

ISSN 0868-854 (Print)

ISSN 2413-5984 (Online). *Algologia*. 2016, 26(4): 418–438

doi.org/10.15407/alg26.04.418

УДК 582.26 + 574.5:582.232 (477)

ЦАРЕНКО П.М.^{1,2}, ЭННАН А.А.², ШИХАЛЕЕВА Г.Н.², БАРИНОВА С.С.³,
ГЕРАСИМЮК В.П.^{2,4}, РЫЖКО В.Е.⁵

¹Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины,
ул. Терещенковская, 2, Киев 01001, Украина

²Физико-химический ин-т защиты окружающей среды и человека МОН Украины и
НАН Украины,

ул. Преображенская, 3, Одесса 65082, Украина

³Институт эволюции Хайфского ун-та,

Маунт Кармель, ул. Аба Хуши, 199, Хайфа 3498838, Израиль

⁴Одесский нац. ун-т им. И.И. Мечникова, каф. ботаники,

ул. Дворянская, 2, Одесса 65026, Украина

⁵Ботанический сад ОНУ им. И.И. Мечникова,

Французский бульвар, 48/50, Одесса 65026, Украина

ptsar.@ukr.net, i.l.monitoring@ukr.net

ЦИАНОПРОКАРИОТА В ЭКОСИСТЕМЕ КУЯЛЬНИЦКОГО ЛИМАНА (УКРАИНА)

Рассматриваются роль и значение аквально-террестриальных цианопрокариот в экосистеме Куяльницкого лимана (Северо-Западное Причерноморье). Проанализированы особенности распространения и распределение этих организмов в бассейне исследуемого водоема, а также основные факторы среды, влияющие на формирование их видового состава. Приведены особенности экологической приуроченности *Cyanoprokaryota* к фактору солености, рН и сапробности. Установлена специфика видового состава цианопрокариот лимана (наличие амфибиальных и водных форм) в условиях переменного водного и солевого режимов, их способность к участию в процессах пелоидообразования. Подтверждено таксономическое разнообразие этой группы организмов, их ведущая роль в альгофлоре бассейна Куяльницкого лимана, а также экологическая устойчивость к указанным факторам. Выявлено 93 вида (94 внутривидовых таксона) *Cyanoprokaryota*, установлена их таксономическая и эколого-флористическая принадлежность, отмечены виды-доминанты и ценозоформирующие виды бентали. Показана зависимость видового состава цианопрокариот от уровня солености рапы во временном аспекте и его биотопическая приуроченность, а также наличие среди *Cyanoprokaryota* бассейна лимана 18 видов-индикаторов солености, трех видов-индикаторов рН водной среды и 31 индикатора сапробности. Индекс сапробности находится в пределах показателей бета-олигосапробной – олигосапробной зон.

Ключевые слова: *Cyanoprokaryota*, Куяльницкий лиман, аквально-террестриальные формы, видовой состав, факторы среды, пелоиды.

© Царенко П.М., Эннан А.А., Шихалеева Г.Н., Барина С.С.,
Герасимюк В.П., Рыжко В.Е., 2016

Введение

Цианопрокарьюты – древние фотосинтезирующие микроорганизмы, широко распространенные на Земле. Они заселяют разнообразные местообитания и экотопы, в т. ч. экстремальными условиями. К последним относится Куяльницкий лиман (Северо-Западное Причерноморье, Одесская обл.) с чрезвычайно высокими показателями солености – более 300 ‰ (Эннан и др., 2006, 2009, 2012, 2014). Однако амплитуда варибельности этого фактора резко отличается в определенные периоды формирования водоема (например, во время существенного опреснения в 1932–1938 гг. соленость составляла 36,6–56,7 ‰, в 1942–1947 гг. – 21,9–38,2 ‰, возрастая до 78,9 ‰ в 1955 г. и до 189 ‰ – в 1961 г.). В последнее время для водоема характерно резкое обмеление и уменьшение значений некоторых морфометрических показателей – двукратное по площади водного зеркала, десятикратное для руслового стока или поверхностного притока (речного – р. Большой Куяльник, «прудового» – стоки с прудов Пересыпи, или т. н. Лузановских прудов, и Корсунцовских прудов) и переход в основном на тип питания за счет атмосферных осадков (Эннан и др., 2012, 2014). По показателям минерализации вода Куяльницкого лимана относится к классу соленых вод, категории ультрагалинных, воды прудов Пересыпи, р. Большой Куяльник – к классу солоноватых вод, категории Я-мезогалинных, Корсунцовских прудов – к классу пресных, категории олигогалинных вод.

Согласно классификации О.А. Алекина (1970), воды Куяльницкого лимана принадлежат к классу хлоридных вод, натриево-магниевой группы; поверхностного стока из системы Корсунцовских прудов и р. Большой Куяльник – к классу сульфатных вод, группы натрия; из системы прудов Пересыпи – к классу хлоридных вод, группы натрия. Воды всех исследуемых в бассейне Куяльницкого лимана водоемов характеризуются слабощелочной реакцией среды и повышенным содержанием ионов аммония (Эннан и др., 2009; Шихалева и др., 2011, 2013). За последние 15 лет отмечено превышение ПДК_в токсикантов в рапе лимана по 14 (из 32) показателям и высокий уровень по 13 показателям (нефтепродукты, сульфаты, БПК₅, ХПК, формальдегид, азот аммонийный, V, Cd, Pb, Al, Cr, Mn, Fe) в донных отложениях, почвенном покрове, у представителей наземной флоры, высшей водной растительности и водорослей (Эннан и др., 2015). Такое экологическое состояние экосистемы и солености рапы более 300 ‰ привело в 2014 г. к формированию в планктоне лимана монодоминантного состава водорослей (*Dunaliella salina* Teod.).

Альгофлористические исследования бассейна лимана ранее носили эпизодический и фрагментарный характер, с ограничением по территории (акватории), экотопам или таксономической группе водорослей (Погрiбняк, 1949; Погрeбняк, 1965; Герасимюк, Гусяков, 1987; Герасим'юк, 1992; Приходькова, 1992; Ткаченко, 2001; Северо-западная ..., 2006). В последнее время проводятся комплексные эколого-мониторинговые исследования по изучению этого региона (Шихалева и др., 2004; Герасимюк и др., 2005,

2011; Герасим'юк та ін., 2006; Эннан и др., 2006, 2009, 2015; Шихалева, Кирюшкина, 2015; Kiryushkina et al., 2009). Согласно приведенным литературным данным, в акватории гипергалинного лимана обнаружено 87 видов водорослей из отделов *Cyanoprokaryota* (18 видов – 20,7%), *Bacillariophyta* (60 видов – 68,9%) и *Chlorophyta* (9 видов – 10,3%). Однако данные о разнообразии водорослей прибрежных территорий и аквально-террестриальных местообитаний (Приходькова, 1992; Виноградова, 2012, 2016) существенно дополняют сведения об их видовом составе и вносят корректировку в общее таксономическое распределение и представленность отдельных групп. В частности, с учетом результатов последних исследований (непосредственно солончаков центральной части лимана) роль цианопрокариот значительно возрастает (56 видов или 47,3% общего количества обнаруженных видов водорослей). Кроме того, в солончаках отмечено значительное разнообразие гетероцистных форм и высокая частота встречаемости в почвенных культурах представителей порядка *Nostocales* (Виноградова, 2012, 2016). Однако обобщенные аналитические данные о видовом разнообразии и эколого-гидробиологических особенностях этой группы организмов в экосистеме Куяльницкого лимана отсутствуют до сих пор.

В последнее время получены экспериментальные данные о ведущей роли цианопрокариот в процессе пелоидообразования в экологически сходных водоемах приазовских территорий Украины, а также о довольно высоком их разнообразии на солончаках Приазовья (Солоненко и др., 2010; Солоненко, 2015). Показано, что видовой состав этих организмов в данном типе почвы представлен видами, встречающимися главным образом в солончаках, иногда в незасоленных почвах (46,5% общего количества обнаруженных видов водорослей), а также видами с большей экологической амплитудой (34,8%) и заносными видами, которые тяготеют к незасоленным почвам (18,7%). Общий список цианопрокариот гипергалинных местообитаний Украины, по литературным данным, содержит 183 вида из трех порядков: *Chroococcales* (20,8%), *Oscillatoriales* (61,2%) и *Nostocales* (18,0%) (Виноградова, 2012, 2013). Обобщенные данные о водорослях солончаков Присивашско-Приазовской области Украины подтвердили общую закономерность таксономического распределения цианопрокариот, их доминирующее положение среди водорослей засоленных почв и ведущую роль среди таксонов выше родового уровня, а также преобладание среди них «гидрофильно-эдаффильного компонента» и наличие специфических видов этой группы для приморских солончаков (Яровой и др., 2008; Яровий, 2013).

