

ISSN 0868-854 (Print)

ISSN 2413-5984 (Online). *Algologia*. 2019, 29(3): 287–297

<https://doi.org/10.15407/alg29.03.287>

СТЕПАНЬЯН О.В.

Федеральный исследовательский центр, Южный научный центр РАН,
пр. Чехова 41, Ростов-на-Дону 344006, Россия
step@ssc-ras.ru

РАСШИРЕНИЕ АРЕАЛА *ULVA MAEOTICA* И *CLADOPHORA SIWASCHENSIS* (*CHLOROPHYTA*, *CHLOROPHYCEAE*) В АЗОВСКОМ И ЧЕРНОМ МОРЯХ

Показаны тенденции изменения пространственного распределения видов-эндемиков в Азовском и Черном морях на примере макроводорослей *Cladophora siwaschensis* С.Мейер и *Ulva maeotica* Proshkina-Lavrenko) Р.Тсаренко. Эти водоросли расширяют ареалы своего обитания и осваивают новые биотопы в Азовском и Черном морях. В 2000–2010 гг. *U. maeotica* была обнаружена в районе Керченского пролива, в Темрюкском заливе и Бейсугском лимане Азовского моря, в лиманах Цокур, Бугазский, Витязевский, а также в лиманах косы Тузла (Таманский п-ов), где она обитала при солености до 40‰ и высокой трофности вод. В начале 2010-х гг. водоросль отмечена на морском побережье Крыма. Такое стремительное освоение новых биотопов этими макроводорослями может быть связано с климатическими изменениями в Азовском и Черном морях, потеплением и снижением прозрачности поверхностных вод, усилением эвтрофикации на отдельных участках прибрежной зоны Черного моря. Очевидно, такие изменения в морской среде благоприятны для распространения *U. maeotica* и *C. siwaschensis* на большей части азовской и черноморской прибрежных зон. Активное строительство и загрязнение воды, особенно в Черном море, угрожает обитанию в лиманах этих эндемиков. Возможный путь активной экспансии *U. maeotica* и *C. siwaschensis* — проникновение в мелководные солоноводные прибрежные лиманы-озера, где они могут развиваться в массовом количестве и относительно быстро осваивать новые биотопы. Новые находки и распределение водорослей-эндемиков в Азовском и Черном морях свидетельствует о том, что дальнейшее повышение температуры и снижение прозрачности морской воды являются оптимальными условиями для их распространения на большей части азовской, черноморской и, вероятно, средиземноморской прибрежных акваторий и лиманов.

Ключевые слова: *Ulva maeotica*, *Cladophora siwaschensis*, Черное море, Азовское море, эндемики

Введение

Оценка современного видового разнообразия макроводорослей Азовского и Черного морей является актуальной задачей. Изменения во

© Степаньян О.В., 2019

флоре водорослей могут быть хорошим показателем влияния глобальных и региональных климатических изменений на морскую биоту (Миничева и др., 2009, 2018; Minicheva et al., 2010, 2014; Merzouka, Johnson, 2011). Особый интерес представляет реакция макроводорослей, в т. ч. эндемиков Азовского и Черного морей, на современные климатические изменения в регионах, где наблюдается потепление поверхностного слоя и изменения прозрачности воды. Эндемики – виды, роды, семейства или другие таксоны животных и растений, представители которых обитают на относительно ограниченном ареале, представленном небольшой географической областью (Кафанов, Кудряшов, 2000). Часто они занесены в Красные книги и являются редкими и исчезающими видами. В то же время они способны осваивать новые местообитания и могут стать видами-вселенцами (Adey et al., 2008).

Цель данной работы – на примере макроводорослей-эндемиков *Cladophora siwaschensis* и *Ulva maeotica* показать тенденции изменения пространственного распределения видов в Азовском и Черном морях.

