

УДК 581.526.325:005.962 (282.247.318)

Е. П. Белоус¹, С. С. Барина², П. Д. Клоченко¹,
В. А. Жежеря¹, Т. П. Жежеря¹, И. Н. Незбрицкая¹

ФИТОПЛАНКТОН НИЖНЕГО УЧАСТКА р. ЮЖНЫЙ БУГ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Настоящая работа является продолжением цикла публикаций, освещающих экологическое состояние р. Южный Буг. В статье представлены результаты изучения особенностей развития планктонных водорослей на нижнем участке р. Южный Буг. Проанализирована взаимосвязь качественных (видовое богатство, разнообразие) и количественных (численность и биомасса) характеристик фитопланктона с содержанием в воде неорганических соединений азота и фосфора. Оценена трофность исследуемого участка водотока, а также рассчитаны индексы загрязнения и состояния речной экосистемы.

Ключевые слова: фитопланктон, численность, биомасса, хлорофилл *a*, биогенные элементы, биоиндикация.

В современный период практически все водные объекты подвергаются антропогенному прессу. В реках основным видом антропогенного воздействия является загрязнение широким спектром органических и неорганических веществ, поступающих из точечных и рассеянных источников [17]. В связи с тем, что влияние антропогенного пресса на водные объекты в настоящее время достигло глобальных масштабов, особую важность приобрела необходимость оценки экологического состояния водных экосистем.

Основополагающим принципом оценки экологического состояния водных объектов является экосистемный подход, суть которого состоит в широкой представленности как абиотических, так и биотических компонентов [8]. Специфика современного подхода к оценке экологического состояния водных экосистем состоит в приоритетном значении биоты. Это положение общепризнано в странах Европейского сообщества и закреплено в Водной рамочной директиве 2000/60/ЕС [27]. В соответствии с этим документом, основная роль при оценке экологического состояния водных объектов отводится биоиндикации — характеристике свойств водных экосистем по качественным и количественным параметрам гидробинтов. В качестве биоиндикаторов при этом используются фитопланктон, фитобентос, высшие водные растения, донные беспозвоночные и рыбы [27]. В зависимости от типа водного объекта приоритетное значение имеют разные экотопические груп-

© Е. П. Белоус, С. С. Барина, П. Д. Клоченко, В. А. Жежеря,
Т. П. Жежеря, И. Н. Незбрицкая, 2016

пировки гидробионтов. При использовании фитопланктона в качестве биоиндикатора показательное значение имеют его видовой состав, размерные характеристики, структура сообществ, их количественные параметры и доминирующие комплексы. Необходимо также подчеркнуть, что при соблюдении экосистемного подхода к оценке экологического состояния водных объектов обязательной является характеристика физико-химических условий, обеспечивающих жизнедеятельность гидробионтов.

Фитопланктон нижнего участка реки Южный Буг ранее изучали Д. О. Свиренко [34, 35], А. И. Иванов [7], В. А. Селезнева [20], Л. А. Калининченко и др. [9], П. Д. Клоченко и Т. И. Митковская [10], О. С. Таращук [21], а также С. А. Афанасьев и др. [1]. Однако необходимо отметить, что полученные исследователями данные не в полной мере освещают экологическое состояние упомянутого участка р. Южный Буг с использованием качественных и количественных параметров развития фитопланктона.

Целью настоящей работы является оценка экологического состояния нижнего участка р. Южный Буг на основании состава и обилия планктонных водорослей во взаимосвязи с абиотическими компонентами водной среды.

Материал и методика исследований. Материалом для данной работы послужили пробы планктона и воды (всего 84), отобранные в течение 2013—2014 гг. в период летней межени на шести станциях нижнего участка р. Южный Буг (Николаевская обл.) (рис. 1).

Исследованный участок реки условно занимает отрезок от г. Первомайска до г. Николаева и имеет протяженность 183 км. Он характеризуется своим специфическим гидрологическим режимом. В частности, на участке реки от с. Мигея до пгт. Александровка встречаются пороги (Мигейские, Богдановские, Бугский Град и др.), а также перекаты и выходы пород Украинского кристаллического щита. После пгт. Александровка река выходит на Причерноморскую низменность, ее течение становится медленным, перекаты встречаются редко, а берега окаймлены высшей водной растительностью. Ширина реки колеблется от 200 м до 3 км, глубина находится в пределах 0,5—7,0 м, а скорость течения изменяется от 1,5 до 3,0 м/с.