Целью нашей работы было изучение видового состава цианопрокариот в экосистеме Куяльницкого лимана в современных условиях и определение их функциональной роли в гидробиологических процессах этого водоема.

Материалы и методы

Материалом для исследований послужили пробы, собранные в период с мая по октябрь 1981–1983 гг. и с марта 2001 г. по август 2004 г. эпизодически, а также с марта по ноябрь 2004–2014 гг. ежеквартально на 20 станциях, расположенных вдоль прибрежной акватории лимана на расстоянии до 100 м от уреза воды и 10–20 м от мест сброса сточных вод курорта «Куяльник», реже по центральному осевому профилю и поперечным профилям лимана, эфемерных водоемах на берегу, а также на р. Большой Куяльник и водотоках антропогенного происхождения (рис. 1).

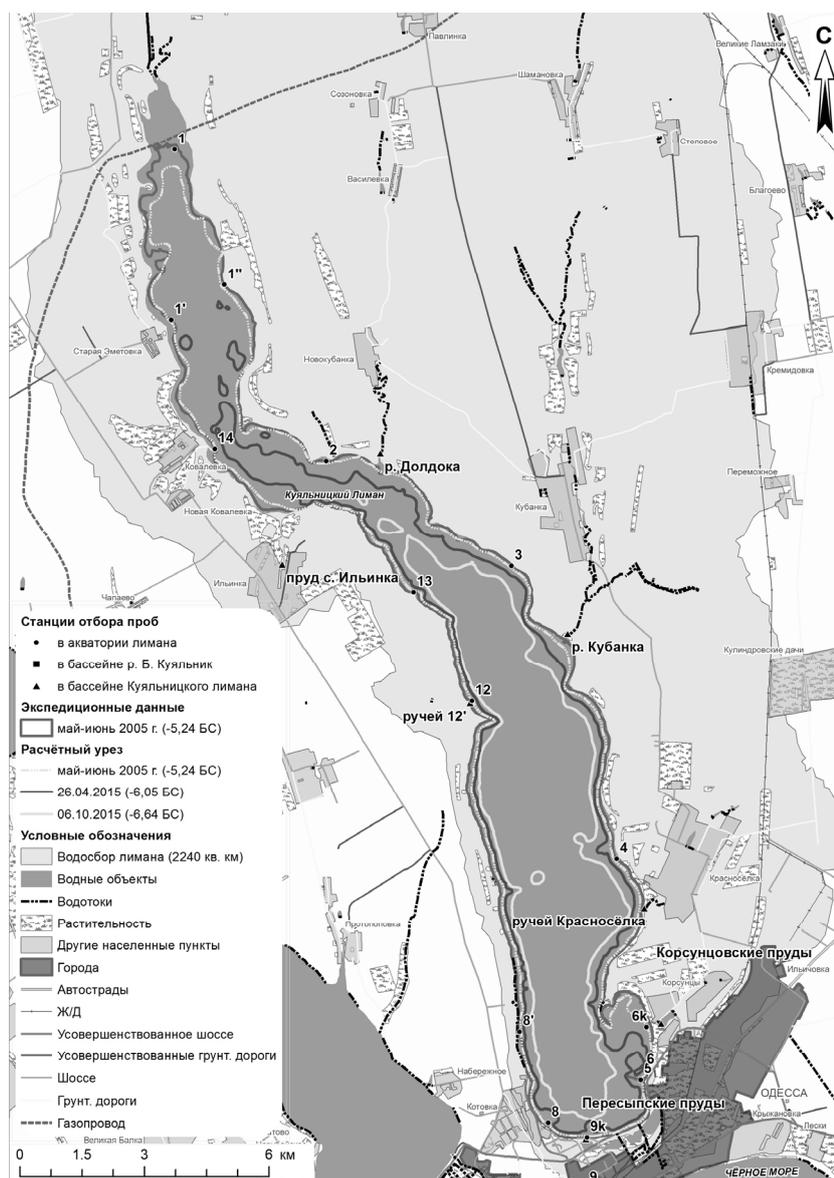


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб в акватории Куяльницкого лимана и прилегающих водоемах

Всего отобрано 550 проб из разных экотопов – пена, толща воды, обрастания твердых (природные растительные и искусственные бетонные) и мягких (илистых и песчаных) субстратов исследованных водоемов и водотоков, а также 5 объединенных почвенных проб на берегу лимана в окрестностях санатория «Куяльник» (окр. с. Котовка, Суворовского р-на - 46°33'56"N 30°43'37"E, пункт 8, см. рис. 1). Пробы собирали по общепринятой в фикологии методике для водных и почвенных водорослей (Голлербах, Штина, 1969; Водоросли ..., 1989). Почвенные пробы срезали стерильным ножом из поверхностного слоя почвы 1,5 × 1,5 × 1,5 см, отдельные образцы объединяли в стерильном бумажном пакете. Далее их изучали в лабораторных условиях в водно-почвенной культуре на среде Болда (ВВМ) с вытяжкой из исследованной почвы. Микроскопирование и идентификацию видового состава цианопрокариот осуществляли при помощи светового микроскопа Ergaval (Carl Zeiss, Германия) с иммерсионным объективом и ряда литературных источников (Кондратьева, 1968; Коваленко, 2009; Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005; Algae ..., 2006; Komárek, 2013). В работе принята система *Cyanoprokaryota* И. Комарека с соавт. (Komárek et al., 2014) и номенклатурно-таксономические изменения согласно www.algaebase (Guiry, Guiry, 2016).

Анализ индикаторных видов проведен согласно литературным данным (Барина и др., 2006).

Расчет и построение дендрограммы и дендрита флористического сходства сообществ цианопрокариот на исследованных станциях осуществляли в программе GRAPHS (Новаковский, 2004).

Результаты и обсуждение

По результатам оригинального исследования разных экотопов Куяльницкого лимана и водоемов его бассейна, с учетом проб почвы солонцов из его южного побережья, выявлено 62 вида *Cyanoprokaryota*, представленных 63 внутривидовыми таксонами (ввт), адаптировавшихся к гипергалинным условиям произрастания (см. таблицу).

Эколого-биотопическое распределение *Cyanoprokaryota* бассейна Куяльницкого лимана и показатели видов-индикаторов

Таксон	Водоем	Почва	Галоб-ность	Ацидо-фильность	Сапроб-ность/троф-ность
<i>Synechococcales</i>					
<i>Cyanobium gaarderi</i> (Alvik) Komárek et al.		+			
<i>Jaaginema kisselevii</i> (Anisimova) Anagn. et Komárek	Кл-В	+op			
<i>J. quadripunctulatum</i> (Bruhl. et Biswas) Anagn. et Komárek	Кл-В	+op			

Chroococcales					
<i>Aphanocapsa litoralis</i> (Hansg.) Komárek et Anagn.	[P,B]	+			
<i>A. muscicola</i> (Menegh.) Wille	[B,S]	+	i		
<i>A. parasitica</i> (Kütz.) Komárek et Anagn.	[P,B,Ep]	+	i		-/o-m
<i>A. pulverea</i> (Wood) Koval.	[P,B,S]	+	i		o-b
<i>A. salina</i> Woronich.	B	+ op			
<i>Aphanothece salina</i> Elenkin et A.N. Danilov		+ op			
<i>A. utahensis</i> Tilden	КЛ-В	+ op			
<i>Chroococcus minor</i> (Kütz.) Nägeli	op B[S]		i		o-b/o
<i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Nägeli	P[B,S]	+	i		o-a/o-m
<i>Dermocarpella prasina</i> (Reinsch) Komárek et Anagn.	op				
<i>Gomphosphaeria multiplex</i> (Nygaard) Komárek		+			
<i>Hyella caespitosa</i> Bornet et Flahault	op				
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Kütz.	КЛ-P[B]		i		b-o/o-m
<i>M. mediteranea</i> Nägeli	op				
<i>M. minima</i> Beck	КЛ				
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.	КЛ-P		hl		b/e
<i>Rhabdogloea smithii</i> (R. et F. Chodat) Komárek	P-op				o
<i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek et Hindák	op-P		i		o/o
<i>Synechocystis salina</i> Wislouch		+			
Pleurocapsales					
<i>Pseudocapsa maritima</i> Komárek		+			
<i>Xenotholos kernerii</i> (Hansg.) M. Gold-Morgan et al.	op-B[Ep]				o/o
Oscillatoriales					
<i>Arthrospira jeneri</i> Stizerb. ex Gomont	op [P-B]				
<i>A. laxa</i> (G.M. Sm.) W.B. Crow	КЛ-В				
<i>A. major</i> (Kütz.) W.B. Crow	КЛ-op В				
<i>A. meneghiniana</i> (Zanardini ex Gomont) W.B. Crow	КЛ-op В	+			
<i>Coleofasciculus chthonoplastes</i> (Thuret ex Gomont) Siegesmund et al.	эф В [S]op	+	ph		

