

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

В.И. ЩЕРБАК¹, Ю.С. КУЗЬМИНЧУК²

¹Ин-т гидробиологии НАН Украины,
04210 Киев, просп. Героев Сталинграда, 12, Украина

²Житомирский госуниверситет, каф. ботаники,
10499 Житомир, ул. Пушkinsкая, 42, Украина

ВСТРЕЧАЕМОСТЬ ВИДОВ И РАЗНООБРАЗИЕ ПЛАНКТОННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ Р. ТЕТЕРЕВ И ЕЕ ВОДОХРАНИЛИЩ (УКРАИНА)

Представлены результаты исследований встречаемости водорослей планктона р. Тетерев и ее водохранилищ от истока и до впадения в Киевское водохранилище. Ведущими отделами в формировании разнообразия фитопланктона по частоте встречаемости водорослей (согласно флористическому индексу $F_{фл}$) были *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* и *Cyanophyta*. В целом на протяжении 2004 г. планктонные водоросли были представлены 242 видами (280 внутривидовыми таксонами, включая те, которые содержат номенклатурный тип вида), принадлежащими к 8 отделам. В формировании видового разнообразия водорослей ведущая роль принадлежала *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* и *Euglenophyta*.

Ключевые слова: встречаемость, таксономическое разнообразие, фитопланктон, река Тетерев, флористический индекс $F_{фл}$, доминирующий комплекс.

Введение

Река Тетерев относится к категории средних рек, имеет общую длину 365 км, берет начало в 4 км юго-западнее с. Носовки Чудновского р-на Житомирской обл. и впадает в р. Днепр на 984 км от устья. Площадь бассейна реки составляет 15300 км², уровень падения – 0,5 м на километр. Леса занимают 15 % площади бассейна, болота – 4 %. Пересекая Украинский кристаллический щит, р. Тетерев имеет хорошо срезанные, преимущественно скалистые берега с выходом на поверхность гранитов и гнейсов. Для течения характерны перекаты и не-большие водопады. Средний сток реки достигает 536 мм/м³ в год (Гідрохімія ..., 2002).

Ширина реки изменяется от 0,4-12,0 м в верховье до 40-90 м в среднем и нижнем ее течении, достигая 200 м в устье. Скорость течения составляет в среднем 0,2-0,5 м/с, на порожистых участках – 1,2-25 м/с (Васенко, 2001).

В р. Тетерев впадает 1788 малых рек (общая длина 6446 км), из них длиной меньше 10 км – 1686 притоков. Плотность речной сети бассейна р. Тетерев составляет 0,42 км/км². Сток реки частично зарегулирован в результате строительства водохранилищ, которое осуществлялось в 50-80-х гг. прошлого столетия. Исходя из оригинальных данных, характеризующих особенности разви-

© В.И. Щербак, Ю.С. Кузьминчук, 2007

тия фитопланктона разнотипных участков р. Тетерев, а также в соответствии с морфометрическими и гидрологическими характеристиками (Государственный ..., 1989; Малі ..., 1991) река условно разделена нами на четыре участка: верхний, средний, нижний и зарегулированный (Щербак, Кузьминчук, 2006).

Ведущая роль в автотрофном звене водных экосистем р. Тетерев и ее водохранилищ принадлежит фитопланктону, который относится к числу основных продуцентов органического вещества в водоемах. Существенна его роль в трофических связях планктона, в формировании качества воды, в фотосинтетической азрации, самоочищении и самозагрязнении водоемов.

Традиционно для характеристики структуры фитопланктона используют таксономическое разнообразие, численность, биомассу и доминирующий комплекс. Показатели встречаемости видов и других таксонов применяют значительно реже, что обусловлено недостаточной разработанностью методов исследования встречаемости видов в альгоценозах, хотя в фитоценологии сосудистых растений этот показатель широко используется (Грейг-Смит, 1967).