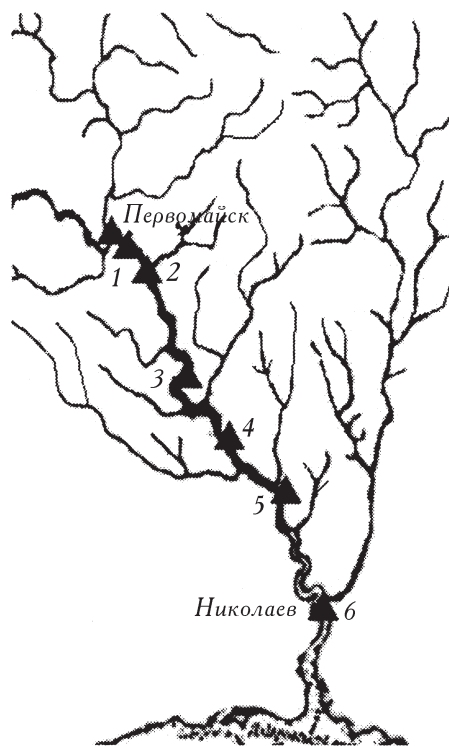
В районе исследуемой части реки расположен Южно-Украинский энергетический комплекс, в состав которого входит Южно-Украинская АЭС, Александровская ГЭС и Ташлыкская ГАЭС. Возле г. Николаева, а также в самом городе расположены рыбные и жилищно-коммунальные хозяйства, предприятия машиностроительной и легкой промышленности, судостроительные верфи и заводы по производству строительных материалов. По данным Гидрометеослужбы Украины, участок реки в районе г. Николаева можно отнести к проблемному с точки зрения качества его воды как ресурса для хозяйственного использования, так и среды обитания гидробионтов.

Отбор проб фитопланктона и их последующая обработка проведены с применением общепринятых в гидробиологических исследованиях методик [13, 22]. Содержание в воде неорганических соединений азота, фосфора и

кремния определяли фотометрическим методом [14, 19]. Экологический анализ проведен с использованием качественных и количественных показателей развития планктонных водорослей. При этом были рассчитаны индекс сапробности S (по Р. Пантле и Г. Букк в модификации В. Сладечека) [11, 31], индекс видового разнообразия Шеннона [16, 29], индекс состояния экосистемы ($WESI$) [3, 24], а также индекс загрязнения реки (RPI) (по М. Сумита [32, 33] в модификации С. С. Бариновой [2, 3, 24, 25, 26]).

Содержание хлорофилла a в фитопланктоне определяли спектрофотометрическим методом и рассчитывали по уравнению С. Джеффри и Ф. Хамфри [28].

Анализ альгологического материала включал в себя также построение дендрограмм путем сравнения выявленного видового состава планктонных водорослей по станциям наблюдений на основе Эвклидова расстояния, а также построение дендрита видового сходства фитопланктона по станциям с использованием индексов Серенсена — Чекановского (программа GRAPHS) [15].



1. Карта-схема мест отбора проб воды на нижнем участке р. Южный Буг: 1 — ниже г. Первомайска; 2 — с. Мигея; 3 — г. Южноукраинск; 4 — пгт Александровка; 5 — г. Новая Одесса; 6 — г. Николаев.

Результаты исследований и их обсуждение

Базируясь на экосистемном принципе, экологическая оценка состояния водных объектов включает характеристику как биотических, так и абиотических компонентов, которые свойственны определенным водным экосистемам. Среди главных факторов, обуславливающих состав и обилие фитопланктона, одно из важных мест принадлежит биогенным элементам — азоту и фосфору. В течение наших наблюдений суммарное содержание неорганических соединений азота ($N_{\text{неорг}}$) в воде исследуемого участка р. Южный Буг в среднем составляло 0,355—0,745 мг $N/\text{дм}^3$, с разным соотношением аммонийного азота, нитритов и нитратов (табл. 1). Среди определяемых форм азота доминировал аммонийный, за исключением ст. 3, где преобладали нитраты. Это, с одной стороны, свидетельствует об интенсивном протекании в водной среде процессов аммонификации, а с другой — о загрязнении речной воды хозяйственно-бытовыми стоками и, вероятно, о поступлении неорганических соединений азота с поверхностным стоком, в первую

1. Содержание и соотношение неорганических форм азота, фосфора и кремния на нижнем участке р. Южный Буг (июль 2014 г.)

Станции отбора проб (населенный пункт)	Расстояние между станциями, км	Формы неорганического азота						N _{неорг} , мг N/дм ³	P _{неорг} , мг P/дм ³	Si, мг/дм ³
		NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	%	NO ₂ ⁻ , мг N/дм ³	%	NO ₃ ⁻ , мг N/дм ³	%			
1. Ниже г. Первомайска	0	0,288 – 0,328 0,308	86,8	0,003 – 0,009 0,005	1,4	0,041 – 0,045 0,042	11,8	0,368 – 0,389 0,378	4,2 – 4,6 4,5	
2. Мигея	7	0,463 – 0,496 0,476	63,9	0,024 – 0,029 0,027	3,6	0,225 – 0,259 0,242	32,5	0,504 – 0,543 0,522	4,4 – 4,7 4,6	
3. Южноукраинск	39	0,206 – 0,224 0,214	39,6	0,005 – 0,008 0,006	1,1	0,307 – 0,337 0,321	59,3	0,468 – 0,494 0,480	4,0 – 4,3 4,2	
4. Александровка	19	0,288 – 0,330 0,308	53,7	0,017 – 0,024 0,022	3,8	0,231 – 0,254 0,244	42,5	0,303 – 0,321 0,310	4,2 – 4,6 4,4	
5. Новая Одесса	72	0,205 – 0,231 0,216	52,2	0,001 – 0,003 0,002	0,5	0,184 – 0,205 0,196	47,3	0,328 – 0,364 0,344	4,3 – 4,7 4,5	
6. Николаев	46	0,303 – 0,346 0,323	71,3	0,001 – 0,004 0,002	0,4	0,121 – 0,136 0,128	28,3	0,271 – 0,302 0,285	3,5 – 3,9 3,7	
Всего:	183									

