

УДК [581.526.325:2:577]

Ю. С. Шелюк

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОЙ ТРОФНОСТИ И
ПРОТОЧНОСТИ**

Представлены результаты апробации разных методических подходов к определению первичной продукции фитопланктона и деструкции органического вещества в разнотипных водных объектах, различающихся морфометрией, трофической принадлежностью, условиями гидрохимического режима, которая позволила оценить репрезентативность их применения, а также выявить ряд особенностей продуцирования органического вещества. Полученные данные в дальнейшем могут использоваться в качестве рекомендаций по оценке продуктивности водных экосистем.

Ключевые слова: первичная продукция, деструкция органического вещества, фитопланктон, скляночный метод, балансовый метод, разнотипные водные объекты.

Разработка теории биологической продуктивности водных экосистем составляет одну из главных задач гидробиологии [1], решение которой невозможно без исследований первичной продукции. Определению первичной продукции фитопланктона, который формирует энергетическую основу функционирования водных экосистем, посвящено значительное число работ, выполненных в основном на озерах и водохранилищах, созданных на больших реках [2, 3, 5, 6, 9, 10, 14, 18, 20]. Наиболее часто для определения первичной продукции фитопланктона применяют кислородную модификацию скляночного метода. Преимущественно используют суточную экспозицию проб [12], хотя у 24-часового экспонирования есть некоторые недостатки: наличие скляночного эффекта, влияние на водоросли зоо- и бактериопланктона, изменения в соотношении процессов синтеза и деструкции органического вещества, а также в составе органического вещества и фотосинтетических пигментов водорослей [13, 15, 23]. Для учета условий турбулентности воды, характерных для незарегулированных или малозарегулированных рек, в качестве альтернативного предлагается балансовый метод определения первичной продукции [24, 7]. Этот метод также имеет недостатки, которые заключаются в сложности определения максимального и минимального содержания в воде кислорода. В процессе фотоаэрации воды при ее сильном насыщении кислородом возможна его диффузия в атмосферу, особенно в условиях высокой температуры воды. При этом применение коэффициентов для пересчета не всегда дает достоверные данные [8].

© Ю. С. Шелюк, 2017

Цель работы — оценка объективности разных методических подходов к определению первичной продукции фитопланктона и деструкции органического вещества в разнотипных водных объектах.

Материал и методика исследований. В основу работы положены материалы натурных исследований, полученных в 2015—2016 гг. в экспедиционных и стационарных наблюдениях на разнотипных водных объектах: реках Синявка и Хомора (бассейн Припяти), Лесная (бассейн Тетерева), Житомирском (р. Тетерев) и Бердичевском (р. Гнилопять) водохранилищах, а также Соколовском карьере (г. Житомир). Согласно системе классификации А по ВРД ЕС [22], р. Синявка принадлежит к типу «малая» (площадь водосборного бассейна до 100 км²), р. Лесная — «средняя» (100—1000 км²), р. Хомора — «большая» (1000—10000 км²). Житомирское и Бердичевское водохранилища относятся к «существенно измененным», площадью водного зеркала 390 и 95 га, а Соколовский карьер — к «искусственным» поверхностным водным объектам. Глубина карьера 104 м, он считается самым глубоким водоемом искусственного происхождения в Украине, представляет собой затопленный подземными водами гранитный карьер, добыча породы в котором была прекращена в 1980 г [4].

Интенсивность фотосинтеза и деструкцию органического вещества кислородной модификацией скляночного метода определяли согласно общепринятым методикам, описанным ранее [21]. Использовали параллельно суточные (9 ч — 9 ч) и 4-часовые экспозиции (9—13 ч, 13—17 ч, 17—21 ч, 21—1 ч, 1—5 ч и 5—9 ч). На малой реке склянки экспонировали на горизонте 0,05 и 0,25 м; на средней и большой — 0,05 и 0,5 м; на водохранилищах и карьере — 0,05, 0,5 и 1 м. Экспонирование склянок на нескольких горизонтах позволило получить близкие к максимальному для вертикального профиля показатели валовой первичной продукции A_{max} , которые используются для дальнейших расчетов интегральной (под м²) первичной продукции для столба воды УА.

