

УДК [581. 526. 325: 502. 171] (282) (477)

Ю. С. Шелюк<sup>1</sup>, В. И. Щербак<sup>2</sup>

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ  
ФИТОПЛАНКТОНА РЕК БАССЕЙНОВ ПРИПЯТИ И  
ТЕТЕРЕВА**

В работе представлена оценка состояния разнотипных рек бассейнов Припяти и Тетерева по структурно-функциональным показателям фитопланктона: видовому, таксономическому, информационному разнообразию, численности, биомассе, первичной продукции, соотношению продукционно-деструкционных процессов, сапробиологической оценке качества воды. Также исследовали гидрофизические и гидрохимические характеристики. Полученные данные в дальнейшем могут использоваться в качестве исходных для мониторинга речных экосистем с использованием бассейнового принципа.

***Ключевые слова:** речной бассейн, притоки, фитопланктон, экологическое состояние, разнообразие, численность, биомасса, сапробиальность.*

Приоритетом современных европейских методик оценки состояния водных экосистем является использование биологических показателей, в частности видового и таксономического состава, количественных и продукционно-деструкционных характеристик фитопланктона [1, 2, 14].

Исторически сложилось так, что наибольшее внимание украинских исследователей уделялось разработке системы оценки качества воды преимущественно крупных водохранилищ и рек, каналов, а также водоемов мегаполисов, где она адекватно, хотя и опосредовано, отражала экологическое состояние водных экосистем [1, 22].

Так, в литературе накоплено значительное количество данных о составе, количественных показателях, пространственно-временном распределении и функционировании автотрофного звена экосистемы главной водной артерии Украины — Днепра, его водохранилищ [13] и некоторых притоков — Припяти [4, 14, 15] и Тетерева [5], в той или иной мере приведены результаты их экологической оценки. В то же время вопросы, касающиеся притоков второго, третьего и ниже порядков, формирующих огромный днепровский бассейн, практически остаются нерешенными. Это делает невозможным оценку состояния бассейнов Припяти и Тетерева, установление и прогноз природоохранных проблем, а также определение их роли в формировании фитопланктона каскада днепровских водохранилищ.

© Ю. С. Шелюк, В. И. Щербак, 2018



1. Карта-схема района исследования.

Бассейны рек Припяти и Тетерева включают водотоки разных типов: от «малых» до «очень больших». Типизация рек позволяет более объективно определить возможность использования показателей качественного и количественного разнообразия фитопланктона для оценки состояния их бассейнов, необходимость которой предусматривает Хельсинская конвенция, поскольку часть этих водотоков являются трансграничными. К тому же отсутствие в большинстве случаев крупных промышленных и аграрных комплексов на современном этапе делает эти реки возможным объектом для поиска референсных условий для дальнейшего мониторинга.

Цель работы — оценка экологического состояния рек бассейнов Припяти и Тетерева по структурно-функциональным показателям фитопланктона.

**Материал и методика исследований.** В работе приведены результаты маршрутных и стационарных обследований 18 водотоков бассейна Тетерева: рек Каменки Лесной, Гуйвы, Лесной, Бобровки, Путятинки, Крошенки, Коднянки, Зеленой и бассейна Припяти: Горыни, Ужа, Уборти, Случи, Синявки, Бересток, Икопоти, Корчика, Хоморы, Деревички на территории Житомирской, Хмельницкой и Ровенской областей. Отбор альгологических проб осуществляли на стационарных станциях два раза в месяц на протяжении вегетационных сезонов 2009—2016 гг. (рис. 1).

Пробы фиксировали, концентрировали и камерально обрабатывали общепринятыми методами [6]. Применена таксономическая система водорослей, предложенная в «Algae of Ukraine» [16—18]. На всех реках сезонно определяли значение содержания растворенного в воде кислорода, рН, перманганатной окисляемости, щелочности, общей жесткости, содержания кальция, магния, общего железа, хлоридов, фосфора фосфатов, азота (аммонийного, нитритного и нитратного), температуру, цветность и прозрачность по диску Секки [6].

Расчет класса качества вод проводили по гидрохимическим параметрам, качественным и количественным показателям разнообразия фитопланктона [7], сапробности (по Пантле — Букк в модификации Сладечека) [21, 24, 25], интенсивности первичной продукции фитопланктона и индексу самоочищения/самозагрязнения экосистемы  $A/R$  [7], рассчитывали индекс разнообразия Шеннона по биомассе водорослей [9].

Первичную продукцию фитопланктона и деструкцию органического вещества определяли скляночным методом в кислородной модификации с суточной экспозицией на горизонтах 0,05, 0,5 и 1 м [23].

Определение трофического статуса водотоков проводили согласно [10]. Использовали также индекс состояния экосистемы *WESI*, который отображает ее способность к самоочищению [3, 20]. Сравнение флористического разнообразия фитопланктон рек осуществляли по индексу видового сходства Серенсена [26].