Материалы и методы

Образцы водорослей отбирали в Азовском и Черном морях (северокавказское побережье), в Керченском проливе летом в 2000–2015 гг. Для качественной и количественной оценки проб использовали стандартные гидробиологические методы (Громов, 1973): гидробиологические разрезы (до глубины 10 м) и пробные площадки (рамка 0,25 м²). При анализе распределения водорослей-эндемиков учитывали литературные данные (Зинова, 1967; Виноградова, 1974; Калугина-Гутник, 1975; Садогурский, 2001, 2006, 2007; Мильчакова, 2002, 2003; Ткаченко, 2004; Костенко и др., 2005, 2009; Мильчакова и др., 2006; Миничева, 2007; Маслов, 2008; Ткаченко и др., 2008, 2012; Миничева и др., 2009; Теюбова, Мильчакова, 2011а, б; Никитина, Лисовская, 2013; Aysel et al., 1995, 1996, 2004, 2008; Milchakova, 2011; Minicheva et al., 2014; Guiry, Guiry, 2018).

Результаты и обсуждение

В 1970-х гг. в Черном и Азовском морях было отмечено 7 видов водорослей-эндемиков этих морей (Калугина-Гутник, 1975): зеленые водоросли – *Chaetomorpha zernovii* Woronichin, *Ulva maeotica* Proshkina-Lavrenko (= *Ulva maeotica* (Proshkina-Lavrenko) P.Tsarenko), *Epicladia pontica* Rochlina, *Pseudulvella nadsonii* Rochlina (= *Ulvella nadsonii* (Rochlina) Gallardo et al.); красные водоросли – *Laurencia coronopus* J.Agardh, *Dasyopsis apiculata* (C.Agardh) A.Zin. (= *Dasya apiculata* (C.Agardh) J.Agardh), *Gelidiella antipai* Celan (= *Parviphycus antipae* (Celan) B.Santelices).

Зеленую водоросль *C. siwaschensis*, описанную как эндемик (Зинова, 1967), А.А. Калугина-Гутник (1975) отнесла к нижебореальным видам,

указав при этом, что это редкий вид, встречающийся только в районе Керченского пролива и в Каспийском море. В настоящее время он приводится как эндемик Черного моря (Guiry, Guiry, 2018). По данным А.А. Калугиной-Гутник (1975), в Азовском море и крымских лиманах обитает 1 эндемичный вид – *U. maeotica*. Три вида водорослей: *D. apiculata*, *U. nadsonii* и *E. pontica* встречаются исключительно в прибрежной акватории южного берега Крыма, причем последние 2 вида находили на глубине 30–50 м. На такой же глубине в западной части Крыма в Егорлыцко-Тендровского районе была отмечена *C. zernovii* (Калугина-Гутник, 1975). Некоторые водоросли-эндемики южного берега Крыма, например *U. nadsonii* и *E. pontica*, не обнаруживаются в последние годы и, вероятно, они исчезли.

Наиболее распространены в прибрежных районах Черного моря (за исключением одесского побережья и филлофорного поля Зернова) *L. coronopus*, являющаяся также эндемиком Средиземного моря, и *P. antipae*, встречающаяся в северной части Черного моря (западная и южная части Крыма, побережье Румынии и Болгарии). В последние годы *P. antipae* рассматривается как борельно-тропический вид с широким ареалом – от Черного и Средиземного морей до тропической и субтропической Атлантики и Пацифики (Guiry, Guiry, 2018), поэтому он должен быть исключен из списка эндемиков Черного моря.

Часть видов-эндемиков внесены в Красную книгу Украины (Червона..., 2009) как редкие исчезающие. Это *C. zernovii*, *C. siwaschensis*, *U. maeotica*, *L. coronopus* и *D. apiculata*.

В 1990-х гг. из Каспийского моря в Азовское и Черное моря проникли 2 вида макроводорослей – *Osmundea caspica* и *Ectocarpus caspicus*, которые Н.А. Мильчакова (2002) отнесла к понто-каспийским реликтам. Вероятно, они попали вместе с обрастаниями днища судов класса река-море.

Чтобы проследить тенденцию изменения пространственного распределения водорослей в Азовском и Черном морях в середине XX – начале XXI вв. полученные нами данные были сопоставлены с литературными (Садогурский, 2001, 2006, 2007; Ткаченко, 2004; Костенко и др., 2005, 2009; Маслов, 2008; Ткаченко и др., 2008, 2012; Теюбова, Мильчакова, 2011а, б; Никитина, Лисовская, 2013; Aysel et al., 1995, 1996, 2004, 2008; Milchakova, 2011; Minicheva et al., 2014), данные AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2018) (см. рисунок).

