеренсен (Czekanowski, 1900; Dice, 1945; Sørensen, 1927)																				
	Если ячейка B98 =1 – значение диагонали матрицы = 1, если иное число = значение оригинальности станции.																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	1,46	67	50	62	46	14	13	43	38	27	27	45	15	12	13	27	25	10	15	13	11
2	67	0,59	75	67	44	20	0	20	17	18	18	33	0	15	0	18	17	0	22	18	0
3	50	75	0,59	89	44	20	0	20	17	18	18	22	0	15	18	36	0	0	22	18	0
4	62	67	89	0,65	40	18	17	36	31	17	17	32	0	14	17	33	0	0	20	17	0
5	46	44	44	40	0,68	18	17	36	46	33	33	42	26	14	17	17	31	24	40	0	27
6	14	20	20	18	18	0,56	62	33	29	46	31	30	42	53	46	31	14	22	36	46	38
7	13	0	0	17	17	62	0,63	46	53	57	29	38	48	63	43	29	13	21	17	29	47
8	43	20	20	36	36	33	46	0,39	43	77	77	40	33	53	46	31	43	33	36	31	50
9	38	17	17	31	46	29	53	43	0,58	40	27	64	46	24	27	40	50	50	31	40	44
10	27	18	18	17	33	46	57	77	40	0,39	71	38	48	75	71	43	40	32	33	43	59
11	27	18	18	17	33	31	29	77	27	71	0,93	29	32	63	57	43	53	42	33	43	59
12	45	33	22	32	42	30	38	40	64	38	29	1,60	56	35	29	19	64	54	42	38	58
13	15	0	0	0	26	42	48	33	46	48	32	56	3,75	52	40	24	46	47	26	40	57
14	12	15	15	14	14	53	63	53	24	75	63	35	52	0,60	63	38	47	38	29	63	63
15	13	0	18	17	17	46	43	46	27	71	57	29	40	63	0,56	57	40	32	17	43	59
16	27	18	36	33	17	31	29	31	40	43	43	19	24	38	57	1,12	27	32	0	57	35
17	25	17	0	0	31	14	13	43	50	40	53	64	46	47	40	27	0,60	70	46	53	67
18	10	0	0	0	24	22	21	33	50	32	42	54	47	38	32	32	70	2,78	35	53	64
19	15	22	22	20	40	36	17	36	31	33	33	42	26	29	17	0	46	35	0,98	33	27
20	13	18	18	17	0	46	29	31	40	43	43	38	40	63	43	57	53	53	33	0,52	47
21	11	0	0	0	27	38	47	50	44	59	59	58	57	63	59	35	67	64	27	47	1,09

Рис. 11. Фрагмент *Аркуша* Excel «**Коэф_сходства**».

На *Аркушах* «**Смирнов**» і «**Морисита**» розміщені вторинні матриці зі значеннями відповідних індексів. Індекс Морисіти [45] цікавий тим, що на відміну від коефіцієнтів Жаккара і Чекановського-Серенсена має високу стабільність оцінок при збільшенні обсягу порівнюваних вибірок [25].

Індекс Смирнова заснований на використанні тільки якісних ознак, тобто ознак з модальністю два. Значення залежать від кількості порівнюваних об'єктів (станцій) [29]. Інформація про вихідні дані автоматично подається над матрицею.

По діагоналі кожної з вторинних матриць розташовані значення показника «оригінальності». Біологічний сенс показника «оригінальності» (окремого випадку індексу Смирнова) полягає в наступному - чим в меншій кількості списків (об'єктів), що аналізуються зустрінутий вид, тим він більш оригінальний, і тим більша вага надається по його присутності. Аналогічно, чим в більшій кількості списків він відсутній, тим більша вага надається при його відсутності. Значення 1 інтерпретується як середня оригінальність станції (об'єкта). У разі, якщо значення більше одиниці, клітинка автоматично виділяється блакитним кольором.

