

УДК 574.5:583

Н. В. Ковалева, канд. биол. наук, вед. научн. сотр., **В.И. Мединец**, канд. физ.-мат. наук, вед. научн. сотр.

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,
Центр мониторинга природной среды,

ул. Дворянская, 2, Одесса, 65026, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ФИТОПЛАНКТОНА В ПРИДУНАЙСКИХ ОЗЕРАХ В 2001 – 2002 гг.

Приведены данные по сезонной динамике и пространственному распределению хлорофилла “а” и первичной продукции в Придунайских озерах Ялпуг, Кугурлуй, Кагул, Котлабух и Китай. По содержанию хлорофилла и интенсивности продуцирования органического вещества фитопланктоном озера Кагул, Ялпуг и Кугурлуй отнесены к мезотрофно-эвтрофному, озеро Котлабух - к эвтрофному, а озеро Китай - к гипертрофному типу водоемов. Полученные данные предложено использовать как для оценки, так и для прогноза экологического состояния озер в условиях интенсивной антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: хлорофилл, первичная продукция, Придунайские озера.

Исследование фотосинтетической активности и содержания пигментов планктонных водорослей имеет важное значение в связи с проблемой антропогенной эвтрофикации водоемов. Это обусловлено тем, что основным фактором эвтрофикации является увеличение биогенной нагрузки, которая стимулирует рост автотрофной продукции. Среди хлорофиллсодержащих организмов, участвующих в процессе новообразования органического вещества в водоемах базисная роль принадлежит фитопланктону. Первичная продукция фитопланктона представляет собой массу органического вещества, синтезированного из минеральных компонентов окружающей среды в единицу времени. Скорость этого процесса, а также концентрация хлорофилла “а” в планктоне служат важнейшими показателями трофического статуса водоемов [1, 2].

Задачей наших исследований являлось определение концентраций хлорофилла “а” и фотосинтетической активности фитопланктона в Придунайских озерах на протяжении вегетационного периода. Полевые исследования проводились с марта по ноябрь 2001 г. и с марта по май 2002 г. на озерах Кагул, Ялпуг, Кугурлуй, Котлабух и Китай в рамках программы интегрированного мониторинга экосистем Придунайских озер при финансовой поддержке проекта ЕС-Тасис WW SCRE 1/№ 1 “Придунайские озера: устойчивое сохранение и восстановление естественного состояния и экосистем”.

Материалы и методы

Материал для исследования собирался в четырех комплексных экологических экспедициях, охвативших 5 озер и дополнительно в 7 экспедициях, проходивших на озерах Ялпуг и Кугурлуй. Концентрация фотосинтетических пигментов определялась стандартным спектрофотометрическим методом [3, 4] с использованием спектрофотометра модели 6300 JENWAY. Первичная продукция – скорость образования органического вещества фитопланктоном – оценивалась радиоуглеродным методом [5]. Измерение радиоактивности препаратов проводилось на сцинтилляционном бета-спектрометре “РАСКВЕТА”-1219.

Результаты и их обсуждение

В исследованных озерах содержание хлорофилла “а” изменялось в широких пределах как в пространстве так и во времени (табл.1). В озерах Кагул, Ялпуг и Кугурлуй весной и осенью среднее содержание хлорофилла “а” составляло 2,45 – 9,06 мг·м⁻³, что, согласно существующей классификации степени трофности водоемов [6], характеризовало их воды как мезотрофные. Вместе с тем, летом концентрация хлорофилла в этих водоемах возрастала в среднем до 10,26 – 12,84 мг·м⁻³ и соответствовала уровню эвтрофных водоемов.

Таблица 1
Содержание хлорофилла “а” (мг·м⁻³) в воде Придунайских озер в различные сезоны 2001-2002 гг.