### *Результаты исследований и их обсуждение*

Согласно системе классификации А по ВРД ЕС [19] все исследованные водотоки принадлежат к категории «реки» и представлены четырьмя типами — малые (Крошенка, Бересток, Синявка, Бобровка), средние (Коднянка, Икопоть, Деревичка, Каменка Лесная, Лесная, Путятинка, Зеленая), большие (Хомора, Корчик, Уж, Уборть, Гуйва) и очень большие (Горынь, Случь).

*Гидрофизические и гидрохимические показатели (табл. 1).* Анализ многолетних результатов исследований показал, что большинство рек по значениям прозрачности и цветности принадлежат к II—III классам качества вод, а рек Уж, Уборть и Бересток по цветности — к IV классу. Проведенные обобщения данных по содержанию растворенного в воде кислорода, рН, перманганатной окисляемости, содержанию общего железа, хлоридов, фосфатов, азота (аммонийного, нитритного и нитратного) также указывают на преимущественно II—III класс качества. По уровню рН воды рек Горыни, Случи, Корчика, Ужа, Крошенки, Зеленой, Лесной, Бобровки принадлежат к II классу, рек Хоморы, Уборти, Икопотти, Синявки, Гуйвы, Коднянки, Путятинки, Бересток — к III, а Деревички и Каменки Лесной — к IV. По содержанию растворенного в воде кислорода исследованные водотоки принадлежат к I—II классу, за исключением рек Икопотти, Бересток и Путятинки, которые принадлежат к III классу.

1. Гидрофизические и гидрохимические показатели воды рек бассейнов Припяти и Тетерева

Показатели	Бассейн Припяти				Бассейн Тетерева			
	очень большие	большие	средние	малые	большие	средние	малые	малые
Цветность, °	$\frac{35 - 70}{45}$	$\frac{39 - 66}{50}$	$\frac{25 - 36}{30}$	$\frac{42 - 56}{48}$	$\frac{30 - 35}{33}$	$\frac{20 - 45}{37}$	$\frac{30 - 36}{33}$	$\frac{30 - 36}{33}$
Прозрачность, м	$\frac{0,8 - 1,4}{0,9}$	$\frac{0,5 - 1,0}{0,7}$	$\frac{0,6 - 1,0}{0,8}$	$\frac{0,5 - 0,7}{0,6}$	$\frac{0,9 - 1,1}{1,0}$	$\frac{0,5 - 1,0}{0,8}$	$\frac{0,8 - 1,0}{0,8}$	$\frac{0,8 - 1,0}{0,8}$
pH	$\frac{6,5 - 8,1}{6,9}$	$\frac{6,2 - 8,2}{6,9}$	$\frac{6,0 - 8,4}{7,5}$	$\frac{7,5 - 8,2}{8,0}$	$\frac{6,2 - 8,1}{7,2}$	$\frac{6,1 - 8,1}{7,0}$	$\frac{6,5 - 6,7}{6,6}$	$\frac{6,5 - 6,7}{6,6}$
Содержание растворенного кислорода, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	$\frac{8,1 - 10,9}{9,7}$	$\frac{8,7 - 12,4}{9,6}$	$\frac{5,9 - 11,4}{8,3}$	$\frac{5,9 - 9,5}{8,2}$	$\frac{7,8 - 9,6}{8,7}$	$\frac{6,5 - 12,0}{8,5}$	$\frac{7,2 - 11,0}{8,6}$	$\frac{7,2 - 11,0}{8,6}$
Окисляемость перманганатная, мг O/дм <sup>3</sup>	$\frac{6,3 - 11,7}{7,4}$	$\frac{6,0 - 17,8}{9,9}$	$\frac{6,0 - 10,4}{6,1}$	$\frac{6,4 - 10,2}{8,3}$	$\frac{6,8 - 14,0}{10,4}$	$\frac{5,1 - 10,7}{7,6}$	$\frac{6,1 - 6,4}{6,3}$	$\frac{6,1 - 6,4}{6,3}$
Щелочность общая, ммоль/дм <sup>3</sup>	$\frac{2,4 - 4,2}{2,9}$	$\frac{3,3 - 5,1}{4,2}$	$\frac{3,0 - 6,2}{4,6}$	$\frac{2,4 - 4,4}{3,4}$	$\frac{6,2 - 6,4}{6,3}$	$\frac{3,0 - 4,8}{3,8}$	$\frac{3,7 - 5,0}{4,4}$	$\frac{3,7 - 5,0}{4,4}$
Жесткость общая, ммоль/дм <sup>3</sup>	$\frac{4,5 - 6,1}{5,4}$	$\frac{4,8 - 6,1}{5,6}$	$\frac{3,8 - 6,9}{5,5}$	$\frac{2,5 - 4,8}{3,7}$	$\frac{5,0 - 5,9}{5,5}$	$\frac{4,1 - 5,7}{4,9}$	$\frac{5,4 - 6,3}{5,9}$	$\frac{5,4 - 6,3}{5,9}$
Кальций, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{37 - 84}{51}$	$\frac{37 - 40}{39}$	$\frac{29 - 33}{30}$	$\frac{46 - 49}{48}$	—	$\frac{34 - 38}{36}$	$\frac{39 - 40}{40}$	$\frac{39 - 40}{40}$
Магний, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{1,1 - 6,1}{2,8}$	$\frac{1,1 - 18,2}{5,9}$	$\frac{2,6 - 3,0}{2,8}$	$\frac{1,0 - 1,4}{1,2}$	—	$\frac{0,1 - 2,2}{1,3}$	$\frac{1,4 - 2,3}{1,9}$	$\frac{1,4 - 2,3}{1,9}$
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,03 - 0,60}{0,05}$	$\frac{0,01 - 0,74}{0,50}$	$\frac{0,01 - 0,44}{0,18}$	$\frac{0,22 - 2,40}{0,98}$	$\frac{0,32 - 0,37}{0,35}$	$\frac{0,01 - 0,59}{0,28}$	$\frac{0,05 - 0,11}{0,08}$	$\frac{0,05 - 0,11}{0,08}$