Оценка роли различных групп водорослей в формировании разнообразия альгоценозов, приведенная только на основе числа обнаруженных видов, разновидностей и форм водорослей без учета их встречаемости, не является исключительно репрезентативной, поскольку в общий список часто включаются «случайные» таксоны, привнесенные из других местообитаний с низким уровнем встречаемости и обилия. Использование показателей обилия (численность, биомасса) таксонов без учета их встречаемости также может привести к ложным выводам, поскольку некоторые виды могут развиваться в виде мощной непродолжительной вспышки и присутствуют в альгоценозе в течение короткого времени, другие – постоянно присутствуют, определяя фон альгоценозов, не достигая высоких показателей обилия. Показатели встречаемости характеризуют диапазон экологической валентности видов и альгоценоз в целом, поэтому определение этого показателя может использоваться в целях биоиндикации (Девяткин, Митропольская, 2002).

Целью работы было исследование флористического разнообразия водорослей планктона р. Тетерев и определение роли разных отделов в формировании разнообразия фитопланктона в зависимости от встречаемости видов, которые входят в состав отделов.

Материалы и методы

Оригинальные данные о структуре фитопланктона были получены весной, летом и осенью 2004 г. на р. Тетерев – от истока и по течению до впадения в Киевское водохранилище. В процессе исследований структура фитопланктона определена в созданных на реке Трошанском, Чудновском, Денишевском, Видичном, Житомирском и Промышленном водохранилищах. Отбор альгологических проб осуществляли с помощью батометра Руттнера. Пробы фиксировали 40 %-м формальдегидом, концентрировали осадочным методом.

При определении систематического (видового) состава водорослей использовали «Визначник прісноводних водоростей УРСР» (1938-19934), а также иностранные определители (Hindak, 1977; 1984; Krammer, 1986). В статье названия видов и таксонов внутривидового ранга приведены согласно принятым в работах: «Разнообразие водоростей Украины» (2000) и «Дополнение к разнообразию водорослей Украины» (Царенко, Петлеванный, 2001). В качестве видового разнообразия использовали число таксонов рангом ниже рода (видов, разновидностей и форм водорослей). Встречаемость таксонов рассчитывали в процентах от общего числа проб по формуле:

$$F = 100 \cdot p / P,$$

где p – число проб, в которых отмечен данный таксон; P – общее число проб (Девяткин, Митропольская, 2002).

Индекс средней встречаемости видов определяли по формуле:

$$F_{sp} = \sum_1^N n_1 \dots n_j / N,$$

где n_1, n_j – встречаемость; N – число таксонов (Девяткин, Митропольская, 2000).

Роль отделов в формировании биологического разнообразия в зависимости от встречаемости таксонов, которые входят в их состав, оценивали с помощью флористического индекса F_{spp} :

$$F_{spp} = \sum_1^i n_1 \dots n_i / \sum_1^j n_1 \dots n_j,$$

где n_1, n_i – встречаемость таксонов отдела; n_1, n_j – встречаемость всех таксонов ценоза (Девяткин, Митропольская, 2000).

Показателями обилия водорослей служили численность и биомасса. Подсчет численности водорослей проводили в счетной камере Нажотта объемом $0,02 \text{ см}^3$. Биомассу фитопланктона определяли счетно-объемным методом. Объем клеток рассчитывали по общепринятым геометрическим формулам на основе полученных линейных размеров водорослей, которые приравнивали к наиболее подобным по форме геометрическим фигурам. Относительную плотность пресноводных водорослей к воде принимали за 1,00-1,05. Рассчитанную биомассу каждого вида умножали на его численность (г/м^3) (Топачевский, Масюк, 1984). Доминирующими считали те виды, биомасса которых составляла не менее 10 % общей биомассы пробы, принятой за 100 %.

В результате наших исследований фитопланктона р. Тетерев определено 242 вида (280 таксонов внутривидового ранга, включая те, которые содержат номенклатурный тип вида). Наиболее богато были представлены *Chlorophyta* (40 % общего количества внутривидовых таксонов), затем *Bacillariophyta* (27 %), *Euglenophyta* (14 %) и *Cyanophyta* (10 %). Доля *Xantophyta*, *Chrysophyta*, *Dinophyta* и *Cryptophyta* была значительно ниже, составляла в сумме 9 %.