Определение первичной продукции фитопланктона балансовым методом проводили согласно [7]. Интенсивность первичной продукции рассчитывали как разницу между максимальными и минимальными показателями, которые характеризуют содержание растворенного в воде кислорода. Его определяли каждый час на протяжении суток (9 ч — 9 ч) параллельно с постановкой опытов по определению первичной продукции скляночным методом на тех же станциях и горизонтах.

Отбор альгологических проб, их обработку осуществляли общепринятыми методами [8]. Также проводили гидрохимический анализ воды по определению рН, растворенного кислорода, перманганатной окисляемости, содержания фосфатов, азота (аммонийного, нитритного и нитратного). Также измеряли температуру воды, ее цветность и относительную прозрачность по диску Секки [8].

Результаты исследований и их обсуждение

Водные объекты, на которых была проведена сравнительная оценка методов определения продукции фитопланктона, отличались уровнем трофно-

сти, проточности, морфометрическими и гидрохимическими параметрами (табл. 1).

Максимум фотосинтеза преимущественно наблюдался в поверхностном слое и достигал на исследованных речных участках 0,11—17,47, на водохранилищах — 0,59—15,66, на карьере — 0,21—1,96 мг $O_2/дм^3 \cdot сут$. Максимальные показатели валовой первичной продукции, независимо от продолжительности экспозиции, в реках Синявке и Хоморе регистрировали в раннеосенний период, в р. Лесной — в позневесенний и раннеосенний; в водохранилищах — на протяжении лета и в начале осени; в карьере — в летний период. Значительный диапазон колебаний отмечен и для биомассы фитопланктона. За период исследований биомасса фитопланктона в Житомирском водохранилище варьировала в пределах 0,060—15,610 г/м³, Бердичевском — 0,023—11,630, р. Лесной — 0,011—11,613, р. Синявке — 0,107—20,905, р. Хоморе — 0,063—9,152, в Соколовском карьере — 0,012—1,304 г/м³. Максимумы биомассы фитопланктона водохранилищ отмечены во второй половине лета — первой половине осени, рек Синявки и Хоморы — в летний период, р. Лесной — в позневесенний и раннеосенний, Соколовского карьера — в весенний период.

Определение трофического статуса исследованных водных объектов по биомассе фитопланктона показало, что водохранилища, а также исследованные участки рек Лесной и Синявки относятся к евтрофным водам, р. Хомора — к мезотрофным, Соколовский карьер — к олиготрофным.

1. Средние показатели биомассы (B), первичной продукции (A_{max}) фитопланктона, деструкции органического вещества (R), некоторых гидрохимических параметров различных водных объектов

Водные объекты (типы)	B, г/м ³	A_{max} , мг $O_2/дм^3 \cdot сут$	R, мг $O_2/дм^3 \cdot сут$	O_2 , мг/дм ³	N-NO ₃ ⁻³ , мг/дм ³	N-NO ₂ ⁻² , мг/дм ³	N-NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	P-PO ₄ ⁻³ , мг/дм ³	ПО, мг/дм ³	Ph
Хомора (большая река)	1,12	3,54	3,11	8,88	1,10	0,010	0,56	0,06	6,00	8,00
Лесная (средняя река)	5,01	2,97	1,12	6,22	0,63	0,002	0,32	0,08	5,11	8,19
Синявка (малая река)	2,66	3,94	2,70	9,54	0,38	0,008	0,26	0,03	6,41	8,17
Житомирское водохранилище (измененные)	5,81	5,07	3,55	9,83	1,56	0,003	1,58	0,02	15,40	8,50
Бердичевское водохранилище (измененные)	4,25	8,36	4,04	9,68	0,83	0,006	0,67	0,01	9,34	8,11
Соколовский карьер (искусственные)	0,33	1,26	0,55	8,79	0,16	0,015	0,45	0,001	2,30	7,24