Продолжение табл. 1

Показатели	Бассейн Припяти			Бассейн Тегерева			
	очень большие	большие	средние	малые	большие	средние	малые
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	22,5 – 24,1 23,3	22,3 – 42,2 29,8	19,3 – 47,5 29,0	38,6 – 39,9 39,3	33,0 – 53,6 43,3	21,1 – 48,4 34,6	22,4 – 25,5 24,2
Фосфор фосфатов, мг Р/дм <sup>3</sup>	0,01 – 0,30 0,10	0,05 – 0,07 0,06	0,02 – 0,04 0,03	0,03 – 0,05 0,03	0,01 – 0,28 0,15	0,03 – 0,09 0,06	—
Азот аммонийный, мг N/дм <sup>3</sup>	0,05 – 0,09 0,07	0,05 – 0,41 0,15	0,05 – 0,26 0,18	0,26 – 0,30 0,25	0,39 – 0,42 0,40	0,05 – 0,39 0,28	0,06 – 0,09 0,08
Азот нитритов, мг N/дм <sup>3</sup>	0,003 – 0,005 0,004	0,003 – 0,008 0,005	0,003 – 0,015 0,008	0,002 – 0,020 0,010	0,004 – 0,010 0,007	0,002 – 0,005 0,004	0,003 – 0,070 0,040
Азот нитратов, мг N/дм <sup>3</sup>	0,41 – 0,97 0,65	0,43 – 1,00 0,62	0,39 – 1,02 0,60	0,15 – 2,40 1,18	0,57 – 1,08 0,83	0,26 – 0,71 0,50	0,56 – 0,69 0,63

П р и м е ч а н и е. Здесь и в табл. 2: над чертой — пределы колебаний, под чертой — средние значения. «—» — измерения не проводили.

По значению перманганатной окисляемости воды большинства рек можно отнести преимущественно к II классу, рек Бобровки, Каменки Лесной, Гуйвы, Бересток, Хоморы и Горыни — к III. По содержанию общего железа воды исследованных рек принадлежат к I классу, по содержанию хлоридов — к II. По содержанию аммонийного и нитритного азота большинство рек относятся к I—II классу, однако к III классу по содержанию аммонийного азота принадлежат воды рек Хоморы, Лесной, Бобровки, нитритного — Бересток и Крошенки. По содержанию нитратного азота воды исследуемых рек относятся к II (Деревичка, Хомора, Случь, Уборть, Синявка, Бобровка, Лесная), III (реки Горынь, Корчик, Уж, Бересток, Гуйва, Коднянка, Крошенка, Зеленая, Путятинка, Каменка Лесная) и IV (Икопоть) классам. По содержанию фосфатов реки Случь, Синявка, Бобровка принадлежат к II классу, Хомора, Лесная, Икопоть, Бересток — к III, Горынь и Гуйва — к IV классу.

В целом средние значения гидрофизических и гидрохимических показателей исследуемых рек свидетельствуют о том, что согласно эколого-санитарной классификации качества вод суши по большинству параметров эти водотоки принадлежат преимущественно к II—III классам.

*Характеристика видового и таксономического разнообразия фитопланктона.* В исследованных реках идентифицировано 669 видов водорослей, представленных 711 внутривидовыми таксонами включительно с номенклатурным типом вида (ввт): Cyanoprokaryota — 59 видов, Euglenophyta — 113 (136 ввт), Dinophyta — 33 (36), Cryptophyta — 3, Chrysophyta — 34 (35), Bacillariophyta — 196 (208), Xanthophyta — 6, Chlorophyta — 210 (214) и Streptophyta 15. Наиболее богато представлены отделы зеленых (30,1% общего списка) и диатомовых (29,3%) водорослей.

