

Синезеленые водоросли (Cyanoprokaryota) Каспийского моря



МАЯ НУРИЕВА

**ведущий научный
сотрудник Института
ботаники НАНА,
доктор философии
по биологии, доцент**

Каспийское море – крупнейший в мире замкнутый, изолированный от океана солоноватоводный водоем, расположенный на стыке Европы и Азии. Протяженность береговой линии Каспийского моря с островами оценивается примерно до 7000 км. Длина береговой линии у Азербайджана 955 км, которые омываются водами Среднего и Южного Каспия. Соленость воды в Каспийском море почти в три раза меньше нормальной океанической. Это накладывает свой отпечаток на растительный мир Каспия, придавая ему своеобразный облик. В азербайджанском секторе моря соленость воды находится в пределах 12-13,4‰, за исключением предустьевое пространства Куры, где воды Южного Каспия периодически подвергаются опреснению. Современное состояние Каспийского моря характеризуется неустойчивостью экологических условий, которые оказывают свое влияние на водные экосистемы.

Синезеленые водоросли (Cyanoprokaryota / Cyanophyta) являются неотъемлемым компонентом водных экосистем Каспийского моря. Это самая древняя группа автотрофных организмов на Земле. Более трех миллиардов лет назад они отошли от основного ствола растительной эволюции и образовали свою самостоятельную ветвь. Будучи автотрофами они являются производителями первичного органического вещества, источником кислорода, который необходим для дыхания растений и животных, ассимилируют элементарный азот, обогащают прибрежные экосистемы, служат пищей для гидробионтов, включая рыб, создавая рыбные богатства моря. В осадкообразовании Каспия синезеленые водоросли играют немаловажную роль, образуя нефтеподобное соединение сапропель, которая, что не исключено, в Каспийском море является предшественником нефти.

Однако, синезеленые водоросли в Каспийском море играют и отрицательную роль, нанося практический ущерб. Так, при массовом развитии водорослей-обрастателей создаются трудности при эксплуатации морского транспорта. Cyanoprokaryota развиваясь в открытом море на гидротехнических сооружениях – нефтяных платформах, металлических сваях и др. способствуют коррозии металла, что в свою очередь ухудшает сопротивляемость конструкции разрушению. Вред от синезеленых водорослей возможен и при “цветении” воды в море, следствием которого является замор рыбы.

Синезеленые водоросли встречаются на всех континентах и в различных биотопах. Известны разнообразные экологические группы этих организмов: планктонные, бентосные, почвенные водоросли и водоросли горячих источников, снега, льда и др. В настоящее время известно около 2000 видов синезеленых водорослей. Отдел подразделяют на три класса: Хроококковые (Chroococophyceae), Хамесифоновые (Chamaesiphonophyceae), Гормогониевые (Hormogoniophyceae). Синезеленые водоросли в Каспийском море являются вторым основным отделом после диатомовых. В Каспийском море по результатам анализа литературных данных (Прошкина-Лавренко, Макарова, 1968; Левшакова, 1985, Karpinsky, 2005 и др.) и многолетних оригинальных исследований (Нуриева, 1991а,б, 1992, 2010, 2013 и др.) синезеленых водорослей планктона и бентоса Каспийского моря зарегистрировано 172 вида (211 внутривидовых таксонов), принадлежащих к двум классам Хроококковые (Chroococophyceae) и Гормогониевые (Hormogoniophyceae). Ведущее положение по видовому богатству занимает класс Гормогониевые.

В азербайджанском секторе Каспийского моря синезеленые водоросли представлены меньшим числом – 92 вида (100 ввт), также относящиеся к двум классам – Хроококковые и Гормогониевые. В Каспийском море класс Хроококковые включает два порядка, однако в азербайджанском секторе моря он представлен всего одним порядком с одноименным наименованием Хроококковые (Chroococcales). Порядок включает четыре семейства, три подсе-