Для порівняльних цілей, а також кращої інтерпретації значень свого індексу Є.С. Смирнов рекомендує розраховувати відносну подібність. На цьому ж *Аркуші* Excel, в матриці, розташованій нижче, за відповідними формулами розраховуються значення відносної подібності (в діапазоні від 0 до 1), а по діагоналі - відносної оригінальності.

Для проведення кластерного аналізу, передбачена підготовча операція. Після введення у виділену ліву верхню клітинку будь-якої з матриць цифри 1, по її діагоналі вишикуються значення «**1**». Після її видалення або введення будь-якої іншої цифри знову повертається значення показника оригінальності.

На *Аркуші* Excel «**Индексы**», після введення вхідних даних, автоматично розраховуються основні індекси видового багатства і різноманітності, значення показників вирівненості, показника Шеннона максимального, представляються дані про задіяну кількість видів і загальну їх чисельність (Рис. 12). Після додаткової підстановки значень загальної чисельності олігохет і груп тубіфіцід в відповідному полі надається можливість розрахунку сапробіологічних індексів Гуднайт-Уїтлі [42], Пареле. [9] і інформаційного індексу сапробності олігохет Попченко [27].

	№ станций	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
	Количество видов	8	4	4	5	5	6	7	6	8	7	7	14
	Показатель обилия	9800	2800	2600	2500	1600	10700	9201	1700	4700	15900	2000	6700
$S = \sum_i p_i^2$	*Мера "концентрации" Симпсона*	0,28	0,43	0,57	0,50	0,23	0,47	0,24	0,21	0,20	0,37	0,20	0,21
	Коэффициент вариации V		29,78	33,85	27,65	35,40	31,47	34,74	38,22	41,13	38,59	40,42	41,47
	Среднее		0,36	0,43	0,45	0,40	0,41	0,39	0,37	0,35	0,35	0,34	0,33
$PIE = 1 - \sum_i P_i^2$	*Дополнение к мере "концентрации"*	0,72	0,57	0,43	0,50	0,77	0,53	0,76	0,79	0,80	0,63	0,80	0,79
	Коэффициент вариации V		16,62	25,55	22,35	24,04	22,30	22,24	22,25	22,03	20,87	20,57	20,09
	Среднее		0,64	0,57	0,55	0,60	0,59	0,61	0,63	0,65	0,65	0,66	0,67

Рис. 12. Фрагмент *Листа* Excel «**Индексы**».

В цілому ряді робіт робляться спроби оцінити, які індекси "завищують" або "занижують" значення схожості між угрупованнями і яким з них слід віддавати перевагу.

Автор часто цитованої монографії «Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях», провіши математичний аналіз семи основних індексів схожості, прийшов до висновку, що всі вони логічно і функціонально пов'язані один з одним і, «з огляду на ясний внутрішній зміст і сенс, можливість чіткої інтерпретації значень, слід визнати всі ці індекси цілком законними і спроможними» [25].

Однак, крім того, що всі основні індекси схожості логічно і функціонально пов'язані один з одним, вони мають також різні властивості і особливості.

Властивості і відмінності стають зрозумілі, якщо проаналізувати залежність їх значень від двох головних причин.

Перша з них, це вплив на значення індексів різниці в кількості видів, порівнюваних угруповань. Друга - залежність значень від кількості загальних видів.

У монографії представлені графічні залежності значень задіяних індексів подібності від величин відносної різниці в кількості видів і відносного числа загальних видів в порівнюваних списках (об'єктах, угрупованнях). Згідно з представленими даними лише індекс Чекановського-Серенсена має лінійний зв'язок відразу з двома цими показниками. Оскільки повні видові склади досліджуваних угруповань зазвичай невідомі, про зв'язок подібності з різницею в кількості видів важко робити обґрунтовані припущення. Тому доцільно такий зв'язок вважати лінійним, як найбільш простий. На цій підставі автор робить висновок, що індекс Чекановського-Серенсена слід оцінювати, як найбільш адекватний при вимірюванні подібності між фауністичними або флористичними вибірками.

