

Флористичний склад і таксономічна структура водоростей гіпергалінних водойм північно-західного узбережжя Азовського моря (Україна)

Солоненко А.М., Брен О.Г.

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького,
кафедра ботаніки та садово-паркового господарства,
вул. Гетьманська, 20, Мелітополь 72312, Запорізька обл., Україна
anatol8@ukr.net

Надійшла до редакції 22.06.2020. Після доопрацювання 15.09.2020.

Підписана до друку 17.10.2020. Опублікована 24.12.2020

Реферат. Наведено результати багаторічних альгологічних досліджень гіпергалінних водойм північно-західного узбережжя Азовського моря. Відображено особливості флористичного складу та таксономічної структури водоростей водних (водна товща і дно), водно-наземних (уріз води, пересохлі ложа, зона обсихання) і наземних (незатоплювані підвищені ділянки) середовищ існування. Специфічною рисою досліджуваної альгофлори є відсутність представників деяких відділів водоростей, характерних для солонowodних і незасолених наземних і водних місцезростань на території України. Встановлено, що видовий склад досліджених водойм є збіднілим порівняно з незасоленими і морськими екосистемами. Всього виявлено 123 види водоростей з 7 відділів, 10 класів, 27 порядків, 47 родин і 68 родів. Найбільшою кількістю видів вирізнялися 3 відділи: *Cyanoprocarvota* (65 видів, 52,9% загальної кількості видів), *Bacillariophyta* (26 видів, 21,1%), *Chlorophyta* (22, 17,9%). Перші місця серед 6 провідних порядків займали *Oscillatoriales*, *Nostocales*, *Chroococcales* і діатомові водорості порядку *Naviculales*. Серед родин найбільшою кількістю видів представлені *Nostocaceae*, *Pseudanabaenaceae* і *Phormidiaceae*. Високим видовим багатством відзначилися 23 роди, середній показник якого перевищував 1,81. На всіх таксономічних рівнях альгофлора гіпергалінних водойм демонструвала риси не тільки засолених місцезростань, але й прісноводних, морських і наземних екстремальних екосистем. Така різноманітність водоростей свідчить про мінливий гідрологічний режим, складні зв'язки водообміну і зв'язок гіпергалінних водойм з прилеглими терестріальними та аквальними місцезростаннями.

Ключові слова: водорості, гіпергалінні водойми, солоність, Азовське море, узбережжя, пелоїди

Вступ

Одним з основних природних ресурсів, який використовують в бальнеологічній, медичній та рекреаційній практиці, є пелоїди. В Україні

© Солоненко А.М., Брен О.Г., 2020

найбільш відомі мулові сульфідні пелоїди, які утворюються на дні солоних водойм. Найбільш відомими родовищами в Україні є озера Сакське, Сиваш і Куяльницький лиман. Водночас, пелоїди трапляються і в невеликих водоймах з непостійним гідрологічним режимом (Исаченко, 1951; Водоп'ян, 1970; Герасименко и др., 2003; Samulina et al., 2010). Такі водойми в літературі згадуються як амфібіальні, ефемерні або гіпергалінні (Приходькова, 1971а, б; Виноградова, 2006, 2012; Солоненко, 2011а, б, 2015; Захаров, 2019).

Особливістю території північно-західного узбережжя Азовського моря є наявність численних гіпергалінних водойм. Вони характеризуються частковим або повним пересиханням, а солоність їхніх вод може досягати високих значень. При повному пересиханні на поверхні лож може утворюватися сольова кірка. За таких екстремальних умов відбувається процес утворення мулових сульфідних пелоїдів при активній участі водоростей (Солоненко, 2012; Солоненко и др., 2015; Solonenko, 2014, 2016; Solonenko et al., 2014).

Тому метою нашої роботи було вивчення видового складу і таксономічної структури водоростей, які беруть участь у процесі утворення мулових сульфідних пелоїдів в гіпергалінних водоймах території північно-західного узбережжя Азовського моря.

Матеріали та методи

Проби відбирали на 21 полігоні протягом 1997–2011 рр. у ході маршрутних і стаціонарних досліджень. Полігони розташовувалися на північно-західному узбережжі Азовського моря на території трьох областей – Донецької, Запорізької та Херсонської (рис. 1).

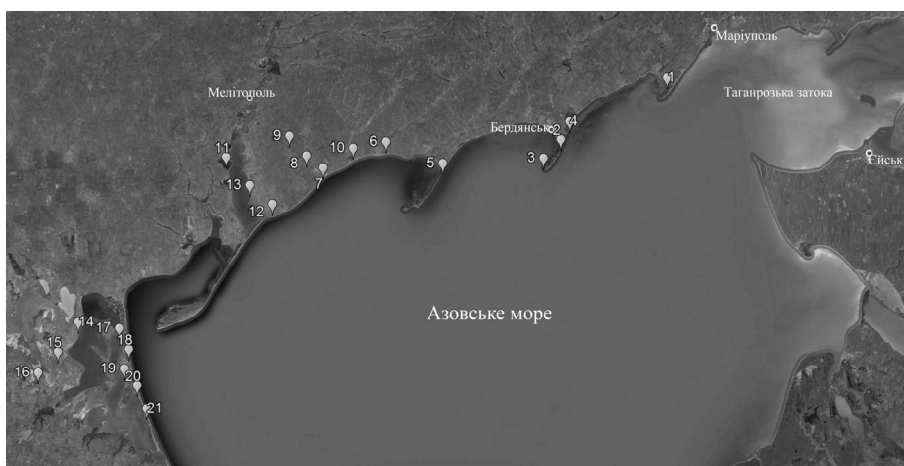


Рис. 1. Полігони дослідження території північно-західного узбережжя Азовського моря

