

Том 24
4•2014

АЛГО
ЛОГИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

ALGOLOGIA

ОСНОВАН В МАРТЕ 1991 г. • ВЫХОДИТ 1 РАЗ В ТРИ МЕСЯЦА • КИЕВ

СОДЕРЖАНИЕ

Физиология, биохимия, биофизика

- 443** *Полищук А.В., Войцехович А.А.* Особенности фотосинтеза некоторых зеленых свободноживущих и лишенизированных наземных водорослей
- 451** *Солоненко А.Н., Хромышев В.А., Мальцев Е.И., Брен А.Г.* Аминокислотный состав бентосных макроскопических разрастаний водорослей и донных отложений гипергалинных водоемов

Экология, ценология, охрана и роль водорослей в природе

- 461** *Шахматова О.А., Мильчакова Н.А.* Влияние экологических условий на активность каталазы массовых видов черноморских макроводорослей
- 477** *Минеева Н.М., Корнева Л.Г., Соловьева В.В.* Содержание хлорофилла *a* в единице биомассы фитопланктона водохранилищ волжского каскада (Россия)
- 489** *Афонина Е.А.* Сезонная динамика фитопланктона реки Великой (Псков, Россия)
- 504** *Рябушко Л.И., Бальчева Д.С., Поповичев В.Н., Фирсов Ю.К., Рябушко В.И.* Продукционные характеристики фитоперифитона экспериментальных стеклянных пластин и фитопланктона в Карантинной бухте (Крымское побережье Черного моря)

Флора и география

- 518** *Генкал С.И., Чекрыжева Т.А.* Новые данные о флоре *Bacillariophyta* водных объектов бассейна реки Нижний Выг (Республика Карелия, Россия)
- 526** *Бабаназарова О.В., Сиделев С.И., Фастнер Дж.* Экспансия *Cylindrospermopsis raciborskii* (*Nostocales*, *Cyanoprokaryota*) в северные широты: вспышка развития в мелководном высокоэвтрофном оз. Нево (Россия)

Ископаемые водоросли

- 538** Аникеева Е.В. Ископаемые *Chlorophyta* верхнеюрских рифовых отложений Запада и Юга Украины

Прикладная альгология

- 551** Маркина Ж.В., Айздайчер Н.А. Применение микроводоросли *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin (*Bacillariophyta*) для оценки качества вод залива Находка Японского моря (Россия)
- 560** Резюме на укр. языке

Научные редакторы выпуска:

ВИНОГРАДОВА О.Н., КОСТИКОВ И.Ю., ЛИЩУК-КУРЕЙШЕВИЧ А.В.,
МИНИЧЕВА Г.Г., ОЛЬШТЫНСКАЯ А.П., ХУРСЕВИЧ Г.К., ШНЮКОВА Е.И.

Редакторы

В.В. Несчетная, О.Е. Бондаренко

Адрес редакции: 01601 Киев, ул. Терешенковская, 2,
Ин-т ботаники им. Н.Г. Холодного НАНУ, тел. 235-13-11, e-mail: algologia@ukr.net
Address of the Editorial Office: N.G. Kholodny Institute of Botany,
NAS of Ukraine, 2, Tereshchenkovskaya St., 01601 Kiev, tel. 235-13-11

Оригинал-макет изготовлен в редакции журнала «Альгология»

Номер регистрационного свидетельства КВ-№ 146 от 15.10.93

Подп. в печать 28.11.14. Формат 70х108/16. Бум. офсет. Усл.-печ. л. 9,8. Уч.-изд. 13,72 л.
Тираж 210 экз. Заказ

Отпечатано издательским домом «Академперіодика» НАН Украины

01004 Киев, ул. Терешенковская, 4

Свидетельство субъекта издательского дела серии ДК № 544 от 27.07.2001

УДК: 577.112.34:582.26/.27 - 032.61'22(262.54)(210.3)

**А.Н. СОЛОНЕНКО¹, В.А. ХРОМЫШЕВ¹, Е.И. МАЛЫЦЕВ¹, А.Г. БРЕН¹,
М.П. МЯСНИКОВА²**

¹Мелитопольский гос. педуниверситет им. Богдана Хмельницкого
ул. Ленина, 20, 72312 Мелитополь, Запорожская обл., Украина

