

УДК 581.526.325: 005.962 (282.247.318)

Е. П. Белоус<sup>1</sup>, С. С. Баринава<sup>2</sup>, П. Д. Клоченко<sup>1</sup>**ФИТОПЛАНКТОН ВЕРХНЕГО УЧАСТКА Р. ЮЖНЫЙ БУГ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ**

В работе представлен анализ взаимосвязи характеристик фитопланктона (видовое богатство, разнообразие, численность и биомасса) и содержания неорганических соединений азота и фосфора в воде верхнего участка р. Южный Буг. Дана оценка его состояния с применением экосистемного подхода.

**Ключевые слова:** фитопланктон, биоиндикация, численность, биомасса, биогены.

При оценке состояния водных экосистем и степени их нарушенности вода все чаще анализируется не как ресурс, а как среда обитания биоты [1]. Именно биоте принадлежит основная роль при оценке экологического состояния водных объектов в соответствии с Водной рамочной директивой ЕС [4, 37]. Одним из наиболее информативных критериев при этом является состав, структура и количественные показатели фитопланктона [2]. Известно, что водоросли, как важнейший компонент биоты разнотипных водных объектов, весьма чувствительны к изменению экологических факторов среды и достаточно четко реагируют на различные антропогенные воздействия: загрязнение неорганическими и органическими веществами, подогретыми водами, а также на зарегулирование стока и т. д. [14]. Это и обуславливает эффективность применения их сообществ для оценки экологического состояния водных экосистем.

Объектом наших исследований служила р. Южный Буг — один из крупнейших водотоков Украины (длина — 806 км, площадь бассейна — 63 700 км<sup>2</sup> [3]). Река служит источником воды для 1026 субъектов хозяйственной деятельности [5], поэтому сохранение ее благоприятного экологического состояния является для Украины одной из проблем первостепенной важности.

По альгофлоре р. Южный Буг известен целый ряд публикаций [6—10, 16—19, 22—28, 30, 35], однако они в основном касаются нижней части реки и лишь в незначительной степени — средней. Сведения о фитопланктоне верхнего участка р. Южный Буг изложены только в работе Я. В. Ролла [20] и относятся к 20—30-м годам прошлого столетия. Однако комплексная эколо-

© Е. П. Белоус, С. С. Баринава, П. Д. Клоченко, 2012

гическая оценка этого важного для Украины водотока невозможна без надлежащего анализа фитопланктона его верхней части.

Цель работы — анализ видового богатства и обилия сообществ планктонных водорослей верхнего участка р. Южный Буг во взаимосвязи с химическими параметрами водной среды для оценки его экологического состояния.

**Материал и методика исследований.** Материалом для данной работы послужили гидробиологические и гидрохимические пробы, отобранные в течение 2007—2011 гг. в период летней межени на 15 станциях верхнего участка р. Южный Буг на территории Хмельницкой и Винницкой областей (рис. 1). Отбор количественных проб фитопланктона и их последующая обработка проведены с применением общепринятых гидробиологических методик [12]. Количество амонийного, нитритного и нитратного азота, а также неорганического фосфора в воде определяли колориметрическим методом [21].

Экологический анализ проведен на основе выявленного видового богатства фитопланктона и его количественных показателей. При этом был рассчитан индекс сапробности  $S$  по Пантле — Букк [11]:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (s_i h_i)}{\sum_{i=1}^n (h_i)}, \quad (1)$$

где  $S$  — индекс сапробности;  $S_i$  — индикаторная значимость  $i$ -того вида;  $h_i$  — его относительная численность;  $n$  — число видов-индикаторов.

Индекс видового разнообразия Шеннона [15, 31] рассчитан по формуле

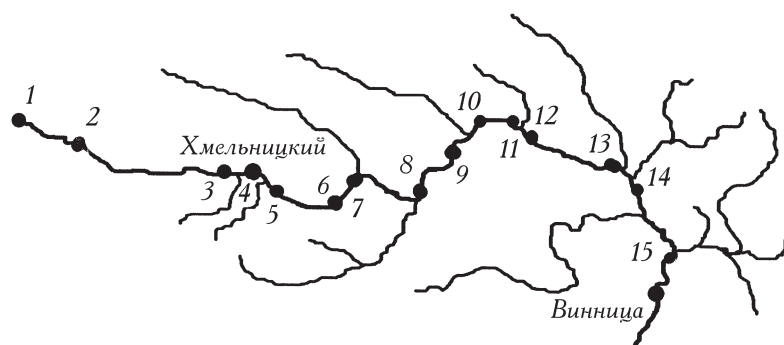
$$H' = -\sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}, \quad (2)$$

где  $N$  — общая численность организмов на  $\text{дм}^3$ ;  $s$  — количество видов;  $n_i$  — численность  $i$ -того вида;  $H'$  — видовое разнообразие сообщества.