П р и м е ч а н и е. Над и под чертой соответственно — граничные и средние величины.

очередь с сельскохозяйственных угодий. Согласно методике экологической оценки качества поверхностных вод [13], воду исследуемого участка р. Южный Буг по содержанию аммонийного и нитритного азота можно отнести ко II и III классам качества, а по содержанию нитратов — к I и II классу.

Содержание неорганического фосфора ($P_{\text{неорг}}$) в воде исследуемого участка реки находилось в пределах 0,271—0,543 мг P/дм³ (см. табл. 1). Согласно вышеуказанной методике, вода здесь соответствовала IV и V классам качества воды («грязная» и «очень грязная»). Как и в случае с $N_{\text{неорг}}$, максимальная концентрация $P_{\text{неорг}}$ наблюдалась на ст. 2 (с. Мигея).

Кремний — необходимый для функционирования водорослей, в первую очередь диатомовых, химический элемент, отмечен в количестве 3,5—4,7 мг/дм³ (см. табл. 1). Сравнительно высокая концентрация растворенного кремния указывает на отсутствие активного потребления этого элемента фитопланктоном. Известно, что при интенсивном развитии представителей отдела Bacillariophyta возможно практически полное отсутствие в воде растворенной формы кремния за ее ассимиляции [6, 12].

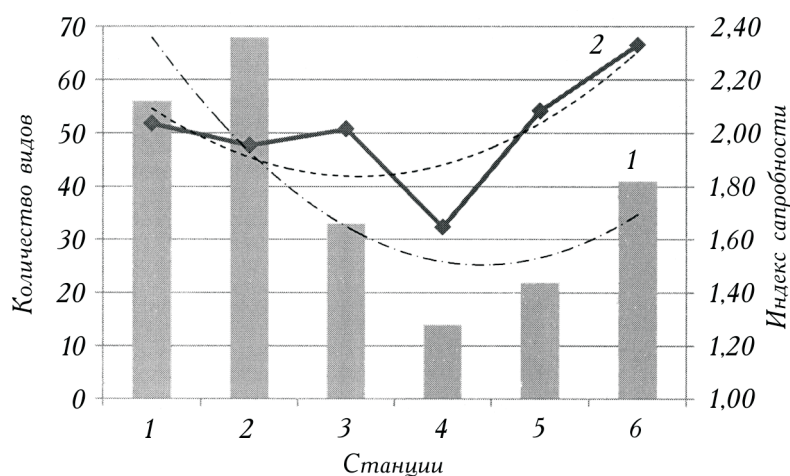
Таким образом, гидрохимическая ситуация на нижнем участке Южного Буга указывает на наличие здесь локальных загрязнений речной воды неорганическими формами азота и фосфора, что, безусловно, отражается на видовом составе и обилии планктонных водорослей. Высокой является вероятность возникновения «цветения» воды, особенно на зарегулированных участках реки.

В результате проведенных исследований в водной толще нижнего участка р. Южный Буг выявлено 109 видов (113 внутривидовых таксонов) водорослей. Максимальным видовым богатством характеризовался планктон в районе ст. 2 (с. Мигея) и ст. 1 (ниже г. Первомайска), а наименьшим — на ст. 4 (пгт. Александровка) и ст. 5 (г. Новая Одесса) (табл. 2).

Количество видов планктонных водорослей существенно снижалось на порожистой части реки, достигая минимальных значений на ст. 4 (пгт. Александровка) (рис. 2). Этот факт подчеркивает и линия тренда, которая замет-

2. Характеристики фитопланктона на станциях исследованного участка р. Южный Буг, средние данные

Станции отбора проб	Количество видов (в.в.т.)	Численность, тыс. кл/дм ³	Биомасса, мг/дм ³	Средняя масса клетки, мг/кл	Индекс сапробности, S	Индекс Шеннона, бит/экз.
1	56	5575	2,282	0,00041	2,04	3,23
2	68 (70)	4774	2,624	0,00055	1,95	3,46
3	33	1327	0,513	0,00039	2,02	2,83
4	14	107	0,080	0,00075	1,65	2,30
5	22 (23)	1167	0,803	0,00069	2,08	1,73
6	41	54966	6,423	0,00012	2,33	0,94



