

СТРУКТУРА, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ

УДК 582.263-023.824(262.5)

DOI: [10.21072/eco.2026.11.2.04](https://doi.org/10.21072/eco.2026.11.2.04)

О МАССОВЫХ СКОПЛЕНИЯХ ШАРОВ ИЗ ЗЕЛЁНОЙ ВОДОРОСЛИ *CLADOPHORA LINIFORMIS* KÜTZING В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА (КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ) *

Мильчакова Н. А., Кандаурова Д. А., Чернышева Е. Б.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,

г. Севастополь, Российская Федерация,

e-mail: nmilchakova@ibss-ras.ru

Аннотация: В работе впервые для Чёрного моря приведена эколого-биоморфологическая характеристика массовых скоплений шаров из зелёной водоросли *Cladophora liniformis* Kützinger, обнаруженных в пляжной зоне пос. Жуковка (Крым, Керченский полуостров) в сентябре 2025 г. Показано, что общая площадь распространения шаров составляла 255 м², их наибольшее количество зафиксировано вблизи береговой линии, на песчано-ракушечном субстрате. Определение плотности и размерно-массовых параметров шаров проводили на трёх трансектах, заложенных перпендикулярно к берегу в границах их распространения; на каждой из трансект количественные пробы шаров отбирали учётной рамкой 25 × 25 см в четырёхкратной повторности. Установлено, что шары *C. liniformis* встречались в трёх формах — сферической, овальной (яйцевидной) и палочковидной, на долю которых приходилось 86,8; 4,4 и 8,8 % их общего количества соответственно. Плотность скоплений шаров варьировала от 14 до 223 экз. (на учётную рамку S = 625 см²), их диаметр — от 3 до 35 мм (20,29 ± 0,21) мм, средняя величина воздушно-сухой массы шара составляла (380,0 ± 0,013) мг. Сравнительный анализ распространения шаров из различных видов водорослей в других районах Мирового океана показал, что показатели плотности их скоплений значительно отличаются, тогда как размерные параметры сходны или сопоставимы. Обсуждаются причины формирования шаров и других массовых скоплений водорослей у берегов Крымского полуострова и других районов Азово-Черноморского бассейна.

Ключевые слова: макроводоросли, *Cladophora liniformis*, шарообразная форма, морфоструктурные параметры, плотность, береговая зона, Керченский пролив

Введение

Массовые скопления шарообразных неприкреплённых форм макроводорослей относят к уникальным природным явлениям, редким для береговой зоны морских и пресноводных водоёмов [Mathieson, Dawes, 2002]. Их формирование связывают с морфологическими особенностями видов (обильное ветвление, быстрый рост, фрагментация талломов и т. д.) и биотопическими условиями, такими как вдольбереговые течения, волновая активность, рельеф и структура донных отложений [Vadas, Beal, 1987]. Наиболее изученными являются так называемые шары маримо, описанные для пресноводных водоёмов Японии и России (озёра Акан и Байкал) и состоящие в основном из зелёных водорослей *Aegagropila brownii* (Dillwyn) Kützinger и *Aegagropilopsis clavuligera* (Grunow) Boedeker [Tuji, Niiyama, 2022]. Во многих регионах шары «маримо» имеют охранный статус, в Европе их относят к исчезающим [Kurogi, 1980; Boedeker, 2010; Boedeker et al., 2010; Volkova, 2022; Guiry, Frödén, 2023].

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Биоразнообразие как основа устойчивого функционирования морских экосистем, критерии и научные принципы его сохранения» (№ гос. регистрации 124022400148-4).

До настоящего времени шары из морских макроводорослей относительно мало изучены, хотя первые сведения о них относятся к началу прошлого века [Бабич, Заика, 2011]. Известно, что их могут образовывать 54 вида, в том числе 25 красных (Rhodophyta), 18 зелёных (Chlorophyta) и 11 бурых (Ochrophyta) видов водорослей [Norton, Mathieson, 1983; Mathieson, Dawes, 2002]. Шары представляют собой одновидовые (реже — многовидовые) образования, чаще всего они формируются из зелёных водорослей порядка Cladophorales; в их составе обнаружены многие виды беспозвоночных животных, раковины моллюсков, листья и корневища морских трав [Бабич, Заика, 2011; Ballantine, Aponte, Holmquist, 1994; Battelli, Leliaert, 2021].

В последние десятилетия в условиях возросшего эвтрофирования и глобальных климатических изменений вспышки развития неприкреплённых форм зелёных водорослей, преимущественно родов *Cladophora*, *Chaetomorpha* (Cladophorales) и *Ulva* (Ulvales), наблюдались во многих районах Мирового океана, а также в пресноводных водоёмах. Впервые крупнейшее скопление неприкреплённой формы *Cladophora* описано из прибрежных вод Бермудских островов в конце 1960-х годов, где его толщина достигала 10 см [Bach, Josselyn, 1978]. В Жёлтом море зелёные приливы из *Ulva prolifera* O.F. Müller наблюдались непрерывно с 2007 по 2018 г. [Zhao et al., 2019]. В Чёрном море постоянные вспышки развития неприкреплённых форм *Cladophora albida* (Nees) Kützinger, *C. glomerata* (Linnaeus) Kützinger и *C. vagabunda* (Linnaeus) C. Ноек регистрировались в прибрежной зоне Кавказа с 1980-х годов, где их биомасса на обширных площадях достигала 400–800 г·м⁻² [Vershinin, Kamnev, 2001], а у берегов Румынии скопления видов *Cladophora* и *Ulva* — с 1970-х, но особенно в 2010 г. и с 2019 по 2021 г. при аномально высокой температуре воды и высоких концентрациях биогенных элементов [Marin, 2022]. В Западном Крыму, на пляжах Каламитского залива, летом 1988 г. было зафиксировано до 75 т штормовых выбросов видов кладофоры на 1 км береговой зоны [Болтачева, Милячакова, Миронова, 1999]. В северо-западной части Чёрного моря обильные нитевидные скопления *Cladophora sericea* (Hudson) Kützinger, ранее неизвестные для других районов Мирового океана, впервые были зарегистрированы в толще воды на глубине до 40 м в 2003 г., наличие этих скоплений привело к прекращению рыбного промысла и изменению трофической структуры донных биоценозов [Болтачев, Милячакова, 2004].