Трофический статус исследованных рек по валовой первичной продукции на горизонте максимального фотосинтеза фитопланктона определялся как евтрофный, Житомирского водохранилища — политрофный, Бердичевского — гипертрофный, Соколовского карьера — мезотрофный. Поддержка высокого трофического статуса речных экосистем и водохранилищ, вероятно, обеспечивается значительной фотосинтетической активностью единицы биомассы водорослей на протяжении всего вегетационного сезона (средние значения продукционно-биомассового коэффициента P/B^1 в исследованных реках были в пределах 3,17—3,50, в водохранилищах — 2,96—5,60, в Соколовском карьере — 0,38—6,53), а также особенностями биогенного питания.

Исследуемые реки и водохранилища характеризуются сравнительно высоким содержанием основных биогенных элементов — азота и фосфора, что типично для евтрофных вод. В Соколовском карьере фиксировали более низкое содержание биогенов. В высокопродуктивных исследуемых водохранилищах и реках отмечены достаточно высокие значения рН, что объясняется насыщением воды кислородом и смещением рН в щелочную сторону вследствие интенсивной фотосинтетической аэрации.

Известно, что оценки первичной продукции фитопланктона и деструкции органического вещества при краткосрочной и суточной экспозиции наиболее существенно разнятся в высокoeвтрофных водоемах [16]. Наиболее объективным объяснением считаем изменение соотношения фотосинтеза и деструкции, характеризующего траты первичной продукции на дыхание. На примере днепровских водохранилищ было показано [18], что скляночный метод с суточной экспозицией является надежным инструментом определения в природных условиях валовой первичной продукции евтрофных водоемов при биомассе фитопланктона до 15 г/м³. По мнению В. И. Щербака, первичную продукцию евтрофных днепровских водохранилищ в летний период при биомассе водорослей больше 15 г/м³ необходимо измерять только при краткосрочных экспозициях, либо использовать поправки на погрешность скляночного метода в соответствии с установленными коэффициентами в зависимости от интенсивности количественного развития водорослей.

Следует отметить, что в днепровских водохранилищах максимальными показателями первичной продукции характеризовался летний фитопланктон, минимальными — осенний. Максимумы биомассы фитопланктона также отмечены для летнего периода, в основном за счет вегетации синезеленых водорослей.

Сопоставление полученных нами результатов определения валовой первичной продукции скляночным методом при суточном и 4-часовом времени экспонирования проб показало, что во всех исследованиях, проведенных на разнотипных реках и водохранилищах, первичная продукция, интегральная

¹ Принято, что 1 г O₂ = 0,3 г С, а карбон составил 10% биомассы фитопланктона [2, 21]. P/B -коэффициенты рассчитаны для горизонта максимального фотосинтеза за сутки.

из 4-часовых экспозиций, проведенных в светлое и темное время суток, была выше суточных показателей: в р. Хоморе в 1,61—2,39 раза, р. Лесной — 1,91—3,57, р. Синявке — в 1,56—1,88, в Житомирском водохранилище — в 1,85—2,29, Бердичевском — в 1,10—2,38 раза. При этом биомасса фитопланктона преимущественно не превышала 15 г/м³. В целом в исследованных реках и водохранилищах интегральная из 4-часовых экспозиций продукция статистически достоверно превышала суточную (величина *t*-критерия Стьюдента, рассчитанного для рек, равна 2,482 ($P = 0,024$), для водохранилищ — 2,191 ($P = 0,045$)).

Для Соколовского карьера статистически достоверной разницы между суточной продукцией фитопланктона и интегральной из 4-часовых экспозиций склянок не найдено: соотношение этих показателей не превышало 1,05—1,28, $t = 0,203$ ($P = 0,849$) (табл. 2).