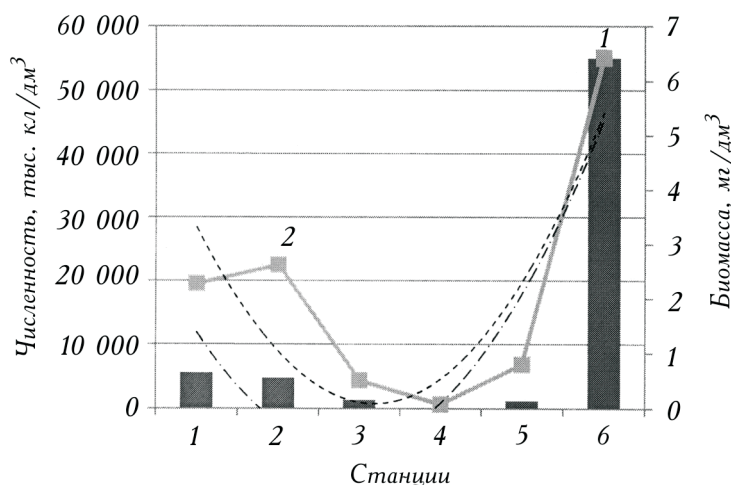
2. Динамика количества видов фитопланктона (1) и индекса сапробности S (2) на станциях нижнего участка р. Южный Буг.

но снижается от начала исследованного участка до ст. 4, а затем медленно поднимается. Это свидетельствует о том, что видовое богатство фитопланктона начинает восстанавливаться, однако не достигает исходных значений.

Характеризуя обилие планктонных водорослей на исследованном участке водотока, можно отметить, что наибольшее количество клеток этих растительных организмов (54 966 тыс. кл/дм³) было выявлено на ст. 6 в устье реки, а наименьшее — на ст. 4 (106 тыс. кл/дм³) (см. табл. 2). Динамика количественных показателей фитопланктона указывает на то, что наличие порогов на исследованном участке реки оказывает стрессовое воздействие не только на видовое богатство водорослей, развивающихся в толще воды, но и на их обилие. Однако, после «нормализации» гидрологического режима реки, наблюдается постепенное восстановление как видового состава фитопланктона, так и его количественного развития (рис. 3).

Оценка значений индекса сапробности на исследуемом участке реки показала, что они находились в пределах 1,65—2,33 (см. табл. 2). При этом наименьшие величины отмечены для ст. 4 (пгт. Александровка), а наибольшие — для устьевой части реки (ст. 6 — г. Николаев). Исходя из того, что индекс сапробности косвенно отражает степень загрязнения реки нетоксическими органическими соединениями, можно заключить, что уменьшение значений индекса на порожиистой части реки, вероятно, связано с интенсификацией здесь процессов окисления органического вещества вследствие обогащения воды кислородом. Снижение скорости течения после окончания порожиистой части реки отразилось и на величинах индекса сапробности (уменьшение интенсивности окисления растворенного органического вещества привело к увеличению значений индекса).

Значения индекса видового разнообразия Шеннона, который характеризует сложность структуры сообществ гидробионтов, на исследуемом участ-

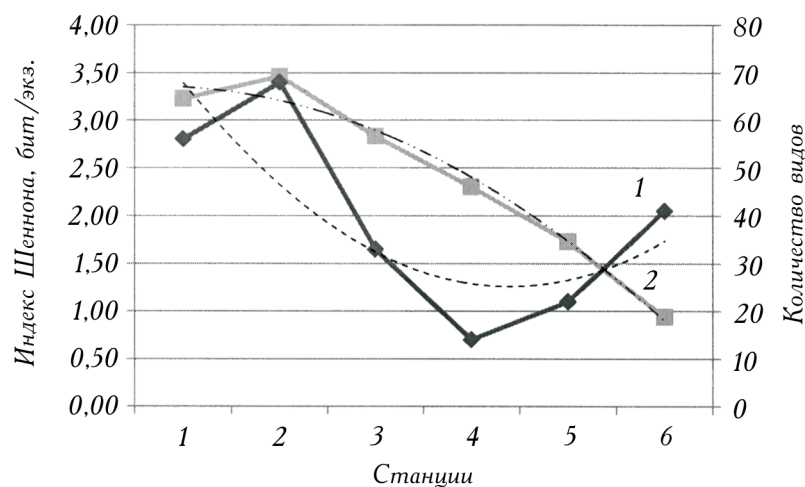


3. Динамика численности (1) и биомассы (2) фитопланктона на станциях нижнего участка р. Южный Буг.