<i>Geitlerinema amphibium</i> (C. Agardh ex Gomont) Anagn.	эф Кл-В	+			
<i>Johanseninema constrictum</i> (Szafer) Hasler, Dvorák et Poulicková	Кл-Р [В,С]				e/o-a
<i>Kamptonema okenii</i> (C. Agardh) Strunecky et al.	Кл-В [Ер]		hl	alf	o-a
<i>Leptolyngbya foveolaria</i> (Rabenh. et Gomont) Anagn. et Komárek	[В,С]	+ op	ph		b-o
<i>L. fragilis</i> (Gomont) Anagn. et Komárek	[В,С]	+ op	ph		b-o
<i>L. frigida</i> (F.E. Fritsch) Anagn. et Komarek	Кл [Р]В		i		
<i>L. halophila</i> (Hansg. et Gomont) Anagn. et Komárek	В	+	mh		
<i>L. henningsii</i> (Lemmerm.) Anagn.		+			
<i>L. norvegica</i> (Gomont) Anagn. et Komárek		+			
<i>L. notata</i> (Schmidle) Anagn. et Komárek	[В]С	+			x-b
<i>L. saxicola</i> (N.L. Gardner) Anagn.		+			
<i>L. subuliformis</i> (Gomont) Anagn.		+			
<i>L. tenuis</i> (Gomont) Anagn. et Komárek	[В,С]	+	i		b-a
<i>L. terebrans</i> (Bornet et Flahault ex Gomont) Anagn. et Komárek	op				
<i>L. woronichinii</i> (Anisimova) Anagn. et Komárek	эф Кл-В-[Ер,С]				x-o
<i>Limnothrix komarovii</i> (Anisimova) O.M. Vynogr.	Кл-В	+ op			
<i>Limnothrix guttulata</i> (Goor) Umezaki et Watanabe	Кл [Р] В				a
<i>Lyngbya confervoides</i> C. Agardh	Кл-В	+			
<i>L. martensiana</i> Menegh. ex Gomont	[Р-В,С]	+			b-o/o-m
<i>L. semiplena</i> J. Agardh ex Gomont	op-В[С]		ph		
? <i>Microcoleus amoenus</i> (Gomont) Strunecky, Komárek et J.R. Johansen	Кл [Р-В,С]				a-o
<i>Oscillatoria margaritifera</i> (Kütz.) Gomont	Кл-В	+			
<i>O. limosa</i> C. Agardh ex Gomont	Кл-эф [Р],В,С	+op			

<i>Oscillatoria limosa</i> var. <i>dispersogranulata</i> Schkorb.	op[P,B]				
<i>Oxynema lloydianum</i> (Gomont) Chatchawan et al.	op				
<i>Phormidium animale</i> (C. Agardh ex Gomont) Anagn. et Komárek		+			
<i>Ph. boryanum</i> (Bory ex Gomont) Anagn. et Komárek	[P-B,S]	+			
<i>Ph. breve</i> (Kütz. ex Gomont) Anagn. et Komárek	эф-Кл- B-op	+			
<i>Ph. chalybeum</i> (Mert. ex Gomont) Anagn. et Komárek	Кл[P,S], B				e/a
<i>Ph. coralinae</i> (Gomont) Anagn. et Komárek	Кл-op				
<i>Ph. corium</i> Gomont	[B]S	+ op			m/o
<i>Ph. granulatum</i> (N.L. Gardner) Anagn.	Кл[P]B				
<i>Ph. litorale</i> Golubić		+			
<i>Ph. neotenue</i> G. Hålfors	op КлP[B,S]		hl		me/a-o
<i>Ph. nigroviride</i> (Thwaites ex Gomont) Anagn. et Komárek	Кл-B- эф	+			
<i>Ph. ornatum</i> (Kütz. ex Gomont) Anagn. et Komárek	Кл-P- B[S]		i		o-b/o-m
<i>Ph. takyricum</i> (Novichk.) O.M. Vynogr.		+ op			
<i>Ph. tambii</i> (Woron.) Anagn. et Komárek	op				
<i>Ph. thwaitesii</i> I. Umezaki et M. Watan.		+			
<i>Ph. variabile</i> (Wille) Anagn. et Komárek	[S]	+			
<i>Ph. viride</i> (Vaucher) Lemmerm.	[P]	+			
<i>Porphyrosiphon fuscus</i> Gomont ex Frémy		+			
<i>P. luteus</i> (Gomont) Anagn. et Komárek	Кл-B	+ op			
<i>P. martensianus</i> (Menegh. ex Gomont) Anagn. et Komárek		+			
<i>Pseudophormidium hollerbachianum</i> (Elenkin) Anagn.	[S]	+			
Spirulinales					
<i>Spirulina caldaria</i> Tilden	op-B				
<i>S. corakiana</i> Playfair	op				
<i>S. tenuissima</i> Kütz.	op-B				o-b

<i>Nostocales</i>					
<i>Anabaena cylindrica</i> Lemmerm.	[P-B,S]	+			b-o
<i>Anabaenopsis knipowitschii</i> (Ussazcev) Komárek	Кл				
<i>Calothrix brevissima</i> G.S. West	[B,S]	+			
<i>C. contarenii</i> [Zanardini] Bornet et Flahault		+			
<i>C. fusca</i> (Kütz.) Bornet et Flahault	Кл- B[Ep]	+			o/o
<i>C. parietina</i> Thuret ex Bornet et Flahault	[B,S]	+			o/o-m
<i>C. scopulorum</i> C. Agardh ex Bornet et Flahault		+			
<i>Cylindrospermum michailovskoense</i> Elenkin	[B]	+			-/me
<i>Nodularia crassa</i> (Woron.) Komárek, Hübel et M. Hübel	S	+ op			
<i>N. harveyana</i> Thur. ex Bornet et Flahault	[B]S	+ op	mh		o
<i>N. sphaerocarpa</i> Bornet et Flahault	[S,Ep]	+			-/o
<i>N. spumigena</i> Mert. ex Bornet et Flahault	[B]S	+ op			o-a
<i>Nostoc linkia</i> f. <i>terrestris</i> Elenkin		+			
<i>N. paludosum</i> Kütz. ex Bornet et Flahault	Кл[P]B[S]				b-o/m
<i>N. punctiforme</i> (Kütz.) Hariot	[P-B],S	+ op			b-o
<i>N. sphaeroides</i> Kütz.	Кл-B	+ op			
<i>Trichormus propinquus</i> (Setch. et N.L. Gartner) Anagn. et Komárek		+op			
<i>T. variabilis</i> (Kütz. ex Bornet et Anagn.) Anagn. et Komárek	[P-B],S	+ op		mh	