Однак, вчений зазначає, що крім найбільш простого підходу прийнятний і альтернативний, коли кращим буде нелінійний зв'язок. Наприклад, у випадку високого рівня схожості груп, що аналізуються, для більш точного з'ясування їх взаємозв’язків необхідний індекс з підвищеною чутливістю до незначних змін схожості в області його максимальних значень. Таким вимогам, відповідає індекс Сокела-Сніта і в дещо меншій мірі індекс Жаккара.

Але, в рівній мірі, має сенс застосування індексів з малою чутливістю до різниці в розмірі списків. Це випливає з самої специфіки гідробіологічних досліджень. Далеко не завжди виходить правильно чи вдало відібрати матеріал, що залежить від багатьох причин - конструкції пробовідбірника, умов відбору, типу донних відкладів і т. ін. У цьому випадку стає доцільним застосування коефіцієнтів схожості не чутливих або певною мірою ігноруючих різницю в розмірі видових списків і, навпаки, роблять акцент на кількості загальних видів. Як випливає з представлених Ю.А. Песенко залежностей, такими властивості має індекс Кульчинського і в меншій мірі індекс Охіаі-Баркмана.

Оскільки всі основні індекси схожості функціонально та логічно пов'язані один з одним, нами запропоновано, використовуючи можливості комп'ютерних додатків, для аналізу показника схожості задіяти індекси разом і одночасно.

Значущою мірою схожості, що дозволяє виділяти окремі угруповання, обраний рівень 50% тому, що при більш низькому рівні відмінність стає більше схожості [1].

Беручи до уваги функціональний зв'язок і властивості задіяних коефіцієнтів, нами запропоновано кожен з них визначати як ранг (або рівень) схожості.

Проходження 50% - го порогу можна вважати умовою переходу від низького рангу до вищого. В цьому випадку отримані значення містили б додаткову інформацію про об'єм видового простору, порівнюваних угруповань. Наприклад, якщо ранг схожості має значення **4** або **5**, це свідчить про те, що порівнювальні угруповання мають не тільки достатню кількість загальних видів, але й близькі за розмірами.

На *Аркуші* Excel «**Ранги_сходства**», в матриці, розташованій зліва, задіяні основні (по Ю.А. Песенко) індекси схожості, кожному з яких нами присвоєно номер (ранг) (Рис. 13).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	1,46	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	0,59	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	4	0,59	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3	4	5	0,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,68	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0,56	3	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	3	0,63	0	3	3	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0,39	0	4	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
9	0	0	0	0	0	0	3	0	0,58	0	0	3	2	0	0	0	3	3	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0,39	4	0	2	4	4	0	0	0	0	0	3
11	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0,93	0	0	3	3	0	3	0	0	0	3
12	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	1,60	3	0	0	0	3	3	1	0	3
13	0	0	0	0	0	1	2	0	2	2	0	3	3,75	3	0	0	2	0	0	0	3
14	0	0	0	0	0	3	3	3	0	4	3	0	3	0,60	3	0	0	0	0	3	3
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	3	0,56	3	0	0	0	0	3
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1,12	0	0	0	3	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	2	0	0	0	0,60	4	0	3	4
18	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	4	2,78	0	3	3
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,98	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	3	0	0,52	0
21	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	3	3	3	3	0	4	3	0	0	1,09

Рис. 13. Фрагмент *Аркуша* Excel «**Ранги_сходства**».