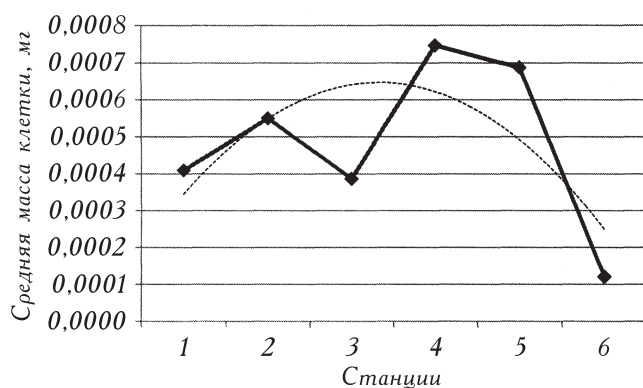
ке р. Южный Буг изменялись обратно количеству видов и имели тенденцию к снижению вниз по течению реки (рис. 4). Это свидетельствует об упрощении структуры сообществ планктонных водорослей в целом по направлению к устью водотока. Несмотря на то, что видовое богатство сначала снижается, а потом частично восстанавливается, порожистая часть реки оказывает заметное отрицательное влияние на структуру фитопланктона. Длина отрезка водотока, на котором снова наблюдается увеличение количества видов исследуемых гидробионтов, вероятно, недостаточна для полного восстановления видового богатства планктонных водорослей.

В ходе данного исследования нами была рассчитана средняя масса клеток водорослей, развивающихся в толще воды. Этот показатель может свидетельствовать о динамике структуры планктонного сообщества. На порожистой части реки фитопланктон характеризуется наличием крупных клеток, однако их численность низкая, что влечет за собой и уменьшение биомассы (рис. 5). В то же время, для более «спокойной» воды верхних и нижних станций наших наблюдений характерно наличие клеток с меньшими размерами, которые, интенсивно размножаясь, формируют более высокую биомассу.

Построенная на основе Эвклидова расстояния дендрограмма показала наличие (на уровне 40—50%) двух кластеров, которые свидетельствуют о разнородности сообществ планктонных водорослей нижнего участка р. Южный Буг. Первый из них объединяет фитопланктон ст. 1 и 2, второй — ст. 3, 4, 5 и 6. На рисунке 6 видно, что вторая группа, в свою очередь (на уровне 60% сходства), подразделяется на две подгруппы. При этом одна из них объединяет фитопланктон ст. 3 и 6, а вторая — фитопланктон ст. 4 и 5.



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

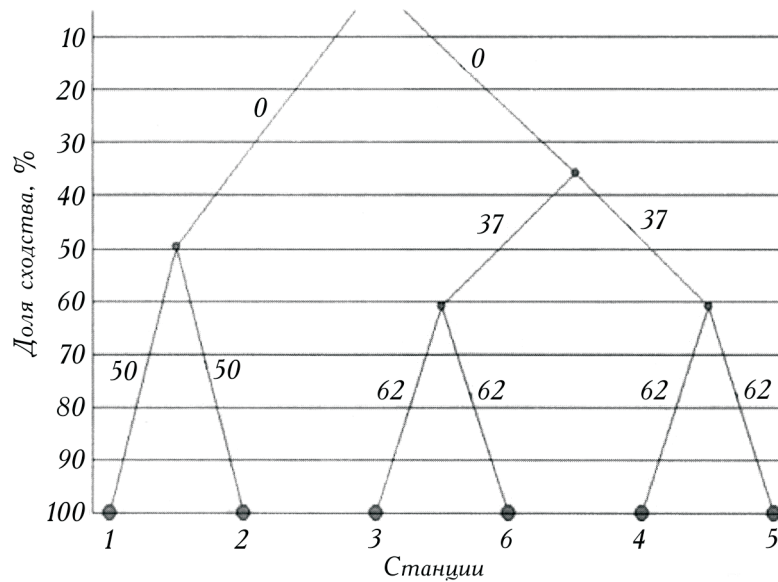


5. Динамика изменений средней массы клетки на станциях нижнего участка р. Южный Буг.

Неоднородность видовового состава планктонных водорослей исследованного участка реки подтверждается и дендритом, построенным с учетом индексов Серенсена — Чекановского. На рисунке 7 видно, что сообщества планктонных водорослей ст. 1, 2 и 3 входят в ядро, которое формируется в верхней части исследованного участка реки, тогда как фитопланктон ст. 4, 5 и 6 представлен сообществами,

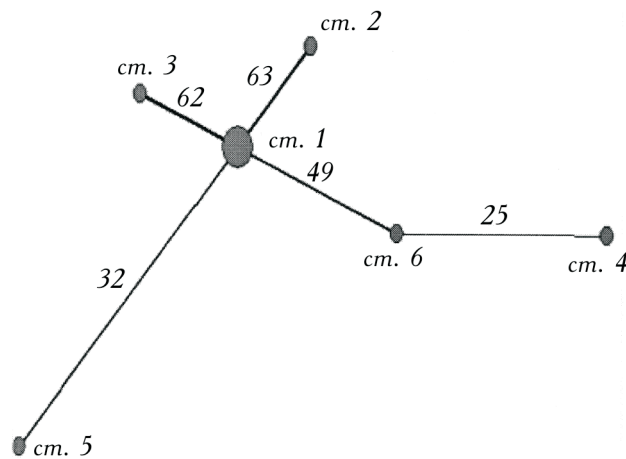
которые по видовому составу похожи между собой, но существенно отличаются от таковых вышерасположенных станций. Можно предположить, что между ст. 3 и 4 существует «разделительный барьер», оказывающий заметное влияние не только на видовое богатство фитопланктона, но также и на его структуру и обилие.