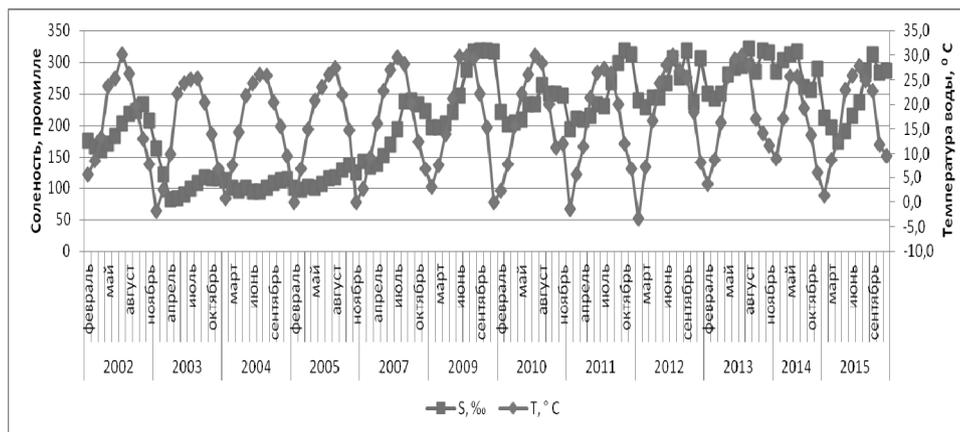
Условные обозначения: Кл – Куяльницкий лиман, эф – эфемерные водоемы, ор – оригинальные данные, «+» – литературные данные, [...] – экотопы согласно литературным данным; P – планктонный, B – бентосный (B – ориг. данные), S – почвенный, Ep – эпибионты, ph – полигалобы, mh – мезогалобы, hl – галофилы, i – индифференты, alf – алкалифилы; x-o – 0,4 – ксено-олигосапробионты; x-b – 0,8 – ксено-бетамезосапробионты; o – 1,0 – олигосапробионты; o-b – 1,4 – олиго-бетамезосапробионты; b-o – 1,6 – бета-олигосапробионты; o-a – 1,8 – олиго-альфамезосапробионты; b – 2,0 – бетамезосапробионты; b-a – 2,4 – бета-альфамезосапробионты; a-o – 2,6 – альфа-олигосапробионты; a – 3,0 – альфамезосапробионты; o-m – олигомезотрофы, e – эвтрофы, m – мезотрофы, me – мезоэвтрофы.

Литературные данные по исследованию разнообразия этих организмов в почве центральной части лимана указывают на постоянное их присутствие и количественное преобладание над другими таксономическими группами водорослей, а также на богатство их видового состава – 42 вида (Приходькова, 1992; Виноградова, 2012, 2016). Таким образом, общее разнообразие цианопрокариот экосистемы Куяльницкого лимана представляют 93 (94 ввт) вида, которые относятся к 1 классу, 3 подклассам, 6 порядкам, 20 семействам и 37 родам (см. таблицу). Основу видового богатства составляет подкласс *Oscillatoriophyycidae*, который объединяет более половины общего количества обнаруженных видов цианопрокариот (53,2%), представленность *Synechococcophycidae* и *Nostococcophycidae* значительно ниже – 27,7 и 19,1% соответственно. Еще более неравномерно распределение видового состава цианопрокариот на уровне порядков *Synechococcales* (5,3%), *Chroococcales* (19,2%), *Pleurocapsales* (3,2%), *Oscillatoriales* (50%), *Spirulinales* (3,2%) и *Nostocales* (19,1%), что подтверждает данные о преобладании трихальных форм (72,3%) над коккоидными (27,7%) в южных регионах Украины в целом (Приходькова, 1992; Виноградова, 2012) и в бассейне Куяльницкого лимана в частности. Семейства *Phormidiaceae* (17,0%), *Oscillatoriaceae* (13,8%), *Leptolyngbyaceae* (12,8%), *Merismopediaceae* (9,6%) и *Nostocaceae* (8,5%) являются ведущими и объединяют более половины общего количества обнаруженных видов водорослей (61,7%), где гетероцистные и коккоидные формы немногочисленны (около 18%), а трихальные безгетероцистные – намного разнообразнее (около 44%). Родовой спектр цианопрокариот экосистемы Куяльницкого лимана сформирован из 37 родов. Наиболее богаты видами роды *Phormidium* Kütz. ex Gomont (17%) и *Leptolyngbya* Anagn. et Komárek (12,8%), другие роды менее разнообразны – *Calothrix* C. Agardh ex Bornet et Flahault (5,3%), *Aphanocapsa* Nägeli (5,3% общего количества обнаруженных видов цианопрокариот), *Arthrospira* Stizenb. ex Gomont, *Nostoc* Vaucher ex Bornet et Flahault, *Nodularia* Mertens ex Bornet et Flahault (4,3% каждый) и др. Указанные роды преобладают по количеству видов и составляют 49% их общих показателей для цианопрокариот экосистемы Куяльницкого лимана. Такой родовой спектр сформирован видами, адаптированными к экстремальным условиям гипергалинного водоема и засоленных почв его побережья. Однако характер распределения выявленных таксонов очень неравномерный и является узко локализованным к конкретным экотопам и местам произрастания. Только отдельные виды (*Geitlerinema amphibium*, *Phormidium breve*, *Arthrospira major*) отмечены на большинстве (10–11 ст.) станций исследований или на трети из них (например, *Aphanothece utahensis*, *Jaaginema quadripunctulatum*, *Microcoleus amoenus*, *Arthrospira meneghiniana*, *Johanseninema constrictum* и др.). Большинство выявленных видов обнаружены только на одной-двух станциях исследования.

Такая специфика распределения видового состава цианопрокариот определяется, на наш взгляд, экологическими факторами (степень солености среды в конкретном экотопе и ее гидрохимический состав),

экологической валентностью вида, его галинностью, наличием дополнительных водотоков в бассейне лимана и т.д.

Результаты изучения видового состава цианопрокариот в 80-х гг. XX в. показали наличие многих морских форм (*Merismopedia mediterranea*, *Hyella caespitosa*, *Dermocarpella prasina*, *Phormidium coralinae*, *Lyngbya semiplena*, *Spirulina tenuissima*, *Охунема lloydianum* и др.) и иногда доминирование их в эфемерных водоемах на побережье лимана (например, *Oscillatoria limosa* – ст. 8, 8'). Этот факт объясняется, по-видимому, их адаптационной устойчивостью к гипергалинным условиям (уровень солености в тот период составлял около 70 ‰), а также обитанием в водоемах на побережье лимана, а не в самом лимане, и, обычно, более низким значением этих показателей. Этот вывод согласуется с данными И.И. Погребняка (1949, 1965) о динамике изменения видового состава водорослей Куяльницкого лимана в 1930–1959 гг. в зависимости от повышения уровня солености воды и сокращения общего количества обнаруженных видов (от 109 до 6), но стабильном присутствии *Aphanothese salina* при солености до 285 ‰. Дальнейший рост уровня солености воды лимана (142–180 ‰ в 2001–2004 гг. и более 300 ‰ в 2012–2015 гг.) (рис. 2) привел к дальнейшему уменьшению разнообразия видового состава разных таксономических групп водорослей в целом, формированию комплекса гипергалинных видов и сохранению малочисленного альгоценоза и цианопрокариот бассейна Куяльницкого лимана (Герасимюк и др., 2006; Эннан и др., 2015; Эннан и др., 2015).



2000-ым годам исчезли или были представлены 1–2 видами (Ткаченко, 2001). Наряду с этим в условиях бентали наблюдается сохранение микроводорослей (Герасимюк и др., 2011), а в почве солонцов побережья лимана выявлено значительное разнообразие цианопрокариот. Так, по результатам наших исследований бентали и обрастаний разного рода субстратов природного и искусственного происхождения, обнаружено 56 видов цианопрокариот (сравн. Герасимюк и др., 2011). Кроме того, изучение водно-почвенных культур солонцов южной части лимана в районе санатория (ст. 8) позволило идентифицировать 27 видов этих организмов (см. таблицу). Полученные данные согласуются с результатами изучения почвенных цианопрокариот в центральной части Куяльницкого лимана (Виноградова, 2012, 2016) и свидетельствуют об их высоком адаптационном потенциале, таксономическом разнообразии в почве побережья и значимости в формировании аквально-террестриальных альгокомплексов (совместно с диатомовыми и, в меньшей степени, зелеными водорослями).

Распределение видового состава цианопрокариот Куяльницкого лимана по станциям исследований (рис. 3, 4) было неравномерным и характеризовалось формированием двух кластеров. Один из них объединяет станции среднего пресноводного участка р. Большой Куяльник (ст. 18–20), а также станции на правобережных небольших водотоках и прудообразных водоемах на его берегу (ст. 12–14). Другой кластер объединяет станции нижнего течения р. Большой Куяльник и прудообразных водоемов на его берегу (ст. 16, 17), пруды низовья лимана (Корсунцовские и Пересыпские – ст. бк и 9к), а также станции верховья и левобережной нижней части водоема (ст. 1, 5). Кроме того, он объединяет правобережную центральную (ст. 3) и нижнюю левобережную станции у санатория «Куяльник» (ст. 8), на которых проведено изучение видового состава цианопрокариот в водной среде и в почвах побережья.