Більш високий ранг представляє більш суворі вимоги до показника схожості. Угруповання не тільки повинні мати загальні види, але і різниця в розмірах видових списків повинна бути меншою, тобто умови проходження 50% -го порогу більш жорсткі. Цифра «**5**» з'являється в клітинці матриці, коли значення індексу Сокела-Сніта відповідає або перевищує 50%, цифра «**4**» аналогічно для індексу Жаккар, «**3**» – для Чекановського-С'еренсена, «**2**» – для Охіаі-Баркман, «**1**» – для Кульчинського, «**0**» – якщо значення індексу Кульчинського менше 50% або схожість відсутня повністю. Такий комплексний підхід дозволить уніфікувати використання індексів схожості, виключити необгрунтованість використання в наукових роботах того чи іншого «зручного» індексу, дасть можливість коректного порівняння даних, отриманих різними дослідниками. Два угруповання з

абсолютно різними видовими складами можуть мати рівні значення видової різноманітності, чи навпаки, велике значення подібності цих угруповань ще не свідчить про великі значення їх різноманітності. У процесі аналізу підсумкових таблиць початкові фахівці іноді не помічають таких особливостей.

На *Аркушах* Excel «+ **Щеннон_2**» і «+ **Сімпсон_0,5**» за допомогою опції «Умовне форматування» були спільно задіяні коефіцієнти подібності та індекси видового різноманіття. На *Аркуші* Excel «+ **_Щеннон_2**» клітинка вторинної матриці виділяється кольором у разі перевищення відповідних значень коефіцієнтів схожості та значення індексу Шеннона більше **2**. На *Аркуші* «+ **_Сімпсон_0,5**» відповідно після значення індексу різноманітності PIE (одному з розширень індексу Сімпсона) більше **0,5** (Рис. 14). Представлені в такому вигляді дані, на наш погляд, сприяють більш глибокому і об'єктивному аналізу отриманих результатів.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	1,46	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	0,59	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	4	0,59	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3	4	5	0,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,68	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0,56	3	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	3	0,63	0	3	3	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0,39	0	4	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
9	0	0	0	0	0	0	3	0	0,58	0	0	3	2	0	0	0	3	3	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0,39	4	0	2	4	4	0	0	0	0	0	3
11	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0,93	0	0	3	3	0	3	0	0	0	3
12	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	1,60	3	0	0	0	3	3	1	0	3
13	0	0	0	0	0	1	2	0	2	2	0	3	3,75	3	0	0	2	0	0	0	3
14	0	0	0	0	0	3	3	3	0	4	3	0	3	0,60	3	0	0	0	0	3	3
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	3	0,56	3	0	0	0	0	3
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1,12	0	0	0	3	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	2	0	0	0	0,60	4	0	3	4
18	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	4	2,78	0	3	3
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,98	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	3	0	0,52	0
21	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	3	3	3	3	0	4	3	0	0	1,09

Рис. 14. Фрагмент *Аркуша* Excel «+**Щеннон_2**».

Примітка: в рисунках до програми «StatVo» демонструються розрахункові значення однакових вхідних даних.

Для копіювання отриманих значень необхідно використовувати опцію «Спеціальна вставка».

З метою гарантованого очищення матриці введення даних від використаних значень (*Аркуш* «**Ввод_данных**») достатньо курсором рухом донизу від верхнього рядку масиву виділити матрицю введення і натиснути клавішу "Delete". З цією ж

метою на *Аркуші* «**Формат_матрица**» розміщена вільна від значень і готова до копіювання матриця введення.

Для тестування роботи програми і перевірки обчислень на Аркуші «**Тест_матрицы**» створені готові матриці-масиви з відповідними комбінаціями значень.

Аркуш «**Рабочий_стол**» створений для попереднього розміщення і зберігання вхідних даних.

Кожна з програм, що пропонуються супроводжена описанням з інструкцією для користування на англійській, українській та російській мовах, списком використаних літературних джерел і захищена свідоцтвом на авторство [2, 3, 4].