Известно, что фотосинтетические пигменты являются важными показателями состояния водной экосистемы, с помощью которых можно оценить ее функциональное состояние [30]. Это обусловлено их непосредственным участием в процессах новообразования органического вещества. Как один из базовых критериев качества и степени эвтрофикации природных вод довольно часто используют содержание хлорофилла *a* в фитопланктоне. Про-



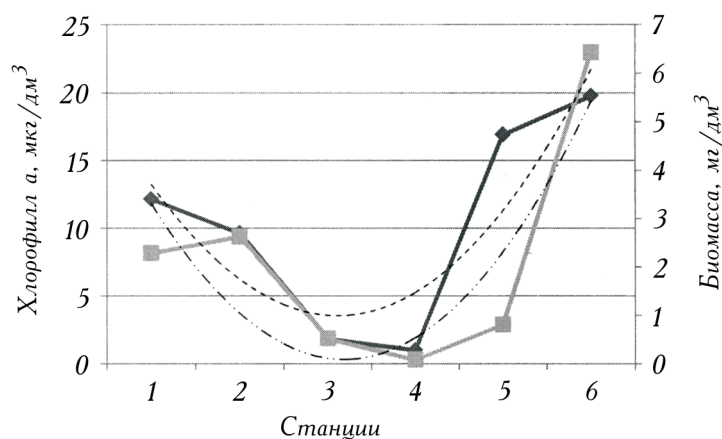
6. Дендрограмма сходства видового состава фитопланктона на станциях нижнего участка р. Южный Буг, построенная на основе Эвклидова расстояния.

веденное нами определение количества основного фотосинтетического пигмента на нижнем участке р. Южный Буг показало, что оно находилось здесь в пределах 0,996—19,775 мкг/дм³. Наименьшее количество хлорофилла *a* определено в фитопланктоне на ст. 3 и 4, а наибольшее — на ст. 5 и 6 (рис. 8). Важно также отметить, что динамика содержания зеленого пигмента очень тесно коррелировала с изменениями биомассы фитопланктона.



7. Дендрит сходства видового состава фитопланктона по станциям нижнего участка р. Южный Буг на базе индексов Серенсена — Чекановского (толщина линий соответствует силе связи или уровню сходства, который обозначен цифрами рядом с линией).

Оценка трофического статуса исследованного участка р. Южный Буг по количеству хлорофилла *a* в фитопланктоне [23] свидетельствует о преобладании здесь эвтрофного типа вод, а на порожиистой части реки — олиго-



8. Классификация трофического уровня нижнего участка реки Южный Буг.

3. Значения индекса загрязнения реки (*RPI*) для нижнего участка р. Южный Буг

Параметры	<i>RPI-S</i>	<i>RPI-NO₂⁻</i>	<i>RPI-NH₄⁺</i>	<i>RPI-NO₃⁻</i>	<i>RPI-PO₄³⁻</i>
<i>RPI</i>	1,98	0,010	0,29	0,22	0,37
Класс качества воды	III	I	III	II	IV

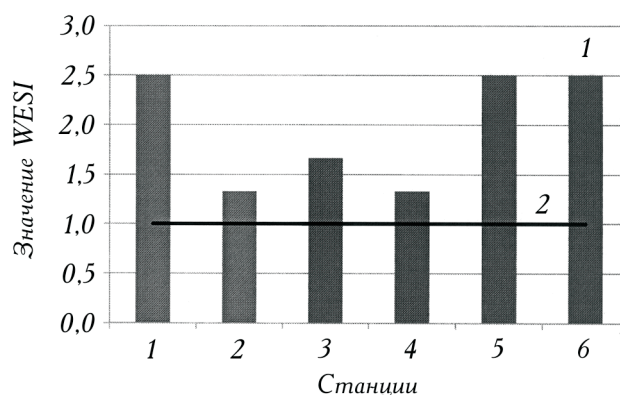
трофного, что подтверждается и низкими значениями индекса сапробности, свидетельствующими о наличии здесь низкого содержания органических веществ.

Интересно также отметить, что наряду со значительным влиянием гидрологического режима на содержание органического вещества в воде исследованного участка р. Южный Буг, весьма важной в определении трофности речной воды представляется и роль антропогенной нагрузки на водоток.

Нами также был рассчитан индекс загрязнения реки (*RPI*) с учетом пяти параметров, а также оценено качество воды на основании методики, разработанной в Институте гидробиологии НАН Украины [18]. Как видно из таблицы 3, индекс *RPI* с учетом индекса сапробности и количества аммонийного азота свидетельствует о том, что вода исследованного участка реки соответствует III классу качества вод, а с учетом нитратов и нитритов — II и I классу, что не является угрозой для исследуемой водной экосистемы. В то же время, высоким оказалось значение индекса *RPI* с учетом ортофосфатов (IV класс). Этот факт заслуживает особого внимания при проведении последующего мониторинга.