Полученные данные свидетельствуют о формировании наиболее прочных флористических связей и высоком уровне сходства видового состава цианопрокариот прудообразных водоемов нижней части лимана (Корсунцовские и Пересыпские пруды – ст. бк и 9к) и аналогичных по типологии водоемов в низовьях р. Большой Куяльник (ст. 16, 17), стоки из которых поступают в лиман и влияют на формирование состава этих организмов в водоеме. По-видимому, типологическая характеристика водоемов, сходные экологические показатели степени опреснения и, соответственно, разнообразие и сходство видового состава цианопрокариот на конкретных станциях были определяющими для высокого уровня флористических связей между ними (см. рис. 4).

Довольно прочные флористические связи отмечены для станций правобережья лимана (ст. 13, 14, 1') и станций центральной и южной части (ст. 3, 8). Это можно объяснить общим биотопическим сходством, типом почвы (солонцы) и экотопов (солончаковые лучные формации), растительных сообществ (попынно-астровых) и другими аналогичными экологическими параметрами, а также комплексным изучением видового

состава (водных и почвенных представителей цианопрокариот) и, соответственно, большим разнообразием сравниваемых показателей.

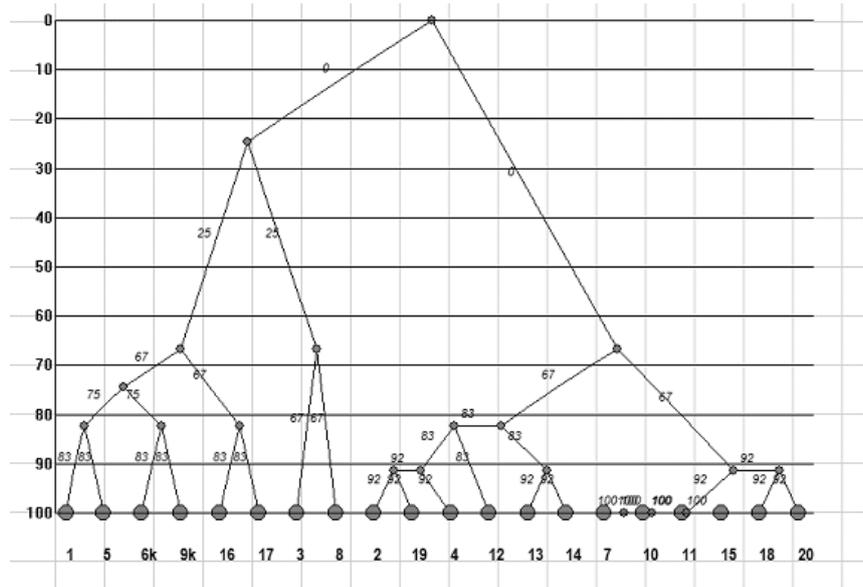


Рис. 3. Дендрограмма сходства станций исследования по видовому составу цианопрокариот с использованием индексов Серенсена-Чекановского

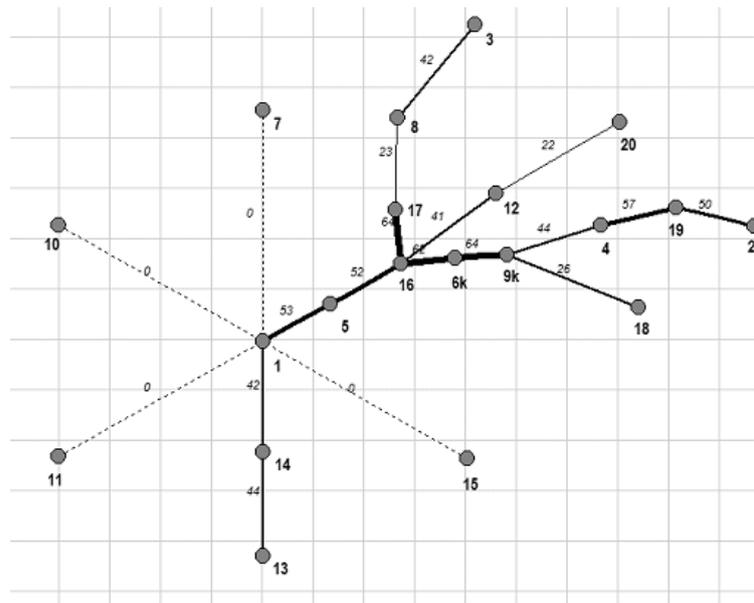


Рис. 4. Дендрит сходства видового состава цианопрокариот исследованных станций Куяльницкого лимана

Результаты изучения цианопрокарйот водоемов эфемерного типа в разных частях побережья Куяльницкого лимана (1", 5, 8') показали специфику их видового состава и характера развития. Так, они достигают массовых количественных показателей (например, *Oscillatoria limosa*, значительно реже *Coleofasciculus chtonoplastes*) на дне мелких водоемов, формируя там «барьерно-изоляционную» пленку (сравн. Солоненко, 2015). Очевидно, эти виды являются непосредственными участниками процесса пелоидообразования в водоемах степных регионов Евразии (Исаченко, 1951; Солоненко, 2015) и побережья Куяльницкого лимана в частности. Однако гипергалинные условия лимана в последнее время не способствуют развитию указанных видов в самом водоеме. Низкие показатели солености водной среды эфемерных водоемов и экологические условия в них благоприятны для дальнейшего формирования лечебных грязей на побережье и для курортологического использования бассейна исследованного водоема.

Результаты альгофлористического анализа подтверждают таксономическое богатство этой группы организмов и их ведущую роль в альгофлоре бассейна Куяльницкого лимана, экологическую устойчивость к уровню солености, рН и температуре, а также значимость в процессах пелоидообразования.

Анализ эколого-биотопического распределения *Cyanoprokaryota* в бассейне Куяльницкого лимана позволил отметить неравномерность их экотопического распределения и приуроченность (свыше 90%) выявленных видов к бентосно-перифитонному характеру обитания. Наряду с этим, известные или установленные экотопические характеристики видов (Барина и др., 2006; Виноградова, 2006) указывают на преобладание бентосно-почвенных (B-S – 27,5%) и планктонно-бентосно-почвенных (P-B, S – 23,5%) форм в экосистеме лимана (см. таблицу).

В составе цианопрокарйот выявлены 18 видов-индикаторов солености (см. таблицу), среди которых доминируют олигогалобы (oh – 66,7%) – индифференты (i – 50%) и галлофилы (hl – 16,7%), а роль полигалобов (ph) и мезогалобов (mh) менее существенна (по 16,7%). О такой представленности экологических групп указывалось ранее при изучении видового состава водорослей в лимане (Герасимюк та ін., 2006), что, по-видимому, обусловлено влиянием пресных вод р. Большой Куяльник, водотоков побережья, сточных вод и эфемерных водоемов. Приведенные данные согласуются также с результатами исследований, полученными при изучении *Cyanoprokaryota* прибрежных солонцов Куяльницкого лимана (Виноградова, 2016).

Индикаторами рН водной среды лимана оказались лишь 3 вида цианопрокарйот, 2 из которых относятся к группе индифферентов и 1 – к алкалифилам.

Определен 31 вид-индикатор качества воды и показатель их сапробности (см. таблицу), большинство из которых являются индикаторами

торами олигосапробной (42,5%) и бета-мезосапробной (41,9%) зон, тогда как представленность других групп менее значима.