Чрезмерное развитие в эвтрофированных акваториях массовых видов из родов *Cladophora*, *Chaetomorpha* и *Ulva* является причиной образования зелёных приливов и представляет собой значительную экологическую проблему [Merceron et al., 2007]. Большинство исследователей связывают эти вспышки развития с эврибионтностью и эвригалинностью видов, вариабельностью их морфометрических параметров, способностью к интенсивному росту и размножению в условиях хронического загрязнения [Морозова-Водяницкая, 1959; Зинова, 1967; Виноградова, 1974; Афанасьев, Сушкова, Камнев, 2020; Prazukin et al., 2021].

В последние годы в прибрежной зоне многих регионов Мирового океана стали чаще наблюдаться плавающие или выброшенные на берег шарообразные формы видов *Cladophora* и *Chaetomorpha* [Mathieson, Dawes, 2002; Cooke et al., 2015; Battelli, Leliaert, 2021], а также их придонные маты [Prazukin et al., 2025]. Несмотря на накопленные данные о развитии макроводорослей, в том числе зелёных, в прибрежной зоне Азово-Черноморского бассейна, до настоящего времени были известны лишь единичные случаи массовых скоплений шаров из них на берегу. В незначительном количестве они были отмечены на берегу Тендровского залива в 2010 г. (устное сообщение Д. Д. Королесовой), в том же районе массово у пос. Потиевка летом 2013 г. (данные Н. А. Милячаковой) и на пляже пос. Кирилловка в Северном Приазовье в ноябре 2021 г. [Вдоль побережья ... , 2021]. В районе Керченского пролива шары из *Cladophora siwaschensis* K.I. Meyer встречались на косе Чушка, однако сведения о коллекторе и дате сбора отсутствуют [Афанасьев, Сушкова, Камнев, 2020].

Первое массовое скопление шаров из водорослей было зафиксировано в береговой зоне Крымского полуострова в районе г. Керчи, на пляже пос. Жуковка, 17 сентября 2025 г. [Алдина, 2025]. С учётом редкости этого явления в Азово-Черноморском бассейне цель настоящей работы заключалась в эколого-биоморфологической характеристике скоплений шаров из водорослей у берегов Крымского полуострова, определении их плотности и морфометрических параметров, особенностей распространения и выявлении факторов, влияющих на их формирование и выброс, а также в их сопоставлении с данными из других районов Мирового океана.

Материалы и методы

Характеристика района исследований. Береговая зона Керченского пролива сформирована Керченским и Таманским полуостровами, отличается высоким биологическим и биотопическим разнообразием, в прибрежной зоне в составе донной растительности доминируют сообщества морских трав [Морские охраняемые ... , 2015]. Ширина пролива изменяется на разных участках от 4,5 до 15 км, максимальная глубина составляет 18 м, донные отложения представлены в основном илистыми песками и алевритами с высоким содержанием детрита, реже встречается ракушечник, галька, выходы известковых каменистых гряд. Температура водных масс зимой — от 0 до 4 °С, летом — от 22 до 26 °С [Ломакин, Панов, Спиридонова, 2010], солёность варьирует от 14,4 ‰ на севере до 18 ‰ на юге, скорость течений — до 20 см/с [Завьялов и др., 2022]. Воды пролива относятся к трансформированным азово-черноморским, характеризуются значительным загрязнением тяжёлыми металлами и пестицидами [Ломакин и др., 2020], в основном из-за стока рек и антропогенного влияния (перевалка грузов, судоходство, дноуглубительные работы, дампинг). Концентрация большинства загрязнителей значительно превышает ПДК, а насыщенность поверхностных вод метаном больше равновесных с атмосферным воздухом значений в среднем в 6–13 раз [Завьялов и др., 2022].

Отбор и обработка проб. Пробы шаров из кладофоры собраны в зоне их массового выброса на пляже пос. Жуковка (N45.373063°, E36.628435°), на участке площадью 255 м², 19 сентября и 4 октября 2025 г. В центральной, южной и северной частях участка закладывали три перпендикулярные к береговой линии трансекты протяжённостью 25 м, на каждой из которых отбирали по четыре учётные площадки размером 25 × 25 см. Всего было собрано и обработано 12 количественных проб и 684 экз. шаров. В лабораторных условиях проводили анализ их видового состава, определяли форму, морфометрические параметры (диаметр, длина, ширина (мм)) и воздушно-сухую массу (мг).

Для выявления других участков, на которые могли быть выброшены шары, еженедельно с 26 сентября до 30 октября 2025 г. проводили маршрутно-полевые обследования береговой зоны Керченского полуострова от мыса Хрони на севере до мыса Камыш-Бурун на юге.