Также было проведено сравнение показателей первичной продукции, полученных при суточной и 4-часовой экспозиции проб, в пересчете на 1 час светового дня. В большинстве измерений отмечены более низкие показатели (в пересчете на 1 час) первичной продукции при суточной экспозиции в сравнении с 4-часовыми экспозициями склянок (табл. 3).

На значительные расхождения в оценках фотосинтеза фитопланктона в пересчете на 1 час светового дня для Рыбинского водохранилища указывала Н. М. Минеева [9]. Однако такая картина наблюдалась при его высоком обилии, характерном для сезонных максимумов, чаще всего связанных с массовым развитием синезеленых водорослей.

В нашем же случае эти отличия наблюдались во все сезоны на реках и водохранилищах, только в Соколовском карьере показатели первичной продукции, полученные в суточных и краткосрочных экспозициях, в пересчете на 1 час светового дня, были довольно близкими: различия не превышали 30%.

Для более полного изучения продукционных процессов определяли динамику образования органического вещества на протяжении суток в Житомирском и Бердичевском водохранилищах, а также р. Лесной. При этом для характеристики показателей первичной продукции, образованной за каждый промежуток времени, была рассчитана ее средняя доля (%) в краткосрочных опытах от общей, равной их сумме.

Полученные данные подтверждают точку зрения В. И. Щербака (на примере Киевского водохранилища) о том, что первичная продукция на протяжении светлого времени суток (5—21 ч) формируется неравномерно, что объясняется суточной динамикой содержания минеральных форм углекислоты, биогенов, физиологического состояния клеток [19]. Исследования показали, что наибольшее количество синтезированного органического вещества приходится на период с 9 до 13 ч в Бердичевском водохранилище, а в Житомирском водохранилище и р. Лесной максимум фотосинтеза наблюдается с 13 до 17 ч. В результате сравнения количества органического вещества, образованного на протяжении суток, можно утверждать, что в первой

2. Сезонная динамика биомассы (B , г/м³), первичной продукции (A и A_s , мг О₂/дм³·сут) фитопланктона водных объектов различной трофности и проточности

Водные объекты	Весна			Лето			Осень		
	B	A	A_s	B	A	A_s	B	A	A_s
Реки									
Хомора	1,03	1,47	3,21	1,81	2,93	5,28	0,57	3,21	5,30
Лесная	3,37	1,92	4,62	0,55	1,85	5,45	3,19	4,34	8,68
Синявка	0,68	1,16	1,87	13,61	2,11	3,75	2,74	6,51	9,50
Водоохранилища									
Житомирское	2,79	3,26	6,31	6,72	6,32	11,26	8,16	7,43	15,49
Бердичевское	2,56	3,27	3,79	3,72	13,87	19,27	6,14	10,44	23,96
Искусственные поверхностные водоемы									
Соколовский карьер	0,85	1,30	1,42	0,30	1,96	2,05	0,03	0,53	0,67

Примечание. A — первичная продукция, измеренная при суточной экспозиции; A_s — первичная продукция интегральная из четырехчасовых экспозиций. Представлены средние показатели биомассы и продукции.

половине дня (до 13 ч) процесс формирования продукции протекает более интенсивно (55,2%) в Бердичевском водохранилище, а в Житомирском водохранилище и р. Лесной основное количество органического вещества (58—78%) синтезируется до 17 ч (рисунок).

Разная интенсивность первичной продукции в течение светового дня еще раз указывает на целесообразность вычисления суточной продукции интегрированием величин, определенных в краткосрочных экспозициях, тем более, что, согласно мнению И. Л. Пыриной и Н. М. Минеевой, результаты суточных экспозиций отражают экологические особенности продукционно-деструкционных процессов, а краткосрочных — преимущественно характеризуют потенциальные возможности водорослевых сообществ [11].

Деструкция органического вещества при пересчете на 1 час в 83% измерений при краткосрочных экспозициях была в 1,3—7,0 раза выше, чем при суточных, в 17% — ниже на 11—80%. Наименьшее соотношение среднего показателя деструкции органического вещества при 4- и 24-часовом экспонировании проб в сравнении с другими водными объектами получили в Соколовском карьере.