Заключение

В результате многолетних собственных исследований разных экотопов Куяльницкого лимана и водоемов его бассейна, а также с учетом литературных данных в составе *Cyanoprokaryota* гипергалинных местообитаний региона выявлено 93 (94 ввт) вида этих организмов. Они относятся к 3 подклассам, 6 порядкам, 20 семействам и 37 родам. Основу видового разнообразия составляет подкласс *Oscillatoriophyceae*, который объединяет более половины общего количества обнаруженных видов цианопрокариот (53,2%), представленность *Synechococcophycideae* и *Nostococcophycideae* значительно ниже – 27,7 и 19,1% соответственно. Полученные результаты подтверждают литературные данные о преобладании трихальных форм (72,3%) над коккоидными (27,7%) в южных регионах Украины в целом (Приходькова, 1992; Виноградова, 2012) и соответствие этой закономерности для цианопрокариот бассейна Куяльницкого лимана в частности. Ведущими семействами цианопрокариот этого региона являются *Phormidiaceae* (17,0%), *Oscillatoriaceae* (13,8%), *Leptolyngbyaceae* (12,8%), *Merismopediaceae* (9,6%) и *Nostocaceae* (8,5%), которые объединяют более половины видового богатства (61,7%), а трихальные безгетероцистные формы представлены наиболее разнообразно (около 44%). Основу видового разнообразия составляют роды *Phormidium* Kütz. ex Gomont (17% общего количества обнаруженных таксонов цианопрокариот) и *Leptolyngbya* Anagn. et Komárek (12,8%) вместе с менее разнообразно представленными *Calothrix* C. Agardh ex Bornet et Flahault (5,3%), *Aphanocapsa* Nägeli (5,3%), *Arthrospira* Stizenb. ex Gomont, *Nostoc* Vaucher ex Bornet et Flahault и *Nodularia* Mertens ex Bornet et Flahault (по 4,3% каждый). Они формируют почти половину (49%) видового богатства *Cyanoprokaryota* бассейна Куяльницкого лимана.

Установлено неравномерное распределение видового состава цианопрокариот Куяльницкого лимана по станциям исследований. Выявлены наиболее тесные флористические связи и высокий уровень сходства видового состава цианопрокариот прудообразных водоемов нижней части лимана (Корсунцовские и Пересыпские пруды – ст. 6к и 9к (рис. 3, 4) и аналогичных по типологии водоемов низовья р. Большой Куяльник на его берегу (ст. 16, 17), стоки из которых поступают в лиман и влияют на состав *Cyanoprokaryota* в этом водоеме. По-видимому, типологическая характеристика водоемов, сходные экологические показатели, разнообразие и сходство видового состава цианопрокариот на конкретных станциях были определяющими для высокого уровня флористических связей между ними. Отмечена зависимость видового состава цианопрокариот от уровня солености рапы во временном аспекте и его биотопическая (бентосно-почвенная и планктонно-бентосно-почвенная) приуроченность, а также выявлено наличие среди *Cyanoprokaryota* бассейна Куяльницкого лимана 18 видов-индикаторов

солености, трех видов-индикаторов рН водной среды и 31 индикатора сапробности. Индекс сапробности находится в пределах показателей бета-олигосапробной – олигосапробной зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 440 с.
- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель-Авив: Pil. Stud., 2006. – 498 с.
- Виноградова О.М. Суанопрокарйота у гіпергалінних місцезростаннях та їх адаптаційні стратегії // Укр. фітоцен. зб., сер. С. – 2006. – Вип. 24. – С. 33–44.
- Виноградова О.М. Суанопрокарйота гіпергалінних екосистем України. – К.: Альтерпрес, 2012. – 200 с.
- Виноградова О.М. Синьозелені водорості екстремальних місцезростань: Автореф. дис. ... докт. біол. наук. – Київ, 2013. – 44 с.
- Виноградова О.М. Суанопрокарйота прибережних солонців Куяльницького лиману // Черномор. бот. журн. – 2016. – 12(1). – С. 85–94.
- Водоросли: Справочник / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк и др. – Киев: Наук. думка, 1989. – 608 с.
- Герасим'юк В.П. Діатомові водорості бентосу Хаджибейського та Куяльницького лиманів (Північно-Західне Причорномор'я): Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – Київ, 1992. – 18 с.
- Герасим'юк В.П., Гусяков Н.Е. Видовой состав диатомовых водорослей бентоса Куяльницького лимана и его эколого-флористическая характеристика // Мат. науч. конф. молод. ученых Одес. ун-та (16–17 мая 1985 г.). – Одесса, 1987. – С. 149–159.
- Герасим'юк В.П., Шихалеева Г.Н., Эннан А.А. Современное видовое разнообразие альгофлоры Куяльницького лимана и сопредельных водоемов // Альгология. – 21(2). – 2011. – С. 226–240.
- Герасим'юк В.П., Эннан А.А., Шихалеева Г.М., Кирюшкина А.Н. Видовое разнообразие Куяльницького лимана и сопредельных водоемов (IV съезд Гидроэкол. общ-ва Украины (Киев, 26–29 сент. 2005 г.) // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту. Сер. Біол. Спец. вип. Гідроекологія. – 2005. – (3). – С. 79–81.
- Герасим'юк В.П., Шихалеева Г.М., Эннан А.А. Еколого-флористичний аналіз водоростей Куяльницького лиману // Вісн. ОНУ. Сер. Біол. – 2006. – 11(1). – С. 93–105.
- Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. – Л.: Наука, 1969. – 228 с.
- Исаченко Б.Л. Микробиологические исследования над грязевыми озёрами. – М.: Изд-во АН СССР. – 1951. – Вып. 2. – С. 26–142.
- Коваленко О.В. Порядок *Chroococcales*. – К.: Арістей, 2009. – 387 с. – (Флора водоростей України. Синьозелені водорості. Т. 1, вип. 1).
- Кондратьева Н.В. Клас Гормогонієві – *Нормогоніофусеае*. – К.: Наук. думка, 1968. – 523 с. – (Визначник прісноводних водоростей УРСР. Т. 1, ч. 2).
- Новаковский А.Б. Возможности и базовые принципы программного модуля «GRAPHS». – Сыктывкар: УО АН РФ, 2004. – Т. 27. – С. 1–28.
- Погрібняк І.І. Фітобентос Куяльницького лиману // Праці Одес. держ. ун-ту. Зб. біол. фак-ту. – 1949. – 4(57). – С. 123–133.

- Погребняк И.И. Донная растительность лиманов Северо-Западного Причерноморья и сопредельных акваторий Черного моря: Автореф. ... дис. докт. биол. наук. – Одесса, 1965. – 31 с.
- Приходькова Л.П. Синезеленые водоросли почв степной зоны Украины. – Киев: Наук. думка, 1992. – 218 с.
- Северо-западная часть Черного моря: биология и экология / Отв. ред. Ю.П. Зайцев, Б.Г. Александров, Г.Г. Миничева. – Киев: Наук. думка, 2006. – 700 с.
- Солоненко А.М. Водорості гіпергалінних водойм північно-західного узбережжя Азовського моря та їх участь в утворенні мулових сульфідних пелоїдів: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Київ, 2015. – 38 с.
- Солоненко А.М., Яровий С.О., Ярова Т.А. Водорості солончаків узбережжя озера Солоне (Запорізьська область) // Вісн. Львів. ун-ту. – 2010. – Вип. 52. – С. 13–19.
- Ткаченко Ф.П. Макрофитобентос Одесских лиманов (Хаджибейского и Куяльницкого) в условиях антропогенного влияния // Сб. науч. наук.-практ. конф. – Одесса, 2001. – С. 85–88.
- Шихалева Г.Н., Кирюшкина А.Н. Методология экологического мониторинга природных ресурсов Куяльницкого лимана // Мат. Всеукр. наук.-практ. конф. «Природно-ресурсний потенціал Куяльницького та Хаджибейського лиманів, території міжліманя: сучасний стан, перспективи розвитку» (18–20 лист. 2015 р., Одеса). – Одеса: ТЕС, 2015. – С. 136–139.
- Шихалева Г.Н., Бабинец С.К., Редько Т.Д. Динамика изменения биогенных веществ в акватории Куяльницкого лимана // Метеорология, климатология и гидрология. – 2004. – Вып. 48. – С. 313–321.
- Шихалева Г.Н., Эннан А.А., Шихалеев И.И., Чурсина О.Д. Динамика гидрохимических показателей поверхностных вод бассейна Куяльницкого лимана // Вісн. ОНУ. Сер. Хімія. – 2011. – 16, вып. 13(39)–14(40). – С. 54–61.
- Шихалева Г.Н., Эннан А.А., Чурсина О.Д., Шихалеев И.И., Кирюшкина А.Н., Кузьмина И.С. Многолетняя динамика водно-солевого режима Куяльницкого лимана // Вісн. ОНУ. Сер. Хімія. – 2013. – 18, вып. 3(47). – С. 60–69.
- Эннан А.А., Шихалева Г.Н., Кирюшкина А.Н. Экологическое состояние Куяльницкого лимана // Мат. Всеукр. наук.-практ. конф. «Природно-ресурсний потенціал Куяльницького та Хаджибейського лиманів, території міжліманя: сучасний стан, перспективи розвитку» (Одеса, 18–20 лист. 2015 р.): Тези доп. – Одеса: ТЕС, 2015. – С. 142–144.
- Эннан А.А., Шихалева Г.Н., Бабинец С.К., Кирюшкина А.Н. Экологическое состояние природной среды лиманно-морского курортного комплекса «Куяльник-Лузановка» и водной экосистемы Куяльницкого лимана // Мат. науч.-практ. конф. «Мониторинг окружающей среды» (18–22 сент. 2006 г., Коктебель): Тез. докл. – Киев: НПЦ Экология, наука, техника, 2006. – С. 35–38.
- Эннан А.А., Шихалева Г.Н., Бабинец С.К., Чурсина О.Д. Экологическое состояние Куяльницкого лимана // Мат. Всеукр. наук.-практ. конф.: Тези доп. – Одеса: Іноваційно-інформ. центр, 2009. – С. 216–221.
- Эннан А.А., Шихалева Г.Н., Шихалеев И.И., Адобовский В.В., Кирюшкина А.Н. Причины и последствия деградации Куяльницкого лимана (Северо-Западное Причерноморье, Украина) // Вестн. ОНУ. Сер. Хімія. – 2014. – 19(51). – С. 60–69.