Водоем	Весна		Лето		Осень	
	Среднее	Диапазон изменений	Среднее	Диапазон изменений	Среднее	Диапазон изменений
Кагул	6,21	1,45-16,33	11,23	7,21-15,41	4,75	2,22-6,90
Ялпуг	9,06	1,27-33,82	12,84	2,28-22,97	4,72	1,48-8,63
Кугурлуй	3,24	1,43- 7,27	10,26	2,91-27,90	2,45	1,22-9,51
Котлабух	9,85	3,41-18,47	17,60	6,20-25,70	17,58	7,42-23,50
Китай	39,54	4,51-101,39	69,00	46,60-95,61	30,40	10,52-40,61

По ежемесячным наблюдениям в озере Ялпуг (рис. 1), динамика концентраций хлорофилла характеризовалась повышенным содержанием в марте и последующим снижением в апреле. Далее происходило постепенное нарастание концентраций, которые достигали максимальных значений в июле. В конце лета отмечено снижение содержания хлорофилла до уровня мезотрофных вод и указанный уровень сохранялся до конца ноября. Надо отметить, что динамика хлорофилла в поверхностных и придонных водах акватории полностью совпала, однако в придонном слое концентрации были постоянно на 10 – 15% выше, чем в поверхностном слое. Сезонная динамика концен-

траций хлорофилла характерна для мелководных эвтрофных озер и обусловлена постоянным притоком биогенов из донных отложений [5].

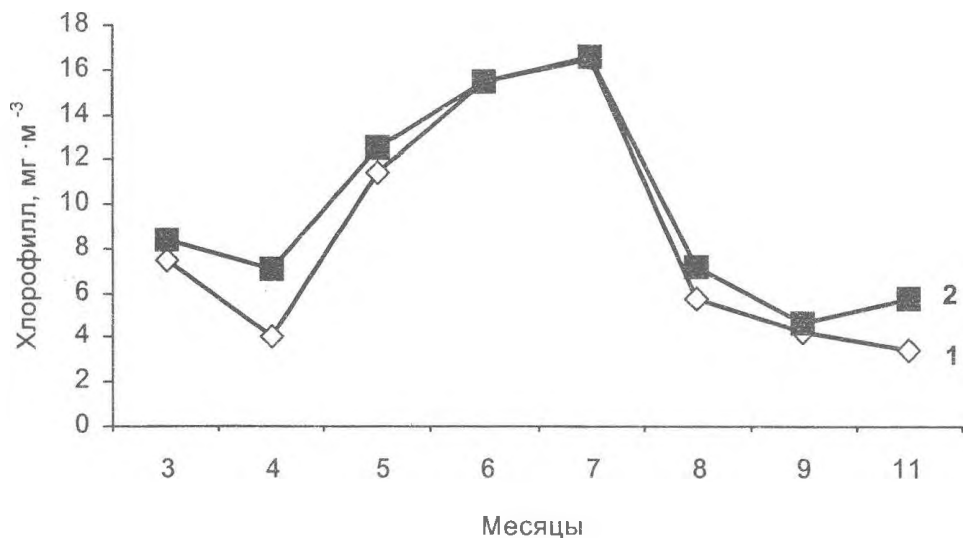
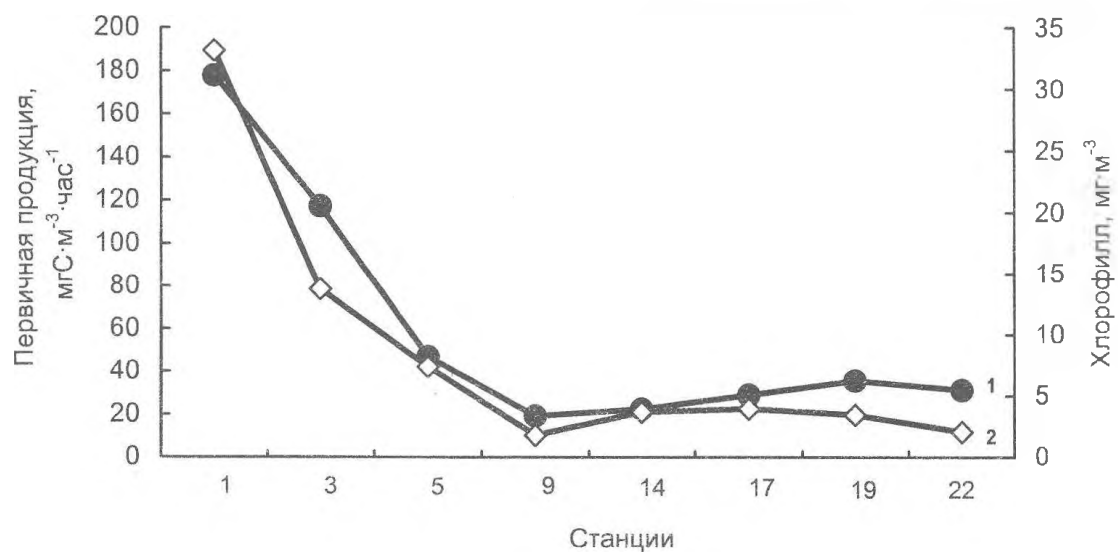