Максимальное число зарегистрированных таксонов планктонных водорослей было характерно для летнего периода. При этом «насыщение» состава диатомовых водорослей происходило уже весной, хотя список впервые выявленных зеленых водорослей пополнялся еще и в осенний период.

Идентифицированные виды существенно отличались своими размерными характеристиками. Так, объем клеток водорослей варьировал от 2-3 мкм³ до 68 тыс. мкм³. Высокая гетерогенность размерного спектра фитопланктона, вероятно, позволяет автотрофному звену в полной мере приспособиться к неоднородности действия как природных, так и антропогенных факторов, т.е. обеспечивает высокий уровень адаптации водорослей к динамичным экологическим условиям. Но, несмотря на различные размерные характеристики клеток, селективное преимущество принадлежит быстро растущим видам с большим соотношением поверхность / объем (мелкоклеточным центрическим диатомовым, хлорококковым и зеленым жгутиковым, а также представителям рода *Nitzschia* Hass.) с небольшими размерами клеток и высокой продуктивностью.

Средняя насыщенность проб видами и внутривидовыми таксонами составляла 39,5. Максимум видов идентифицировали в летних пробах (средняя насыщенность проб видами была равна 49,5). Весной этот показатель составлял 40,2, осенью – 28,8. При этом ни один из выявленных таксонов водорослей не обладал стопроцентной встречаемостью. Значительная их доля определялась только эпизодично (79 % видов их общего количества, принятого за 100 %, встречались не более чем в 20 % отобранных проб). Средняя встречаемость видов составляла 13,24 %. В фитопланктоне р. Тетерев наиболее высокие показатели встречаемости (без учета флористического индекса $F_{\text{сп}}$) были характерны для представленных сравнительно небольшим числом таксонов ниже рода синезеленых (19,7 % встречаемости всех таксонов ценоза, принятой за 100 %) и динофитовых (19,2 %) водорослей.

К полученным нами данным по встречаемости таксонов ниже рода была сделана попытка применить закон Раункиера, который установлен к наземным фитоценозам (Грей-Смит, 1967; Девяткин, Митропольская, 1994, 2002). Согласно этому закону, при разделении сообщества на классы с разной встречаемостью таксонов (*A* – 0-20 %, *B* – 21-40 %, *C* – 41-60 %, *D* – 61-80 %, *E* – 81-100 %) число таксонов в классе *A* должно быть больше, чем в классе *B*; в классе *B* больше, чем в классе *C*; в классе *C* больше, чем в классе *D*, а в классе *D* меньше, чем в классе *E* (табл. 1).

Таблица 1. Распределение числа таксонов рангом ниже рода в разных классах встречаемости в фитопланктоне р. Тетерев (по данным 2004 г.)

Класс	Встречаемость, %	Число таксонов, ед.
A	0-20	222
B	21-40	34
C	41-60	15
D	61-80	3
E	81-100	6

К последнему классу (E) принадлежат виды из родов *Desmodesmus* (Chod.) An, Friedl et Hegew., *Monoraphidium* Kom.-Legn., *Didymocystis* Korsch., *Chlamydomonas* Ehr., *Trachelomonas* Ehr., *Nitzschia*, *Cyclotella* Kütz., обладающие широким экологическим спектром.

По данным наблюдений 2004 г., в фитопланктоне р. Тетерев отмечены виды с максимальной встречаемостью (%): *Cyclotella kuetzingiana* Thw. (62 %), *Chlamydomonas monadina* Stein (62), *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm. (64), *Trachelomonas volvocina* Ehr. (81), *Didymocystis inermis* (Fott) Fott (81), *Nitzschia pusilla* Grun. (82), *Monoraphidium irregulare* (G. Sm.) Kom.-Legn. in Fott (82), *Desmodesmus communis* (Hegew.) Hegew. (85), *Chlamydomonas globosa* Snow (98 %).