Для идентификации макроводорослей использовали методы световой микроскопии (увеличение ×40; ×400), определители и монографические работы [Зинова, 1967; Hoek, 1963], названия видов указаны с учётом номенклатурных изменений [Guiry M., Guiry G.]. Микрофотографии шаров выполнены на СЭМ Hitachi SU 3500 (Япония) в лаборатории микроскопии ФИЦ ИнБЮМ (руководитель В. Н. Лишаев).

Результаты и обсуждение

Массовое скопление шаров на западном берегу Керченского пролива, у пос. Жуковка, относится к редкому природному явлению для Азово-Черноморского бассейна и впервые зафиксировано у Крымского полуострова. Основным видом, формирующим шары (рис. 1), являлась зелёная водоросль *Cladophora liniformis* Kützinger, линейные размеры клеток и структура таллома которой оказались сопоставимыми с диагностическими признаками, описанными для прикреплённой и неприкреплённой форм этого вида [Зинова, 1967; Афанасьев, Сушкова, Камнев, 2020].

Диаметр основных ветвей *C. liniformis* варьировал от 40 до 130 ($73,78 \pm 18,54$) мкм, апикальных — от 20 до 40 ($30,47 \pm 5,92$) мкм, ширина стенки клеток в средней части таллома — от 2,5 до 12,5 ($5,77 \pm 2,18$) мкм.

Шары *C. liniformis* встречались в трёх формах — сферической, овальной (или яйцевидной) и палочковидной, их доля составляла 86,8; 4,4 и 8,8 % общего количества соответственно. Все формы имели полость внутри (рис. 2А, 2Б), в их составе обнаружены части талломов некоторых видов макроводорослей, беспозвоночных животных, раковины моллюсков. На поверхности талломов *C. liniformis* зафиксировано обилие диатомовых водорослей рода *Cocconeis* (рис. 2В, 2Г).

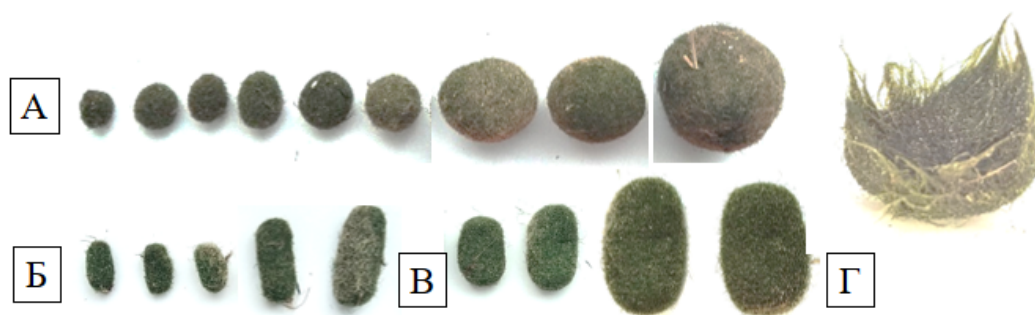


Рис. 1. Формы шаров зелёной водоросли *Cladophora liniformis* в береговой зоне Керченского п-ова (пос. Жуковка, 19.09.2025 г.): А — сферическая, Б — палочковидная, В — овальная, Г — полость внутри шара

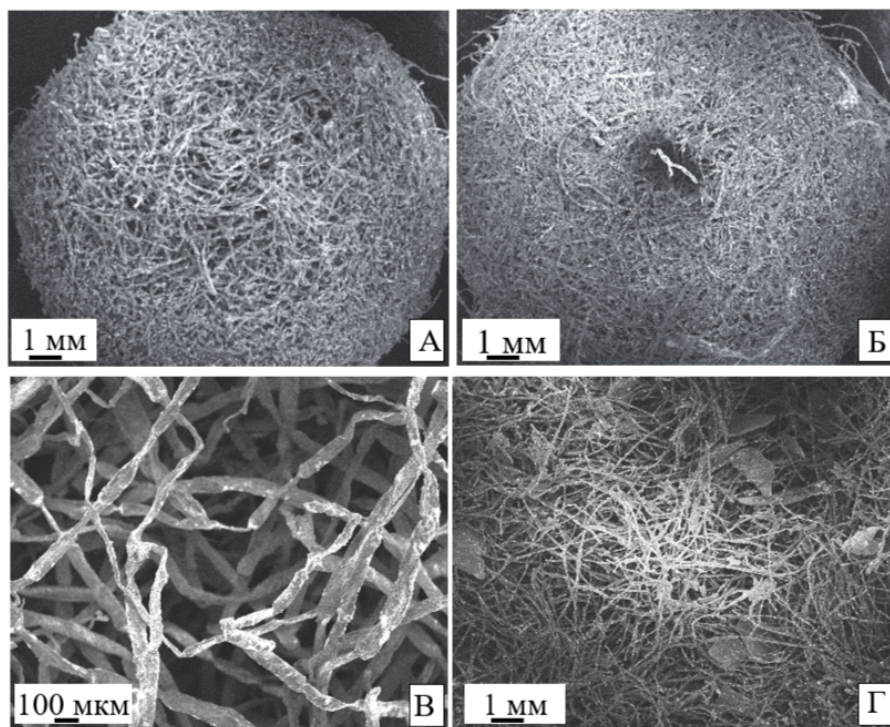


Рис. 2. Структура шаров *Cladophora liniformis* (пос. Жуковка, 19.09.2025 г.): А — шаровидная форма, Б — полость шара, В — ветвление таллома, Г — вкрапления раковин моллюсков и других гидробионтов

Количество шаров на трансектах варьировало от 14 до 223 ($53,8 \pm 17,8$) экз. на учётную площадку $S = 625 \text{ см}^2$. На центральном участке, в зоне массового скопления, среднее количество шаров достигало ($112,5 \pm 74,9$) экз., по мере удаления от этой зоны оно снижалось до ($86,7 \pm 11,1$) и ($20,5 \pm 9,2$) экз. К октябрю 2025 г. большинство шаров было смыто в акваторию пролива после штормов, в начале ноября они встречались единично, в основном под слоем ракушечника и штормовых выбросов морских трав. За весь период наблюдений, с сентября по ноябрь 2025 г., шары из кладофоры не обнаружены на других участках западного берега Керченского пролива.