В последние годы *U. maeotica* и *C. siwaschensis* расширяют ареалы обитания и осваивают новые биотопы в Азовском и Черном морях. Так, в 2000–2010 гг. *U. maeotica* обнаружена в районе Керченского пролива, в Темрюкском заливе и Бейсугском лимане Азовского моря, лиманах Цокур, Бугазский, Витязевский, в лиманах косы Тузла (Таманский п-ов), где она обитала при солености до 40‰ и высокой трофности вод, в начале 2010-х гг. отмечена на морском побережье Крыма.

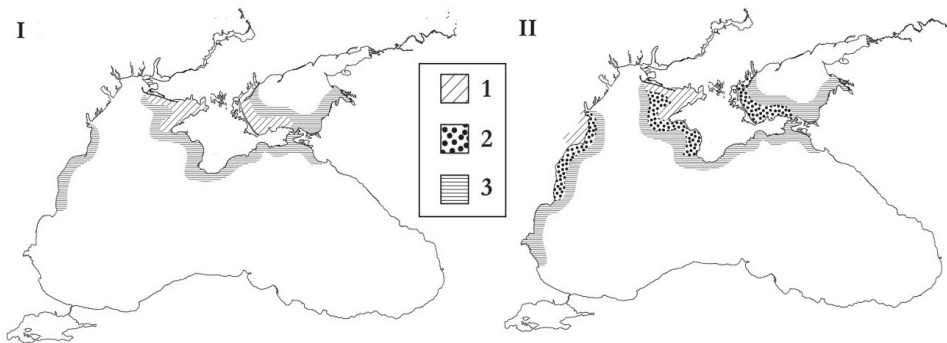


Рисунок. Пространственное распределение водорослей-эндемиков *Cladophora siwaschensis* (I) и *Ulva maeotica* (II) в Азовском и Черном морях в XX – начале XXI вв.: 1 – по Зиновой (1967); 2 – Калугиной-Гутник (1975); 3 – оригинальные данные

На наш взгляд, такое стремительное освоение этими водорослями новых биотопов может быть следствием климатических изменений в Азовском и Черном морях (Степаньян, 2009, 2012, 2014, 2016). Изменение прозрачности в Черном море в начале 2000-х гг. связывают с катастрофическим развитием кокколитофорид (Микаэлян и др., 2011), обусловленным потеплением морских вод (Kontoyiannis et al., 2012). Усиление эвтрофикации морских вод на отдельных участках прибрежной зоны Черного моря (Oguz, Velikova, 2010) привело к появлению новых биотопов, которые осваивают эти виды зеленых водорослей. Вероятно, такие изменения в морской среде благоприятны для распространения *U. maeotica* и *C. siwaschensis*. Активное строительство на побережье и загрязнение промышленными и хозяйственными стоками, особенно в Черном море, угрожает обитанию в лиманах эндемиков *U. maeotica* и *C. siwaschensis*.

Такая тенденция потепления поверхностного слоя воды в Черном море не характерна для его северо-западной части (одесское побережье и северная часть румынского побережья). В эти районы активно проникают дальние вселенцы – водоросли холодноводного комплекса. Вероятный источник инвазий – балластные воды морских судов. Как пример, можно привести успешное вселение и акклиматизацию в 1990-х гг. в район одесского побережья арктическо-бореальной бурой водоросли *Desmarestia viridis* (O.F.Müller) J.V.Lamouroux, которая с весны 2015 г. образует новое сообщество с «северным» вселенцем, представителем порядка *Laminariales* – *Halosiphon tomentosus* (Lyngbye) Jaasund (= *Chorda tomentosa* Lyngbye) (Миничева, Еременко, 1993; Minicheva, 2015). За 20 лет ареал *D. viridis* в Черном море незначительно увеличился за счет вселенцев из румынского сектора моря, но по-прежнему локализован в наиболее холодном участке моря.