- Эннан А.А., Шихалева Г.Н., Адобовский В.В., Герасимюк В.П., Шихалеев И.И., Кирюш-кина А.Н. Деградация водной экосистемы куяльницкого лимана и пути ее восстановления // Причорномор. екол. бюл. (Одеса). – 2012. – 1(43). – С. 75–85.
- Яровой С.О. Водорості приморських солончаків Присивасько-Приазовської фізико-географічної області України // Черномор. бот. журн. – 2013. – 9(2). – С. 238–256.
- Яровой С.А., Ярова Т.А., Солоненко А.М. К изучению ослей солончаков Бердянской косы в районе озера Красное // Экол. та ноосферологія. – 2008. – 19(1–2). – С. 169–171.
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1. Cyanoprocaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta and Rhodophyta* / Eds P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. – Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G., 2006. – 755 p.
- Guiry G.M., Guiry M.D. AlgaeBase. World-wide electronic publ., Natl. Univ. Ireland, Galway. 2016. <http://www.algaebase.org>.
- Kiryushkina A.N., Gerasimyuk V.P., Shikhaleeva G.N. Algae ephemeral reservoirs north-western Black Sea // Proc. IV Intern. Young Sci. Conf. «Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution» (Sept. 16–19, 2009, Odessa). – Odessa: Pechat. Dom, 2009. – P. 30–31.
- Komárek J. *Cyanoprocaryota. Heterocystous genera* // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Bd. 19/3. – Berlin; Heidelberg: Springer Speetz., 2013. – 1130 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. *Cyanoprocaryota. 1. Chroococcales* // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Jena: G. Fischer, 1998. – Bd. 19/1. – 548 S.
- Komárek J., Anagnostidis K. *Cyanoprocaryota. 2. Oscillatoriales* // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – München: Elsevier Spectr., 2005. – Bd. 19/2. – 759 S.
- Komárek J., Kaštovský J., Mareš J., Johansen J.R. Taxonomic classification of cyanoprocaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach // Preslia. – 2014. – 86(4). – P. 295–335.

Поступила 1 сентября 2016 г.

Подписала в печать А.В. Лишук-Курейшевич

REFERENCES

- Alekin O.A., *Osnovy gidrokhimii [Basics of hydrochemistry]*, Gidrometeoizdat Publ., Leningrad, 1970, 440 p. (Rus.)
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1, Cyanoprocaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta and Rhodophyta*, P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo (Eds), A.R.A. Gantner Verlag, K.-G., Ruggell, 2006, 755 p.
- Barinova S.S., Medvedeva L.A., and Anisimova O.V., *Bioraznoobrazje vodorosley-indikatorov okruzhayushchey sredy [Biodiversity-environmental indicators algae medium]*, Pil. Stud., Tel-Aviv, 2006, 498 p. (Rus.)
- Ennan A.A., Shikhaleeva G.N., Adobovskiy V.V., Gerasimyuk V.P., Shikhaleev I.I., and Kiryushkina A.N., *Prichornomorskiy ekologichnyy byuleten* (Odesa), 2012, 1(43): 75–85.

- Ennan A.A., Shikhaleeva G.N., Babinets S.K., and Chursina O.D., *Mat. Vseukr. nauk.-prakt. konf. [Mat. Ukr. sci.-pract. conf.]*, Inovatsiyno-inform. tsentr, Odesa, 2009, pp. 216–221. (Rus.)
- Ennan A.A., Shikhaleeva G.N., Babinets S.K., and Kiryushkina A.N., *Mat. nauch.-prakt. konf. «Monitoring okruzhayushchey sredy» (18–22 sent. 2006 g., Koktebel) [Mat. sci.-pract. conf. «Environmental Monitoring» (Sept. 18–22 2006 Koktebel)]*, Ekologiya, nauka, tekhnika, Kiev, 2006, pp. 35–38. (Rus.)
- Ennan A.A., Shikhaleeva G.N., and Kiryushkina A.N., *Mat. Vseukr. nauk.-prakt. konf. «Prirodno-resursniy potentsial Kuyal'nitskogo ta Khadzhibeyskogo limaniv, teritoriyi mizhlimannya: suchasniy stan, perspektivi rozvitku» (18–20 list. 2015 r., Odesa) [Mat. Ukr. sci.-pract. conf. «Natural-resource potentsial Kuyalnik and Hadzhibey estuaries, territory between estuaries: current situation, prospects» (18–20 November, 2015, Odessa)]*, Odessa, 2015, pp. 142–144.
- Ennan A.A., Shikhaleeva G.N., Shikhaleev I.I., Adobovskiy V.V., and Kiryushkina A.N., *Visn. ONU. Ser. Khimiya*, 2014, 19(51): 60–69.
- Gerasim'yuk V.P., *Diatomovi vodorosti bentosu Khadzhibeyskogo ta Kuyal'nitskogo limaniv (Pivnichno-Zakhidne Prichornomor'ya)*, Avtoref. ... dis. kand. biol. nauk [*Diatoms and benthic Khadzhibei and Kuyalnik estuaries (North-Western Black Sea)*], Abstr. PhD Sci. (Biol) Thesis, Kiev, 1992, 18 p. (Ukr.)
- Gerasimyuk V.P., Shikhalyeyeva G.M., and Ennan A.A., *Visnyk ONU. Ser. Biol.*, 2006, 11(1): 93–105.
- Gerasimyuk V.P., Ennan A.A., Shikhaleeva G.M., and Kiryushkina A.N., *Nauk. zap. Ternop. ped. un-tu. Ser. Biol. Hidroekologiya*, 2005, (3): 79–81.
- Gerasimyuk V.P. and Guslyakov N.E., *Mat. nauch. konf. molod. uchenykh Odes. un-ta (16–17 maya 1985 g.) [Mat. sci. conf. of young scientists, Odessa Univ. (16–17 May 1985)]*, Odessa, 1987, pp. 149–159.
- Gerasimyuk V.P., Shikhaleeva G.N., and Ennan A.A., *Algologia*, 2011, 21(2): 226–240.
- Gollerbakh M.M. and Shtina E.A., *Pochvennye vodorosli [Soil algae]*, Nauka Press, Leningrad, 1969, 228 p. (Rus.)
- Guiry M.D. and Guiry G.M., *AlgaeBase. World-wide electronic publ., Natl. Univ. Ireland, Galway*. 2016. <http://www.algaebase.org>.
- Isachenko B.L., *Mikrobiologicheskie issledovaniya nad gryazevymi ozyorami [Microbiological research of mud lakes]*, AN SSSR Press, Moscow, 1951, Vol. 2, pp. 26–142.
- Kiryushkina A.N., Gerasimyuk V.P., and Shikhaleeva G.N. In: *Proc. IV Intn. Young Sci. Conf. «Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution» (Sept. 16–19, 2009, Odessa)*, Pechat. Dom Press, Odessa, 2009, pp. 30–31.
- Komárek J., *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Springer Speetz., Berlin; Heidelberg, 2013, Bd 19(3), 1130 p.
- Komárek J. and Anagnostidis K., *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer, Jena, 1998, Bd 19(1), 548 p.
- Komárek J. and Anagnostidis K., *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Elsevier Spectr., München, 2005, Bd 19(2), 759 p.
- Komárek J., Kaštovský J., Mareš J., and Johansen J.R., *Preslia*, 2014, 86(4): 295–335.
- Kondratyeva N.V., In: *Viznachnik prisnovodnikh vodorostey URSR. Tom 1, ch. 2 [Identification manual of freshwater algae]*, Nauk. dumka Press, Kiev, 1968, Vol. 1, pt 2, 523 p. (Ukr.)