²Институт биохимии им. А.В. Палладина НАН Украины,
ул. Леонтовича, 9, 01030 Киев, Украина

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕНТОСНЫХ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ РАЗРАСТАНИЙ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМОВ

Исследован и проанализирован аминокислотный состав бентосных разрастаний водорослей и донных отложений (пелоидов) гипергалинных водоемов на примере Бердянской косы и Арабатской стрелки (северо-западное побережье Азовского моря, Украина). Состав аминокислот бентосных макроскопических разрастаний водорослей коррелирует с аминокислотами соответствующих им пелоидов на 93–98 %. Накопление аминокислот в пелоидах зависит от окислительно-восстановительного состояния в гипергалинном водоеме, количества биомассы и видовой принадлежности бентосных макроскопических разрастаний водорослей.

Ключевые слова: аминокислоты, бентосные разрастания водорослей, гипергалинные водоемы, пелоид.

Введение

Территория северо-западного побережья Азовского моря характеризуется формированием значительного количества небольших водоемов, соленость которых по Венецианской системе соответствует гипергалинным (Venice ..., 1959).

Содержание солей в воде является лимитирующим фактором для существования растительных и животных организмов. В гипергалинных водоемах основной группой продуцентов являются водоросли.

Биологически активные вещества водорослей (Сиренко, Козицкая, 1988) в процессе жизнедеятельности и деструкции их органической массы могут накапливаться в донных отложениях. Значительным участием в метаболических процессах характеризуются аминокислоты. Большинство отделов водорослей исследованы с точки зрения качественного, а иногда и количественного содержания в них различных аминокислот (Барашков, 1972; Сиренко, Козицкая, 1988; Tartarotti et al., 2001; McClelland, Montoya 2002; Daume et al., 2003; Калашникова и др., 2004; Колмакова и др., 2004; Tartarotti, Sommaruga, 2006; El-Sheekh et al., 2011; Hassan et al., 2012; Koch et al., 2012; Jegan et al., 2013).

Спектр аминокислот для каждого вида водорослей весьма специфичен (Барашков, 1972; Сиренко, Козицкая, 1988). Например, для

зеленых водорослей характерно преобладание лизина, аргинина, глутаминовой кислоты (Барашков, 1972), для синезеленых водорослей *Phormidium uncinatum* (Agardh) Gomont, *Anabaena cylindrica* Lemmerm., *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb. – аргинина (Сиренко, Козицкая, 1988). В зависимости от вида водоросли, второе место в спектре может занимать аланин – *Phormidium uncinatum*, валин – *Anabaena cylindrica* и аланин – *Anabaena flos-aquae* (Барашков, 1972). У *Aphanizomenon flos-aquae* (Lyngb.) Ralfs на первом месте – гистидин, на втором – аргинин (Барашков, 1972).

Имеется большое количество литературных источников по растворенным аминокислотам в толще морской воды и морских отложениях (Blackburn, Henriksen, 1983; Gonzalez et al., 1983; Aufdenkampe et al., 2001; Keil, 2001; Boyle et al., 2004; Nunn, Keil, 2006; Teira et al., 2006; Tesdal et al., 2013). В то же время, не изучен аминокислотный состав водорослей, образующих бентосные макроскопические разрастания в гипергалинных водоемах с непостоянным гидрологическим режимом и небольшой глубиной (до 1 м), где они являются практически единственными продуцентами. Органическое вещество донных отложений – пелоидов в этом случае формируется за счет биомассы отмерших водорослей (т.н. мортмассы).

Цель данной работы – установить аминокислотный состав бентосных разрастаний водорослей и особенности накопления аминокислот в пелоидах гипергалинных водоемов северо-западного побережья Азовского моря. Нам предстояло определить биомассу макроскопических бентосных разрастаний зеленых и синезеленых водорослей; проанализировать качественный и количественный состав аминокислот макроскопических разрастаний водорослей и пелоидов; выявить особенности и степень сходства аминокислотного состава макроскопических разрастаний водорослей и пелоидов гипергалинных водоемов.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили образцы бентосных макроскопических разрастаний водорослей и пелоидов гипергалинных водоемов северо-западного побережья Азовского моря: на Бердянской косе у оз. Красное и Арабатской стрелке у оз. Зябловское.