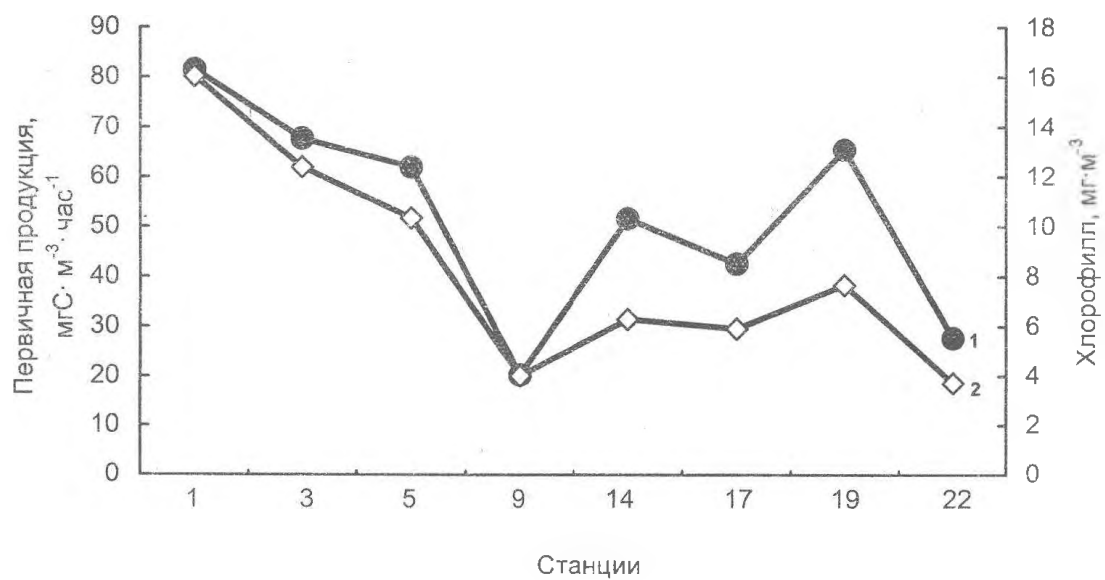
Рис. 1. Сезонная динамика хлорофилла в поверхностных (1) и придонных (2) водах озера Ялпуг

В пределах каждого озера распределение хлорофилла было неоднородным. Для озера Ялпуг характерно значительное превосходство концентраций (достигающее одного порядка величин) в северной половине озера (станции 1, 3, 5) по сравнению с южной (станции 9, 14). На рисунке 2 показаны изменения концентраций хлорофилла "а" в акватории озера Ялпуг в мае, когда разность показаний была максимальной. Однако средние за вегетационный период концентрации хлорофилла также свидетельствуют о том, что озеро четко делится на северную эвтрофную и южную мезотрофную половины.

Озеро Кугурлуй (станции 17, 19, 22) характеризовалось более равномерным распределением хлорофилла и в среднем за вегетационный период его содержание было почти в 2 раза ниже, чем в озере Ялпуг. Наиболее близкими по содержанию хлорофилла были озера Ялпуг и Кагул. Высокие концентрации хлорофилла регистрировались в озере Котлабух, где его содержание было в 1,5 – 2,5 раза выше, чем в озерах Ялпуг, Кагул и Кугурлуй. В течение всего вегетационного периода содержание хлорофилла в озере Котлабух не опускалось ниже уровня эвтрофных вод. Однако максимальные значения хлорофилла "а" зарегистрированы в озере Китай, где абсолютное его содержание в вегетационный период изменялось от 4,51 до 101,39 мг·м⁻³, и в среднем было в 3 – 8 раз выше, чем в других исследованных озерах. Во все периоды года концентрация хлорофилла в озере Китай соответствовала уровню гипертрофных водоемов.