Показатели деструкции органического вещества в разнотипных водных объектах при разном времени экспонирования проб приведены в таблице 4.

Сопоставление рассчитанного продукционно-деструкционного индекса A_{max}/R для разнотипных евтрофных рек и водохранилищ для краткосрочной и суточной экспозиции не выявило существенных различий: значения

3. Первичная продукция фитопланктона разнотипных водных объектов (мг O₂/ (дм³·ч)) при краткосрочном 4-часовом (A₁) и суточном (A₂) экспонировании проб

Периоды	Световая экспозиция, ч	A ₁	A ₂	A ₁ /A ₂
Житомирское водохранилище (р. Тетерев)				
01—02.04.2016	11—15	0,39	0,22	1,77
15—16.04.2016	9—13	0,28	0,14	2,00
	13—17	0,17		1,22
23—24.05.2016	9—13	0,41	0,22	1,86
	13—17	0,65		2,96
16—17.06.2016	9—13	0,57	0,40	1,43
	13—17	1,79		4,48
	17—21	0,40		1,23
01—02.10.2016	9—13	1,06	0,74	1,43
	13—17	1,50		2,03
Бердичевское водохранилище (р. Гнилопять, бассейн Тетерева)				
24—25.05.2015	9—13	0,97	0,15	6,47
05—06.06.2015	9—13	1,01	0,29	3,48
09—10.04.2016	9—13	0,20	0,25	0,80
	13—17	0,37		1,48
28—29.06.2016	9—13	2,40	0,86	2,79
	13—17	1,67		1,94
	17—21	0,73		0,85
18—19.09.2016	9—13	2,96	2,99	0,99
	13—17	3,75		1,25
Соколовский карьер (г. Житомир)				
7—8.05.2015	9—13	0,07	0,08	0,88
28—29.06.2015	9—13	0,08	0,12	0,67
07—08.10.2016	9—13	0,10	0,08	1,25
р. Лесная (бассейн Тетерева)				
09—10.05.2015	9—13	0,12	0,07	1,76
06—07.06.2015	9—13	0,24	0,05	4,8
23—24.04.2016	9—13	0,19	0,11	1,72
	13—17	0,23		2,09
03—04.07.2016	9—13	0,04	0,03	1,33

Продолжение табл. 3

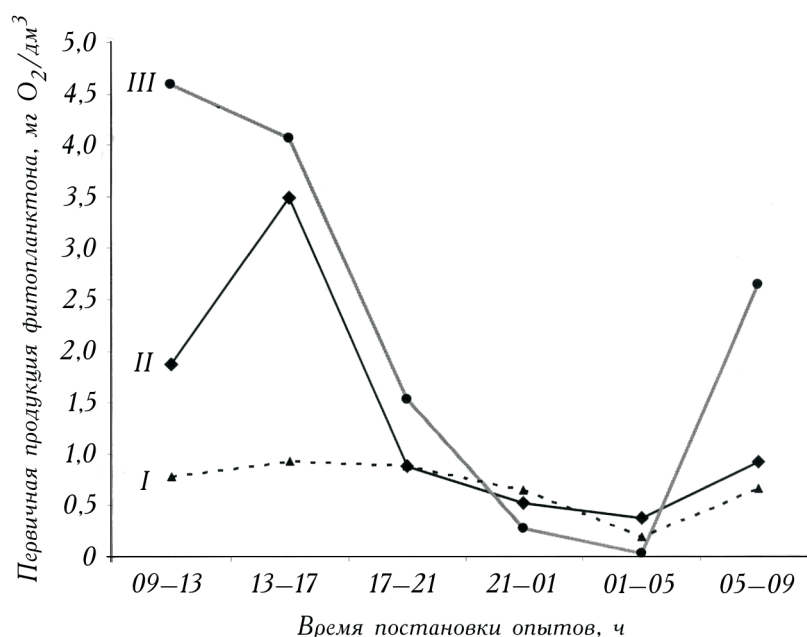
Периоды	Световая экспозиция, ч	A_1	A_2	A_1/A_2
	13—17	0,15		5,00
	17—21	0,18		6,00
	р. Хомора (бассейн Припяти)			
25—26.05.2015	9—13	0,21	0,11	1,91
07—08.07.2015	9—13	0,42	0,20	2,10
	р. Синявка (бассейн Припяти)			
15—16.05.2015	9—13	0,22	0,08	2,73
08—09.06.2015	9—13	0,14	0,13	1,08
25—26.09.2016	9—13	1,51	0,54	2,80
	13—17	0,45		0,83