Сравнение видового состава фитопланктона по коэффициенту Серенсена  $K_S$  указывает на своеобразие водотоков ( $K_S = 0,1—0,48$ ). Представленные нами ранее [12] лепестковые диаграммы позволяют выделить три группы флор, несмотря на их значительную индивидуальность и разную видовую насыщенность в каждой реке:

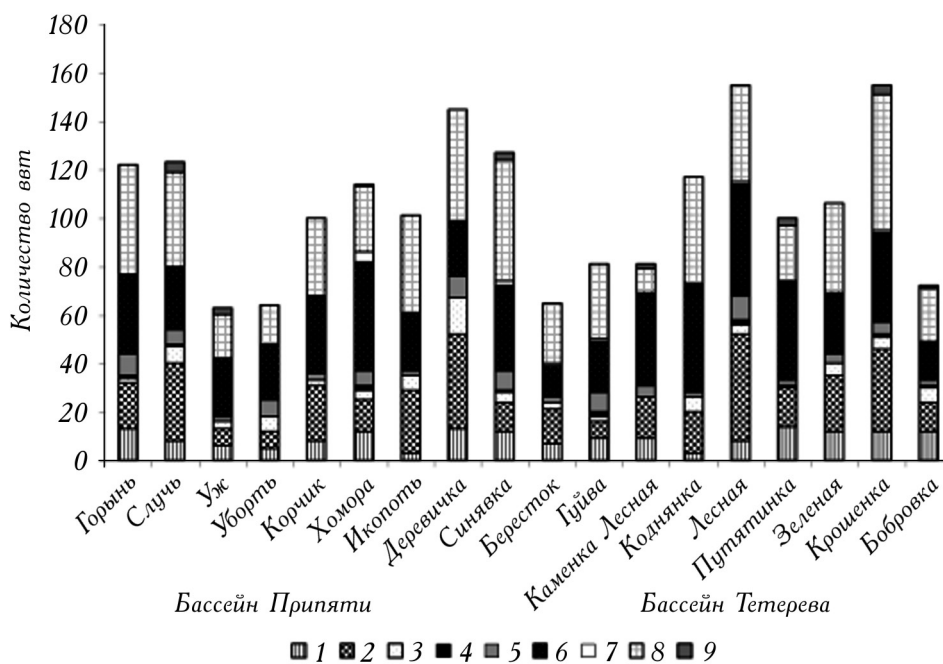
- 1) с доминированием зеленых водорослей (реки Горынь, Случь, Икопоть, Деревичка, Синявка, Бересток, Бобровка, Крошенка, Зеленая);
- 2) с доминированием диатомовых водорослей (реки Хомора, Уборть, Уж, Каменка Лесная, Путятинка);
- 3) с практически равным количеством зеленых и диатомовых водорослей (реки Корчик, Коднянка, Лесная).

Наибольшее количество видов, разновидностей и форм водорослей идентифицировали в реках Лесной (155), Крошенке (151), Деревичке (145), Синявке (124), Горыни (120) и Случи (119), наименьшее — Уборти (64), Бересток (65) и Уже (60) (рис. 2).

С увеличением цветности воды в реках количество видов снижалось ( $r = -0,83$ ,  $P = 0,00003$ ,  $n = 54$ ), при этом оно не зависело от площади бассейна водотоков ( $r = 0,26$ ,  $P = 0,06$ ,  $n = 18$ ).

*Количественное разнообразие и функциональные показатели фитопланктона.* Самые высокие средние показатели численности (5,179—28,617 млн. кл/дм<sup>3</sup>) были зарегистрированы в реках Синявке, Бобровке, Зеленой, Гуйве, Хоморе, Лесной, биомассы (3,800—5,005 мг/дм<sup>3</sup>) — в Деревичке, Зеленой, Синявке (табл. 2). Установлена положительная корреляция между биомассой фитопланктона и значениями рН ( $r = 0,799$ ,  $P = 0,004$ ,  $n = 54$ ) и обратная — с содержанием нитратного азота ( $r = -0,520$ ,  $P = 0,000002$ ,  $n = 54$ ). С повышением биомассы фитопланктона концентрация нитратного азота снижалась, что, очевидно, связано с его активным поглощением клетками водорослей. По биомассе фитопланктона большинство исследованных рек можно отнести к II классу качества вод, кроме Икопоти, Деревички, Синявки, Лесной, Зеленой и Бобровки, которые относятся к III.

Все реки характеризовались достаточно высокими показателями первичной продукции. Средние показатели валовой продукции, рассчитанные для горизонта максимального фотосинтеза  $A_{max}$ , составляли 1,72—6,14 O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.сут. По этому показателю большинство рек относится к III клас-



2. Таксономический спектр фитопланктона рек бассейнов Припяти и Тетерева. Здесь и на рис. 3: 1 — Cyanoprokaryota; 2 — Euglenophyta; 3 — Dinophyta; 4 — Cryptophyta; 5 — Chrysophyta; 6 — Bacillariophyta; 7 — Xanthophyta; 8 — Chlorophyta; 9 — Streptophyta. Реки расположены в порядке убывания площади их бассейнов.

су качества вод, а реки Корчик, Икопоть, Коднянка, Зеленая — к IV. Скорость образования органического вещества в единице объема воды на оптимальной глубине (преимущественно это был поверхностный горизонт) на протяжении вегетационного сезона в исследованных реках превышала скорость деструкции, значения индекса  $A/R$  колебались в пределах 1,18—3,45.