До їхнього складу входили різні за походженням і водним режимом водойми і прилеглі території, які генетично з ними зв'язані (уріз води, пересохлі лежа водойм або зона обсихання) і підвищені незатоплювані ділянки з вищою рослинністю). У водних, водно-наземних і наземних

місцезростаннях відібрано 618, 771 і 396 зразків відповідно. Їх відбирали за методиками, прийнятими в гідробіології та ґрунтовій альгології (Голлебах, Штина, 1969; Абакумов, 1983; Зилов, 2009).

Ідентифікацію водоростей здійснювали за допомогою прямого мікроскопіювання і культуральних методів з використанням ґрунтових, ґрунтово-водних і агарових культур. Культивування проводили на середовищі Болда з нормальним і потрійним вмістом нітрогену (1N BBM і 3N BBM) з додаванням (і без) витяжки з досліджуваного ґрунту (Костіков та ін., 2001).

Водорості ідентифікували з використанням низки визначників: Забелина и др., 1954; Дедусенко-Щеголева, Голлербах, 1962; Huber-Pestalozzi, 1962; Матвієнко, Догадіна, 1978; Виноградова и др., 1980; Кондратьєва, 1984; Мошкова, Голлербах, 1986; Ettl, 1978; Ettl, Gärtner, 1988, 1995; Komárek, Anagnostidis, 1998, 2000.

Для оцінки таксономічних показників і складання систематичного списку водоростей району дослідження використовували систему, наведену в монографіях (Костіков та ін., 2001; Algae..., 2006, 2009, 2011, 2014) з урахуванням сучасних номенклатурних змін окремих видових і внутрішньовидових таксонів (www.algaebase.org).

Результати та обговорення

У ході досліджень виявлено 123 види водоростей з 7 відділів: *Cyanoprokaryota* – 65 видів (52,9% загальної кількості виявлених видів), *Bacillariophyta* – 26 (21,1%), *Chlorophyta* – 22 (17,9%), *Rhodophyta* – 6 (4,9%), *Dinophyta* – 2 (1,6%), *Xanthophyta* і *Cryptophyta* – по 1 виду (по 0,8%) (Солоненко и др., 2004, 2005, 2006а, б, 2008; Солоненко, Разнополов, 2007; Солоненко та ін., 2010; Солоненко, Яровий, 2009а, б, 2011; Яровой и др., 2007, 2008; Черевко та ін., 2008, Yarovy et al., 2007; Solonenko, 2014, 2016; Arabadzhi, 2016; Yarovy et al., 2017; Arabadzhy-Tipenko et al., 2019; Bren, Solonenko, 2019; Maltseva et al., 2019). Зазначені види відносяться до 10 класів, 27 порядків, 47 родин і 68 родів (табл. 1).

На рівні відділів специфіка флористичного спектра водоростей полягає у відсутності представників *Phaeophyta* і *Haptophyta*, які є невід'ємним компонентом морських екосистем. Не знайдено жодного представника відділу *Chrysophyta*, до якого належить численна група морських і прісноводних водоростей. Не виявлено водоростей з відділу *Euglenophyta*, які широко представлені в прісних континентальних водоймах. Не зареєстровані види *Eustigmatophyta*, які є постійними компонентами альгофлори ґрунтів помірною поясу.

Таким чином, структура альгофлори досліджених полігонів північно-західного узбережжя Азовського моря являє собою комбінований варіант, помітно збіднілий у кількісному відношенні видів і відділів.

Унікальність досліджуваної альгофлори ще виразніше простежується за систематичною структурою на рівні порядків (табл. 2). Перші місця серед 6 провідних порядків зайняли *Oscillatoriales*, *Nostocales*, *Chroococcales* і *Naviculales*.

Таблиця 1. Систематична структура водоростей північно-західного узбережжя Азовського моря

Відділ	Кількість, од.				
	класів	порядків	родин	родів	видів (%)*
<i>Cyanoprocarvota</i>	1	3	11	28	65 (52,9)
<i>Xanthophyta</i>	1	1	1	1	1 (0,8)
<i>Bacillariophyta</i>	2	10	15	17	26 (21,1)
<i>Dinophyta</i>	1	1	1	1	2 (1,6)
<i>Cryptophyta</i>	1	1	1	1	1 (0,8)
<i>Rhodophyta</i>	1	2	3	4	6 (4,9)
<i>Chlorophyta</i>	3	9	15	16	22 (17,9)
Всього	10	27	47	68	123

* У дужках вказано відсоток водоростей в межах відділу по відношенню до загальної кількості таксонів, виявлених на всіх полігонах.

Таблиця 2. Провідні порядки альгофлори північно-західного узбережжя Азовського моря

Місце	Порядок	Кількість видів, од.
1	<i>Oscillatoriales</i>	35
2	<i>Nostocales</i>	19
3–4	<i>Chroococcales</i>	11
3–4	<i>Naviculales</i>	11
5–6	<i>Ulvales</i>	5
5–6	<i>Ceramiales</i>	5
Всього видів 91		

Останніми в списку провідних порядків є зелені та червоні водорості (*Ulvales*, *Ceramiales*), які зазвичай входять до числа провідних в різних альгофлорах прісних і солонуватих водойм різних типів (Громов, 2012; Starmach, 1995; Aliya et al., 2009).