Индекс состояния экосистемы ( $WESI$ ), который отражает способность экосистемы к самоочищению [2, 29], основанный на классификации качества воды по гидрохимическим показателям и по индексам сапробности, был рассчитан для каждой из станций по формуле

$$WESI = \text{Разряд } S / \text{Разряд } \text{N-NO}_3^-, \quad (3)$$

где разряд  $S$  — разряд качества воды по классификации Сладечека [32] на основании индексов сапробности; разряд  $\text{N-NO}_3^-$  — разряд качества воды



1. Карта-схема мест отбора проб на верхнем участке р. Южный Буг: 1 — с. Холодец; 2 — с. Волчья Гора; 3 — с. Алешин; 4 — г. Хмельницкий; 5 — с. Копыстин; 6 — с. Голосков; 7 — пгт Меджибож; 8 — пгт Летичев; 9 — с. Новоконалин; 10 — с. Березна; 11 — г. Хмельник; 12 — с. Широкая Гребля; 13 — с. Уладовка; 14 — с. Гуцинцы; 15 — пгт Стрижавка.

по классификации Сладечека на основании концентрации нитратного азота.

Если значение индекса *WESI* равно или больше 1, то фотосинтетическая активность фитопланктона обеспечивает достаточный уровень самоочищения экосистемы, если же его значение меньше 1, то процессы самоочищения подавлены в результате неблагоприятного воздействия на фотосинтез [2, 29].

Статистический анализ альгологического материала включал в себя: 1) сравнение выявленного видового состава планктонных водорослей по станциям наблюдений с использованием индексов Серенсена — Чекановского для определения сходных групп сообществ (программа GRAPHS) [13]; 2) построение дендрита сходства видового состава по станциям в той же программе с целью выделения участков реки со сходными условиями; 3) установление связи между выявленным разнообразием водорослей и гидрохимическими показателями (программа CANOCO) [36] и 4) проведение мультирегрессионного анализа (программа Statistica 6.0) [33] для выявления факторов, наиболее сильно воздействующих на сообщества планктонных водорослей.

Для интегральной оценки загрязнения реки [2] вычисляли индекс *RPI*, предложенный М. Сумита [34]:

$$RPIs = \frac{\sum \frac{(s_1 + s_2)}{2} \times l}{L}, \quad (4)$$

где *RPIs* — индекс загрязнения реки на основе индекса сапробности *S*; *s*<sub>1</sub> и *s*<sub>2</sub> — индексы сапробности на последовательно расположенных станциях; *l* — длина участка реки от станции до станции; *L* — вся длина реки, где были определены параметры.

## 1. Химические показатели воды верхнего участка р. Южный Буг

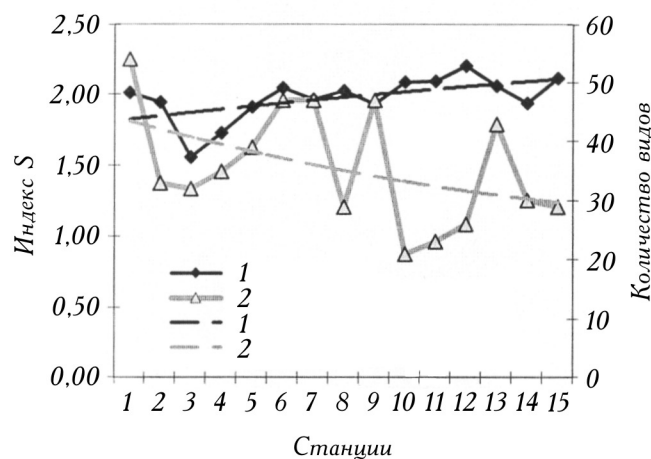
Станции отбора проб	Населенные пункты	Расстояние между станциями, км	$\text{NH}_4^+$ , мг N/дм <sup>3</sup>	$\text{NO}_2^-$ , мг N/дм <sup>3</sup>	$\text{NO}_3^-$ , мг N/дм <sup>3</sup>	$\text{PO}_4^{3-}$ , мг P/дм <sup>3</sup>
1	с. Холодец	0	0,34	0,001	0,16	0,17
2	с. Волчья Гора	24	0,25	0,010	0,28	0,11
3	с. Алешин	15	0,28	0,001	0,13	0,15
4	г. Хмельницкий	5	0,18	0,001	0,12	0,10
5	с. Копыстин	12	1,76	0,015	0,52	0,54
6	с. Голосков	16	4,92	0,046	0,15	1,22
7	пгт Меджибож	10	4,88	0,092	0,24	1,75
8	пгт Летичев	17	0,60	0,011	0,15	1,22
9	с. Новоконстантинов	14	0,21	0,010	0,13	0,25
10	с. Березна	16	0,03	0,010	0,28	0,14
11	г. Хмельник	8	0,08	0,012	0,33	0,15
12	с. Широкая Гребля	10	—	—	—	—
13	с. Уладовка	17	0,07	0,009	0,50	0,04
14	с. Гущинцы	13	—	—	—	—
15	пгт Стрижавка	21	0,28	0,009	0,13	0,20
	Всего	198				