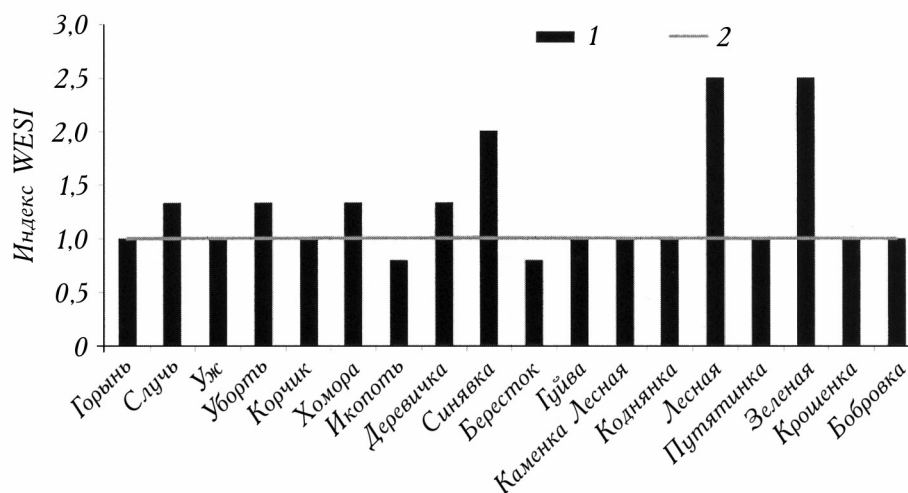
Соотношение  $A/R$  снижалось на глубоководных участках. В малых реках, где на исследованных станциях глубина не превышала 1 м, первичная продукция превышала деструкцию во всем столбе воды. Преобладание продукционных процессов над деструкционными объясняется высокой обеспеченностью клеток водорослей биогенными веществами, о чем свидетельствует достаточно высокое содержание в речных водах нитратного азота (0,15—1,08 мг/дм<sup>3</sup>) и фосфора фосфатов (0,01—0,30 мг/дм<sup>3</sup>), и относительно интенсивным прогревом воды значительных по площади мелководных зон. Несбалансированность продукционно-деструкционных процессов в дальнейшем может вызвать накопление автохтонного органического вещества и, как следствие, самозагрязнение. В наибольшей степени это касается малых и средних водотоков с преобладанием мелководий. Наиболее высокие значения индекса  $A/R$  отмечены в реках Бересток и Коднянке (см. табл. 2). По значению индекса  $A/R$  исследованные реки преимущественно относятся к IV—V классам качества вод.



## 2. Качественное, количественное и структурное разнообразие фитопланктона разногиппных рек бассейнов Припяти и Тетерева

Тип реки	Количество видов	Численность, млн. кл./дм <sup>3</sup>	Биомасса, мг/дм <sup>3</sup>	Валовая первичная продукция, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> ·сут	Индекс самоочищения-самоозагрязнения (A/R)	Индекс сапробности	Индекс Шеннона (H <sub>B</sub> ), бит/г
Бассейн Припяти							
Очень большие	117 – 184	< 0,001 – 10,250	< 0,001 – 7,245	0,90 – 9,15	0,80 – 6,53	0,82 – 6,53	0,50 – 3,94
	126	2,300 ± 0,33	1,322 ± 0,14	4,05 ± 0,37	2,40 ± 0,31	1,87 ± 0,02	2,74 ± 0,08
Большие	61 – 136	0,006 – 29,970	< 0,001 – 7,680	0,33 – 10,47	0,10 – 6,89	0,61 – 4,34	0,39 – 3,57
	81	0,0450 ± 0,25	0,871 ± 0,13	4,30 ± 0,35	2,68 ± 0,34	1,85 ± 0,06	1,68 ± 0,07
Средние	99 – 142	< 0,001 – 91,203	0,001 – 13,530	3,26 – 9,77	0,98 – 7,50	1,00 – 2,45	0,78 – 3,61
	120	1,641 ± 0,31	3,000 ± 0,11	4,71 ± 0,36	2,71 ± 0,37	1,87 ± 0,05	1,63 ± 0,06
Малые	32 – 119	0,014 – 100,228	< 0,001 – 26,340	0,51 – 9,13	0,24 – 8,45	0,82 – 3,91	0,10 – 3,84
	76	14,334 ± 0,56	2,653 ± 0,33	2,97 ± 0,31	2,81 ± 0,40	1,84 ± 0,06	1,34 ± 0,08
Бассейн Тетерева							
Большие	81 – 149	0,191 – 187,913	0,005 – 11,630	2,29 – 13,87	1,66 – 2,83	1,43 – 2,48	0,04 – 3,36
	115	16,833 ± 0,49	2,193 ± 0,39	6,356 ± 0,71	1,86 ± 0,23	1,90 ± 0,04	1,51 ± 0,12
Средние	77 – 51	0,002 – 39,580	0,011 – 30,224	0,33 – 14,13	0,23 – 9,06	0,70 – 4,09	0,08 – 4,09
	108	4,902 ± 0,62	2,037 ± 0,23	3,78 ± 0,34	2,25 ± 0,18	1,95 ± 0,06	2,18 ± 0,11
Малые	66 – 149	0,009 – 59,200	0,030 – 18,210	0,30 – 10,75	1,17 – 7,69	0,83 – 2,53	0,41 – 3,40
	76	5,578 ± 0,89	1,795 ± 0,21	4,01 ± 0,39	2,11 ± 0,24	1,85 ± 0,12	1,78 ± 0,08