В гипергалинных водоемах Бердянской косы бентосные разрастания образует зеленая водоросль *Cladophora siwaschensis* С. Meyer (рис. 1), на Арабатской стрелке синезеленые водоросли: *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. и *Microcoleus chthonoplastes* (Fl. Dan) Thur. (рис. 2).

Соленость гипергалинных водоемов Бердянской косы составляла 160–190 ‰, на Арабатской косе – 140–170 ‰. Биомасса бентосных разрастаний водорослей *Lyngbya aestuarii* и *Microcoleus chthonoplastes* изменялась в исследуемый период в пределах 30–55 г/м², а *Cladophora siwaschensis* – 175–180 г/м².

Под разрастаниями водорослей в исследуемых водоемах отмечен пелоид черного цвета с запахом сероводорода и мощностью 10–20 см на

Бердянской косе и 50–100 см на Арабатской стрелке. Данные пелоиды относятся к высокоминерализованным слабосульфидным и средне-сульфидным хлоридно-магниево-натриевым (Солоненко, 2012).

Рис. 1. Бентосные макроскопические разрастания *Cladophora siwaschensis* в гипергалинных водоемах Бердянской косы



Рис. 2. Бентосные разрастания *Lyngbya aestuarii* и *Microcoleus chthonoplastes* в гипергалинных водоемах Арабатской стрелки

Пробы водорослей и образцы пелоидов были отобраны в 2011 г. в весенне-летний период. Сбор водорослей проводили по общепринятым в гидробиологии методикам в трехкратной повторности с поверхности дна водоема скребком (Зайцев, 1970; Абакумов, 1992; 2009). Для изучения водорослей использовали световые микроскопы "Биолам Р-14", "ЕС ХУ series", стереоскопический микроскоп МБС-1. Идентификацию проводили по соответствующим определителям (Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005). Биомассу водорослей определяли счетно-объемным методом (Вассер и др., 1989).

Образцы пелоидов отбирали под бентосными макроскопическими разрастаниями водорослей трубчатым пробоотборником в трехкратной повторности на глубине 0–10 см.

Определение аминокислотного состава проводили в институте биохимии им. А.В. Палладина (Киев, Украина) методом ионообменной жидкостно-колоночной хроматографии на автоматическом анализаторе аминокислот Т 339 ("Микротехна" Чехия) в трехкратной повторности.

Для выделения аминокислот, связанных в белках, пептидах, проводили кислотный гидролиз хлоридной кислотой по следующей схеме: на дно пробирки из огнеупорного стекла (пирекс) помещали взвешенный образец с точностью до 0,001 г. К сухой навеске в пробирку добавляли соответствующее количество 6 N хлоридной кислоты. Пробирку охлаждали в жидком азоте. После того как содержимое пробирки замерзнет, из нее откачивали воздух с помощью вакуумного насоса для предотвращения окисления аминокислот в результате гидролиза. Затем пробирку запаивали и ставили на 24 ч в термостат с постоянной температурой +106 °С. По окончании гидролиза пробирку раскрывали, предварительно охладив до комнатной температуры. Содержимое переносили в стеклянный бюкс и испаряли хлоридную кислоту на водяной бане. Подготовленный таким способом образец растворяли в 0,3-нормальном литий-цитратном буфере (pH 2,2) и наносили на ионо-обменную колонку анализатора аминокислот.

Для регистрации аминокислот в элюатах использовали метод детекции нингидрином. Нингидриновый реактив добавляли к жидкости, которая вымывается из колонки. Потом смесь нагревали при 100 °С в реакционной бане.

Для того, чтобы рассчитать количество аминокислот в исследуемом образце, предварительно в колонку автоматического анализатора аминокислот вносили стандартную смесь аминокислот. Качественный состав смеси аминокислот определяли путем сравнения хроматограммы стандартной и исследуемой смеси аминокислот (Козаренко, 1975).