Порядки *Chlorococcales*, *Chlorellales*, які переважають у ґрунтових альгофлорах зональних і галофільних типів рослинності України, в досліджуваних біотопах до числа провідних не потрапляють, а *Mischococcales* і *Protosiphonales* взагалі відсутні (Костиков, 1991). Загалом, провідні порядки об'єднують 91 вид водоростей (74,6% загальної кількості виявлених видів водоростей).

Таким чином, структура на рівні порядків визначає унікальний галофільний характер альгофлори досліджуваних середовищ існування та

підтверджує наявність у її складі рис, притаманних прісноводним, ґрунтовим галофільним і морським альгоугрупованням.

Альгофлору досліджуваних полігонів представляють 11 родин, до складу яких входять 77 видів водоростей (62,6%). Їх основу формують, в першу чергу, багатоклітинні ціанопрокаріоти з родин *Nostocaceae*, *Pseudanabaenaceae* і *Phormidiaceae* (табл. 3). Усі вони є складовими провідних в альгофлорі ґрунтів (з різним ступенем засоленості) степової, сухостепової та безлюдно-степової зон (Новичкова-Иванова, 1980; Топачевский, Масюк, 1984; Костіков та ін., 2001).

Таблиця 3. Провідні родини альгофлори північно-західного узбережжя Азовського моря

Місце	Родина	Кількість видів, од.	% загальної кількості видів
1	<i>Nostocaceae</i>	18	14,6
2	<i>Pseudanabaenaceae</i>	16	13
3	<i>Phormidiaceae</i>	8	6,5
4	<i>Oscillatoriaceae</i>	7	5,7
5–7	<i>Ulvaceae</i>	5	4,1
5–7	<i>Merismopediaceae</i>	5	4,1
5–7	<i>Naviculaceae</i>	5	4,1
8	<i>Ceramiceae</i>	4	3,3
9–11	<i>Chamaesiphonaceae</i>	3	2,4
9–11	<i>Schizotrichaceae</i>	3	2,4
9–11	<i>Bacillariaceae</i>	3	2,4
Видів у провідних родинах		77	62,6
Всього видів		123	100

Більшість виявлених ціанопрокаріот мають слизові піхви або обгортки, які складаються з гідрофільних колоїдних полісахаридів і здатні швидко поглинати та утримувати велику кількість води. Така адаптивна риса дозволяє, з одного боку, витримувати посушливі сезони року, з іншого – протидіяти фізіологічному водному дефіциту, обумовленому високою концентрацією солі. Це узгоджується з даними наукових досліджень про домінування наведених вище родин ціанопрокаріот у засолених ґрунтах і амфібіальних екотопах, які періодично затоплюються солоною водою (Виноградова, 2012).

До ведучих відносяться 23 роди, видове багатство яких перевищує середній показник (1,81 виду). Провідні роди розташовуються у порядку зменшення видового багатства: *Leptolyngbya* – 11 видів (9,0% загальної кількості видів), *Nostoc* – 8 (6,6%), *Navicula*, *Anabaena* і *Ulva* – по 5 видів (4,1%), *Phormidium* і *Oscillatoria* – по 4 види (3,3%), *Trichormus*, *Pseudanabaena*, *Schizothrix* і *Ceramium* – по 3 (2,5%), *Amphora*, *Chlorella*, *Cocconeis*, *Craticula*, *Dunaliella*, *Gyrosigma*, *Lyngbya*, *Merismopedia*, *Nitzschia*, *Nodularia*, *Spirulina*, *Ulothrix* і *Prorocentrum* – по 2 види (1,6% кожний).

Провідними родами в різних біотопах є *Ulva* (морські екосистеми), *Dunaliella* (гіпергалінні водойми), *Chlorella* (наземні біотопи). Також істотну роль у формуванні альгофлори досліджуваних полігонів відіграють представники родів з відділів *Cyanoprokaryota* і *Bacillariophyta* з широкою екологічною амплітудою (Забелина и др., 1954; Дедусенко-Щеголева, Голлербах, 1962; Матвієнко, Догадіна, 1978; Виноградова и др., 1980; Кондратьєва, 1984; Мошкова, Голлербах, 1986; Барінова и др., 2006; Huber-Pestalozzi, 1962; Komárek, Anagnostidis, 1998, 2000).

На досліджених полігонах (гіпергалінні водойми, їх пересохлі ложа, уріз води) відзначаються мулові сульфідні пелоїди, в процесі утворення яких беруть участь водорості. Особлива роль, ймовірно, відводиться видам, здатним досягати масового розвитку, утворюючи на поверхні дна макроскопічні розростання, а в товщі води викликати «цвітіння». При цьому головними лімітуючими абіотичними факторами в гіпергалінних водоймах є водний режим і солоність.

Висновки

1. У гіпергалінних водоймах північно-західного узбережжя Азовського моря виявлено 123 види водоростей з 7 відділів: *Cyanoprokaryota* – 65 видів (53%), *Bacillariophyta* – 26 (21%), *Chlorophyta* – 22 (18%), *Rhodophyta* – 6 (5%), *Dinophyta* – 2 (2%), *Xanthophyta* і *Cryptophyta* – по 1 виду (1%).