Линейные размеры и масса шаров значительно варьировали, диаметр осей у сферической формы составлял 3,0–35,16 ($21,68 \pm 4,001$) и 5,53–33,56 ($17,2 \pm 3,51$) мм, у овальной колебался от 12,15 до 30,45 ($22,17 \pm 4,51$) мм, у палочковидной — от 11,63 до 26,08 ($17,51 \pm 3,92$) мм. Воздушно-сухая масса шаров существенно различалась: у сферической формы она составляла 50–1340 ($390,0 \pm 0,32$) мг, у овальной — от 230 до 1150 ($610,0 \pm 0,26$) мг и у палочковидной — 40–1080 ($240,0 \pm 0,22$) мг. Максимальные значения массы у всех форм шаров были сопоставимыми.

Анализ данных о находках шаров кладофоры в других районах Азово-Черноморского бассейна показал, что они встречались только на аккумулятивных берегах и песчаных пляжах и в основном имели сферическую форму (рис. 3). Овальная и палочковидная формы, обнаруженные, помимо сферической формы, у пос. Жуковка, ранее отмечались у шаров из других видов макроводорослей в береговой зоне Средиземного моря и других районов Мирового океана [Ballantine, Aponte, Holmquist, 1994; Davis, Hein, Millgate, 1996; Petrocelli, Portacci, Cecere, 2009; Cooke et al., 2015; Rindi, 2014]. До настоящего времени факторы, влияющие на формирование различных форм шаров из морских макроводорослей, в том числе видов *Cladophora*, достоверно не известны. Можно предположить, что их образование зависит от морфоструктурных особенностей вида и абиотических факторов (скорость течения, турбулентность, рельеф, структура донных отложений и др.), при этом овальная и палочковидная формы являются переходными к сферической.



Рис. 3. Массовые скопления шаров *Cladophora* в береговой зоне Азово-Черноморского бассейна (2010–2025 гг.): А, Б — пос. Жуковка, шары *C. liniformis*; В, Г — Тендровская коса, шары *Cladophora* sp.; Д, Е — пос. Кирилловка, шары *Cladophora* sp.

Хотя скопления шаров из различных видов макроводорослей, преимущественно зелёных (реже — бурых и красных), в береговой зоне относятся к довольно редким природным явлениям, в последние десятилетия они фиксируются в разных районах Мирового океана. Так, на пляжах Испании и Австралии встречались шары из *Chaetomorpha linum* (O.F. Müller) Kützinger, на побережье США — из *Chaetomorpha picquotiana* Montagne ex Kützinger и *Pylaiella littoralis* (Linnaeus) Kjellman [Mathieson, Dawes, 2002; Cooke et al., 2015]. Показательно, что независимо от района линейные размеры шаров из макроводорослей и морских трав оказались сходными. Средний диаметр шаров *C. liniformis* у пос. Жуковка ($2,2 \pm 0,4$) см был сопоставим с экземплярами из *P. littoralis* у берегов Америки (около 2,8 см), так же как у *Ch. linum* и *Ch. picquotiana* — ($6,6 \pm 0,7$) и ($5,9 \pm 0,3$) см соответственно [Mathieson, Dawes, 2002; Cooke et al., 2015]. У плавающих шаров, обнаруженных в основном в прибрежной зоне, диапазон линейных размеров также сопоставим: в лагуне Струнян (Средиземное море) диаметр шаров *C. prolifera* варьировал от 1,9 до 4,8 см [Battelli, Leliaert, 2021], а в озере Сиваш у видов *Chaetomorpha* достигал 5 см [Бабич, Заика, 2011]. Более крупные шары диаметром свыше 10 см формировались из листьев, корней и корневищ морской травы *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, массовые скопления которых описаны для береговой зоны многих районов Средиземного моря [Petrounias et al., 2023; Restaino et al., 2023].

Хотя данные о плотности скоплений шаров на 1 м^2 практически отсутствуют [Cooke et al., 2015], сравнительный анализ некоторых из них показал, что она существенно различается. Максимальная величина определена для шаров *C. liniformis* на берегу Керченского пролива — достигает 3568 экз., для шаров из *Ch. picquotiana* на побережье США она не превышала 223 экз. [Mathieson, Dawes, 2002], а из *C. prolifera* в лагуне Струнян — 975 экз. [Battelli, Leliaert, 2021]. Почти все находки шаров из однолетних видов зелёных водорослей приходились на летний и раннеосенний периоды, когда их фитомасса в прибрежных акваториях достигала максимальных значений. Однако данные о периодичности выбросов и длительности нахождения шаров в береговой зоне практически отсутствуют. Отмечалось, что после штормов большинство шаров смывается в прибрежные акватории, где их массовые скопления впоследствии не были обнаружены ни на дне, ни в толще воды [Bergeron, 2002]. Некоторые исследователи отмечали, что шары могут встречаться спорадически и в значительном количестве либо в течение длительного периода вообще отсутствовать [Mathieson, Dawes, 2002; Boedeker et al., 2010].