Следует отметить, что расчет *RPI* возможен не только с использованием индексов сапробности, но и других параметров исследуемого участка реки [2, 29]. Индекс загрязнения является постоянной величиной при постоянстве нагрузок на водный объект и может быть предложен как «паспортная» величина для интегральной характеристики водного объекта [34].

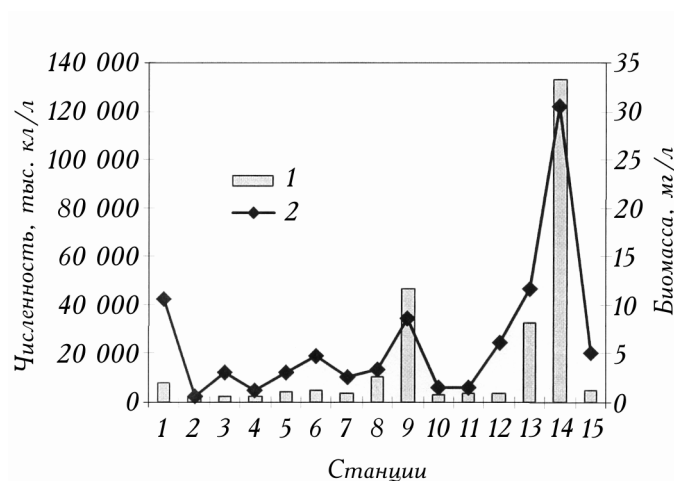
**Результаты исследований и их обсуждение**

Исследованный нами участок р. Южный Буг имеет протяженность 198 км (табл. 1). Проведенные химические анализы проб воды в большинстве случаев не показали значительного превышения концентраций неорганических соединений азота и фосфора, за исключением лишь ст. 5, 6 и 7, где зарегистрировано высокое содержание аммонийного азота, и ст. 6, 7 и 8, где отмечено повышенное содержание ортофосфатов.

В результате проведенных нами исследований в толще воды верхнего участка реки Южный Буг выявлено 168 видов водорослей. Количество видов было максимальным в истоке (ст. 1), в целом вниз по течению оно уменьшалось (ст. 15) (табл. 2, рис. 2), в то же время численность, наоборот, повышалась, ее максимальные значения отмечены на ст. 9 и 14 (рис. 3). Так же



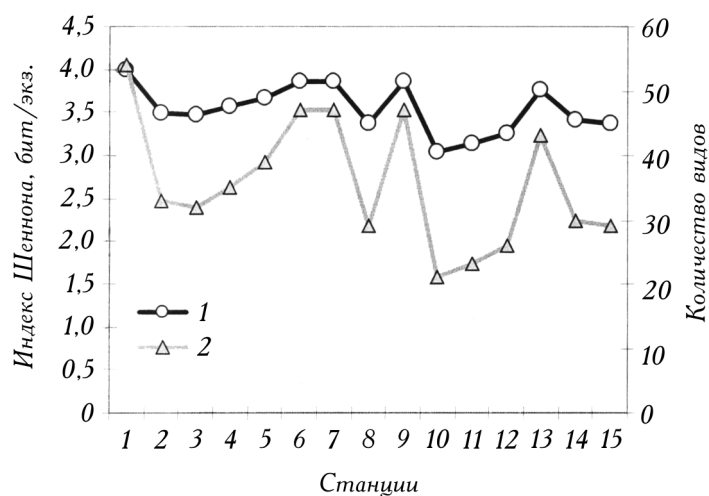
2. Динамика количества видов фитопланктона (1) и индекса сапробности S (2) на станциях верхнего участка р. Южный Буг.