2. Видовий склад водоростей досліджених полігонів є досить збіднілим. Відсутні типові для флори України представники відділів *Phaeophyta*, *Haptophyta*, *Chrysophyta*, *Euglenophyta* і *Eustigmatophyta*.

3. Переважаючими групами водоростей гіпергалінних водойм виступають трихомальні та одноклітинні ціанопрокаріоти (52,9% загальної кількості виявлених видів). Істотний внесок у видове різноманіття вносять *Chlorophyta* та *Bacillariophyta* (17,9% і 21,1% відповідно).

4. Таксономічний спектр на рівні відділів і на більш низьких рівнях свідчить про те, що альгофлора полігонів поєднує риси прісноводних, морських і наземних галофільних альгогруповань. Така парадоксальна різноманітність представників різних середовищ існування вказує на характерний для приморських гіпергалінних водойм непостійний гідрологічний режим і обмін водними масами з прилеглими терестріальними та аквальними місцезростаннями.

У досліджених гіпергалінних водоймах, їхніх пересохлих ложах і по урізу води спостерігаються відкладення мулових сульфідних пелоїдів. Учасниками пелоїдогенезису є водорості, здатні масово розвиватися та існувати навіть при пересиханні та високих показниках солоності.

Автори висловлюють подяку І.Ю. Костикову, І.А. Мальцевій та С.А. Яровому за консультації при підготовці статті.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Абакумов В.А. 1983. *Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений*. Л.: Гидрометеиздат. 240 с.
- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. *Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды*. Тель-Авив: PiliesStud. 498 с.
- Виноградова О.М. 2006. *Суанопрокарюта* у гіпергалінних місцезростаннях та їх адаптаційні стратегії. *Укр. фітоцен. зб.* С(24): 33–44.
- Виноградова О.М. 2012. *Суанопрокарюта гіпергалінних екосистем України*. Київ: Альтерпрес. 200 с.
- Виноградова К.Л., Голлербах М.М., Зауер Л.М., Сдобникова Н.В. 1980. *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 13. Л.: Наука. 126 с.
- Водоп'ян П.С. 1970. Синьозелені водорості мінералізованих водойм Криму. *Укр. бот. журн.* 37(2): 165–169.
- Герасименко Л.М., Митюшина Л.Л., Намсараев З.Б. 2003. Мати *Microcoleus* из алкалофильных и галофильных сообществ. *Микробиология*. 72(1): 84–92.
- Голлербах М.М., Штина Э.А. 1969. *Почвенные водоросли*. Л.: Наука. 228 с.
- Громов В.В. 2012. Водная и прибрежно-водная растительность северного и западного побережья Азовского моря. *Журн. Сиб. гос. ун-та. Биология*. 5(2): 121–137.
- Дедусенко-Щеголева Н.Т., Голлербах М.М. 1962. *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 5. М., Л.: Изд-во АН СССР. 138 с.
- Забелина М.М., Киселёв И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шещукова В.С. 1954. *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 4. М.: Сов. наука. 311 с.
- Захаров С.Г. 2019. Эфемерные водные объекты как особая группа озеровидных водоемов. *Геогр. вестн.* 48(1): 56–62.
- Зилов Е.А. 2009. *Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем)*. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та. 147 с.
- Исаченко Б.Л. 1951. *Микробиологические исследования над грязевыми озёрами*. Избр. труды. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР. С. 26–142.
- Кондратьева Н.В. 1984. *Визначник прісноводних водоростей Української РСР*. Вип. 1. Київ: Наук. думка. 388 с.
- Костиков И.Ю. 1991. К вопросу о зональных особенностях состава почвенных водорослей. *Альгология*. 1(4): 15–22.
- Костиков И.Ю., Романенко П.О., Демченко Е.М., Дарієнко Т.М., Михайлюк Т.І., Рибчинський О.В., Солоненко А.М. 2001. *Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори)*. Київ: Фітосоціоцентр. 300 с.
- Матвієнко О.М., Догадіна Т.В. 1978. *Визначник прісноводних водоростей Української РСР*. Т. 1. Київ: Наук. думка. 511 с.
- Мошкова Н.А., Голлербах М.М. 1986. *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 10. Л.: Наука. 182 с.
- Новичкова-Иванова Л.Н. 1980. *Почвенные водоросли фитоценозов Сахаро-Гобийской пустынной области*. Л.: Наука. 256 с.
- Приходькова Л.П. 1971а. Азотфіксуючі синьозелені водорості ґрунтів, рисових полів та ефемерних водойм півдня України. *Укр. бот. журн.* 28 (6): 753–758.
- Приходькова Л.П. 1971б. До вивчення розподілу синьозелених водоростей в ефемерних водоймах Присивашся залежно від ступеня солоності води. *Укр. бот. журн.* 28(4): 415–419.