Если *U. maeotica* и *C. siwaschensis* в настоящее время активно расширяют свое присутствие в Черном море, можно предположить наиболее вероятный путь их распространения. Так, проникая в

мелководные солоноватоводные прибрежные лиманы-озера, макроводоросли могут быстро адаптироваться к новым условиям и массово развиваться. Возможен также перенос их ветром или попадание в море через размытые песчаные пересыпи, отделяющие эти лиманы от моря, и (или) транспортировка западным ответвлением основного черноморского течения. Таким образом, указанные макроводоросли могут относительно быстро распространиться в прибрежных районах Румынии, Болгарии и Турции, а затем попасть в лиманы Средиземного моря. Распространение из района их первичного обитания – российского побережья до Румынии (около 1000 км) заняло примерно 10–15 лет, расстояние до пролива Босфор (около 400 км) может занять времени вдвое меньше. В ближайшие годы *U. maeotica* и *C. siwaschensis*, вероятно, появятся в Бургасских лиманах (Болгария), оз. Дурусу (Турция) и прилегающих морских акваториях.

Автор благодарит рецензента и д.б.н. Г.Г. Миничеву за конструктивные замечания при подготовке статьи. Исследования проведены в рамках субсидии № АААА-А18-118122790121-5 и проекта РФФИ 18-29-05078.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Виноградова К.Л. 1974. *Ульвовые водоросли (Chlorophyta) морей СССР*. Л.: Наука. 168 с.
- Громов Б.В. 1973. Методика подводных фитоценологических исследований. В кн. *Гидробиологические исследования северо-восточной части Черного моря*. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростов. гос. ун-та. С. 69–72.
- Зинова А.Д. 1967. *Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР*. М., Л.: Наука. 398 с.
- Калугина-Гутник А.А. 1975. *Фитобентос Черного моря*. Киев: Наук. думка. 248 с.
- Кафанов А.И., Кудряшов В.А. 2000. *Морская биогеография*. М.: Наука. 176 с.
- Костенко Н.С., Дикий Е.А., Заклецкий А.А., Марченко В.С. 2005. Многолетние изменения в сообществах макрофитобентоса района Карадага (Крым, Черное море). *Мор. экол. журн.* 1: 48–60.
- Костенко Н.С., Дикий Е.А., Заклецкий А.А., Марченко В.С. 2009. Воздействие экстремальных штормов на прибрежную донную растительность Карадагского природного заповедника НАН Украины. В кн.: *Сборник научных трудов, посвященный 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника НАН Украины*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. С. 327–343.
- Маслов И.И. 2008. Альгофлора заповедных морских акваторий Крымского полуострова: макрофитобентос. В кн.: *Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века*. Мат. Всерос. конф. (Петрозаводск, 22–27 сент. 2008 г.). Петрозаводск: Карел. Науч. центр РАН. С. 60–62.
- Микаэлян А.С., Силкин В.А., Паутова Л.А. 2011. Развитие кокколитофорид в Черном море: межгодовые и многолетние изменения. *Океанология*. 51(1): 45–53.