Результаты

Установлено наличие 17 аминокислот в бентосных макроскопических разрастаниях водорослей и пелоидах (табл. 1).

В бентосных макроскопических разрастаниях зеленой водоросли *Cladophora siwaschensis* и синезеленых водорослей *Lyngbya aestuarii* и *Microcoleus chthonoplastes* преобладали в количественном отношении глутаминовая и аспаргиновая кислоты, глицин, которые занимали ведущее место в соответствующих спектрах.

В целом, спектр аминокислот по количеству в биомассе бентосных макроскопических разрастаниях зеленой и синезеленых водорослей во многом сходен. Исключения составляют лизин и тирозин.

Содержание аминокислот в бентосных разрастаниях, образованных зеленой водорослью *Cladophora siwaschensis*, значительно превышает аналогичный показатель для синезеленых водорослей – 0,95 % и 0,25 % соответственно.

В пелоидах гипергалинных водоемов Бердянской косы под бентосными макроскопическими разрастаниями зеленой водоросли преобладают аспарагиновая и глутаминовая кислоты, в меньшем количестве –

Таблица 1

Аминокислотный состав бентосных разрастаний водорослей и пелоидов гипергалинных водоемов Бердянской косы и Арабатской стрелки, %

Аминокислоты	Бердянская коса			Арабатская стрелка		
	Место в спектре по количеству в биомассе водорослей	Водоросли, %	Пелоиды, %	Место в спектре по количеству в биомассе водорослей	Водоросли, %	Пелоиды, %
Глутаминовая кислота	1	0,157±0,005	0,098±0,005	1	0,035±0,003	0,061±0,003
Аспарагиновая кислота	2	0,123±0,004	0,085±0,005	2	0,032±0,003	0,035±0,002
Глицин	3	0,074±0,003	0,059±0,004	3	0,024±0,002	0,029±0,003
Лейцин	4	0,072±0,003	0,042±0,003	5–6	0,020±0,002	0,030±0,003
Аланин	5	0,072±0,003	0,051±0,004	4	0,021±0,002	0,028±0,002
Валин	6	0,066±0,003	0,040±0,003	5–6	0,020±0,002	0,026±0,002
Лизин	7	0,053±0,003	0,032±0,003	12	0,009±0,002	0,017±0,002
Треонин	8	0,049±0,003	0,036±0,003	7–8	0,017±0,002	0,022±0,002
Серин	9	0,047±0,003	0,037±0,003	7–8	0,017±0,002	0,021±0,002
Фенилаланин	10	0,045±0,003	0,031±0,002	9	0,014±0,002	0,027±0,002
Тирозин	11	0,044±0,003	0,027±0,002	14	0,005±0,001	0,010±0,001
Аргинин	12	0,042±0,003	0,035±0,003	10–11	0,011±0,002	0,016±0,002
Изолейцин	13	0,041±0,003	0,026±0,002	10–11	0,011±0,002	0,019±0,002
Пролин	14	0,030±0,003	0,027±0,002	13	0,006±0,001	0,018±0,002
Гистидин	15	0,014±0,002	0,006±0,001	15	0,003±0,0005	0,005±0,001
Метионин	16	0,013±0,002	0,003±0,0005	17	0,001±0,0005	0,002±0,0005
Цистин	17	0,010±0,001	0,003±0,0005	16	0,002±0,0005	0,005±0,001
Всего	□	0,95	0,64	□	0,25	0,37

глицин, аланин, а на Арабатской стрелке под разрастаниями сине-зеленых водорослей, кроме названных аминокислот, в достаточном количестве встречаются лейцин, валин, фенилаланин, серин и треонин.

Коэффициент корреляции между составом аминокислот водорослевых разрастаний и соответствующих им пелоидов составляет на Бердянской косе +0,98, на Арабатской стрелке +0,93.

Общее содержание аминокислот в пелоидах гипергалинных водоемов Бердянской косы выше по сравнению с Арабатской стрелкой (см. табл. 1). Однако тенденции накопления аминокислот в пелоидах существенно разнятся.