Совокупность видов фитопланктона с максимальной встречаемостью в реке Тетерев была вполне стабильна на протяжении всего вегетационного периода и определяла фон планктонных фитоценозов, поэтому может служить более надежной характеристикой «среднего состояния» водоема, чем довольно вариабельные количественные показатели обилия. Так, численность фитопланктона изменялась в разные сезоны 2004 г. на разных участках реки от 0,05 млн кл/дм³ (осенью на истоке р. Тетерев) до 95,3 млн кл/дм³ (в летний период на речном участке ниже пгт. Чуднова Житомирской обл.), биомасса – от 0,05 г/м³ (в осенний период на истоке реки) до 12,4 г/м³ (летом на речном участке ниже с. Носовки Чудновского р-на). Весной, летом и осенью на разных участках реки по структуре биомассы доминировали представители отделов *Chlorophyta*, *Euglenophyta*, *Cyanophyta* и *Bacillariophyta*. Кроме перечисленных отделов ведущая роль в структуре биомассы весной также принадлежала *Chrysophyta*, а летом – *Dinophyta*.

По численности во все сезоны исследований на разных участках реки доминировали *Chlorophyta*, *Cyanophyta*, *Bacillariophyta* и *Euglenophyta*, а в весенний период – еще и *Chrysophyta*.

В то же время анализ доминирующего комплекса фитопланктона реки показал, что к рангу видов-доминантов на разных участках реки в разные сезоны относился 41 вид (47 внутривидовых таксонов). Из них только 11 видов принадлежали к рангу доминирующих по всей акватории реки во все исследуемые сезоны: *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralf, *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk., *Trachelomonas volvocina*, *T. planctonica* Swir., *Aulacoseira granulata* (Ehr.)

Sim., *Cyclotella kuetzingiana*, *Cyclotella stelligera* Cl. et Grun. in Cl., *Nitzschia heufferiana* Grun., *Stephanodiscus hantzschii* Grun. in Cl. et Grun., *Desmodesmus communis*, *Chlamydomonas globosa*. То есть, меньше половины видов-доминантов принадлежали к числу тех, которые характеризуются максимальной встречаемостью.

Разные отделы водорослей с близким числом видов, но отличающиеся по встречаемости, вероятно, играют неодинаковую роль в формировании видového разнообразия, что не может отразить типичный флористический список, который не содержит данных о встречаемости. С использованием показателей встречаемости, флористического индекса $F_{\text{сpp}}$ в частности, репрезентативность описания альгоценозов возрастает, особенно учитывая то, что флористический индекс фитопланктона – значительно более стойкий во времени показатель по сравнению с другими характеристиками биоразнообразия альгоценозов, такими как видовое (таксономическое) разнообразие (Девяткин, Митропольская, 2002).

Рассчитанные значения флористического индекса $F_{\text{сpp}}$ свидетельствуют о том, что ведущая роль в формировании разнообразия фитопланктона р. Тетерев принадлежит *Chlorophyta* и *Bacillariophyta* (эти группы водорослей характеризуются и наибольшим количеством видовых и внутривидовых таксонов), а также *Cyanophyta* (табл. 2). *Euglenophyta*, которые занимают по числу таксонов ниже рода третье после *Chlorophyta* и *Bacillariophyta* место и характеризуются достаточно высоким видовым разнообразием, имеют невысокий флористический индекс из-за сравнительно низкой встречаемости. Значение других групп водорослей в формировании разнообразия фитопланктона невелико, $F_{\text{сpp}}$ составляет 0,4-5,5.

Таблица 2. Число таксонов рангом ниже рода, их флористический индекс $F_{\text{сpp}}$ и средняя встречаемость (по данным наблюдений 2004 г.)