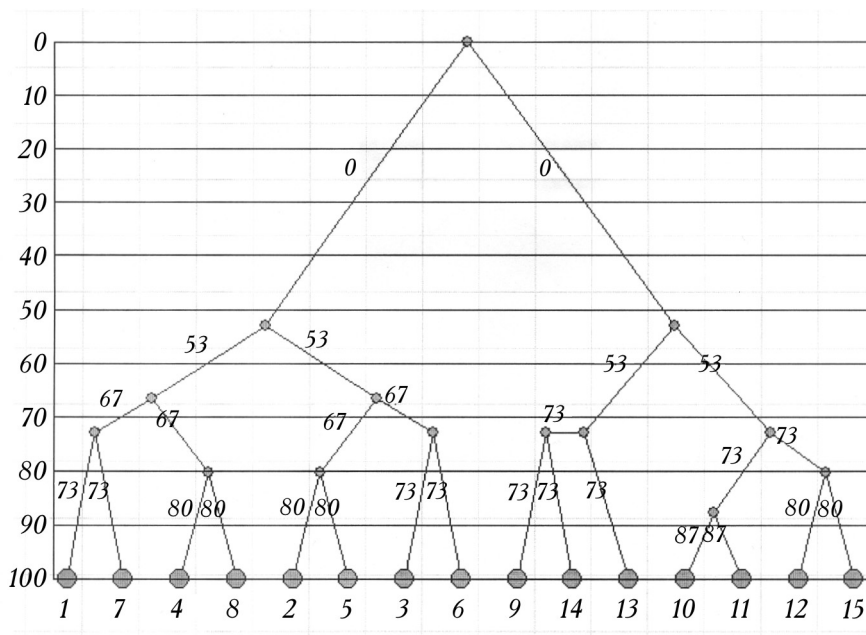
3. Динамика численности (1) и биомассы (2) фитопланктона на станциях верхнего участка р. Южный Буг.

увеличивалась и биомасса фитопланктона, которая была наибольшей на ст. 1 и 13—14.

Значения индекса сапробности S изменялись в пределах III класса качества вод [34] и имели тенденцию к повышению от истока реки к нижней границе исследованного участка (см. рис. 2). Несмотря на то, что III класс качества вод является вполне удовлетворительным, необходимо подчеркнуть, что экосистема реки вниз по течению испытывает стресс, обуславливающий снижение видового богатства и сопровождающийся стимулированием количественного развития фитопланктона. Это, по-видимо-



4. Количество видов фитопланктона (1) и значения индекса Шеннона (2) на станциях верхнего участка р. Южный Буг.



5. Дендрограмма сходства станций верхнего участка р. Южный Буг по составу фитопланктона на базе индексов Серенсена — Чекановского.

му, вызвано притоком биогенов в сочетании с небольшим количеством токсикантов.

Важным показателем состояния гидроэкосистем является сложность структуры сообществ гидробионтов: чем структура сложнее, тем более устойчиво сообщество. Как видно из рисунка 4, значения индекса разнооб-

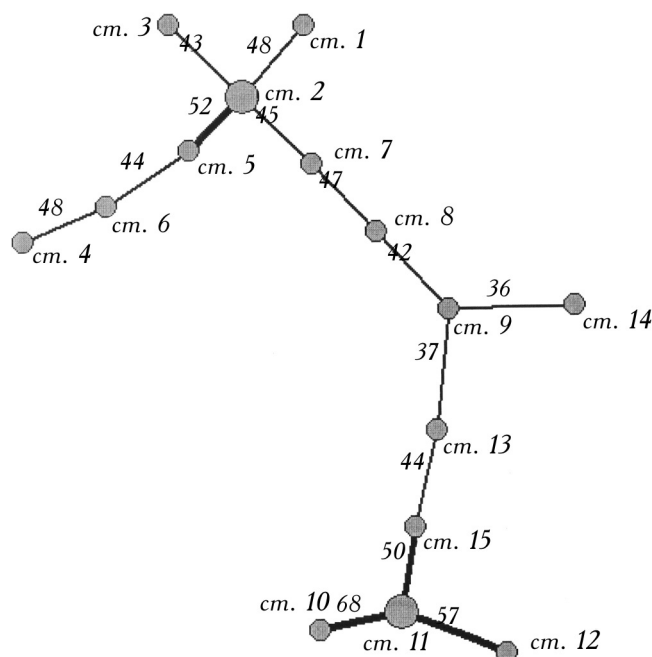
## 2. Характеристики фитопланктона на станциях исследованного участка р. Южный Буг