индекса в Житомирском водохранилище составили соответственно 1,86 и 1,42, в Бердичевском — 1,85 и 1,96, в р. Хоморе — 1,94 и 1,90, в р. Лесной — 2,26 и 2,28, в р. Синявке — 2,18 и 2,34. Это свидетельствует о том, что для характеристики направленности продукционно-деструкционных процессов в водных объектах такого типа вполне репрезентативным является использование показателей первичной продукции и деструкции органического вещества, полученных как в суточных, так и в краткосрочных экспозициях.

Полученные нами данные отличаются от результатов, приведенных для евтрофного Рыбинского водохранилища, где A_{max}/R для краткосрочной и суточной экспозиции существенно отличаются, что исследователи объясняют изменением ассимиляционной активности хлорофилла, связанной с количеством фитопланктона и световыми условиями [9].

Возможно, в нашем случае отсутствие значительных различий продукционно-деструкционного показателя при разном времени экспонирования проб связано с преобладанием на исследованных реках и водохранилищах мелководных участков, где отличия светового режима с глубиной менее выражены. В Соколовском карьере значения продукционно-деструкционного индекса для краткосрочной и суточной экспозиции составили 0,76 и 0,89.

Параллельно с использованием скляночного метода, на водотоках проводили определение первичной продукции по суточной динамике содержания кислорода. Суть метода состоит в том, что фотосинтез на протяжении суток характеризуется разной интенсивностью [18]. Соответственно, содержание растворенного в воде кислорода, который является одним из конечных продуктов фотосинтеза, меняется пропорционально суточной динамике первичной продукции. Наименьшее содержание в воде кислорода регистрировали преимущественно в конце темного периода суток. Однако в некоторых наблюдениях было заметно смещение этого показателя к 24—3 ч ночи. Наибольшую концентрацию растворенного в воде кислорода наблюдали в боль-



Суточный ход первичной продукции фитопланктона разнотипных водных объектов: I — р. Лесная; II — Житомирское водохранилище; III — Бердичевское водохранилище.

шинстве опытов с 12 до 15 ч, при этом в летнее время максимумы содержания кислорода отмечены и в более позднее время — 15—18 ч.

На исследованных реках отношение первичной продукции с суточной экспозицией склянок к полученной методом O₂-баланса имело следующие пределы: на р. Лесной — 0,29—0,48, р. Хоморе — 0,40—0,58, а на р. Синявке — 0,54—0,84, отношение интегральной продукции из 4-часовых экспозиций к полученной балансовым методом составило соответственно 0,85—1,19, 0,85—1,15 и 0,96—1,33. Установлена статистически значимая разница между величиной продукции, полученной балансовым методом, и суточной экспозицией скляночного метода ($t = 2,330$, $P = 0,033$). Итак, балансовый метод определения первичной продукции, примененный на разнотипных реках, дает более высокие показатели первичной продукции, чем скляночный метод в суточной экспозиции.

Однако следует отметить, что показатели первичной продукции, рассчитанные этим методом для рек, были достаточно близкими с показателями суточной продукции, вычисленной интегрированием величин, определенных в краткосрочных экспозициях (интегральная и полученная балансовым методом продукция достоверно не различались — $t = 0,924$, $P = 0,369$).