Помимо скоплений шаров *Cladophora* spp. и других макроводорослей в береговой зоне, они редко наблюдались в толще воды. Так, плавающие шары обнаружены у зелёных водорослей *Ch. linum*, *Valonia aegagropila* C. Agardh и *Lychaete echinus* (Biaioletto) M.J. Wynne, реже — из красных водорослей *Alsidium corallinum* C. Agardh и *Gracilaria bursa-pastoris* (S.G. Gmelin) P.C. Silva [Petrocelli, Portacci, Cecere, 2009]. В Чёрном море впервые плавающие шары из *Cladophora* sp. были зафиксированы в незначительном количестве в регионе Севастополя, в бухтах Песочная и Карантинная, на глубине до 2 м в августе 2025 г. (устное сообщение Т. В. Ревковой). Возможно, эти шары выносятся в прибрежные акватории регулярного опада «ветвей» многолетних бурых водорослей *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze и *Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry, на которых они эпифитируют [Калугина-Гутник, 1975]. По данным Н. В. Морозовой-Водяницкой [Морозова-Водяницкая, 1959], впервые описавшей шаровидную форму у эпифитирующих видов кладофоры в Чёрном море, её диаметр может варьировать от 0,5 до 6 см, что сопоставимо с линейными размерами шаров из многих видов макроводорослей в разных районах Мирового океана [Mathieson, Dawes, 2002; Cooke et al., 2015]. Следует отметить, что кроме шаров неприкрепленная форма видов *Cladophora* может встречаться в толще воды в виде длинных вытянутых тяжей [Болтачев, Милячкова, 2004; Vadas, Beal, 1987], а у дна формировать придонные маты [Salovius, Kraufvelin, 2004; Prazukin et al., 2021; Prazukin et al., 2025].

Факторы, причины и условия, при которых образуются шары из морских и пресноводных макрофитов, недостаточно изучены [Hoek, 1963]. Считается, что они обусловлены в основном сочетанием видоспецифических особенностей растений, гидродинамических условий и структуры донных отложений [Boedeker, Immers, 2009]. У водорослей такими особенностями являются жёсткость таллома, обильное ветвление, быстрый рост в различных экологических условиях, ломкость ветвей и способность к фрагментации, что способствует их переплетению и скручиванию [Mathieson, Dawes, 2002]. К факторам среды, влияющим на формирование и выброс шаров на берег, большинство исследователей относят повышенную гидродинамику прибрежных акваторий, особенности берегового рельефа, в частности наличие узких ущелий или каньонов, где повышенная турбулентность способствует перекачиванию и уплотнению шаров [Hoek, 1984; Mathieson, Dawes, 2002; Togashi, Sasaki, Yoshimura, 2014; Cooke et al., 2015]. У пресноводных и морских видов *Cladophora* образование шаров правильной сферической формы связывают с наличием твёрдого субстрата [Chapman V., Chapman D., 1973; Mathieson, Dawes, 2002].

Влияние шаров из зелёных водорослей на биоценозы и прибрежные экосистемы Азово-Черноморского бассейна, как и вспышки развития видов *Cladophora* и *Ulva*, ещё предстоит изучить, поскольку вероятность последних в условиях повышенного загрязнения вод, эвтрофирования и глобальных климатических изменений будет возрастать. При ухудшении качества среды значительно повышается также риск появления новых и чужеродных видов во флоре макроводорослей Чёрного моря, что зафиксировано нами в последние десятилетия, когда количество видов *Cladophora* увеличилось вдвое (с 10 до 19), а доля порядков *Cladophorales*, *Ulvales* и *Ulotrichales*, к которым они относятся, достигла 82,6 % общего разнообразия зелёных водорослей [Мильчакова, 2003]. Известно, что многие представители этих порядков встречаются как в прикрепленной, так и неприкрепленной форме, могут формировать обширные придонные скопления или свободноплавающие в толще воды, оказывать негативное влияние на гидробионты и водные биологические ресурсы. Следует отметить, что увеличение количества видов *Chlorophyta* и вспышки их развития, обусловленные эврибионтностью и высоким адаптивным потенциалом, наблюдаются во многих районах Мирового океана, это представляет значительную экологическую угрозу для прибрежных экосистем [Short, Neckles, 1999; Merceron et al., 2007; Zulkifly et al., 2013; Zhao et al., 2019].

Заключение

Впервые для прибрежной зоны Крымского полуострова описано массовое скопление шаров из зелёной водоросли *Cladophora liniformis*, обнаруженное на западном берегу Керченского пролива в сентябре 2025 г. Показано, что линейные размеры шаров кладофоры сопоставимы с таковыми у шаров других видов зелёных водорослей, а плотность скоплений значительно выше. Факторы и причины массового образования шаров кладофоры и их выброса на берег пока неизвестны, вероятно, они связаны со вспышками развития зелёных водорослей в разных районах Азово-Черноморского бассейна, особенно на участках с высоким эвтрофированием.

Для изучения влияния массовых скоплений шаров и других форм неприкрепленных водорослей на состояние популяций и биоценозов ключевых и охраняемых видов приморской зоны необходимо ведение их регулярного мониторинга, особенно в акваториях заповедных объектов российского сектора Азово-Черноморского бассейна, что позволит выработать меры по сохранению биоразнообразия и устойчивому функционированию всех звеньев прибрежных экосистем.