Станции отбора проб	Количество видов	Численность, кл/дм <sup>3</sup>	Биомасса, мг/дм <sup>3</sup>	Удельная масса клетки, мг	Индекс сапробиости, S	Индекс Шеннона, бит/экз.
1	54	7875	10,57	0,0013	2,01	3,54
2	33	1720	0,69	0,0004	1,94	2,69
3	32	2575	3,15	0,0012	1,56	2,45
4	35	2240	1,18	0,0005	1,72	2,59
5	39	4176	3,14	0,0008	1,91	2,99
6	47	4760	4,78	0,0010	2,05	3,34
7	47	3496	2,57	0,0007	1,96	3,08
8	29	10360	3,36	0,0003	2,03	1,63
9	47	46925	8,55	0,0002	1,93	2,46
10	21	3233	1,54	0,0005	2,08	2,11
11	23	3900	1,52	0,0004	2,09	2,13
12	26	3693	6,10	0,0017	2,20	2,42
13	43	32444	11,65	0,0004	2,06	3,08
14	30	132977	30,53	0,0002	1,94	1,47
15	29	5076	5,10	0,0010	2,11	2,53

разия Шеннона, рассчитанные по численности, изменялись синхронно с количеством видов планктонных водорослей, имея тенденцию к понижению от истока к ст. 15. Следовательно, загрязнение, воздействуя на фитопланктон верхнего участка р. Южный Буг, подавляет не только его видовое богатство, но и разрушает структуру сообществ планктонных водорослей. Однако необходимо подчеркнуть, что значения индекса Шеннона остаются довольно высокими даже в нижней части исследованного участка реки.

Применив программу GRAPHS, позволяющую сравнивать видовой состав планктонных водорослей на исследованных станциях, мы установили, что они разделились на два отчетливых кластера на уровне 50% (рис. 5). В частности, левый кластер объединяет станции со сходным фитопланктоном с 1-й по 8-ю, а правый — станции, расположенные ниже по руслу. Таким образом, на исследованном участке реки можно выделить две части — верхнюю (до ст. 8) и нижнюю (от ст. 9 до ст. 15).

Применение сравнительно-флористических методов [13] позволило установить силу связей между сообществами планктонных водорослей и тем самым уточнить деление реки на основе сходства их видового состава. На рисунке 6 представлен дендрит сходства, где видно, что ближе всего по видовому составу фитопланктон на ст. 5 и 2, а также на станциях 10—12 и 15. Это дает основание сократить число станций для последующего монито-

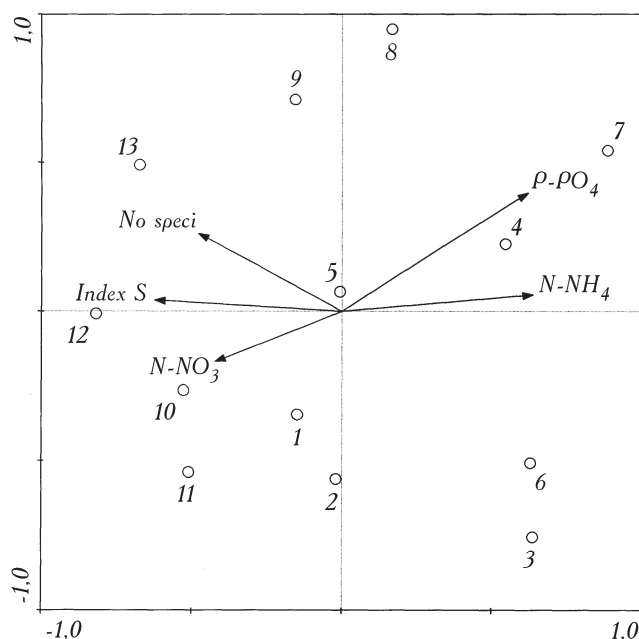


6. Дендрит сходства фитопланктона верхнего участка р. Южный Буг на базе индексов Серенсена — Чекановского по станциям (толщина линий соответствует силе связей или уровню сходства, который обозначен цифрами около линии).

ринга, объединив точки 10, 11 и 12 в одну. На верхней части исследованного участка реки возможно также объединение ст. 2 и 3, а также 4, 5 и 6.