Итак, чаще всего для определения интенсивности фотосинтеза и деструкции органического вещества применяют 24-часовую экспозицию проб, поскольку такая продолжительность позволяет сравнивать данные, получен-

4. Средние показатели деструкции (R) органического вещества в водных объектах различной трофности и проточности при разном времени экспонирования проб

Водные объекты	R , мг O_2 / (дм ³ ·ч)		n
	4 ч	24 ч	
Житомирское водохранилище	0,44	0,09	24
Бердичевское водохранилище	0,61	0,26	24
Соколовский карьер	0,05	0,04	18
р. Лесная	0,15	0,06	24
р. Хомора	0,21	0,12	12
р. Синявка	0,16	0,04	18

ные на разных водных объектах в разное время. Считаем, что объективная оценка продукционно-деструкционных процессов в разнотипных водных объектах с высоким уровнем первичного продуцирования даже при показателях биомассы фитопланктона ниже 15 г/м³, невозможна без учета данных краткосрочных опытов по определению первичной продукции и деструкции органического вещества. Также достаточно надежным для определения первичной продукции водотоков, независимо от их величины, является балансовый метод.

Заключение

Применение разных методов определения первичной продукции фитопланктона в разнотипных водных объектах позволило оценить достоверность их использования, а также выявить ряд особенностей продуцирования органического вещества.

Объективная оценка продукционно-деструкционных процессов скляночным методом в высокопродуктивных малых водохранилищах и реках, независимо от их величины, невозможна без учета данных краткосрочных опытов по определению первичной продукции и деструкции органического вещества, даже при биомассе фитопланктона, не превышающей 15 г/м³. Установлена статистически достоверная зависимость погрешности измерения первичной продукции с суточной и интегральной из 4-часовых экспозиций склянок при биомассе фитопланктона, не превышающей 15 г/м³, в то время, как в больших днепровских водохранилищах в таком диапазоне биомассы первичная продукция, измеренная при разном времени экспозиции, не имеет значимых различий.

Проведенные исследования подтверждают возможность использования суточной экспозиции скляночного метода в малопродуктивных водоемах (на примере Соколовского карьера).

Показатели первичной продукции водотоков, полученные балансовым методом, достаточно близки к вычисленной интегрированием величин, определенных в краткосрочных экспозициях скляночного метода, что позволяет нам не согла-

сится с положением, высказанном в упомянутой работе [7] Ю. М. Лебедевым о том, что скляночный метод, широко применяемый при измерениях первичной продукции и дыхания в речных экосистемах, в характерных для рек условиях высокой турбулентности дает заниженные результаты.

Первичная продукция на протяжении светлого времени суток (5—21 ч) в исследованных разнотипных водных объектах формируется неравномерно, для некоторых из них отмечено смещение максимумов интенсивности продукционных процессов с 9—13 ч, установленных для днепровских водохранилищ, к 13—17 ч (Житомирское водохранилище, р. Лесная).

Для характеристики направленности продукционно-деструкционных процессов с использованием индекса A_{max}/R вполне приемлемым является использование показателей первичной продукции и деструкции органического вещества, полученных как в суточных, так и в краткосрочных экспозициях.

**

Представлено результати апробації різних методичних підходів до визначення первинної продукції фітопланктону і деструкції органічної речовини різнотипних водних об'єктів, які різняться морфометрією, трофічною приналежністю, умовами гідрохімічного режиму, що дозволила оцінити репрезентативність їхнього застосування, а також з'ясувати особливості продукування органічної речовини. Отримані дані в подальшому можуть слугувати в якості рекомендацій для оцінки продуктивності водних екосистем.

**

The paper deals with approbation of different methodological approaches to estimating phytoplankton primary production and organic matter productivity decomposition in various water bodies, different in terms of their morphometry, trophic status, hydrochemical conditions, which made it possible to evaluate their representativity and to reveal the specifics of organic matter production. The obtained data can be used for developing recommendations for assesment of water ecosystems.