А



Б

Рис. 2. Первичная продукция (1) и содержание хлорофилла "а" (2) в озерах Ялпуг и Кугурлуй в мае 2002 г. (А) и в среднем за вегетационный период (Б)

Исследование первичной продукции фитопланктона в Придунайских озерах показало, что фотосинтез водорослей протекал по всей толще воды и составлял в среднем от 30,00 до 157,00 мг С·м⁻³·час⁻¹ в зависимости от типа озера и периода года (табл. 2).

Таблица 2
Продукция фитопланктона (мг С·м⁻³·час⁻¹) в воде Придунайских озер в различные периоды 2001 – 2002 гг.

Водоем	Весна		Лето		Осень	
	Среднее	Диапазон изменений	Среднее	Диапазон изменений	Среднее	Диапазон изменений
Кагул	30,06	4,40-48,70	68,60	40,31-131,84	—	—
Ялпуг	56,64	4,60-185,45	58,08	23,43-155,58	38,69	2,76-136,82
Кугурлуй	30,50	7,00-69,72	73,23	26,76-339,71	28,45	0,90-73,25
Котлабух	130,03	54,11-170,13	119,78	55,84-203,21	157,51	97,82-222,28
Китай	72,98	32,17-123,80	—	—	95,19	78,19-121,08

В пределах каждого озера наблюдались значительные колебания уровней первичной продукции, которые во многом согласовались с изменениями концентраций хлорофилла "а". В озерах Ялпуг и Кугурлуй пространственные изменения первичной продукции достигали порядка величин и полностью согласовались с динамикой хлорофилла (рис. 2). Коэффициент корреляции между первичной продукцией и содержанием хлорофилла в этих озерах в мае составил 0,97, а в среднем за вегетационный период — 0,91. Максимальная скорость первичной продукции была зарегистрирована в озере Ялпуг (180,8 мг С·м⁻³·час⁻¹) на мелководной станции 1, расположенной в северной части озера, где идет постоянный приток биогенов из донных отложений и внешних источников. Наименьшие значения продукции (13,09 – 28,12 мг С·м⁻³·час⁻¹) в течение всего вегетационного периода регистрировались на самой глубоководной станции (9), расположенной в южной части озера. Вместе с тем, анализ сезонной динамики первичной продукции и хлорофилла в озере Ялпуг показал, что максимумы этих параметров во времени не совпадали. Наибольшая среднемесячная продукция (76,78 – 86,14 мг С·м⁻³·час⁻¹) определялась с апреля по июнь, когда содержание хлорофилла еще не достигло своего максимума. В свою очередь, в период июльского пика хлорофилла интенсивность фотосинтеза оказалась в 2 раза ниже максимальной. Такое расхождение во времени пиков первичной продукции и содержания хлорофилла "а" отмечалось исследователями и ранее при изучении высокоэвтрофных озер Латвии [6].

Анализ динамики фотосинтеза по трем сезонам (весна, лето, осень) показал, что при осреднении данных колебания этого процесса значи-

тельно сглаживаются. Наибольшая первичная продукция в озерах Ялпуг, Кугурлуй и Кагул получена летом и составляла 58,08 – 73,23 мг С·м⁻³·час⁻¹. Самая высокая фотосинтетическая активность фитопланктона (в среднем 135,0 мг С·м⁻³·час⁻¹) определена в озере Котлабух, где она была в 2-3 раза выше, чем в других исследованных озерах. Эти результаты хорошо согласуются с динамикой хлорофилла в водоемах и подтверждают наиболее высокий трофический статус озера Котлабух. Следует отметить, что в озере Китай, где определены самые высокие концентрации хлорофилла, фотосинтетическая активность фитопланктона оказалась в 1,5 раза ниже, чем в озере Котлабух. Однако, принимая во внимание показания двух исследованных параметров экосистемы, озеро Китай следует отнести к гипертрофному типу водоемов. Остальные озера по интенсивности фотосинтеза распределялись также, как и по содержанию хлорофилла. Озеро Котлабух отнесено к эвтрофному типу, а озера Кагул, Ялпуг и Кугурлуй к мезотрофно-эвтрофному типу водоемов. Установленный нами трофический статус Придунайских водоемов типичен для многих объектов озерного типа в Украине [7].