- Солоненко А.М. 2011а. Бактерії-деструктори мортмаси *Cladophora siwaschensis* у ролі амфібіальних ділянок Арабатської стрілки та Бердянської коси. *Мікробіол. і біотехнол.* 2(14): 92–96.
- Солоненко А.Н. 2011б. Характеристика гуминовых веществ в пелоидах засоленных амфибиальных участков Азово-Черноморского бассейна. *Почвоведение.* 12(1–2): 92–94.
- Солоненко А.М. 2012. Фізико-хімічні особливості пелоїдів амфібіальних ділянок Арабатської стрілки та Бердянської коси. *Доп. НАН України.* (1): 171–173.
- Солоненко А.Н., Разнополов О.Н. 2007. Водоросли солончаков прибрежной полосы Молочного лимана. *Грунтознавство.* 8(1–2): 96–100.
- Солоненко А.М., Яровий С.О. 2009а. Анований список водоростей солончаків Степанівської коси. *Чорномор. бот. журн.* 5(4): 617–628.
- Солоненко А.М., Яровий С.О. 2009б. Водорості приморських солончаків півострова Чонгар (Сиваш). *Чорномор. бот. журн.* 5(2): 224–230.
- Солоненко А.М., Яровий С.О. 2011. Водорості солончаків Шелюгівського поду (Запорізька область). *Укр. бот. журн.* 68(3): 399–406.
- Солоненко А.Н., Яровой С.А., Разнополов О.Н. 2004. Почвенные водоросли солончаков побережья Молочного лимана в районе Алтагирского лесничества. *Вісн. Запоріж. держ. ун-ту.* (1): 206–212.
- Солоненко А.Н., Разнополов О.Н., Подорожний С.Н. 2006а. Водоросли солончаков поймы правого берега Молочного лимана. *Вісн. Запоріж. нац. ун-ту.* (1): 142–148.
- Солоненко А.Н., Яровой С.А., Яровая Т.А. 2008. Водоросли солончаков устьевой части реки Корсак и урочища Тубальский лиман. *Бюл. Гос. Никит. бот. сада.* (96): 26–29.
- Солоненко А.М., Яровий С.О., Ярова Т.А. 2010. Водорості солончаків узбережжя озера Солоне (Запорізька область). *Вісн. Львів. ун-ту.* (52): 13–19.
- Солоненко А.Н., Мальцева И.А., Хромышев В.А. 2015. Микробиологический анализ пелоидов амфибиальных водоемов Бердянской косы и Арабатской стрелки. *Доп НАН України.* (5): 154–157.
- Солоненко А.Н., Яровой С.А., Разнополов О.Н., Подорожний С.Н. 2005. Водоросли солончаков побережья залива Сиваша. *Вісн. Запоріж. нац. ун-ту.* (1): 163–167.
- Солоненко А.Н., Яровой С.А., Подорожний С.Н., Разнополов О.Н. 2006б. Водоросли солончаков Степановской и Федотовой кос Северо-Западного побережья Азовского моря. *Грунтознавство.* 7(3–4): 123–127.
- Топачевский А.В., Масюк Н.П. 1984. *Пресноводные водоросли Украинской ССР.* Київ: Вища шк. 336 с.
- Черевко С.П., Костіков І.Ю., Солоненко А.М., Яровий С.О. 2008. Домінуючий комплекс фітопланктону плесів Східного Сиваша. *Чорномор. бот. журн.* 4(2): 207–215.
- Яровой С.А., Солоненко А.Н., Олейник Т.А. 2007. Почвенные водоросли приморских солончаков Бердянской косы в районе озера Красное. В кн.: *Матеріали міжнародної конференції* (Черкаси–Канів, 1–4 квітня 2007 р.). Київ. С. 97–98.
- Яровой С.А., Яровая Т.А., Солоненко А.Н. 2008. К изучению водорослей солончаков Бердянской косы в районе озера Красное. *Екол. та ноосфер.* 19(1–2): 160–162.
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography.* 2006. 2009. 2011, 2014. Vol. 1–4. Eds P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G.
- Aliya R., Zarina A., Shameel M. 2009. Survey of freshwater algae from Karachi, Pakistan. *Pak. J. Bot.* 2(42): 861–870.