- Мильчакова Н.А. 2002. Бурые водоросли Черного моря: систематический состав и распространение. *Альгология*. 12(3): 324–337.
- Мильчакова М.А. 2003. Макрофитобентос. В кн.: *Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор)*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. С. 152–208.
- Мильчакова Н.А. 2003. Систематический состав и распространение зеленых водорослей-макрофитов (*Chlorophyceae* Wille s.l.) Черного моря. *Альгология*. 13(1): 70–82.
- Мильчакова Н.А., Айзель В., Эрдуган Х. 2006. Систематический состав и распространение красных водорослей (*Rhodophyceae*, excl. *Ceramiales*) Черного моря. *Альгология*. 17(2): 227–245.
- Миничева Г.Г. 2007. Современная морфофункциональная трансформация сообществ макрофитов Филлофорного поля Зернова. *Альгология*. 17(2): 171–190.
- Миничева Г.Г., Ерёмченко Т.И. 1993. Альгологические находки в северо-западной части Чёрного моря. *Альгология*. 3(4): 83–87.
- Миничева Г.Г., Косенко М.Н., Швец А.В. 2009. Фитобентос большого и малого Филлофорных полей, как отражение современного экологического состояния северо-западной части Черного моря. *Мор. экол. журн.* 4(8): 24–40.
- Миничева Г.Г., Большаков В.Н., Калашник Е.С., Зотов А.Б., Маринец А.В. 2018. Оценка реакции альгосообществ черноморских экосистем на воздействие климатических факторов. *Альгология*. 28(2): 121–135. <https://doi.org/10.15407/alg28.02.121>
- Никитина В.Н., Лисовская О.А. 2013. Макрофитобентос верхних отделов береговой зоны российского побережья Черного моря. В кн.: *Труды СПб. общ-ва естествоиспыт.* СПб.: СПбГУ. 132 с.
- Садогурский С.Е. 2001. К изучению макрофитобентоса заповедных акваторий Каркинитского залива (Черное море). *Альгология*. 11(3): 342–357.
- Садогурский С.Е. 2006. Макрофитобентос водоемов острова Тузла и прилегающих морских акваторий (Керченский пролив, Украина). *Альгология*. 16(3): 337–354.
- Садогурский С.Е. 2007. К изучению макрофитобентоса у черноморского побережья Керченского полуострова (Крым). *Альгология*. 17(3): 345–360.
- Степаньян О.В. 2009. Распределение макроводорослей и морских трав Азовского моря, Керченского пролива и Таманского залива. *Океанология*. 49(3): 393–399.
- Степаньян О.В. 2012. Макроводоросли и морские травы Азовского моря, Керченского пролива и Таманского залива. В кн.: *Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна*. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН. С. 158–164.
- Степаньян О.В. 2014. Современное разнообразие макроводорослей Азовского, Черного и Каспийского морей. *Докл. АН*. 458(2): 229–232.
- Степаньян О.В. 2016. Как меняется фитобентос южных морей России? *Природа*. 2: 32–42.
- Теубова В.Ф., Мильчакова Н.А. 2011а. Флористическое разнообразие макрофитов российского шельфа Чёрного моря (от м. Панагия до м. Видный). В кн.:

- Состояние экосистем шельфовой зоны Чёрного и Азовского морей в условиях антропогенного воздействия. Краснодар: Кубанск. гос. ун-т. С. 152–165.
- Телюбова В.Ф., Мильчакова Н.А. 2011б. Эколого-фитоценотическая структура макрофитобентоса открытого побережья Чёрного моря (от м. Панагия до м. Видный). В кн.: *Состояние экосистем шельфовой зоны Чёрного и Азовского морей в условиях антропогенного воздействия*. Краснодар: Кубанск. гос. ун-т. С. 165–178.
- Ткаченко Ф.П. 2004. Видовой состав водорослей-макрофитов северо-западной части Чёрного моря (Украина). *Альгология*. 14(3): 277–293.
- Ткаченко Ф.П., Костылев Э.Ф., Третьяк И.П. 2012. Макрофитобентос Малого филофорного поля (Каркинитский залив, Чёрное море, Украина). *Альгология*. 22(3): 295–302.
- Ткаченко Ф.П., Третьяк И.П., Костылев Э.Ф. 2008. Макрофитобентос филофорного поля Зернова в современных условиях. *Альгология*. 18(4): 423–431.
- Червона книга України. Рослинний світ*. 2009. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг. 912 с.
- Adey W., Lindstrom S.C., Hommersand M., Müller K.M. 2008. The biogeographic origin of Arctic endemic seaweeds: a thermogeographic view. *J. Phycol.* 44(6): 1384–1394.
- Aysel V., Erduğan H. 1995. Checklist of Black Sea seaweeds. *Turkish J. Bot.* 19: 545–554.
- Aysel V., Dural B., Şenkardeşler A., Erduğan H., Aysel F. 2008. Marine algae and seagrasses of Samsun (Black Sea, Turkey). *J. Black Sea/Mediterr. Environ.* 14: 53–67.
- Aysel V., Erduğan H., Sukatar A., Güner H., Öztürk M. 1996. Marine algae of Bartın. *Turkish J. Bot.* 20: 251–258.
- Aysel V., Erduğan H., Dural-Tarakçı B., Okudan E.Ş., Şenkardeşler A., Aysel F. 2004. Marine flora of Sinop (Black Sea, Turkey). *J. Fisher. & Aquat. Sci.* 21(1–2): 59–68.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2018. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ., Nat. Univ. Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>. searched on 21 August 2018.
- Kontoyiannis H., Papadopoulos V., Kazmin A., Zatsepin A., Georgopoulos D. 2012. Climatic variability of the sub-surface sea temperatures in the Aegean-Black Sea system and relation to meteorological forcing. *Climate Dynamics*. 39: 1507–1525.
- Merzouka A., Johnson L.E. 2011. Kelp distribution in the northwest Atlantic Ocean under a changing climate. *J. Experim. Mar. Biol. and Ecol.* 400(1–2): 90–98.
- Milchakova N.A. 2011. *Marine Plants of the Black Sea. An Illustrated Field Guide*. Sevastopol: Digit Print. 144 p.
- Minicheva G. 2015. Finding of alien brown macroalgae *Chorda tomentosa* Lyngb. in the Ukrainian Black Sea coast. *J. Black Sea/Mediterr. Environ.* 21(2): 227–231.
- Minicheva G., Afanasyev D., Kurakin A. 2014. Black Sea Monitoring Guidelines. Macrophytobenthos. (http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2013/12/Manual_macrophytes_EMBLAS_ann.pdf).
- Minicheva G.G., Bolshakov V.N., Zotov A.B. 2010. The response of autotrophic communities of the northwestern Black Sea to the variability of climatic factors. *J. Environ. Protect. Ecol.* 3(11): 1046–1054.