Благодарности. Приносим благодарность за предоставленную информацию коллегам — А. С. Терентьеву (отдел «Керченский» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АЗНИИРХ»)), Д. Д. Королесовой и Т. Н. Ревковой (ФИЦ ИнБЮМ).

Список литературы

1. Алдина М. На берег Керчи шторм вынес загадочные зелёные шары // Аргументы и факты. Крым. – 2025. – URL: <https://krym.aif.ru/society/na-bereg-kerchi-shtorm-vynes-zagadochnye-zelenye-shary>. – Дата публ.: 17.09.2025.
2. Афанасьев Д. Ф., Суикова Е. Г., Камнев А. Н. Морские и солоноватоводные виды водорослей семейства *Cladophoraceae* и рода *Aegagropila* Понто-Каспийского бассейна : полевой определитель. – Москва [и др.] : Перо, 2020. – 76 с.
3. Бабич Е. И., Заика В. Е. Фауна водорослевых шаров юго-восточного Сиваша // Гидробиологический журнал. – 2011. – Т. 47, № 5. – С. 111–114. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/9948>
4. Болтачев А. Р., Мильчакова Н. А. О причинах и возможных последствиях вспышки обилия зелёной водоросли кладофоры (*Cladophora sericea*) на шельфе юго-западного Крыма весной 2004 г. // Рыбное хозяйство Украины. – 2004. – № 5. – С. 4–7. – <https://elibrary.ru/znjrqt>
5. Болтачева Н. А., Мильчакова Н. А., Миронова Н. В. Изменения бентоса в районе Каламитского залива под влиянием эвтрофирования // Экология моря / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 1999. – Т. 49. – С. 5–10. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/4222>
6. Вдоль побережья Азовского моря заметили необычную шаровидную водоросль // Рубрика. – 2021. – URL: <https://rubryka.com/ru/2021/11/11/kladofora-azovskoe-more/>. – Дата публ.: 11.11.2021.
7. Виноградова К. Л. Ульвовые водоросли (Chlorophyta) морей СССР. – Ленинград : Наука, 1974. – 165 с.
8. Завьялов П. О., Завьялов И. Б., Ижицкий А. С., Ижицкая Е. С., Коновалов Б. В., Кременецкий В. В., Немировская И. А., Часовников В. К. Оценка загрязнения Керченского пролива и прилегающей акватории Чёрного моря по данным натурных измерений 2019–2020 гг. // Океанология. – 2022. – Т. 62, № 2. – С. 194–203. – <https://doi.org/10.31857/S0030157422020174>
9. Зинова А. Д. Определитель зелёных, бурых и красных водорослей южных морей СССР. – Москва ; Ленинград : Наука, 1967. – 400 с.
10. Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Чёрного моря. – Киев : Наук. думка, 1975. – 246 с.
11. Ломакин П. Д., Жукайло С. С., Панов Б. Н., Чепыженко А. И., Чепыженко А. А. Основные объекты антропогенного воздействия на водную среду Керченского пролива по данным многолетних гидрооптических и гидрохимических исследований // Системы контроля окружающей среды. – 2020. – № 4. – С. 75–85. – <https://doi.org/10.33075/2220-5861-2020-4-75-85>
12. Ломакин П. Д., Панов Д. Б., Спиридонова Е. О. Особенности межгодовых и сезонных вариаций гидрометеорологических условий в районе Керченского пролива за два последних десятилетия // Морской гидрофизический журнал. – 2010. – № 2. – С. 36–48. – <https://elibrary.ru/tmjwkr>
13. Мильчакова Н. А. Систематический состав и распространение зелёных водорослей-макрофитов (Chlorophyceae Wille s.l.) Чёрного моря // Альгология. – 2003. – Т. 13, № 1. – С. 70–82. – <https://elibrary.ru/znoohv>
14. Морозова-Водяницкая Н. В. Шаровидная кладофора в Чёрном море // Ботанические материалы Отдела споровых растений / АН СССР, Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова. – Ленинград : Изд-во АН СССР, 1959. – Т. 12. – С. 132–134.
15. Морские охраняемые акватории Крыма / Рос. акад. наук, Ин-т мор. биол. исслед. им. А. О. Ковалевского ; под ред. Н. А. Мильчаковой. – Симферополь : Н. Орианда, 2015. – 312 с.