Для того, чтобы выявить группы факторов, синхронно влияющих на фитопланктон верхнего участка реки, был проведен многофакторный анализ RDA в программе CANOCO. По характеру воздействующих факторов станции разделились на две группы (рис. 7). Первая (левый верхний квадрант) объединяет ст. 10—12, где фактором, определяющим снижение видового богатства фитопланктона, являются нитраты. Вторая группа (правый верхний квадрант) включает ортофосфаты и аммонийный азот, которые оказывают значительное влияние на планктонные водоросли на ст. 4, 7 и 8, несколько меньше — на ст. 5 и 6. Наибольшая суммарная концентрация аммонийного азота и ортофосфатов отмечена на ст. 7 (см. табл. 1, 2). Проведенные расчеты дают основание для последующего мониторинга объединить ст. 5—7 в одну.

Нами также было проведено пошаговое выделение факторов, воздействующих на видовое богатство фитопланктона, с применением метода мультипараметрической статистики, при этом в качестве зависимого компонента было выбрано количество видов в сообществе планктонных водорослей, а в качестве независимых — гидрохимические показатели (см. табл. 1) и индекс сапробности  $S$  (см. табл. 2). В результате 5-шагового регрессионного анализа среди независимых компонентов не было выявлено показателя, «драматически» воздействующего на видовое богатство фитопланктона. В



7. Биplot RDA анализа связи видового состава сообществ планктонных водорослей на станциях верхнего участка р. Южный Буг с гидрохимическими показателями (стрелками обозначены анализируемые показатели, цифрами — номера станций наблюдений).

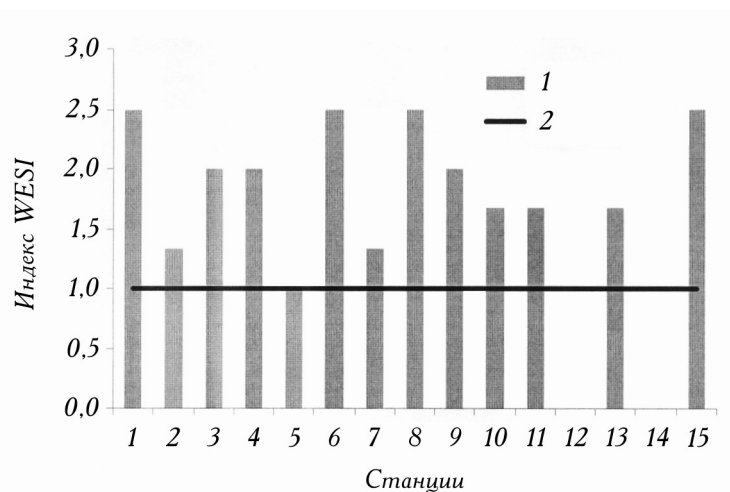
качестве наиболее угрожающего фактора можно выделить концентрацию аммонийного азота (достоверность расчета  $p \leq 0,1$ ).

В следующей части экологического анализа рассчитывали индексы загрязнения реки (RPI) [2, 34] с учетом шести параметров (табл. 3). Индекс сапробности  $S$  и содержание нитритов находятся в пределах III класса качества, а нитратов — II класса, что не является угрозой для речной экосистемы. Однако при этом уровень загрязнения воды фосфатами и, особенно, аммонийным азотом является высоким.

Заключительным этапом оценки был расчет индексов состояния водной экосистемы  $WESI$  на основе показателей содержания нитратов и индекса сапробности  $S$ . При этом вычислены классификационные ранги обоих показателей. На их основе было получено отклонение индекса  $WESI$  по станциям относительно нормы (рис. 8). Величина индекса практически на всех станциях была выше единицы, что свидетельствует о высокой способности экосистемы исследованного участка реки к самоочищению.

### Заключение

В результате проведенной работы в фитопланктоне верхнего участка р. Южный Буг было выявлено 168 видов водорослей. Установлено, что видовое богатство снижается от верховья к нижней части исследуемого участка реки, тогда как численность и биомасса увеличиваются. Результаты обработки данных с приме-



8. Значение индекса состояния экосистемы *WESI* на станциях верхнего участка р. Южный Буг: 1 — *WESI*; 2 — *WESI Norm.*

### 3. Значения индекса загрязнения реки (*RPI*) [34]

Параметры	<i>RPI-S</i>	<i>RPI-NO<sub>2</sub></i>	<i>RPI-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></i>	<i>RPI-NO<sub>3</sub></i>	<i>RPI-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></i>	<i>RPI-Sp</i>
<i>RPI</i>	1,993	0,017	0,954	0,268	0,824	88
Классы качества воды	III	III	IV	II	V	