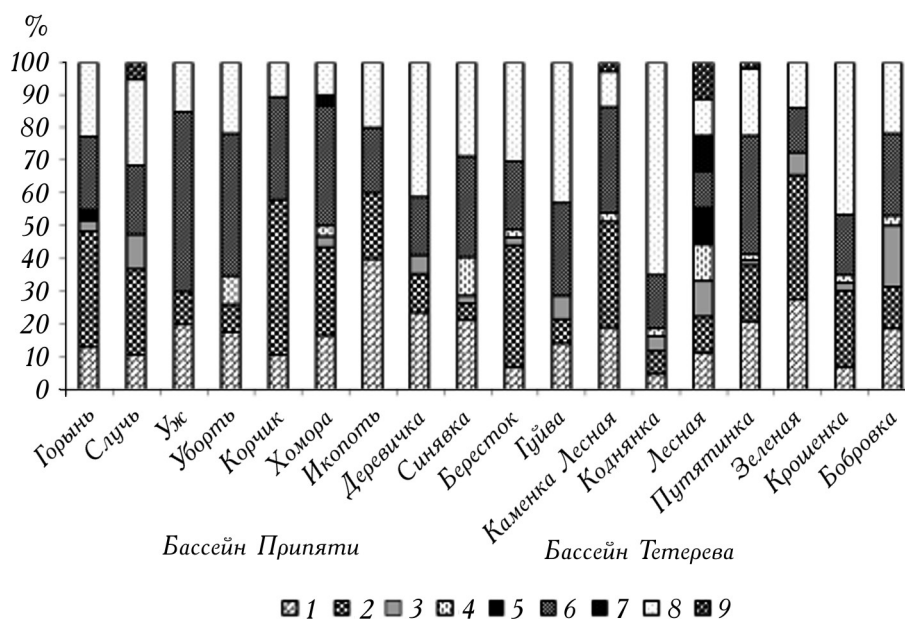




3. Значения индекса *WESI* исследованных рек бассейнов Припяти и Тетерева.

Значения индекса самоочищения экосистемы *WESI* исследованных водотоков свидетельствуют, что их экосистемы могут справляться с загрязнением (рис. 3). В основе этого подхода к оценке состояния водных экосистем лежит способность продуцентов использовать нитраты при отсутствии дефицита фосфатов. Если первичное продуцирование органического вещества определяется отсутствием действия стрессовых факторов, эти соединения используются полностью и, соответственно, классификационный ранг по индексу сапробности и нитратам совпадает [20]. В большинстве исследуемых рек значения этого индекса равны или выше единицы, что свидетельствует о поддержании высокого уровня самоочищения речных экосистем за счет фотосинтетической активности фитопланктона. В реках Бересток и Икопоть его значения были меньше единицы, что указывает на угнетение процессов самоочищения за счет биогенной нагрузки. Вероятной причиной является поступление соединений азота с пахотных земель, площадь которых в бассейне р. Бересток составляет 49,4%, а также влиянием мелиоративного канала Убортянской и Комсомольской осушительных систем, под которой река была зарегулирована в 1986 г. Рыбоводные пруды в бассейне р. Икопоть также могут быть причиной избытка биогенов.

Определение трофического статуса водотоков проводили по первичной продукции фитопланктона и его биомассе, которые положены в основу многочисленных шкал трофности. Эти показатели дают более точное определение трофности водотоков, чем содержание биогенных элементов. Также использовали численность фитопланктона и индекс *A/R*. По численности фитопланктона реки с доминированием синезеленых водорослей на протяжении всего вегетационного сезона принадлежали преимущественно к евтрофным водам (Хомора, Синявка, Гуйва, Зеленая, Лесная и Бобровка). К мезотрофным можно отнести Случь, Икопоть, Каменку Лесную. Реки со смешанным составом фитопланктона по численности характеризовались



4. Структура доминирующего комплекса фитопланктона рек бассейнов Припяти и Тетерева.

как олиготрофные (Бересток) и евтрофные (Горынь, Уж, Уборть, Корчик, Путятинка, Деревичка, Коднянка, Крошенка).

По биомассе фитопланктона исследованные водотоки относились к олиготрофным (Бересток), мезотрофным (Уж, Уборть, Корчик, Путятинка, Каменка, Лесная, Коднянка, Горынь, Случь, Хомора, Гуйва, Крошенка) и евтрофным (Деревичка, Икопоть, Лесная, Бобровка, Зеленая, Синявка). Трофический статус рек по валовой первичной продукции на горизонте максимального фотосинтеза фитопланктона преимущественно определялся как евтрофный, а рек Икопоти, Зеленой, Корчика и Коднянки — как политрофный.