16. Bach S. D., Josselyn M. N. Mass blooms of the alga *Cladophora* in Bermuda // Marine Pollution Bulletin. – 1978. – Vol. 9, iss. 2. – P. 34–37. – [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(78\)90529-5](https://doi.org/10.1016/0025-326X(78)90529-5)
17. Ballantine D. L., Aponte N. E., Holmquist J. G. Multi-species algal balls and potentially imprisoned fauna: an unusual benthic assemblage // Aquatic Botany. – 1994. – Vol. 48, iss. 2. – P. 167–174. – [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(94\)90083-3](https://doi.org/10.1016/0304-3770(94)90083-3)
18. Battelli C., Leliaert F. First report of an aegagropilous form of *Cladophora prolifera* (Cladophorales, Chlorophyta) from the lagoon of Strunjan (Gulf of Trieste, northern Adriatic) // Mediterranean Marine Science. – 2021. – Vol. 22, iss. 3. – P. 496–504. – <https://doi.org/10.12681/mms.26997>
19. Bergeron E. The green globes. They came from the bottom of the sea // Popular Science. – 2002. – Vol. 261, iss. 3. – P. 31.
20. Boedeker C. The attached form of the endangered freshwater alga *Aegagropila linnaei* Kützinger (Chlorophyta) is found in the Zuideindigerwiede, The Netherlands // Aquatic Botany. – 2010. – Vol. 92, iss. 1. – P. 75–77. – <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2009.10.006>
21. Boedeker C., Eggert A., Immers A., Wakana I. Biogeography of *Aegagropila linnaei* (Cladophorophyceae, Chlorophyta): a widespread freshwater alga with low effective dispersal potential shows a glacial imprint in its distribution // Journal of Biogeography. – 2010. – Vol. 37, iss. 8. – P. 1491–1503. – <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2010.02309.x>
22. Boedeker C., Immers A. No more lake balls (*Aegagropila linnaei* Kützinger, Cladophorophyceae, Chlorophyta) in the Netherlands? // Aquatic Ecology. – 2009. – Vol. 43, iss. 4. – P. 891–902. – <https://doi.org/10.1007/s10452-009-9231-1>
23. Chapman V. J., Chapman D. J. The Algae. – 2nd ed. – London : Palgrave Macmillan, 1973. – 511 p.
24. Cooke J., Lanfear R., Downing A., Gillings M. R., Poore A. G., Goodwin I. D., Waldron L. S., Philips A., Metti Y., Bulbert M. W. The unusual occurrence of green algal balls of *Chaetomorpha linum* on a beach in Sydney, Australia // Botanica Marina. – 2015. – Vol. 58, iss. 5. – P. 401–407. – <https://doi.org/10.1515/bot-2015-0061>
25. Davis J. S., Hein M. K., Millgate J. E. *Cladophora* (green algae) balls and *Phormidium* (blue-green algae) mounds from permanently hypersaline water // Florida Scientist. – 1996. – Vol. 59. – P. 169–173.
26. Guiry M. D., Frödén P. *Aegagropila brownii* (Dillwyn) Kützinger is the correct name for *Aegagropila linnaei* Kützinger, the type of *Aegagropila* Kützinger (Pithophoraceae, Chlorophyta), widely known as «Marimo» or «Cladophora Balls» // Notulae Algarum. – 2023. – No. 293.
27. Guiry M. D., Guiry G. M. 2026. AlgaeBase. World-wide electronic publication, University of Galway. – URL: <https://www.algaebase.org> (accessed: 19.05.2026).
28. Hoek C. van den. Revision of the European species of *Cladophora*. – Leiden, Netherland : Brill Acad. Publ., 1963. – 248 p.
29. Hoek C. van den. World-wide latitudinal and longitudinal seaweed distribution patterns and their possible causes, as illustrated by the distribution of *Rhodophytan genera* // Helgoländer Meeresuntersuchungen. – 1984. – Vol. 38, iss. 2. – P. 227–257. – <https://doi.org/10.1007/bf01997483>
30. Kurogi M. E. Lake ball «marimo» in Lake Akan // Japanese Journal of Phycology. – 1980. – Vol. 28. – P. 168–169.
31. Marin O. Long term quantitative variation of the main opportunistic macroalgae species along the Romanian Black Sea coast // Cercetări Marine – Recherches Marines. – 2022. – Vol. 52, iss. 1. – P. 78–90. – <https://doi.org/10.55268/CM.2022.52.78>
32. Mathieson A. C., Dawes C. J. *Chaetomorpha* balls foul New Hampshire, USA beaches // Algae. – 2002. – Vol. 17, iss. 4. – P. 283–292. – <https://doi.org/10.4490/ALGAE.2002.17.4.283>