Отдел	Число таксонов, ед.	$F_{\text{сpp}}$	Средняя встречаемость, %
<i>Cyanophyta</i>	28	11,2	19,7
<i>Euglenophyta</i>	40	7,7	7,1
<i>Dinophyta</i>	3	1,5	19,2
<i>Cryptophyta</i>	2	0,4	7,7
<i>Chrysophyta</i>	18	5,5	11,3
<i>Bacillariophyta</i>	75	29,5	10,4
<i>Xanthophyta</i>	5	1,2	8,7
<i>Chlorophyta</i>	109	43,0	14,6

Средняя встречаемость водорослей по участкам реки изменялась: возрастала от верхнего участка до нижнего. На верхнем участке р. Тетерев этот показатель был равен 13,6 %, на зарегулированном – 14,2 %, на среднем – 12,6 %, на нижнем – 24,6 %. Снижение этого показателя на среднем участке р. Тетерев

обусловлено негативным антропогенным влиянием городов Житомир, Коростышев и Радомышль.

Ведущими отделами в формировании разнообразия в зависимости от встречаемости водорослей (по величине флористического индекса $F_{\text{фп}}$) на среднем, зарегулированном и нижнем участках реки были *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* и *Cyanophyta* (табл. 3). На верхнем участке доминировали зеленые, диатомовые и эвгленовые водоросли, что объясняется не только большим разнообразием *Euglenophyta*, но и их довольно высокой встречаемостью.

Таблица 3. Флористический индекс $F_{\text{фп}}$ фитопланктона разнотипных участков р. Тетерев (по данным 2004 г.)

Отдел	Участок реки			
	верхний	зарегулированный	средний	нижний
<i>Cyanophyta</i>	5,7	13,7	14,4	11,3
<i>Euglenophyta</i>	15,1	8,7	5,3	4,5
<i>Dinophyta</i>	4,3	3,2	0,9	1,8
<i>Cryptophyta</i>	0,1	0,4	0,1	0,7
<i>Chrysophyta</i>	6,6	5,1	3,3	2,4
<i>Bacillariophyta</i>	26,0	24,1	29,9	27,5
<i>Xanthophyta</i>	2,0	1,6	0,8	1,6
<i>Chlorophyta</i>	40,2	43,2	45,3	50,2

Максимальной встречаемостью (81-100 %) на верхнем участке реки характеризовались *Chlamydomonas globosa* и *Trachelomonas volvocina*, на среднем – *Chlamydomonas globosa*, *Nitzschia acicularis* и *Stephanodiscus hantzschii*, на зарегулированном – *Chlamydomonas globosa*, *Desmodesmus communis*, на нижнем – *Desmodesmus communis*, *Cyclotella kuetzingiana*, *Nitzschia pusilla* и *Stephanodiscus hantzschii*.

Заключение

Водоросли планктона р. Тетерев и ее водохранилищ на протяжении вегетационных сезонов 2004 г. были представлены 242 видами (280 внутривидовыми таксонами, учитывая те, которые содержат номенклатурный тип вида), принадлежащими к 8 отделам. В формировании видового разнообразия фитопланктона ведущая роль принадлежала *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* и *Euglenophyta* со значительной долей *Cyanophyta*. Общее число зарегистрированных таксонов планктонных водорослей было максимальным в летний

период. При этом «насыщение» состава *Bacillariophyta* происходило до начала лета, хотя список *Chlorophyta* пополнялся и осенью.

Ведущими отделами в формировании разнообразия фитопланктона в зависимости от встречаемости таксонов ниже рода, которые формируют их состав (по величине флористического индекса $F_{\text{сп}}$), были *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* и *Cyanophyta*. Значение флористического индекса для эвгленовых было сравнительно низким, что объясняется их невысокой встречаемостью. Только на верхнем участке реки по величине флористического индекса $F_{\text{сп}}$ эвгленовые водоросли занимали третье место после зеленых и диатомовых, что объясняется довольно высокой встречаемостью и высоким разнообразием *Euglenophyta* на этом участке реки.