Oguz T., Velikova V. 2010. Abrupt transition of the northwestern Black Sea shelf ecosystem from a eutrophic to an alternative pristine state. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 405: 231–242.

Поступила 22.08.2018

Подписала в печать Г.Г. Миничева

REFERENCES

- Adey W., Lindstrom S.C., Hommersand M., Müller K.M. 2008. The biogeographic origin of Arctic endemic seaweeds: a thermogeographic view. *J. Phycol.* 44(6): 1384–1394.
- Aysel V., Dural B., Şenkardeşler A., Erduğan H., Aysel F. 2008. Marine algae and seagrasses of Samsun (Black Sea, Turkey). *J. Black Sea/Mediter. Environ.* 14: 53–67.
- Aysel V., Erduğan H. 1995. Checklist of Black Sea seaweeds. *Turkish J. Bot.* 19: 545–554.
- Aysel V., Erduğan H., Sukatar A., Güner H., Öztürk M. 1996. Marine algae of Bartın. *Turkish J. Bot.* 20: 251–258.
- Aysel V., Erduğan H., Dural-Tarakçı B., Okudan E.Ş., Şenkardeşler A., Aysel F. 2004. Marine flora of Sinop (Black Sea, Turkey). *J. Fisher. & Aquat. Sci.* 21(1–2): 59–68.
- Gromov B.V. 1973. In: *Hydrobiological studies of the northeastern Black Sea*. Rostov-na-Donu: Rostov. State Univ. Publ. Pp. 69–72.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2018. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ., Nat. Univ. Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>. searched on 21 August 2018.
- Kafanov A.I., Kudryashov V.A. 2000. *Marine biogeography*. Moscow: Nauka. 176 p. [Rus.]
- Kalugina-Gutnik A.A. 1975. *Phytobentos of the Black Sea*. Kiev: Naukova Dumka Press. 248 p. [Rus.]
- Kontoyiannis H., Papadopoulos V., Kazmin A., Zatsepin A., Georgopoulos D. 2012. Climatic variability of the sub-surface sea temperatures in the Aegean-Black Sea system and relation to meteorological forcing. *Climate Dynamics*. 39: 1507–1525.
- Kostenko N.S., Dikiy E.A., Zakletsky A.A., Marchenko V.S. 2005. Perennial changes in communities of macrophytobenthos of the Karadag region (Crimea, Black Sea). *Mar. Ecol. J.* 1: 48–60.
- Kostenko N.S., Dikiy E.A., Zakletsky A.A., Marchenko V.S. 2009. In: *Collection of scientific papers dedicated to the 95th anniversary of the Karadag scientific station and the 30th anniversary of the Karadag natural reserve of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Sevastopol: ECOSI-Hydrophysics. Pp. 327–343. [Rus.]
- Maslov I.I. 2008. In: *Fundamental and applied problems of botany at the beginning of the XXI century. Materials of the All-Russian Conference* (Petrozavodsk, Sept. 22–27, 2008). Petrozavodsk: Karel. Res. Center Rus. Acad. Sci. Pp. 60–62. [Rus.]
- Merzouka A., Johnson L.E. 2011. Kelp distribution in the northwest Atlantic Ocean under a changing climate. *J. Exper. Mar. Biol. and Ecol.* 400. (1–2): 90–98.
- Mikaelyan A.S., Silkin V.A., Pautova L.A. 2011. The development of coccolithophores in the Black Sea: interannual and perennial changes. *Oceanology*. 51(1): 45–53.
- Milchakova N.A. 2002. Brown algae of the Black Sea: systematic composition and distribution. *Algologia*. 12(3): 324–337.
- Milchakova M.A. 2003. In: *The current state of the biodiversity of the coastal waters of the Crimea (the Black Sea sector)*. Sevastopol: ECOSI-Hydrophysics. Pp. 152–208.