Глосарій

Абіотичний	Те, що відноситься до неживої частини екосистеми або до оточення, в якому відсутнє життя.
Біоіндикатор	Організм, вид, популяція, угруповання, що характеризуються специфічними особливостями проживання або вказують на специфічні зміни умов середовища.
Біоіндикація	Метод визначення умов або змін у навколишньому середовищі за допомогою біоіндикаторів.
Біомаркери	Організми та їх характеристики, що дозволяють діагностувати поточний стан оточуючого середовища.
Біомоніторинг	Використання біологічних властивостей у якості показника (його реакції) для визначення стану оточуючого середовища.
Біорізноманіття	Таксономічне, екологічне і генетичне різноманіття живих форм.
Біота	Узагальнений термін, який описує організми, котрі живуть у конкретній водоймі, водотоці, ландшафті.
Біота резидентна	Організми, які живуть у конкретній водоймі, водотоці, ландшафті, без обліку привнесених видів.
Біотичні види	Інтегровані показники стану оточуючого середовища, розраховані на основі бальної оцінки різних біоіндикаторів (метрик).
Біотоп	Ділянка земної поверхні (суші або водойми) з однотипними абіотичними умовами середовища, зайнята тим чи іншим біоценозом.
Видове багатство	Число видів, віднесене до певної площі або об'єму.
Видове різноманіття	Знайдене в конкретний час число видів і їх форм в конкретному угрупованні (екосистемі).
Види домінанти	Види, які переважають у даному регіоні, водоймі або угрупованні (біоценозі).
Водне угруповання	Асоціація взаємодіючих популяцій організмів в конкретній водоймі (потоці).
Донні відклади	Мінеральні або органічні речовини, що накопичилися на дні.
Зообентос	Сукупність донних тварин, що мешкають на поверхні і в товщі донних відкладень.
Макрозообентос	Розмірна фракція бентосних безхребетних організмів ≥ 2 мм.
Метрика	Характеристика біоти, яка змінюється деяким передбачуваним шляхом зі збільшенням антропогенного навантаження.
Перифітон	Комплексне угруповання водоростей, бактерій, безхребетних, грибів, а також детрит, прикріплених до субстрату. Субстрат може бути органічним або неорганічним, живим або мертвим.
Водна Рамкова Директива	Директива Європейського Парламенту і Ради Міністрів, що встановлює рамкові дії Європейської Спільноти в сфері водної політики.
Сапробність	Фізиолого-біохімічні властивості організму, що дозволяють йому жити у воді, з тим або іншим вмістом органічних речовин (α -, β-, γ - сапробні види).
Структура водних угруповань	Таксономічний склад водоростей, безхребетних і риб, згрупований відносно їх чисельності або числа організмів в групі.
Екологічний статус	Міра, з якою екосистема себе реалізує, підтримуючи стійкість своїх біологічних процесів при зовнішній дії.

Задіяні літературні джерела:

1. Алимов А.Ф., Финогенова Н.П. Методы расчета продукции // Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресных водоемах. Зообентос и его продукция. – Л., 1984. – С. 9-25.

2. А.с. Україна № 59402. StatVo / Воліков Ю.М.; заявл. 25.02.2015; опубл. 30.07.2015, Бюл. № 37.

3. А.с. Україна № 82747. Воліков Ю.М., Ляшенко А.В. BiotMetrics; опубл.в Бюл. – № 51. – 2019.

4. А.с. Україна № 76309. Saprogram - ZB / Воліков Ю.М., Усов О.Є.; заяв. 07.11.2017; опубл. 27.04.2018, Бюл. № 48.

5. Балушкина Е.В. Хирономиды как индикаторы степени загрязнения воды // В кн. Методы биологического анализа пресных вод. Л., 1976. с.106-118.

6. Васенко А. Г., Верниченко А. А., Верниченко-Цветков Д. Ю. Некоторые аспекты построения оценочных шкал экологических классификаций поверхностных вод // Экосистемы их оптимизация и охрана. Симферополь; ТНУ, 2013. Вып. 8. С. 146-153.

7. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС. Основні терміни та їх визначення / EU Water Framework Directive 2000/60/EC. Definitions of Main Terms. – К., - 2006. – 240 с.

8. 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.

9. Гидробиологический режим малых рек в условиях антропогенного воздействия / Под ред. Андрушайтиса Г.П., Качаловой О.Л. – Рига: Зинатне, 1981. – 166 с.

10. Голубева Г.В. Индикационное значение отдельных форм хирономид // Экология гидробионтов водоемов западного Урала. – Пермь: Перм. Гос. Ун-т, 1981. – с. 43–45.

11. Ляшенко А.В., Воликов Ю.Н. Сапробиологическая характеристика экологического состояния озера-лимана Ялпуг по организмам макрозообентоса // Гидробиол. журн. – 2001. – 37, №3. – С. 74–81.

12. Ляшенко А.В. Биоиндикация качества вод Килийской дельты Дуная по организмам макрофауны водных беспозвоночных / А.В. Ляшенко, Е.Е. Зорина-Сахарова // Гидробиологический журнал – 2012. – Т. 48, № 4. – С. 145 – 166.

13. Лукашов Д.В. Визначник прісноводних молюсків (для студентів біологічних факультетів). К., 2003. – 53 с.

14. Макрушин А.В. Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества вод» с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения. Л.: Изд-во Зоол. ин-та АН СССР, 1974. 53 с.

15. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / В.Д. Романенко, В.М. Жулинський, О.П. Оксіюк та ін. – К., 2001. – 48 с.

16. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / А.В. Грищенко, О.Г. Масенко, Г.А. Верніченко та ін. (проект) – Х.: Укр. НДІЕП. – 2012. – 37 с.
17. Методика оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты. Афанасьев С.А., Гродзинский М.Д. – К.: АйБи, 2004. 59 с.
18. Олексив И.Т. Показатели качества природных вод с экологических позиций. – Львов: Свет, 1992. – 234 с.
19. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон, бентос). – Л. Гидрометеоиздат, 1977. – 512 с.
20. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т.4. Высшие насекомые. Двукрылые / Под ред. С.Я. Цалолихина. – 1999. – 1000 с.
21. Определитель фауны Черного и Азовского морей.Т.2: Свободноживущие беспозвоночные. Ракообразные. – К.: Наук.думка, 1969. – 536 с.
22. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae фауны СССР. (Diptera, Chironomidae= Tendipedidae). – Л: Наука,
23. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Orthocladiinae фауны СССР. (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae). – Л: Наука, 1970. – 344 с.
24. Патент України на корисну модель UA 128459 U, G01N 33/18/ Спосіб комплексного використання коефіцієнтів схожості для визначення екологічного стану водних об’єктів / Ю.М. Воліков. – № u201711404; заявл. 21.11.2017; опубл. 25.09.2018. – Бюл. № 18/2018.
25. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 287 с.
26. Попченко В.И. Водные малощетинковые черви севера Европы. Л.: Наука, 1988. – 288 с.
27. Попченко В.И. Закономерности изменений сообществ олигохет в условиях загрязнения водоемов // Водные малощетинковые черви: Матер. 6 Всесоюз. симп. – Рига: 1987. С. 117-122.
28. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Минск: Изд-во «Орех», 2004. – 125 с.
29. Смирнов Е.С., Таксономический анализ. М.: Изд-во МГУ, 1969. 187 с.
30. Тодераш И.К. Функциональное значение хирономид в экосистемах водоемов Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 172 с.
31. Унифицированные методы исследования качества вод / ч. 3. Методы биологического анализа вод // М.: СЭВ, 1976. – 186 с.
32. Унифицированные методы исследования качества вод / ч. 3 Методы биологического анализа вод. Приложение 1. Индикаторы сапробности // М.: СЭВ, 1977. – 91 с.
33. Унифицированные методы исследования качества вод / ч. 3 Методы биологического анализа вод. Приложение 2. Атлас сапробных организмов // М.: СЭВ, 1977. – 228 с.