Показано соответствие распределения встречаемости видов фитопланктона закону Раункиера, установленного для наземных фитоценозов сосудистых растений.

V.I. Scherbak¹, Yu.S. Kuzminchuk²

¹Institute of Hydrobiology, National Academy of Sciences of Ukraine;

12, Geroev Stalingrada, St., 04210 Kiev, Ukraine

²Department of Botany, I. Franko Zhytomir State University,

42, Pushkinskaya St., 06500 Zhytomir, Ukraine

OCURRENCE OF SPECIES AND DIVERSITY OF PLANKTONIC ALGAE IN THE TETERIV RIVER AND ITS WATER RESERVOIRS (UKRAINE)

The paper considers the planktonic algae occurrence in the Teteriv River including its water reservoirs from the headwaters and downstream towards the Kiev reservoir. The leading divisions, forming the main bulk of the phytoplankton diversity depending upon the algae occurrence (according to the floristic index F_{sp}) were *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* and *Cyanophyta*. In general, during 2004 planktonic algae were represented by 242 species (280 infraspecies taxa including the nomenclative species type), belonging to 8 divisions. Species composition was mainly formed by *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Euglenophyta*.

Keywords: occurrence of taxa, taxonomical diversity, phytoplankton, the Teteriv River, floristic index $F_{\text{сп}}$, dominant complex.

Васенко О.Г., Верніченко Г.А. Комплексне планування та управління водними ресурсами. – К.: Ін-т географії НАН України, 2001. – 367 с.

Визначник прісноводних водоростей УРСР. Вип. 1-12. – К.: Наук. думка, 1938-1993.

Гідрохімія та радіогеохімія річок і боліт Житомирської обл. / С.І. Сніжко, О.О. Орлов, Д.В. Закревський та ін. – Житомир: Волинь, 2002. – 264 с.

Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши 1988 г. – Ч. 1, 2, вып. 2: Бассейн Днепра. – Киев, 1989. – С. 82-105.

Грейг-Смит М. Количественная экология растений. – М.: Мир, 1967. – 247 с.

- Девяткин В.Г., Митропольская И.В. Встречаемость видов водорослей как показатель биологического разнообразия альгоценозов / Под ред. В.Г. Папченкова // Динамика разнообразия гидробионтов во внутренних водоемах России. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2002. – С. 5-22.
- Девяткин В.Г., Митропольская И.В. О соотношении встречаемости и численности видов в фитопланктоне // Альгология. – 1994. – 4, № 2. – С. 34-38.
- Девяткин В.Г., Митропольская И.В. Встречаемость видов и биологическое разнообразие альгоценозов // Мат. V Всерос. конф. по водным растениям «Гидробиотаника 2000»: Тез. докл. – Борок, 2000. – С. 24-25.
- Малі річки України / За ред. А.В. Яшика. – К.: Урожай, 1991. – 294 с.
- Разнообразие водорослей Украины / Под ред. С.П. Вассера, П.М. Царенко // Альгология. – 2000. – 10, № 4. – 309 с.
- Царенко П.М., Петлеванный О.А. Дополнение к разнообразию водорослей Украины. – Киев, 2001. – 130 с.
- Топачевский А.В., Масюк Н.П. Пресноводные водоросли Украинской ССР. – Киев: Вища шк., 1984. – 336 с.
- Щербак В.И., Кузьминчук Ю.С. Фитопланктон р. Тетерев в условиях неоднородности формирования речного стока // Альгология. – 2006. – 16, № 1. – С. 81-91.
- Hindák F. Studies on Chlorococcal algae (*Chlorophyceae*) // Biol. Pr. (Bratislava). – 1977. – 23, N 4. – 190 p.; 1984. – 30, N 1. – 308 p.
- Kramer K., Lange-Bertalon H. *Bacillariophyceae*. I Teil. // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Jena, 1986. – 876 S.

Получена 11.10.05

Подписала в печать Л.А. Сиренко