- Arabadzhy-Tipenko L.I., Solonenko A.N., Bren A.G. 2019. Cyanoprokaryota of the Salt Marshes at the Pryazov National Natural Park, Ukraine. *Int. J. Algae*. 21(4): 299–310. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i4.10>
- Arabadzhi L.I., Solonenko A.M., Bren O.G., Holubev M.I. 2016. *Cyanoprokaryota* of Tubalskyi Estuary (Azov Sea Basin). *Biol. Bull. Melitop. State Ped. Univ.* 6(3): 414–418.
- Bren O.G., Solonenko A.M. 2019. In: *Advances in Modern Phycology: Mat. VI Int. Conf.* (Kyiv, 15–17 May, 2019). Kyiv. Pp. 20–21.
- Ettl H. 1978. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 3. Stuttgart, New York: G. Fischer Verlag. 530 p.
- Ettl H., Gärtner G. 1988. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 10. Jena: G. Fischer Verlag. 437 p.
- Ettl H., Gärtner G. 1995. *Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen*. Stuttgart, etc.: G. Fischer Verlag. 721 p.
- Huber-Pestalozzi G. 1962. *Das phytoplankton des Süßwassers. Systematik und biologie. Die Binnengewässer*. Bd 16/3. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche. 606 p.
- Iarovy S.A., Kostikov I.Yu., Solonenko A.N. 2007. Macroscopic algae growth on the Azov Sea seaboard solonchak soils. In: *Biology and taxonomy of green algae: Mat. Int. sci.-pract. conf.* (Smolenice-Castle, Slovak, 25–29 June, 2007). P. 46.
- Komárek J., Anagnostidis K. 1998. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 19/1. Jena, etc.: G. Fischer Verlag. 548 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2000. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Teil 2. Jena, etc.: G. Fischer Verlag. 759 p.
- Maltseva I.A., Maltsev Y.I., Bren O.G., Yarova T.A., Pavlenko O.M., Yakoviichuk O.V. 2019. In: *Advances in Modern Phycology: Mat. VI Int. conf.* Kyiv. Pp. 65–67.
- Samylna O.S., Gerasimenko L.M., Shadrin N.V. 2010. Comparative characteristic of the phototroph communities from the mineral lakes of Crimea (Ukraine) and Altai Region (Russia). *Int. J. Algae*. 12(2): 142–158. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v12.i2.40>
- Solonenko A.N. 2014. Some Peculiarities of the Destruction of *Cladophora siwaschensis* C.Meyer (*Chlorophyta*) Organic Matter in Brine. *Int. J. Algae*. 16(3): 256–262. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v16.i3.50>
- Solonenko A.N. 2016. Algae of different biotopes of the Arabat Spit, Azov Sea (Ukraine). *Int. J. Algae*. 18(3): 247–256. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v18.i3.40>
- Solonenko A.N., Khromyshev V.A., Maltsev E.I., Bren A.G. 2014. Amino acid content of benthic macroscopic growths of algae and sediments in hypersaline water bodies. *Int. J. Algae*. 16(4): 392–401. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v16.i4.80>
- Starmach K. 1995. Freshwater algae of the Thala Hills oasis (Enderby Land, East Antarctic). *Polish Polar Res.* 16(3–4): 113–148.
- Yarovy S.O., Arabadzhy L.I., Solonenko A.M., Bren O.G., Maltsev E.I., Matsyura A.V. 2017. Diversity of *Cyanoprokaryota* in sandy habitats in Pryazov National Natural Park (Ukraine). *Ukr. J. Ecol.* 7(2): 91–95.

Підписав до друку П.М. Царенко

REFERENCES

- Abakumov V.A. 1983. *Guidance on methods for hydrobiological analysis of surface water and bottom sediments*. Leningrad: Hydrometeoizdat. 240 p. [Rus.]

- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. 2006. 2009. 2011, 2014. Vol. 1–4. Eds P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G.
- Aliya R., Zarina A., Shameel M. 2009. Survey of freshwater algae from Karachi, Pakistan. *Pak. J. Bot.* 2(42): 861–870.
- Arabadzhy-Tipenko L.I., Solonenko A.N., Bren A.G. 2019. Cyanoprokaryota of the Salt Marshes at the Pryazov National Natural Park, Ukraine. *Int. J. Algae.* 21(4): 299–310. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i4.10>
- Arabadzhi L.I., Solonenko A.M., Bren O.G., Holubev M.I. 2016. *Cyanoprokaryota* of Tubalskyi Estuary (Azov Sea Basin). *Biol. Bull. Melitop. State Ped. Univ.* 6(3): 414–418.
- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. 2006. *Biodiversity of Environmental Indicator Algae*. Tel Aviv: Pilies Stud. 498. [Rus.]
- Bren O.G., Solonenko A.M. 2019. In: *Advances in Modern Phycology: Abstracts VI Int. Conf.* (Kyiv, 15–17 May, 2019). Kyiv. Pp. 20–21.
- Cherevko S.P., Kostikov I.U., Solonenko A.M., Yaroviy S.O. 2008. The dominant complex of phytoplankton of the Eastern Sivash plains. *Chornomor. Bot. J.* 4(2): 207–215.
- Dedusenko-Schegoleva N.T., Hollerbach M.M. 1962. *Key to freshwater algae of USSR. Xanthophyta*. Moscow, Leningrad: AS USSR Press. 138 p. [Rus.]
- Ettl H. 1978. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 3. Stuttgart, New York: G. Fischer Verlag. 530 p.
- Ettl H., Gärtner G. 1988. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 10. Jena: G. Fischer Verlag. 437 p.
- Ettl H., Gärtner G. 1995. *Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen*. Stuttgart, etc.: G. Fischer Verlag. 721 p.
- Gerasimenko, L.M., Mityushina, L.L., Namsaraev B.B. 2003. Microcoleus mats from alkaliphilic and halophilic communities. *Microbiology*. 72(1): 71–79.
- Gromov V.V. 2012. Aquatic and coastal-aquatic vegetation of the northern and western coasts of the Azov Sea. *J. Sib. State Univ. Biology*. 5(2): 121–137.
- Hollerbach M.M., Shtina E.A. 1969. *Soil algae*. Leningrad: Nauka. 228 p. [Rus.]
- Huber-Pestalozzi G. 1962. *Das phytoplankton des Süßwassers. Systematik und biologie. Die Binnengewässer*. Bd 16/3. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche. 606 p.
- Iarovyi S.A., Kostikov I.Yu., Solonenko A.N. 2007. In: *Biology and taxonomy of green algae: Mat. Int. sci.-pract. conf.* (Smolenice-Castle (Slovak), 25–29 June, 2007). P. 46.
- Isachenko B.L. 1951. *Microbiological studies of mud lakes: Selected Works*. Vol. 2. Moscow: AS USSR Press. Pp. 26–142. [Rus.]
- Komárek J., Anagnostidis K. 1999. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 19/1. Jena, etc.: G. Fischer Verlag. 548 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Teil 2. Jena, etc.: G. Fischer Verlag. 759 p.
- Kondratyeva N.V. 1984. *Key to freshwater algae of Ukrainian SSR*. Kyiv: Naukova Dumka. 388 p. [Ukr.]
- Kostikov I.Yu. 1991. On the problem of zonal features in the composition of soil algae. *Algologia*. 4(1): 15–22.
- Kostikov I.Yu., Romanenko P.O., Demchenko E.M., Darinko T.M., Mikhaylyuk T.I., Ribchinsky O.V., Solonenko A.M. 2001. *Soil Algae of Ukraine (history and methodology, system, abstract of flora)*. Kyiv: Phytosociocenter. 300 p. [Ukr.]
- Maltseva I.A., Maltsev Y.I., Bren O.G., Yarova T.A., Pavlenko O.M., Yakoviichuk O.V. 2019. In: *Advances in Modern Phycology: Mat. VI Int. conf.* Kyiv. Pp. 65–67.