**

1. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. — М.: Наука, 2001. — 147 с.
2. Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов — Л.: Наука. — 1983. — 150 с.
3. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. — Минск: Изд-во АН БССР, 1960. — 329 с.
4. Галич М.А., Невмержицький В.Я. Водний фонд Житомирської області. — Житомир: Житомирське обласне виробниче управління меліорації і водного господарства, 2003. — 120 с.
5. Дворак О.В. Фітопланктон Тернопільського водосховища та його роль у формуванні фітостоку р. Серет: Автореф. дис. ... канд. біол. наук.— К., 2007. — 21 с.

6. Кузьмінчук Ю.С. Продукція і таксономічний склад фітопланктону середньої притоки Дніпра: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — К., 2007. — 24 с.
7. Лебедев Ю.М. Балансовый метод и определение первичной продукции в водотоках // Методические вопросы изучения первичной продукции внутренних водоемов. — СПб: Гидрометеиздат, 1993. — С. 59—65.
8. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В. Д. Романенка. — К.: ЛОГОС, 2006. — 408 с.
9. Минеева Н.М. Певичная продукция планктона в водохранилищах Волги. — Ярославль: Принтхаус, 2009. — 279 с.
10. Приймаченко А.Д. Фитопланктон и первичная продукция Днепра и днепровских водохранилищ. — К.: Наук. думка, 1981. — 280 с.
11. Пырина И.Л. Кислородный метод определения первичной продукции // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. — СПб.: Гидрометеиздат, 1993. — С. 132—138.
12. Пырина И.Л. Свет как фактор продуктивности фитопланктона во внутренних водоемах: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. — СПб., 1995. — 47 с.
13. Сигарева Л.Е. Некоторые данные об изменении концентрации пигментов фитопланктона и рН среды в склянках при изменении фотосинтеза // Биол. внутр. вод; Информ. бюл. — Л., 1980. — № 46. — С. 23—26.
14. Трифонова И.С. Закономерности изменения фитопланктонных сообществ при эвтрофировании озер: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. — СПб., 1994. — 77 с.
15. Федоров Д.О. О методах изучения фитопланктона и его активности. — М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1979. — 168 с.
16. Цискаришвили Л.П. Гидрохимический режим и первичная продукция водоемов Грузии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — К., 1987 — 24 с.
17. Шелюк Ю.С. Соотношение продукционно-деструкционных процессов как показатель сукцессионного состояния планктонных сообществ экосистемы зарегулированной реки (на примере р. Тетерев) // Гидробиол. журн. — 2009. — Т. 45, № 1. — С. 37—46.
18. Щербак В.И. Влияние продолжительности экспозиции на показатели первичной продукции фитопланктона эвтрофных водоемов при использовании скляночного метода в кислородной модификации // Там же. — 2000. — Т. 36, № 1. — С. 97—102.
19. Щербак В.И. Изучение суточной динамики образования первичной продукции фитопланктона // Гидробиологические исследования водоемов юго-западной части СССР. — К.: Наук. думка, 1982. — С. 131—132.
20. Щербак В.И. Фитопланктон Днепра и его водохранилищ // Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ. — К.: Наук. думка, 1989. — С. 77—84.
21. Щербак В.И., Кузьминчук Ю.С. Пространственно-временная динамика первичной продукции фитопланктона реки Тетерев // Гидробиол. журн. — 2007. — Т. 43, № 5. — С. 3—16.

22. *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 // *Official Journal of the European Communities*. — EN. — 22.12/200. — L. 327. P. 1—72.
23. *Hama T., Handa N.* Pattern of organic mater production by natural phytoplankton population in eutrophic lake. 1. Intracellular products // *Arch. Hydrobiol.* — 1987. — Vol. 109, N 1. — P. 107—120.
24. *Hall C. A. S., Moll R.* Methods of aquatic definition primary productivity // *Ecol. stud.* — 1974. — Vol. 14. — P. 35—46.

Житомирский государственный университет

Поступила 10.05.17