- Kovalenko O.V., *Flora vodorostey Ukrainy. Sinozeleni vodorosti*. Vol. 1, issue 1 [*Flora of algae*], Aristey Publ., Kiev, 2009, Vol. 1, issue 1, 387 p.
- Novakovskiy A.B., *Vozmozhnosti i bazovye printsipy programmnoho modulya «GRAPHS»* [*Features and the basic principles of the program «GRAPHS» module*], Ural Dept. RAS Publ., Syktyvkar, 2004, Vol. 27, pp. 1–28.
- Pogrebnyak I.I., *Donnaya rastitelnost limanov Severo-Zapadnogo Prichernomor'ya i sopredelnykh akvatoriy Chernogo morya*, Avtoref. ... dis. dokt. biol. nauk [*Bottom vegetation estuaries of the Northwest Black Sea and adjacent waters of the Black Sea*], Abstr. Dr. Sci. (Biol.) Thesis, Odessa, 1965, 31 p. (Rus.)
- Pogribnyak I.I., *Pratsi Odes. derzh. un-tu. Zb. biol. fak-tu*, 1949, 4(57): 123–133.
- Prikhodkova L.P., *Sinezelenye vodorosli pochv stepnoy zony Ukrainy* [*Blue green algae soil steppe zone of Ukraine*], Nauk. dumka Press, Kiev, 1992, 218 p. (Rus.)
- Severo-zapadnaya chast Chernogo morya: biologiya i ekologiya* [*The northwestern part of the Black Sea: Biology and Ecology*], Yu.P. Zaytsev, B.G. Aleksandrov, G.G. Minicheva (Eds), Nauk. dumka Press, Kiev, 2006, 700 p. (Rus.)
- Shikhaleeva G.N., Babinets S.K., and Redko T.D., *Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya* [*Meteorology, climatology and hydrology*], 2004, issue 48, pp. 313–321.
- Shikhaleeva G.N., Ennan A.A., Chursina O.D., Shikhaleev I.I., Kiryushkina A.N., and Kuzmina I.S., *Visnik ONU. Ser. Khimiya*, 2013, 18, issue 3(47): 60–69.
- Shikhaleeva G.N., Ennan A.A., Shikhaleev I.I., and Chursina O.D., *Visnyk ONU. Ser. Khimiya*, 2011, 16, issue 13(39)-14(40): 54–61.
- Shikhaleeva G.N. and Kiryushkina A.N., In: *Mat. Vseukr. nauk.-prakt. konf. «Prirodno-resursniy potentsial Kuyal'nitskogo ta Khadzhibeyskogo limaniv, teritoriyi mizhlimannya: suchasniy stan, perspektivi rozvitku» (18–20 list. 2015 r., Odesa)* [*Mat. Ukr. sci.-pract. conf. «Natural-resource potential Kuyalnik and Hadzhibey estuaries, territory between estuaries: current situation, prospects» (18–20 November, 2015, Odessa)*], Odessa, 2015, pp. 136–139.
- Solonenko A.M., *Vodorosti gipergalinnikh vodoyv pivnichno-zakhidnogo uzberezhzhya Azovskogo morya ta yikh uchast v utvorenni mulovikh sulfidnih peloidiv*, Avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk [*Algae ponds hiperhaline northwest coast of the Azov Sea and their participation in the formation of silt sulfide peloids*], Abstr. Dr. Sci. (Biol.) Thesis, Kiev, 2015, 38 p. (Ukr.)
- Solonenko A.M., Yaroviy S.O., and Yarova T.A., *Visnyk Lviv. un-tu*, 2010, (52): 13–19.
- Tkachenko F.P., *Makrofitobentos Odesskikh limanov (Khadzhibeyskogo i Kuyal'nitskogo) v usloviyakh antropogennogo vliyaniya: Mat. nauk.-prakt. konf. [Macrophytobenthos Odessa estuaries (Hadzhibey and Kuyalnic) under conditions of anthropogenic influence: Mat. sci.-pract. conf.]*, Odessa, 2001, pp. 85–88.
- Vinogradova O.M., *Cyanoprokaryota gipergalinnikh ekosistem Ukraini* [*Cyanoprokaryota hiperhalinnyh ecosystems Ukraine*], Alterpres, Kiev, 2012, 200 p. (Ukr.)
- Vinogradova O.M., *Chernomor. bot. zhurn.*, 2016, 12(1): 85–94.
- Vinogradova O.M., *Ukr. fitotsen. zb. Ser. S*, 2006, (24): 33–44.
- Vinogradova O.M., *Sinozeleni vodorosti ekstremalnikh mistsezrostan*, Avtoref. ... dis. dokt. biol. nauk [*Blue Green Algae extreme habitats*], Abstr. Dr. Sci. (Biol.) Thesis, Kiev, 2013, 44 p. (Ukr.)

- Vodorosli: Spravochnik [Algae: directory]*, S.P. Wasser, N.V. Kondrateva, N.P. Masyuk (Eds), Nauk. dumka Press, Kiev, 1989, 608 p.
- Yaroviy S.O., *Chernomor. bot. zhurn.*, 2013, 9(2): 238–256.
- Yarovoy S.A., Yarova T.A., and Solonenko A.M., *Ekol. ta noosferologiya*, 2008, 19(1–2): 169–171.

ISSN 0868-854 (Print)

ISSN 2413-5984 (Online). *Algologia*. 2016, 26(4): 418–438

doi.org/10.15407/alg26.04.418

Tsarenko P.M.^{1, 2}, Ennan A.A.², Shichalyeyeva G.N.², Barinova S.S.³,
Gerasimiuk V.P.^{2, 4}, Ryzhko V.E.⁵

¹N.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine,
2, Tereshchenkivska St., Kiev 01004, Ukraine

²Physical-Chemical Inst. for Environ. and Human Protection of the Ministry of Educat.
and Sci. of Ukraine, NAS of Ukraine,
3, Preobrazhenskaya St., Odessa 65082, Ukraine

³Institute of Evolution, University of Haifa, Israel, Mt Carmel, Haifa 31905, Israel

⁴Odessa Nat. I.I. Mechnikov Univ., Dep. of Botany,
2, Dvorianskaya St., Odessa 65026, Ukraine

⁵Odessa Nat. I.I. Mechnikov Univ., Bot. Garden,
48/50, French Boul., Odessa 65058, Ukraine

CYANOPROKARYOTA OF THE KUYALNIK ESTUARY ECOSYSTEM (UKRAINE)

The role and significance of aquatic-terrestrial *Cyanoprokaryota* in the ecosystem of the Kuyalnik Estuary (the northwestern coast of the Black Sea) are discussed. The ecosystem is characterized by sharp fluctuations in hydrological regime, water area, and salinity of water and soil; also, it undergoes strong antropogenous pollution. In this area 94 taxa of *Cyanoprokaryota* were revealed during long-term observations. Most of the taxa (53.2%) belong to subclass *Oscillatoriophyceidae*. Representatives of *Synechococcophyceidae* (27.7%) and *Nostococccophyceidae* (19.1%) are less diverse. Peculiarities of spatial and temporal distribution of cyanobacteria in the estuary are analyzed. The most diverse and abundant are cyanoprocaryotes in benthic communities. Macroscopic cyanobacterial films may be involved in the process of formation of peloids. It was confirmed that cyanoprocaryotes play a leading role in the aquatic and terrestrial biotopes of the estuary basin due to their environmental sustainability and lability to the fluctuations of salinity, pH, and temperature. Peculiarities of their distribution in the area and the main environmental factors affecting the formation of their species composition are discussed.

Key words: *Cyanoprokaryota*, Kuyalnik Estuary, aquatic-terrestrial forms, species composition, environmental factors, peloids.