34. Чертопруд М.В. Модификация метода Пантле–Букка для оценки загрязнения водотоков по качественным показателям макробентоса // Водные ресурсы. – 2002. – Том 29. № 3. С. 337-342.
35. Чертопруд М.В. Модификация индекса сапробности Пантле-Букка для водоёмов Европейской России // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. // Сборник матер. междунар. конф., 23 – 27октября 2006 г., Санкт – Петербург. СПб, 2007. С.298 – 302.
36. Черновский А.А Определитель личинок комаров семейства Tendipedidae. – М., Л.: Из-во Зоол. Инт-т АН СССР. — 1949. – 187 с.
37. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
38. Barkman J.J. Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes, including a taxonomic survey and description of their vegetation units in Europe. Assen: Van Gorcum, 1958. 628 p.
39. Braun-Blanquet J. Plant sociologi: The study of plant communities. N.Y.: McGraw-Hill, 1932, 439 p.
40. Czekanowski J. Zur differential Diagnose der Neandertalgruppe. – Korrespbl. Dtsch. Ges. Anthropol., 1909, Bd 40, S. 44–47.
41. Dice L.R. Measures of the amount of ecological association between species. – 1945, vol. 26, N 3, p. 297–302.
42. Goodnight C.Y., Whitley L.S. Oligochaetas as indicators of pollution // Proc.15th Int. Waste Conf., 1961. Vol. 106.
43. Jaccard P. Distribution de la flore alpine dans quelques regions vaudoise sci. natur., 1901, t. 37, N 140, p. 241–272.
44. Kulczynski S. Zespoly róslin w Pienach . – Bull. intern. acad. pol. sci. lett. Cl. sci. math. natur. Ser. B, 1927, suppl. 2, p. 57–203.
45. Morisita M. Measuring of interspecific association and similarity between communities. – Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E, 1959, vol. 3, N 1, p. 65–80.
46. Ochiai A. Zoogeographical studes on the soleoid fishes found in Japan and its neighbouring regions. II. – Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 1957, vol. 22, N 9, p. 526–530.
47. Pantle R. and Buck H. Die biologische Ű̈berwachung der Gewässer und Darstellung der Ergebnisse // Gas-und Wasserfach. 1955. – B. 96. N 98. – S. 1–604.
48. Pantle R. and Buck
49. Simpson G.G. Mammals and the nature of continents. – Amer. J. Sci., 1943, vol. 241, N 1, p. 1–31.
50. Sladeček V. System of water quality from the biological point of view. // Ergebnisse der Limnol. – 1973. – 7, N 1. – P. 1–218.
51. Sokal R.R., Sneath P.H.A. Principles of numerical taxonomy. San Francisco; London: Freeman, 1963. 359 p.
52. Sørensen T. A new method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of a species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. – Kgl. Dan. videnskab. selskab. biol. skr., 1948, bd 5, N 4, s. 1–34.
53. Szymkiewicz D. Une contribution statistique a la géographie floristique // Acta Soc. Bot. Polon. 1934. T. 34. № 3. P. 249—265.

54. Uzunov I., Kosel V., Sladecek V. Indicator value of freshwater oligochaetae // Acta Hidrobiol. – 1988. – 16, № 2. – P. 20–25.
55. Woodiwiss F.S. The biological system of stream classification used by the Trent River Board // Chem. and Ind. – 1964/ - Vol. 11. – P. 443-447.
56. Zelinka M., Marvan P. Zur Prazisierung der biologischen Klassification der Reinheitflissender Gewasser // Arch. Hydrobiol. - 1961 - Bd. 57, N3 - S.71-81.
57. Zelinka M., Marvan P. Bemerkung zu neuen Methoden der saprobiologischen Wasserbeurteilung // Verh. Int. Ver. theor. und angew. Limnol. - 1966 - V. 16 - P. 817-822.