В заключение необходимо отметить следующее. Исследования процессов образования органического вещества дают возможность оценить трофический статус озер и перейти к изучению биогеохимического цикла углерода и биогенных элементов в экосистемах Придунайских озер. При этом результаты исследований крайне необходимы для разработки и верификации моделей водных экосистем, а, следовательно, для оценки и прогноза экологического состояния озер в условиях интенсивной антропогенной нагрузки.

Литература

1. Винберг Г. Г. Первичная продукция водоемов. Минск, 1960. — 329 с.
2. Бульон В. В. Первичная продукция планктона и классификация озер/Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем. Л.: Наука, — 1987. — С. 45 – 51.
3. Бульон В. В., Умнова Л. П. Некоторые химические и альго-физиологические показатели качества вод / Методы биологического анализа пресных вод. Л.: Зоологический ин-т, 1976. — 210 с.
4. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. Киев.: Наук. думка, 1975. — 247 с.
5. Романенко В. И., Кузнецов С. И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Лабораторное руководство. — Л.: Наука, 1974. — 194 с.
6. Трифонова И. С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. — 179 с.
7. Курейшев А. В. Особенности динамики содержания хлорофилла *a* в планктоне как показатель экологического состояния водных экосистем / Наукові записки Тернопільського державного пед.ун-ту, Серія: Біологія, спец. випуск: Гідробіологія. — 2001. — № 3 (14), — С. 61 – 62.

Н. В. Ковальова, В. І. Медінець

Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова,
Центр моніторингу природного середовища,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65026, Україна

**ФОТОСИНТЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ І ПЕРВИННА ПРОДУКЦІЯ
ФІТОПЛАНКТОНУ В ПРИДУНАЙСЬКИХ ОЗЕРАХ
В 2001 – 2002 РОКАХ**

Резюме

Наведено дані щодо сезонної динаміки та просторового розподілу хлорофілу “а” і первинної продукції в Придунайських озерах Ялпуг, Кугурлуй, Кагул, Котлабук та Китай. По вмісту хлорофілу та інтенсивності продукування органічної речовини фітопланктоном озера Кагул, Ялпуг та Кугурлуй віднесено до мезотрофно-евтрофних, озеро Котлабук — до евтрофного, а озеро Китай — до гіпертрофного типу водойм. Отримані дані запропоновано використовувати як для оцінки, так і для прогнозу екологічного стану озер в умовах інтенсивного антропогенного навантаження.

Ключові слова: хлорофіл, первинна продукція, Придунайські озера.

N. V. Kovalyova, V. I. Medinets

Odessa National I. I. Mechnikov University,
Centre for Environmental Monitoring,
Dvoryanskaya St., 2, Odessa, 65026, Ukraine

**PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY AND PHYTOPLANCTON PRIMARY
PRODUCTION IN THE LOWER DANUBE LAKES IN 2001 – 2002**

Summary

Some data are presented on seasonal dynamics and spatial distribution of chlorophyll “a” and primary production in the Lower Danube lakes Yalpug, Kugurlui, Kagul, Kotlabukh and Kitai. According to chlorophyll concentration and to intensity of organic matter primary production the lakes Kagul, Yalpug and Kugurlui are mesotrophic, lake Kotlabukh – eutrophic, lake Kitai – hypertrophic. The obtained results are proposed for use in diagnosis and forecasting of ecological status of lakes under intensive antropogenic pressure.

Key words: chlorophyll, primary production, Lower Danube Lakes.