Заключительным этапом оценки экологического состояния нижнего участка р. Южный Буг был расчет индекса экосистемы (*WESI*), который мы

принимали во внимание и в предыдущих работах [4, 5]. Известно, что вычисление индекса *WESI* базируется на соотношении значений содержания нитратов и индекса сапробности. Полученные величины индекса сравнивают с единицей (норма) и оценивают отклонения индекса относительно нормы [3, 24]. Величины индекса состояния речной экосистемы на всех станциях наших наблюдений были выше единицы (рис. 9), что свидетельствует о том, что активность фитопланктона обеспечивает достаточный уровень самоочищения водной экосистемы, а биогенные элементы в реке находятся в достаточном количестве для активного развития планктонных водорослей.



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

В результате проведенной работы на нижнем участке р. Южный Буг выявлено 109 видов водорослей, представленных 113 внутривидовыми таксонами, включая номенклатурный тип вида. Численность фитопланктона находилась в пределах 106—54 966 тыс. кл/дм³, а биомасса — 0,080—6,423 мг/дм³. Главным фактором, определяющими состав и количественные показатели развития планктонных водорослей, а также содержание хлорофилла *a* на исследованном участке реки, является динамика водных масс. Наиболее значительные изменения в видовом богатстве, структуре и обилии фитопланктона наблюдаются в районе порожиистой части реки.

Заключение

В результате проведенной работы на нижнем участке р. Южный Буг выявлено 109 видов водорослей, представленных 113 внутривидовыми таксонами, включая номенклатурный тип вида. Численность фитопланктона находилась в пределах 106—54 966 тыс. кл/дм³, а биомасса — 0,080—6,423 мг/дм³. Главным фактором, определяющими состав и количественные показатели развития планктонных водорослей, а также содержание хлорофилла *a* на исследованном участке реки, является динамика водных масс. Наиболее значительные изменения в видовом богатстве, структуре и обилии фитопланктона наблюдаются в районе порожиистой части реки.

Сравнительный анализ видового состава фитопланктона на изученном участке реки показал наличие здесь одного ядра, которое формируется на ст. 1 (ниже г. Первомайска), тогда как состав планктонных водорослей устьевой области водотока существенно отличается от такового на вышерасположенных станциях.

Оценка трофического статуса исследованного участка р. Южный Буг по количеству хлорофилла *a* в фитопланктоне показала преобладание здесь эвтрофного типа вод.

Интегральная оценка загрязнения р. Южный Буг указывает на то, что концентрация неорганических соединений азота в воде не является угрозой для изученного участка реки, тогда как по содержанию фосфора вода в большинстве случаев относится к категории «грязная».

Значения индекса состояния экосистемы (WESI) свидетельствуют о том, что функционирование фитопланктона обеспечивает достаточный уровень самоочищения воды на нижнем участке р. Южный Буг.

**

Ця робота є продовженням циклу публікацій, які висвітлюють екологічний стан р. Південний Буг. У статті представлено результати вивчення особливостей розвитку планктонних водоростей на нижній ділянці р. Південний Буг. Проаналізовано взаємозв'язок якісних (видове багатство, різноманітність) і кількісних (чисельність і біомаса) характеристик фітопланктону із вмістом у воді неорганічних сполук азоту та фосфору. Оцінено трофічність досліджуваної ділянки водотоку, а також розраховано індекси забруднення і стану річкової екосистеми.

**

This paper is a continuation of a series of publications highlighting the ecological status of the Southern Bug river. The article presents the results of studying the characteristics of planktonic algae in the lower portion of the Southern Bug river. The relationship quality (species richness, diversity) and quantitative (numbers and biomass) characteristics of phytoplankton in the water with the content of inorganic nitrogen and phosphorus compounds is analyzed. A trophicity of investigated area of the watercourse is estimated as well as an index of pollution and the state of the river ecosystem are calculated.

**

1. Афанасьев С.О., Васильчук Т.О., Летицька О.М., Білоус О.П. Оцінка екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної рамкової директиви ЄС. — К., 2012. — 28 с.
2. Барінова С.С., Мегведєва Л.А. Атлас водорослей-індикаторів сапробності (российский Дальний Восток). — Владивосток: Дальнаука, 1996. — 364 с.
3. Барінова С.С., Мегведєва Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. — Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. — 498 с.
4. Белоус Е.П., Барінова С.С., Клоченко П.Д. Фітопланктон верхнього участка р. Южный Буг как показатель его экологического состояния // Гидробиол. журн. — 2012. — Т. 48, № 5. — С. 39—51.
5. Белоус Е.П., Барінова С.С., Клоченко П.Д. Фітопланктон среднего участка р. Южный Буг как показатель его экологического состояния // Там же. — 2013. — Т. 49, № 4. — С. 31—44.
6. Жежеря Т.П., Загородная А.М., Линник П.Н. Содержание и формы нахождения кремния в воде Каневского водохранилища и их связь с развитием фитопланктона // Там же. — 2014. — Т. 50, № 2. — С. 106—116.
7. Жукинський В.Н., Журавлева Л.А., Иванов А.И. и др. Днепровско-Бугская эстуарная экосистема. — Киев: Наук. думка, 1989. — 240 с.
8. Жукинський В.Н., Оксюк О.П., Цееб Я.Я., Георгиевський В.Б. Проект унифицированной системы для характеристики континентальных водоемов и водотоков и ее применение для анализа качества воды // Гидробиол. журн. — 1976. — Т. 12, № 6. — С. 103—111.