В пелоидах гипергалинных водоемов Арабатской стрелки происходит аккумуляция аминокислот, а в пелоидах Бердянской косы наблюдается "эффект сгорания", что фиксируется, соответственно, через превышение или уменьшение абсолютного количества аминокислот в пелоидах по сравнению с биомассой водорослей. Однако биомасса водорослей на Бердянской косе превышает аналогичный показатель на Арабатской стрелке в 5–6 раз, что приводит, к большему содержанию аминокислот в пелоидах (0,64 % против 0,37 %).

Обсуждение

Разница в накоплении аминокислот в пелоидах Арабатской стрелки обусловлена взаимным влиянием многих факторов, в т.ч., окислительно-восстановительным состоянием в гипергалинных водоемах. На Арабатской стрелке наблюдаются более выраженные восстановительные процессы (табл. 2), которые препятствуют быстрому окислению органического вещества и способствуют его накоплению в донных отложениях. Развитие восстановительных процессов и замедление разложения органического вещества связано с накоплением сероводорода. Содержание сероводорода в пелоидах Арабатской стрелки почти в 2 раза больше, чем в пелоидах Бердянской косы.

Таблица 2

Физико-химические показатели пелоидов гипергалинных водоемов

Показатель	Бердянская коса	Арабатская стрелка
Влажность, %	50±1	43±1
Средняя плотность, г/см ³	1,483±0,005	1,568±0,005
Содержание сульфидов FeS, % на сырую грязь	0,26±0,02	0,49±0,03
в т.ч. H ₂ S, % на сырую грязь	0,10±0,01	0,19±0,01
Железо (II), мг/100 г сухого вещества	300,8±0,5	536,0±0,5
Железо (III), мг/100 г сухого вещества	140,4±0,6	467,0±0,8
Соотношение Fe ³⁺ / Fe ²⁺	0,47±0,03	0,87±0,04
Окислительно-восстановительный потенциал, мВ	-170±5	-205±5

Накопление отдельных аминокислот в пелоидах Бердянской косы и Арабатской стрелки по сравнению с исходным их содержанием в макроскопических разрастаниях водорослей различно (табл. 1, 3). Выделяются три группы аминокислот по особенностям их накопления в пелоидах. Первая характеризуется замедленным процессом деструкции, вторая – активным процессом деструкции, третья – относительным балансом процессов деструкции и аккумуляции. Данная классификация в целом отражает особенности накопления и деструкции аминокислот зеленых и синезеленых водорослей в определенных окислительно-восстановительных условиях гипергалинных водоемов.

Таблица 3

Особенности накопления аминокислот в пелоидах гипергалинных водоемов

Аминокислоты	Бердянская коса		Арабатская стрелка	
	Место в спектре	Содержание аминокислот в пелоидах, %	Место в спектре	Содержание аминокислот в пелоидах, %
Пролин	1	90,0	1	300,0
Аргинин	2	83,3	11	145,5
Глицин	3	79,7	16	120,8
Серин	4	78,7	15	123,5
Треонин	5	73,5	14	129,4
Аланин	6	70,8	12	133,3
Аспарагиновая кислота	7	69,1	17	109,4
Фенилаланин	8	68,9	5	192,9
Изолейцин	9	63,4	8	172,7
Глутаминовая кислота	10	62,4	7	174,3
Тирозин	11	61,4	3-4	200,0
Валин	12	60,6	13	130,0
Лизин	13	60,4	6	188,9
Лейцин	14	58,3	10	150,0
Гистидин	15	42,9	9	166,7
Цистин	16	30	2	250,0
Метионин	17	23,1	3-4	200,0

Независимо от окислительно-восстановительного состояния в гипергалинных водоемах имеется ряд аминокислот, для которых наблюдаются схожие закономерности. Так, замедленной деструкцией характеризуются пролин, изолейцин, фенилаланин, а активной – аспарагиновая и глутаминовые кислоты, валин, лейцин.

В условиях гипергалинных водоемов Бердянской косы медленно разлагаются пролин, аргинин, серин, треонин, фенилаланин, изолей-

цин; баланс между процессами накопления и деструкции отмечен для глицина, аланина, тирозина, гистидина, цистина, метионина; активный процесс деструкции характерен для аспарагиновой и глутаминовой кислот, валина, лизина, лейцина.