Неадекватность в трофическом статусе рек по количественным показателям и первичной продукции фитопланктона, вероятно, обусловлена преобладанием в доминирующих комплексах мелкоклеточных высокопродуктивных видов, которые обеспечивают поддержку высокого евтрофного статуса [14] речных экосистем со сравнительно небольшими биомассами при достаточной обеспеченности водорослей биогенными веществами. Структура доминирующего комплекса представлена на рис 4.

Высокая интенсивность фотосинтеза в исследованных водотоках с большой долей и даже преобладанием мелководных участков объясняется повышенной скоростью биохимических процессов [11], в частности круговорота нитратов и фосфатов, а также высокой ассимиляционной активностью фитопланктона и интенсивным использованием солнечной энергии [8].

*Сапробиологическая характеристика фитопланктона.* Все исследованные водотоки по значению индекса сапробности согласно [7] можно отнести к III классу качества вод, категории «достаточно чистые», и только реки Зеленую и Каменку Лесную, где отмечены самые высокие значения этого показателя (2,37 и 2,08), принадлежат к категории «слабо загрязненные» (см. табл. 2).

*Информационное разнообразие фитопланктона.* Важным показателем состояния речных экосистем является сложность структуры сообществ водорослей: чем выше информационное разнообразие, тем стабильнее сообщества. Значения информационного индекса Шеннона, рассчитанные по биомассе водорослей, указывают на преобладание полидоминантной структуры планктонных сообществ в реках Горыни, Случи, Зеленой, Лесной и Коднянке (2,03—2,94 бит/г), олигодоминантной — в реках Хоморе, Деревичке, Каменке Лесной, Синявке, Уборти, Корчике, Уже, Путятинке, Бобровке и Крошенке (1,54—1,92 бит/г). Самые низкие значения этого индекса отмечены в реках Берестокке, Икопоти и Гуйве (1,07—1,40 бит/г). Преобладание моно- и олигодоминантной структуры фитопланктона этих водотоков, вероятно, является следствием антропогенной нагрузки на их речные экосистемы.

### Заключение

Фитопланктон притоков Припяти и Тетерева характеризуется высоким видовым разнообразием. Количество видов в них не зависело от площади бассейнов водотоков ( $r = 0,26$ ,  $P = 0,06$ ,  $n = 18$ ) и уменьшалось с увеличением цветности воды ( $r = -0,83$ ,  $P = 0,00003$ ,  $n = 54$ ).

Все исследованные водотоки по индексу сапробности принадлежали к III классу качества вод, по биомассе фитопланктона — к II—III классам, по валовой первичной продукции — преимущественно к III классу. Применение интегральных критериев оценки состояния рек бассейнов Припяти и Тетерева с учетом численности, биомассы, валовой первичной продукции, значений индексов  $A/R$  и  $WESI$  позволило сделать вывод о достаточно высокой самоочистительной способности исследованных водотоков, кроме рек Берестокка и Икопоти, где по большинству этих показателей отмечено угнетение процессов самоочищения. В них же установлены низкие средние значения индекса Шеннона ( $1,07 \pm 0,09$  и  $1,34 \pm 0,10$  бит/г), а в р. Берестокке — и самые низкие численность и биомасса водорослей. Наиболее высокая выровненность фитопланктона отмечена в реках Горыни, Зеленой, Случи, Лесной и Коднянке.

Исследованным рекам свойственна несбалансированность продукционно-деструкционных процессов. В наибольшей степени это касается малых и средних с преобладанием мелководий, поскольку в очень больших и больших реках за счет глубоководных участков, где преимущественно  $A < R$ , продуцированное в поверхностном слое избыточное количество органического автохтонного вещества поддается деструкции. По значениям индекса  $A/R$  исследованные водотоки преимущественно принадлежат к IV—V классам качества вод.

Обнаружена неадекватность в трофическом статусе рек, рассчитанном по количественным показателям и первичной продукции фитопланктона, которая раньше уже была отмечена для днепровских водохранилищ [13]. Биомасса фитопланктона определяет трофический статус речных экосистем от олиготрофного до эвтрофного, первичная продукция — преимущественно как эвтрофный, а рек Икопоти и Зеленой — политрофный.

По большинству гидрофизических и гидрохимических показателей исследованные водотоки согласно эколого-санитарной классификации качества вод суши принадлежат к II—III классам, а по содержанию растворенного в воде кислорода, аммонийного и нитритного азота — преимущественно к I—II классу. Установлена прямая связь между биомассой фитопланктона в реках и значениями рН ( $r = 0,799$ ,  $P = 0,004$ ,  $n = 54$ ) и обратная — между биомассой и содержанием нитратного азота ( $r = 0,520$ ,  $P = 0,000002$ ,  $n = 54$ ).

Полученные многолетние данные по структурно-функциональным показателям фитопланктона разнотипных рек бассейнов Припяти и Тетерева и гидрофизических, гидрохимических характеристик могут применяться в качестве исходных данных для дальнейшего мониторинга речных экосистем с использованием бассейнового принципа.