- Milchakova N.A. 2003. The systematic composition and distribution of green macrophyte algae (*Chlorophyceae* Wille s.l.) of the Black Sea. *Algologia*. 13(1): 70–82.
- Milchakova N.A. 2011. *Marine Plants of the Black Sea. An Illustrated Field Guide*. Sevastopol: DigitPrint. 144 p.
- Milchakova N.A., Aizel V., Erdugan H. 2006. Systematic composition and distribution of red algae (*Rhodophyceae*, excl. *Ceramiales*) of the Black Sea. *Algologia*. 17(2): 227–245.
- Minicheva G.G. 2007. Modern morphofunctional transformation of macrophyte communities of the Phillophore field of Zernov. *Algologia*. 17(2): 171–190.
- Minicheva G. 2015. Finding of alien brown macroalgae *Chorda tomentosa* Lyngb. in the Ukrainian Black Sea coast. *J. Black Sea/Mediter. Environ.* 21(2): 227–231.
- Minicheva G.G., Eremenko T.I. 1993. Algological finds in the northwestern part of the Black Sea. *Algologia*. 3(4): 83–87.
- Minicheva G., Afanasyev D., Kurakin A. 2014. Black Sea Monitoring Guidelines. Macrophytobenthos. http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2013/12/Manual_macrophytes_EMBLAS_ann.pdf
- Minicheva G.G., Bolshakov V.N., Zotov A.B. 2010. The response of autotrophic communities of the northwestern Black Sea to the variability of climatic factors. *J. Environ. Protect. Ecol.* 3(11): 1046–1054.
- Minicheva G.G., Kosenko M.N., Shvets A.V. 2009. Phytobenthos of the large and small Phillophore fields, as a reflection of the current ecological state of the northwestern part of the Black Sea. *Mar. Ecol. J.* 4(8): 24–40.
- Minicheva G.G., Bolshakov V.N., Kalashnik E.S., Zotov A.B., Marinets A.V. 2018. Assessment of the reaction of algal communities of the Black Sea ecosystems to the impact of climatic factors. *Algologia*. 28(2): 121–135. <https://doi.org/10.15407/alg28.02.121>
- Nikitina V.N., Lisovskaya O.A. 2013. In: *Proceedings of St. Petersburg about the islands of natural history*. St. Petersburg: St. Petersburg State Univ. 132 p.
- Oguz T., Velikova V. 2010. Abrupt transition of the northwestern Black Sea shelf ecosystem from a eutrophic to an alternative pristine state. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 405: 231–242.
- Red Data Book of Ukraine. Vegetable Kingdom*. 2009. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Globalkonsal'tynh. 912 p. [Ukr.]
- Sadogursky S.E. 2001. Towards the study of the macrophytobenthos of the reserved waters of the Karkinitzky Bay (Black Sea). *Algologia*. 11(3): 342–357.
- Sadogursky S.E. 2006. Macrophytobenthos of the water bodies of the island of Tuzla and the adjacent sea areas (Kerch Strait, Ukraine). *Algologia*. 16(3): 337–354.
- Sadogursky S.E. 2007. To the study of macrophytobenthos off the Black Sea coast of the Kerch Peninsula (Crimea). *Algologia*. 17(3): 345–360.
- Stepanyan O.V. 2009. Distribution of macroalgae and sea grasses of the Sea of Azov, Kerch Strait and Taman Bay. *Oceanology*. 49(3): 393–399.
- Stepanyan O.V. 2012. In: *Ecosystem studies of the environment and biota of the Azov basin*. Rostov-on-Don: South. Sci. Center Rus. Acad. Sci. Pp. 158–164.
- Stepanyan O.V. 2014. The modern diversity of macroalgae of the Azov, Black and Caspian Seas. *Doklady AN*. 458(2): 229–232.