- Matviyenko O.M., Dogadina T.V. 1978. *Identification manual of freshwater algae of the Ukrainian SSR*. Issue 10. Kyiv: Naukova Dumka. 512 p. [Ukr.]
- Moshkova N.A., Hollerbach M.M. 1986. *The determinant of freshwater algae of the USSR*. Issue 10. Leningrad: Nauka. 357 p. [Rus.]
- Novichkova-Ivanova L.N. 1980. *Soil algae of phytocenoses of Sahara-Gobi desert province*. Leningrad: Nauka. 256 p. [Rus.]
- Prikhodkova L.P. 1971a. Nitrogen fixing blue green algae of soils, rice fields and ephemerical basins of Ukraine. *Ukr. Bot. J.* 28(6): 753–758.
- Prikhodkova L.P. 1971b. Prior to the study of the distribution of blue-green algae in the episthereal reservoirs of Prisivashia depending on the degree of salinity of the water. *Ukr. Bot. J.* 28(4): 415–419.
- Samylyna O.S., Gerasimenko L.M., Shadrin N.V. 2010. Comparative characteristic of the phototroph communities from the mineral lakes of Crimea (Ukraine) and Altai Region (Russia). *Int. J. Algae*. 12(2): 142–158. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v12.i2.40>
- Solonenko A.M. 2011. Bacteria-destructors of mortmass *Cladophora siwaschensis* in brine of the amphibian areas on the Arabat spit and the Berdyansk foreland. *Microbiol. & Biotechnol.* 2(14): 92–96.
- Solonenko A.N. 2011. Characterization of humic substances in the peloids of saline amphibian areas of the Azov-Black Sea basin. *Soil Sci.* 12(1–2): 92–94.
- Solonenko A.M. 2012. Physical and chemical peculiarities of the peloids' amphibian areas of the Arabat spit and the Berdyansk foreland. *Rep. NAS Ukraine*. (1): 171–173.
- Solonenko A.N. 2014. Some peculiarities of the destruction of *Cladophora siwaschensis* C.Meyer (*Chlorophyta*) organic matter in brine. *Int. J. Algae*. 16(3): 256–262. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v16.i3.50>
- Solonenko A.N. 2016. Algae of different biotopes of the Arabat Spit, Azov Sea (Ukraine). *Int. J. Algae*. 18(3): 247–256. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v18.i3.40>
- Solonenko A.N., Raznopolov O.N. 2007. Algae of salt marshes of the coastal strip of Molochnyi Estuary. *Soil Sci.* 8(1–2): 96–100.
- Solonenko A.M., Yaroviy S.O. 2009. Algae of the seacoast solonchaks of the Chongar Peninsula (Syvash). *Chornomor. Bot. J.* 5(2): 224–230.
- Solonenko A.M., Yaroviy S.O. 2009. Annotated list of algae from the solonchak of Stepaniv'ska Spit. *Chornomor. Bot. J.* 5(4): 617–628.
- Solonenko A.M., Yaroviy S.O. 2011. Algae from the solonchak in the Sheliugivsky pod (Zaporizhzhya Region). *Ukr. Bot. J.* 68(3): 399–406.
- Solonenko A.N., Yarovoy S.A., Raznopolov O.N. 2004. Soil algae of solonchaks on the coast of Molochnyi Estuary in the Altagir forestry area. *Bull. Zaporizh. Nat. Univ.* (1): 206–212.
- Solonenko A.N., Raznopolov O.N., Podorozhny S.N. 2006. Algae of salt marshes of the floodplain of the right bank of the Molochnyi Estuary. *Bull. Zaporizh. Nat. Univ.* (1): 142–148.
- Solonenko A.N., Yarovaya S.A., Yarovaya T.A. 2008. Algae from the solonchak of the mouth parts of River Korsak and the natural boundary Tubalskyi estuary. *Bull. State Nikit. Bot. Garden.* (96): 26–29.
- Solonenko A.M., Yaroviy S.O., Yarova T.A. 2010. The growth of salt marshes on the shore of Lake Solone (Zaporizhzhya region). *Bull. Lviv Univ. Ivan Franko.* (52): 13–19.
- Solonenko A.N., Maltseva I.A., Khromyshev V.A. 2015. Microbiological analysis of peloids of amphibian reservoirs of the Berdyansk spit and the Arabat spit. *Rep. NAS Ukraine*. (5): 154–157.