Тенденции к замедлению процесса деструкции для аминокислот из разрастаний синезеленых водорослей установлены для пролина, цистина, тирозина, метионина, фенилаланина, лизина, гистидина, изолейцина; состояние равновесия — для аргинина; активный процесс деструкции — для аспа-рагиновой и глутаминовой кислот, глицина, аланина, серина, треонина, валина, лейцина.

Заключение

В бентосных макроскопических разрастаниях водорослей и пелоидах присутствуют 17 аминокислот. Состав аминокислот водорослевых разрастаний коррелирует с аминокислотами соответствующих им пелоидов на Бердянской косе на 98 %, на Арабатской стрелке — на 93 %. Накопление аминокислот в пелоидах зависит от видовой принадлежности водорослей, их биомассы и окислительно-восстановительного состояния в гипергалинных водоемах. Характер накопления отдельных аминокислот в пелоидах Бердянской косы и Арабатской стрелки в сравнении с исходным их содержанием в бентосных макроскопических разрастаниях водорослей различен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абакумов В.А. Руководства по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. — С.Пб.: Гидрометеиздат, 1992. — 318 с.
- Барашков Г.К. Сравнительная биохимия водорослей. — М.: Пищ. пром., 1972. — 336 с.
- Водоросли: Справочник / Под. ред. С.П. Вассера. — Киев: Наук думка, 1989. — 608 с.
- Зайцев Ю.П. Морская нейстонология. — Киев: Наук. думка, 1970. — 133 с.
- Зилов Е.А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем). — Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2009. — 147 с.
- Калашикова О.М., Шаповалова Е.Н., Д.Д. Бархутова Д.Д. и др. Определение аминокислотного состава микробных матов водных экосистем байкальского региона с помощью тонкослойной хроматографии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. Химия. — 2004. — 45(6). — С. 393–398.
- Колмакова А.А., Калачева Г.С., Гладышев М.И. и др. Сравнительное изучение сезонной динамики аминокислот в воде двух малых сибирских водоемов // Вестн. КрасноярГУ. — 2004. — (7). — С. 106–120.
- Козаренко Т.Д. Ионнообменная хроматография аминокислот. — Новосибирск: Наука, 1975. — 134 с.
- Сиренко Л.А., Козицкая В.Н. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. — Киев: Наук. думка, 1988. — 256 с.
- Солоненко А.М. Фізико-хімічні особливості пелоїдів амфібіальних ділянок, Арабатської стрілки та Бердянської коси // Доп. НАН України. — 2012. — (1). — С. 171–173.