33. Merceron M., Antoine V., Auby I., Morand P. In situ growth potential of the subtidal part of green tide forming *Ulva* spp. stocks // Science of the Total Environment. – 2007. – Vol. 384, iss. 1/3. – P. 293–305. – <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.05.007>
34. Norton T. A., Mathieson A. C. The biology of unattached seaweeds // Progress in phycological research / eds: F. E. Round, D. J. Chapman. – Amsterdam [et al.] : Elsevier Biomed. Press, 1983. – P. 333–386. – (Progress in phycological research ; vol. 2).
35. Petrocelli A., Portacci G., Cecere E. Ball-like forms new for some macroalgae common in coastal basins // Biologia Marina Mediterranea. – 2009. – Vol. 16, iss. 1. – P. 290–291.
36. Petrounias P., Giannakopoulou P. P., Rogkala A., Antoniou N., Koutsovitis P., Zygouri E., Krassakis P., Islam I., Koukouzas N. *Posidonia oceanica* balls (Egagropili) from Kefalonia Island evaluated as alternative biomass source for green energy // Journal of Marine Science and Engineering. – 2023. – Vol. 11, iss. 4. – P. 749. – <https://doi.org/10.3390/jmse11040749>
37. Prazukin A., Shadrin N., Balycheva D., Firsov Yu., Lee R., Anufrieva E. *Cladophora* spp. (Chlorophyta) modulate environment and create a habitat for microalgae in hypersaline waters // European Journal of Phycology. – 2021. – Vol. 56, iss. 3. – P. 231–243. – <https://doi.org/10.1080/09670262.2020.1814423>
38. Prazukin A., Shadrin N., Latushkin A., Anufrieva E. Mats of green filamentous alga *Cladophora* in the hypersaline Bay Sivash: distribution, structure, environment-forming role and resource potential // Regional Studies in Marine Science. – 2025. – Vol. 82. – Art. 104031. – <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2025.104031>
39. Restaino O. F., Giosafatto C. V. L., Mirpoor S. F., Cammarota M., Hejazi S., Mariniello L., Schiraldi C., Porta R. Sustainable exploitation of *Posidonia oceanica* sea balls (egagropili): a Review // International Journal of Molecular Sciences. – 2023. – Vol. 24, iss. 8. – Art. 7301. – <https://doi.org/10.3390/ijms24087301>
40. Rindi F. Bringing order to little green balls: new insights from the Chlorophycean order Sphaeropleales // Journal of Phycology. – 2014. – Vol. 50, iss. 1. – P. 11–13. – <https://doi.org/10.1111/jpy.12143>
41. Salovius S., Kraufvelin P. The filamentous green alga *Cladophora glomerata* as a habitat for littoral macrofauna in the northern Baltic Sea // Ophelia. – 2004. – Vol. 58, iss. 2. – P. 65–78. – <https://doi.org/10.1080/00785326.2004.10410214>
42. Short F. T., Neckles H. A. The effects of global climate change on seagrasses // Aquatic Botany. – 1999. – Vol. 63, iss. 3/4. – P. 169–196. – [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(98\)00117-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(98)00117-X)
43. Togashi T., Sasaki H., Yoshimura J. A geometrical approach explains Lake Ball (Marimo) formations in the green alga, *Aegagropila linnaei* // Scientific Reports. – 2014. – Vol. 4. – Art. 3761. – <https://doi.org/10.1038/srep03761>
44. Tuji A., Niiyama Y. First record of algal ball-forming *Aegagropilopsis clavuligera* (Cladophorales, Ulvophyceae) from Japan // Bulletin of the National Museum of Nature and Science. Series B, Botany. – 2022. – Vol. 48, iss. 4. – P. 109–116. – https://doi.org/10.50826/bnmnsbot.48.4_109
45. Vadas R. L., Beal B. Green algal ropes: a novel estuarine phenomenon in the Gulf of Maine // Estuaries. – 1987. – Vol. 10, iss. 2. – P. 171–176.
46. Vershinin A., Kamnev A. Biogeography and impact of harmful algae in russian european coastal waters. Harmful algae blooms 2000 // Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. – Paris : UNESCO, 2001. – P. 112–115.
47. Volkova E. A. The first finding of aegagropilious, or algal balls, in the oldest freshwater Lake Baikal // Limnology and Freshwater Biology. – 2022. – № 1. – P. 1205–1208. – <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2022-A-1-1205>

48. Zhao X., Zhong Yi, Zhang H., Qu T., Jiang Y., Tang X., Wang Y. Cooperation between photosynthetic and antioxidant systems: an important factor in the adaptation of *Ulva prolifera* to abiotic factors on the sea surface // *Frontiers in Plant Science*. – 2019. – Vol. 10. – Art. 648. – <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00648>
49. Zulkifly S. B., Graham J. M., Young E. B., Mayer R. J., Piotrowski M. J., Smith I., Graham L. E. The genus *Cladophora* Kützinger (Ulvophyceae) as a globally distributed ecological engineer // *Journal of Phycology*. – 2013. – Vol. 49, iss. 1. – P. 1–17. – <https://doi.org/10.1111/jpy.12025>

ON MASS FINDINGS OF GREEN ALGA *CLADOPHORA LINIFORMIS* KÜTZING BALLS IN THE COASTAL ZONE OF THE KERCH PENINSULA (CRIMEA, BLACK SEA)

Milchakova N. A., Kandaurova D. A., Chernysheva E. B.

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,

e-mail: nmilchakova@ibss-ras.ru

Abstract: For the first time for the Black Sea, the ecological and biomorphological characteristics of mass aggregations of balls from the green algae *Cladophora liniformis* Kützinger, found in the beach area of the village, are presented Zhukovka (Crimea, Kerch Peninsula) in September 2025, it was shown that the total area of distribution of balloons was 255 m², their largest number was recorded near the coastline on the sandy-shell biotope. The density and size-mass parameters of the balls were determined on three transects laid perpendicular to the shore from the water's edge to the boundaries of their distribution. On each transect, quantitative samples of the balls were taken using a 25 × 25 cm counting frame in four replicates. It was found that *C. liniformis* balls occurred in three forms — spherical, oval (egg-shaped), and rod-shaped, which accounted for 86.8; 4.4, and 8.8 % of their total number, respectively. The density of balls varied from 14 to 223 specimens. (per account frame S = 625 cm²), their diameter ranged from 3 to 35 mm (20.29 ± 0.21) mm, and the average air-dry mass of the ball was (380.0 ± 0.013) mg. A comparative analysis of the distribution of balls made from different types of algae in other areas of the world's oceans revealed significant differences in density, while the size parameters were similar or comparable. The article discusses the causes of the formation of balls and other mass accumulations of algae near the coast of the Crimean Peninsula and other areas of the Azov-Black Sea basin, as well as their possible impact on biocenoses and coastal ecosystems.

Keywords: macroalgae, *Cladophora liniformis*, spherical shape, biomorphological parameters, density, coastal zone, Kerch Strait

Сведения об авторах

Мильчакова Наталия Афанасьевна	руководитель лаборатории фиторесурсов ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: nmilchakova@ibss-ras.ru
Кандаурова Дарья Андреевна	младший научный сотрудник лаборатории фиторесурсов ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: dkandaurova@ibss-ras.ru
Чернышева Елена Борисовна	младший научный сотрудник лаборатории фиторесурсов ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: chernysheva_e@ibss-ras.ru

Поступила в редакцию 11.05.2026

Принята к публикации 11.06.2026