- Solonenko A.N., Yarovoy S.A., Raznopolov O.N., Podorozhny S.N. 2005. Algae of salt marshes of the coast of the Sivash Bay. *Bull. Zaporizh. Nat. Univ.* (1): 163–167.
- Solonenko A.N., Yarovoy S.A., Podorozhny S.N., Raznopolov O.N. 2006. Algae of solonchaks of Stepanovskaya and Fedotova spits of the North-West coast of the Azov Sea. *Soil Sci.* 7(3–4): 123–127.
- Solonenko A.N., Khromyshev V.A., Maltsev E.I., Bren A.G. 2014. Amino acid content of benthic macroscopic growths of algae and sediments in hypersaline water bodies. *Int. J. Algae.* 16(4): 392–401. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v16.i4.80>
- Starmach K. 1995. Freshwater algae of the Thala Hills oasis (Enderby Land, East Antarctic). *Polish Polar Res.* 16(3–4): 113–148.
- Topachevsky A.V., Masyuk N.P. 1984. *Freshwater algae of the Ukrainian SSR*. Kyiv: Naukova Dumka. 336 p. [Rus.]
- Vinogradova O.M. 2006. Cyanoprocaryota in hypersaline environments and their adaptational strategies. *Ukr. Phytosociol. Collect.* C(24): 33–44.
- Vinogradova O.N. 2012. *Cyanoprokaryota of hyperhaline ecosystems of Ukraine*. Kyiv: Alterpress. 200 p. [Ukr.]
- Vinogradova K.L., Hollerbach M.M., Sauer L.M. 1980. *Key to freshwater algae of USSR*. Issue 13. Leningrad: Nauka. 248 p. [Rus.]
- Vodop'yan P.S. 1970. Blue-green algae of the mineralized waters of Crimea. *Ukr. Bot. J.* 37(2): 165–169 p.
- Yarovoy S.A., Solonenko A.N., Oleinik T.A. 2007. *Soil algae of the coastal solonchaks of the Berdyansk spit in the area of Krasne Lake*: Mat. Int. conf. (Cherkasy–Kaniv, 1–4 Apr., 2007). Kyiv. Pp. 97–98. [Rus.]
- Yarovy A.A., Yarovaya T.A., Solonenko A.N. 2008. To the study of algae in of the solonchaks of the Berdyansk spit in the area of Krasnoe Lake. *Ecology and noospher.* 19(1–2): 160–162.
- Yarovy S.O., Arabadzhy L.I., Solonenko A.M., Bren O.G., Maltsev E.I., Matsyura A.V. 2017. Diversity of *Cyanoprokaryota* in sandy habitats in Pryazov National Natural Park (Ukraine). *Ukr. J. Ecol.* 7(2): 91–95.
- Zabelina M.M., Kiselev I.A., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova V.S. 1954. *Key to freshwater algae of the USSR*. Issue 4. Moscow: Sov. Nauka. 311 p. [Rus].
- Zakharov S.G. 2019. Ephemeral water bodies as a special group of lake-shaped water bodies. *Geogr. Bull.* 48(1): 56–62.
- Zilov E.A. 2009. *Hydrobiology and water ecology (organization, functioning and pollution of aquatic ecosystems)*. Irkutsk: Irkutsk. State Univ. 147 p. [Rus.]

Solonenko A.M., Bren O.G. 2020. **Floristic composition and taxonomic structure of algae in the hyperhaline reservoirs of the northwestern Azov Sea coast (Ukraine)**. *Algologia*, 30(4): 393–405.

Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Department of Botany and Landscape Gardening,
20 Hetmanska Str., Melitopol 72312, Zaporizhzhya Region, Ukraine

The article represents the results of long-term algological studies of hyperhaline reservoirs of the northwestern coast of the Azov Sea. The features of the floristic composition and taxonomic structure of algae in aquatic (water column and bottom), aquatic-terrestrial (water's edge, dried up

water bodies, drying area) and terrestrial (elevated non-flooding areas) habitats of these objects are displayed. A specificity of the studied algoflora lies in the absence of representatives of certain characteristic phyla for the salt-water and non-saline land and water habitats of the territory of Ukraine. It was established that species composition of the studied reservoirs is depleted in comparison with other non-saline and marine ecosystems. Totally, 123 algae species were identified. They represent 7 phyla, 10 classes, 27 orders, 47 families, 68 genera. The largest number of species included three phyla: *Cyanoprocarvota* – 65 species (52.9% of the total number of identified species), *Bacillariophyta* – 26 (21.1%), *Chlorophyta* – 22 (17.9%). The first places among the six leading orders were taken by cyanoprocarvotes from *Oscillatoriales*, *Nostocales*, *Chroococcales* and diatoms from *Naviculales*. The most numerous species at the family level are trichomous cyanoprocarvotes from *Nostocaceae*, *Pseudanabaenaceae*, and *Phormidiaceae*. There were found 23 leading genera – their species richness exceeds the average indicator (1.81 species). According to the results of original studies, it was noted that all taxonomic levels of algoflora of the hyperhaline reservoirs shows features of not only saline habitats, but also of the freshwater, marine and terrestrial extreme ecosystems. Such diversity of the algal population indicates an unstable hydrological regime and complex relations of water exchange between the hyperhaline reservoirs and nearby terrestrial and aquatic habitats.

Key words: algae, hyperhaline, reservoir, salinity, Azov Sea, coast, peloids