нением методов биоиндикации и статистических программ, показали, что структурированность сообществ планктонных водорослей упрощается вниз по течению, о чем свидетельствует уменьшение величины индекса Шеннона. При этом наблюдается повышение индекса сапробности *S*, что указывает на органическое загрязнение воды. Применение нескольких адекватных материалу статистических программ и методов позволило выделить два участка — до ст. с. Новокопачинова и от него до пгт Стрижавка. На верхней части исследованного участка реки развивался планктон с доминированием (по численности) *Aphanizomenon elenkinii* Kisselev, *Aph. flos-aquae* (L.) Ralfs ex Bornet et Flahault, *Dictyosphaerium pulchellum* Wood, *Dolichospermum flos-aquae* (Lyngb.) Wacklin, Hoffmann et Komárek и *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek et Hindák, на нижней преобладали *Aph. flos-aquae*, *Desmodesmus communis* (E. Hegew.) E. Hegew. var. *communis*, *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. и *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E. Hegew. Сравнительный анализ состава фитопланктона дает основание для сокращения количества станций последующего мониторинга. В целом экологический и сравнительно-статистический анализ, а также рассчитанные индексы состояния экосистемы показали, что исследованный участок реки можно отнести к слабо или умеренно загрязненным, в основном, неорганическим фосфором и аммонийным азотом, с которыми экосистема реки пока успешно справляется благодаря высокой способности к самоочищению.

\*\*

*В роботі наведено аналіз взаємозв'язку між характеристиками фітопланктону (видове багатство, різноманіття, чисельність і біомаса) та вмістом неорганічних сполук азоту і фосфору у воді верхньої ділянки р. Південний Буг. Охарактеризовано її стан із використанням екосистемного підходу.*

\*\*

*Analysis of correlation between phytoplankton characteristics (species richness, diversity, cells number and biomass) and content of inorganic nitrogen and phosphorus in the upper part of the South Bug River were given. Its ecological state was characterized using the ecosystem approach.*

\*\*

1. Афанасьев С.А. Развитие европейских подходов к биологической оценке состояния гидрозкосистем в мониторинге рек Украине // Гидробиол. журн. — 2001. — Т. 37, № 5. — С. 3—18.
2. Барінова С.С., Мегведєва Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. — Тель Авив: Pilies Studio, 2006. — 498 с.
3. Вишневикий В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. — К.: Віпол, 2000. — 376 с.
4. 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.
5. Ворона Є.І., Кириляч О.В., Максименко О.Д. та ін. Басейн річки Бог. — В.-К.: Wetlands International Black Sea Programme, 2009. — 128 с.
6. Герасимюк В.П., Кириленко Н.А. Bacillariophyta бентоса нижнього течення річки Южного Буга (Україна) // Альгологія. — 2006. — Т. 16, № 3. — С. 312—324
7. Давыдов О.А. Микрофитобентос низовья Южного Буга // Гидробиол. журн. — 1997. — 33, № 5. — С. 27—37
8. Жукинський В.Н., Журавлева Л.А., Иванов А.И. и др. Днепроовско-Бугская эстуарная екосистема. — Киев: Наук. думка, 1989. — 240 с.
9. Клоченко П.Д., Митківська Т.І. Фітопланктон р. Південний Буг на ділянці між містами Первомайськом та Миколаєвом (Україна) // Укр. ботан. журн. — 1994. — Т. 51, № 1. — С. 116—124.
10. Клоченко П.Д., Митковская Т.И., Сакевич А.И. Фитопланктон малых рек Николаевской области (Украины) // Альгологія. — 1993. — Т. 3, № 4. — С. 57—63.
11. Константинов А.С. Общая гидробиология. — М.: Высш. шк., 1986. — 472 с.
12. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В. Д. Романенка. — К.: Логос, 2006. — 408 с.
13. Новаковський А.Б. Возможности и принципы работы программного модуля «GRAPHS». Автоматизация научных исследований. — Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2004. — 28 с.