9. Калиниченко Л.А., Сергеева О. А., Кошелева С. И. Химический состав воды и планктонное сообщество реки Ю. Буг // Там же. — 1995. — Т. 31. — № 3. — С. 36—43.
10. 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.
11. Константинов А.С. Общая гидробиология. — М.: Высш. шк., 1986. — 472 с.
12. Линник П.М., Жежеря Т.П. Особливості міграції та розподілу силіцію між різними формами знаходження у поверхневих водних об'єктах різного типу // Наук. праці УкрНДГМІ. — 2013. — Вип. 264. — С. 24—33.
13. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В. Д. Романенка. — К.: Логос, 2006. — 408 с.
14. Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. — К.: Наук. думка, 2007. — 456 с.
15. Новаковский А.Б. Возможности и принципы работы программного модуля «GRAPHS». Автоматизация научных исследований. — Сыктывкар: Коми науч. центр УрО РАН, 2004. — 28 с.
16. Огум Ю. Экология: в 2-х т. — М.: Мир, 1986. — Т. 2. — 376 с.
17. Оксьюк О.П., Давыдов О.А. Оценка экологического состояния водных объектов по микрофитобентосу. — Киев: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2006. — 32 с.
18. Романенко В.Д., Жукинський В.Н., Оксьюк О.П. та ін. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. — К., 2001. — 48 с.
19. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А. Д. Семенова. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 542 с.
20. Селезнева В.А. Фитопланктон рек Ю. Буг и Ташлык на участке с. Мигея — Новая Одесса // Гидробиологические исследования водоемов юго-западной части СССР. — Киев: Наук. думка, 1982. — С. 108—109.
21. Таращук О.С. Диатомовые водоросли нижнего течения реки (Bacillariophyta) нижнего течения реки Южный Буг (Украина) // Альгология. — 2004. — Т. 14, № 3. — С. 309—324.
22. Топачевский А.В., Масюк Н.П. Пресноводные водоросли Украинской ССР. — Киев: Вища шк., 1984. — 333 с.
23. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. — Л.: Наука, 1990. — 182 с.
24. Barinova S. Algal diversity dynamics, ecological assessment, and monitoring in the river ecosystems of the eastern Mediterranean. — N-Y, USA: Nova Sci. Publ., 2011. — 363 p.
25. Barinova S., Tavassi M., Glassman H., Nevo E. Algal indication of pollution in the Lower Jordan River, Israel // Appl. Ecol. and Environ. Res. — 2010. — Vol. 8, N 1. — P. 19—38.
26. Barinova S.S., Tavassi M., Nevo E. Microscopic algae in monitoring of the Yarqon River (Central Israel). — Saarbrücken: LAP Lambert Acad. Publ., 2010. — 187 p.

27. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy (2000) // Official. J. Europ. Communities. — 2000. — L. 327. — 72 p.
28. Jeffrey S.W., Humphrey F.H. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll *a*, *b*, *c*₁ and *c*₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton // Biochem. Physiol. Pflanz. — 1975. — Bd. 167. — P. 171—194.
29. Odum E. P. The strategy of ecosystem development // Science. — 1969. — Vol. 164. — P. 262—270.
30. *Phytoplankton pigments. Characterization, chemotaxonomy and application in oceanography* / Ed. by S. Roy. — Cambridge, 2011. — 845 p.
31. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Ergeb. Limnol. — 1973. — Vol. 7, N 1/4. — P. 1—128.
32. 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 // Jap. J. of Diatomology. — 1986. — N 2. — P. 9—18.
33. Sumita M., Watanabe T. A numerical assessment of organic water pollution in the river Shimanto and its tributaries, Kochi Prefecture, using attached diatom assemblages // Jap. J. Limnol. — 1995. — Vol. 56, N 2. — P. 137—144.
34. Swirenko D. Über die hydrobiologische Expedition auf den Südlichen Bug im Sommer 1926 // Verhand. Intern. Ver. Theor. und Angew. Limnol. — 1929. — Bd. 4. — S. 693—702.
35. Swirenko D.O. Die botanischen Ergebnisse der Süd-Bugischen Hydrobiologischen Expedition // Arch. Hydrobiol. — 1941. — Bd. 6, N 4. — S. 593—770.

¹Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

²Институт эволюции, Хайфа, Израиль

Поступила 19.11.14