- Aufdenkampe A.K., Hedges J.H., Krusche A.V. et al. Sorptive fractionation of dissolved organic nitrogen and amino acids onto fine sediments within the Amazon Basin // Limnol. and Oceanogr. — 2001. — **46**(8). — P. 1921–935.
- Blackburn T.H., Henriksen K. Nitrogen cycling in different types of sediments from Danish waters // Ibid. — 1983. — **28**(3). — P. 477–493.
- Boyle K.A., Kamer K., P.Fong P. Spatial and temporal patterns in sediment and water column nutrients in a eutrophic southern California estuary // Estuaries. — 2004. — **27**(3). — P. 378–388.
- Daume S., Long B.M., Crouch P. Changes in amino acid content of an algal feed species (*Navicula* sp.) and their effect on growth and survival of juvenile abalone (*Haliotis rubra*) // J. Appl. Phycol. — 2003. — **15**(2/3). — P. 201–207.
- El-Sheekh M.M., El-Otify A.M., Saber H. Alterations in proteins and amino acids of the Nile cyanobacteria *Pseudanabaena limnetica* and *Anabaena wisconsinense* in response to industrial wastewater pollution // Braz. Arch. Biol. Technol. — 2011. — **54**(4). — P. 810–820.
- Gonzalez J.M., Grimalt J.O., Albaigés J. Amino acid composition of sediments from a deltaic environment // Mar. Chem. — 1983. — (14). — P. 61–71.
- Hassan S.H., Hameed M.S.A., Hammouda O.E. et al. Effect of different growth conditions on certain biochemical parameters of different cyanobacterial strains // Malays. J. Microbiol. — 2012. — **8**(4). — P. 266–272.
- Jegan G., Mukund S., Rama Raja Valli Nayagam S. et al. Amino acid content and biochemical analysis of the methanolic extract of *Oscillatoria terebriformis* // Int. J. Pharm. Res. and Develop. — 2013. — **5**(7). — P. 22–27.
- Keil R.G. Reworking of amino acid in marine sediments: Stable carbon isotopic composition of amino acids in sediments along the Washington coast // Limnol. and Oceanogr. — 2001. — **46**(1). — P. 14–23.
- Koch U., Creuzburg D.M., Grossard H.P. et al. Differences in the amino acid content of four green algae and their impact on the reproductive mode of *Daphnia pulex* // Fund. Appl. Limnol. — 2012. — **181**(4). — P. 327–336.
- Komárek J., Anagnostidis K. *Cyanoprokaryota*. 1. Teil: *Chroococcales* // Süßwasserflora von Mitteleuropa. — Jena, etc.: Gustav Fischer Verlag. — 1998. — **19**(1). — 548 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. *Cyanoprokaryota*. 2. Teil: *Oscillatoriales* // Süßwasserflora von Mitteleuropa. — Heidelberg: Elsevier Spektrum, 2005. — Bd **19**(2). — 759 S.
- McClelland J.W., Montoya J.P. Trophic relationships and the nitrogen isotopic composition of amino acids in plankton // Ecology. — 2002. — (83). — P. 2173–2180.
- Nunn B.L., Keil R.G. A comparison of non-hydrolytic methods for extracting amino acids and proteins from coastal marine sediments // Mar. Chem. — 2006. — (98). — P. 31–42.
- Tartarotti B., Laurion I., Sommaruga R. Large variability in the concentration of mycosporine-like amino acids among zooplankton from lakes located across an altitude gradient // Limnol. and Oceanograph. — 2001. — **46**. — P. 1546–1552.
- Tartarotti B., Sommaruga R. Seasonal and ontogenetic changes of mycosporine-like amino acids in planktonic organisms from an alpine lake // Ibid. — 2006. — **51**. — P. 1530–1541.
- Teira E., Aken H., Veth C. et al. Archaeal uptake of enantiomeric amino acids in the meso- and bathypelagic waters of the North Atlantic // Ibid. — P. 60–69.

- Tesdal J.E., Galbraith E.D., Kienast M.* Nitrogen isotopes in bulk marine sediment: linking seafloor observations with subseafloor records // *Biogeosci.* – 2013. – (10). – P. 101–118.
- Venice system.* The final resolution of the symposium on the classification of brackish waters // *Arch Oceanogr. Limnol.* – 1959. – **11** (Suppl.). – P. 243–248.

Поступила 5 марта 2014 г.

Подписал в печать И.Ю. Костиков

A.M. Solonenko¹, V.A. Khromyshev¹, E.I. Maltsev¹, A.G. Bren¹, M.P. Miasnykova²

¹Bohdan Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University,
20, Lenin St., 72312 Melitopol, Zaporozhie Region, Ukraine

²A.V. Palladin Institute of Biochemistry, NAS of Ukraine,
9, Leontovich St., 01030 Kiev, Ukraine

AMINO-ACID COMPOSITION OF BENTHIC MACROSCOPIC GROWTH OF ALGAE AND BOTTOM SEDIMENT IN THE HYPERHALINE RESERVOIRS

Amino-acid composition of benthic algae growth and bottom sediments (peloid) from the hyperhaline reservoirs on the Berdyansk spit and Arabat arrow (north-west coast of the Azov Sea, Ukraine) has been studied and analyzed. Amino-acid composition of benthic algae growth correlates with amino-acids of appropriate peloids on 93–98%. Accumulation of amino-acids in peloids depends on oxidation-reduction conditions in hyperhaline reservoir, biomass quantity and a species structure of benthic algae macroscopic growth.

Key words: amino-acids, benthic algal growths, hyperhaline ponds, peloid.