14. *Оценка* екологічного стану водних об'єктів по мікрофітобентосу / Оксуюк О.П., Давыдов О.А. — Киев: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2006. — 32 с.
15. *Одум Ю.* Экология: в 2-х т. — М.: Мир, 1986. — Т. 2. — 376 с.
16. *Пикуш Н.В., Кошелева С.И., Ленчик Л.Г. и др.* Водоем-охладитель Ладыжинской ГРЭС. — Киев: Наук. думка, 1978. — 132 с.
17. *Підлісний В.І.* Короткі відомості про Charophyta Південного Бугу та його допливів // Тр. фіз.-мат. від. УАН. — 1928. — Т. 10, вип. 3. — С. 39—40.
18. *Рагзимовський Д.О.* До характеристики фітопланктону водойм Вінниччини // Журн. біо-зоол. циклу ВУАН. — 1933. — № 3. — С. 21—49.
19. *Рагзимовський Д.О.* Замітка про фітопланктон заростів р. Південний Буг // Тр. фіз.-мат. від. УАН. — 1928. — Т. 10, вип. 2. — С. 13—25.
20. *Ролл Я.В.* Фітопланктон р. Південний Буг // Тр. Гідробіол. ст. АН УРСР. — 1937. — № 14. — С. 109—149.
21. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши /* Под ред. А. Д. Семенова. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 542 с.
22. *Селезнева В.А.* Фітопланктон рек Ю. Буг и Ташлык на участке с. Мигия — Новая Одесса // Гидробиологические исследования водоемов юго-западной части СССР. — Киев: Наук. думка, 1982. — С. 108—109.
23. *Совинский В.* Материалы для флоры водорослей и отчасти мховъ некоторых уездовъ Киевской и Подольской губерний // Зап. Киев. о-ва естествоиспытателей. — 1876. — Т. 4 — С. 1—20.
24. *Таращук О.С.* Діатомові водорослі (Bacillariophyta) нижнього течення річки Южний Буг (Україна) // Альгологія. — 2004. — Т. 14, № 3. — С. 309—324.
25. *Ткаченко Ф.П.* Макрофіти степових річок Північного Причорномор'я Кодими та Тілігула // Аграр. вісн. Причорномор'я: Зб. наук. пр. Біол. та с.-г. науки. — 2007. — Вип. 41. — С. 13—20.
26. *Ширшов П.П.* Нарис мікрофлори р. Кодими (доплив Півд. Бугу) // Тр. фіз.-мат. від. УАН. — 1928. — Т. 10, вип. 2. — С. 125—141.
27. *Ширшов П.П.* Про ниткуваті водорості та їх епіфіти з рр. Південного Бугу, Кодими та Кисилівського кар'єру // Там же. — Вип. 4. — С. 3—22.
28. *Ширшов П.П.* Про дві цікаві водорості з р. Кодими (доплив П. Бугу) // Вісн. Дніпропетров. гідробіол. ст. — 1928. — Т. 1. — С. 193—196.
29. *Varinova S.* Algal diversity dynamics, ecological assessment, and monitoring in the river ecosystems of the eastern Mediterranean. — New York: Nova Sci. Publishers, 2011. — 363 p.
30. *Mikhailyuk T.I., Demchenko E.M., Kondratyuk S. Ya.* Algae of granite outcrops from the left bank of the river Pivdennyi Bug (Ukraine) // Biologia (Bratislava). — 2003. — Vol. 58, N 4. — P. 589—601.
31. *Odum E.P.* The strategy of ecosystem development // Science. — 1969. — Vol. 164. — P. 262—270.
32. *Sládeček V.* System of water quality from the biological point of view // Ergeb. Limnol. — 1973. — Vol. 7. — P. 1—128.
33. *STATISTICA* (data analysis software system), version 6.0., StatSoft Inc. — Tulsa, 2003. — <http://www.statsoftinc.com>.

34. *Sumita M.* A numerical water quality assessment of rivers in Hokuriku District using epilithic diatom assemblage in river bed as a biological indicator. (II) The values of RPId in surveyed rivers // *Diatom. The Jap. J. of Diatomology*. — 1986. — Vol. 2. — P. 9—18.
35. *Swirenko D.O.* Die botanischen Ergebnisse der Süd-Bugischen Hydrobiologischen Expedition // *Arch. Hydrobiol.* — 1941. — Bd. 6, N 4. — P. 593—770.
36. *Ter Braak C.J.F., Šmilauer P.* CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). — Ithaca: Microcomputer Power Press, 2002. — 500 p.
37. *The EU Water Framework Directive* — integrated river basin management for Europe. — [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html), 19/08/2009.

<sup>1</sup> Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

<sup>2</sup> Институт эволюции, Хайфский университет, Израиль

Поступила 30.08.12