- Stepanyan O.V. 2016. How does phytobenthos in the southern seas of Russia change? *Priroda*. 2: 32–42.
- Teyubova V.F., Milchakova N.A. 2011a. In: *Collection of articles dedicated to the 90th anniversary of the Novorossiysk Marine Biological Station Prof. V.M. Arnoldi*. Krasnodar: Kubanskiy Gos. Univ. Pp. 152–165.
- Teyubova V.F., Milchakova N.A. 2011b. In: *Collection of articles dedicated to the 90th anniversary of the Novorossiysk Marine Biological Station Prof. V.M. Arnoldi*. Krasnodar: Kubanskiy Gos. Univ. Pp. 165–178.
- Tkachenko F.P. 2004. Species composition of macrophyte algae of the north-western part of the Black Sea (Ukraine). *Algologia*. 14(3): 277–293.
- Tkachenko F.P., Kostylev E.F., Tretyak I.P. 2012. Macrophytobenthos of the Small Phyllophoric Field (Karkinitzky Bay, Black Sea, Ukraine). *Algologia*. 22(3): 295–302.
- Tkachenko F.P., Tretyak I.P., Kostylev E.F. 2008. Macrophytobenthos of the phyllophoric field of Zernov in modern conditions. *Algologia*. 18(4): 423–431.
- Vinogradova K.L. 1974. *Ulva algae (Chlorophyta) of the seas*. Moscow: Nauka. 168 p. [Rus.]
- Zinova A.D. 1967. *The determinant of green, brown and red algae of the southern seas of the USSR*. Moscow, Leningrad: Nauka. 398 p. [Rus.]

Algologia. 2019, 29(3): 287–297

<https://doi.org/10.15407/alg29.03.287>

Stepanyan O.V.

Federal Research Centre The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
41 Chekhov St., Rostov-on-Don 344006, Russian Federation

EXPANSION OF *ULVA MAEOTICA* AND *CLADOPHORA SIWASCHENSIS*
(*CHLOROPHYTA*, *CHLOROPHYCEAE*) IN THE SEA OF AZOV AND THE BLACK
SEA

The trends of changes in the spatial distribution of endemic species of macroalgae in the Sea of Azov and the Black Sea are shown using the example of *Cladophora siwaschensis* C.Meyer and *Ulva maeotica* (Proshkina-Lavrenko) P.M.Tsarenko. Currently, these algae are expanding their ranges and colonizing new biotopes in the Azov and Black Seas. In 2000–2010, *U. maeotica* was recorded in the area of the Kerch Strait, in the Temryuk Bay and Beysug Estuary of the Sea of Azov, in the Tsokur, Bugaz, Vityazevsky estuaries, and in the Tuzla Spit estuaries (Taman Peninsula), where it lived in a salinity up to 40‰ and in high-water trophicity. In the early part of 2010 the seaweed appeared near the coast of Crimea. Such rapid expansion of new biotopes by these macroalgae may be the result of climatic changes in the area of the Sea of Azov and the Black Sea, i.e., warming and reduced transparency of surface waters, and increased eutrophication in certain parts of the Black Sea coastal zone. Obviously, such changes in the marine environment are favorable for the distribution of *U. maeotica* and *C. siwaschensis* in most of the Azov and Black Sea coastal zones. Active construction and water pollution, especially in the Black Sea, can prevent

these endemic species from inhabiting the estuaries. A possible way for *U. maeotica* and *C. siwaschensis* to actively expand their distribution is through the penetration into shallow salt-water coastal estuaries-lakes, where they can grow in large numbers and relatively quickly inhabit new biotopes. New findings and the distribution of endemic algae in the Sea of Azov and the Black Sea indicate that a further increase in temperature and a decrease in the transparency of sea water are optimal conditions for their distribution in most of the Azov, Black Sea and, probably, Mediterranean coastal waters and estuaries.

Key words: *Ulva maeotica*, *Cladophora siwaschensis*, Black Sea, Sea of Azov, endemics