\*\*

*Представлена оцінка екологічного стану річков басейнів Прип'яті і Тетерева за структурно-функціональними показниками розвитку фітопланктону, а також гідрофізичними і гідрохімічними характеристиками. Отримані дані у подальшому можуть слугувати як вихідні для моніторингу річкових екосистем досліджуваного регіону з використанням басейнового принципу.*

\*\*

*The ecological state of the rivers of the Prypiat and Teteriv basins was assessed on the grounds of the long-term data on structural and functional parameters of phytoplankton, as well as hydrophysical and hydrochemical characteristics. The data obtained can be used as reference for monitoring of the river ecosystems of the studied region using the basin principle.*

\*\*

1. Афанасьев С.А. Развитие европейских подходов к биологической оценке состояния гидроэкосистем в мониторинге рек Украины // Гидробиол. журн. — 2001. — Т. 37, № 5. — С. 3—18.
2. Афанасьев С.О., Васильчук Т.О., Летицька О.М. та ін. Оцінка екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної рамкової директиви ЄС / За ред. С. О. Афанасьєва. — К.: Інтерсервіс, 2012. — 28 с.
3. Баринова С.С., Мегвегева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. — Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. — 498 с.

4. Крахмальний А.Ф. Фитопланктон Припяти и ее притоков в условиях крупномасштабной мелиорации региона: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. — Киев, 1990 — 24 с.
5. Кузьмінчук Ю.С. Продукція і таксономічний склад фітопланктону середньої притоки Дніпра: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — К., 2007. — 24 с.
6. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод* / За ред. В.Д. Романенка. — К.: ЛОГОС, 2006. — 408 с.
7. *Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України*. — К.: Символ-Т, 2001. — 48 с.
8. *Минева Н.М.* Певичная продукция планктона в водохранилищах Волги. — Ярославль: Принтхаус, 2009. — 279 с.
9. *Одум Ю.* Экология. — М.: Мир, 1986. — Т. 1. — 328 с.
10. *Оксиук О.П., Жганова Г.А., Гусынская С.Л. и др.* Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. 1. Планктон // Гидробиол. журн. — 1994. — Т. 30, № 3. — С. 26—31.
11. *Петрова Н.А.* Сукцессии фитопланктона при антропогенном эвтрофировании больших озер. — Ленинград: Наука, 1990.— 200 с.
12. *Шелюк Ю.С.* Порівняльно-флористичний аналіз різноманіття фітопланктону малих річок // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біологія. — 2015. — № 3—4. — С. 78—82.
13. *Щербак В.И.* Фитопланктон Днепра и его водохранилищ // Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ. — Киев: Наук. думка, 1989. — С. 77—84.
14. *Щербак В.И., Майстрова Н.В., Морозова А.О., Семенюк Н.С.* Національний природний парк «Прип'ять — Стохід». Різноманіття альгофлори і гідрохімічна характеристика акваландшафтів / За ред. В. І. Щербака. — К.: Фітосоціоцентр, 2011. — 164 с.
15. *Экологическое состояние трансграничных участков рек бассейна Днепра на территории Украины* / Под ред. А. Г. Васенко, С. А. Афанасьева. — Киев: Академперіодика, 2002. — 355 с.
16. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1.* Cyanoprocaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta, and Rhodophyta / Eds. P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. — Ruggell: Ganter Verlag, 2006. — 713 p.
17. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 2.* Bacillariophyta / Eds. P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. — Ruggell: Ganter Verlag, 2009. — 413 p.
18. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 3* Chlorophyta / Eds. P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. — Ruggell: Ganter Verlag, 2011. — 511 p.
19. *Directive 2000/60 EC of the European Parliament and of the Council of 23 October, establishing a framework for Community action in the field of water policy* // Off. J. Europ. Communities. 22.12/200. — P. 1—72.

20. *Tavassi M., Barinova S.S., Anisimova O.V. et al.* Algal indicators of the environment in the Nahal Yarqon Basin, Central Israel // *Intern. J. Algae.* — 2004. — Vol. 6, N 4. — P. 355—382.
21. *Pantle E., Buck H.* Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // *Das Wasserfach.* — 1955. — Vol. 96. — P. 604.
22. *Shcherbak V.I., Semenyuk N.Ye.* Use of phytoplankton for the assessment of the ecological state of water bodies of the megalopolis according to the EU Water Framework Directive — WFD (2000/60/EC) // *Hydrobiol. J.* — 2009. — Vol. 45, N 2. — P. 24—34.
23. *Shelyuk Yu.S.* Relationship between the processes of production and decomposition as the index of the succession state of plankton communities of the ecosystem of the regulated river (on the example of the Teterev River) // *Ibid.* — N 3. — P. 33—41.
24. *Sládeček V.* Diatoms as indicators of organic pollution // *Acta Hydroch. Hydrob.* — 1986. — Vol. 14. — P. 555—566.
25. *Sládeček V.* System of water quality from the biological point of view // *Ergeb. Limnol.* — 1973. — Vol. 7. — P. 1—128.
26. *Sørensen T.* A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content // *Kongelige Danske vidensk. Selskab. Biol. Skrifter.* — 1948. — Vol. 5, N 4. — P. 46—71.

<sup>1</sup>Житомирский государственный университет

<sup>2</sup>Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

Поступила 19.06.17