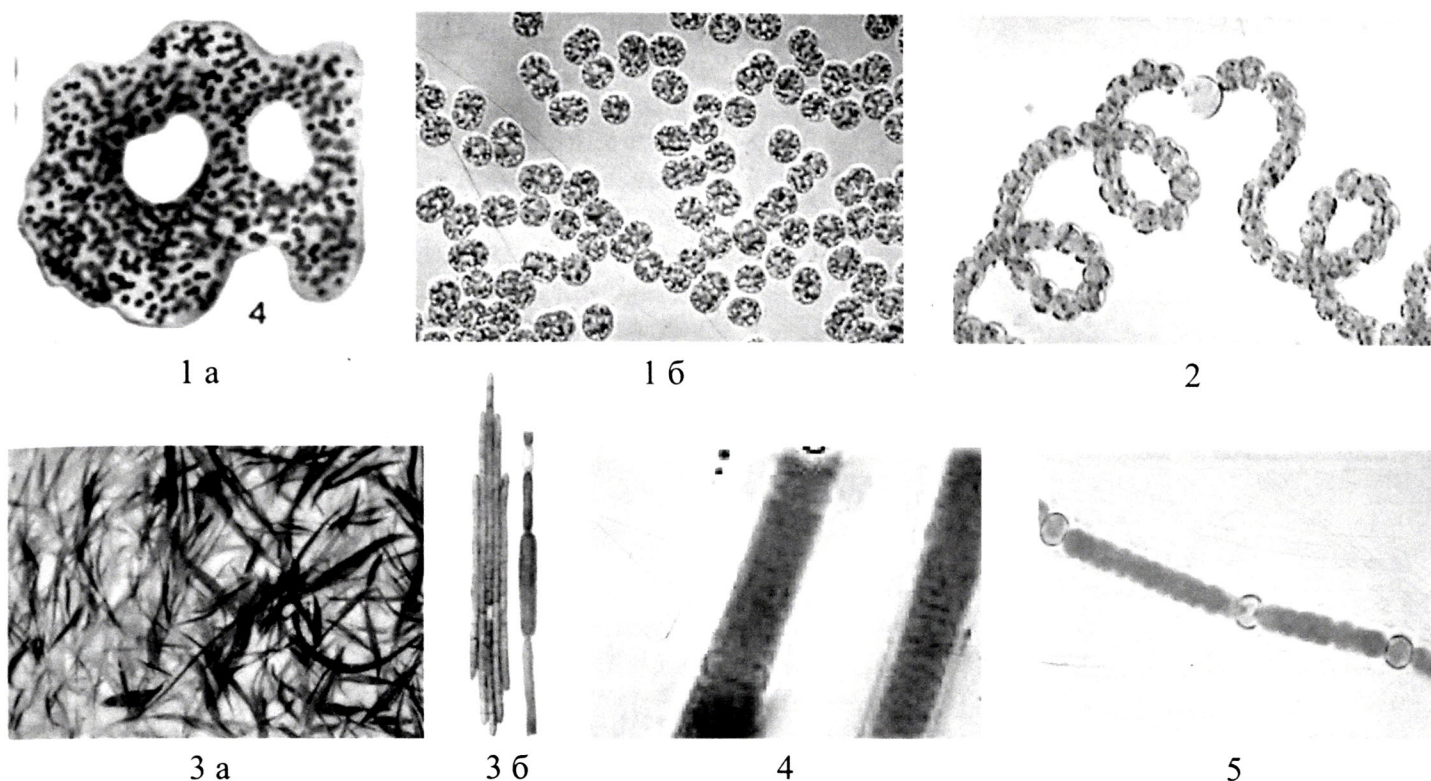


Рис. 1. Синезеленые водоросли, вызывающие “цветение” воды в Каспийском море: 1. *Microcystis aeruginosa* - а) колония, б) отдельные клетки. 2. *Anabaena flosaquae* - многократно изогнутые нити. 3. *Aphanizomenon flosaquae* - а) в массе, б) отдельные нити. 4,5. *Nodularia spumigena*.

мейства, 8 родов и 25 видов, из которых 22 встречаются в планктоне. Многие каспийские представители этого порядка представлены в основном колониальными видами, широко распространенными в континентальных пресных водоемах: в реках и их устьях, водохранилищах и в эвтрофных озерах. Такие виды этого порядка, как Микроцистис синева-то-зеленый (*Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz.), Афанокапса Гревилля (*Aphanocapsa grevillei* (Berkeley) Rabenhorst) принадлежат к числу наиболее обычных возбудителей “цветения” воды в Каспийском море. Эти виды широко распространены в северной части Каспийского моря, реже встречаются в Среднем и Южном Каспии. Наиболее интенсивное их развитие отмечено в конце лета и первой половине сентября, и в некоторые годы они вызывают в отдельных районах “цветение” воды. Микроцистис синева-то-зеленый (*Microcystis aeruginosa*) - один из обычных возбудителей “цветения” воды. Считают, что токсическое действие обусловлено наличием двух токсинов. Один из них образуется в теле водоросли – эндотоксин, обозначенный как фактор быстрой смерти, второй выделяется сопутствующими бактериями. По мнению некоторых авторов токсин Микроцистиса синева-то-зеленого (*Microcystis aeruginosa*) близок к

термостабильному яду гриба бледная поганка (Кондратьева, Коваленко, 1975). Имеются сведения о перспективности использования этого вида в борьбе с личинками комаров (Дубицкий, 1978). Афанокапса Гревилля (*Aphanocapsa grevillei*) в азербайджанском секторе Каспийского моря встречается не только в толще воды, но и в прибрежье на камнях и на мелководье на дне моря (рис.1).

Класс Гормогониевые занимает ведущее положение по видовому богатству и включает 2 порядка: Осцилляториевые и Ностоковые (Oscillatoriales, Nostocales). Осцилляториевые (Oscillatoriales) представлены наиболее богато – 79 видов (94 ввт). В азербайджанском секторе Каспийского моря, Осцилляториевые водоросли представлены меньшим числом – 55 вида (62 ввт). В планктоне зарегистрирован 41 вид (43 ввт), из двух порядков Осцилляториевые и Ностоковые (Oscillatoriales, Nostocales), 6 семейств, 6 подсемейств и 19 родов. Выявлено, что в данной акватории моря Осцилляториевые (Oscillatoriales) занимают ведущее положение по видовому богатству и включают 31 вид (33 ввт), относящиеся к 3 семействам, 6 подсемействам и 12 родам. Хотя в этой акватории моря порядок Осцилляториевые (Oscillatoriales) представлен наибольшим видовым разнообразием,

но в планктоне они встречаются, в основном спородически, единично, в виде отдельных нитчатых индивидов. Однако нитчатая синезеленая водоросль Лимнотрикс рэдеке (*Limnothrix redekei* (Van Goor) Meffert (син. Осциллятория рэдеке (*Oscillatoria redekei* Van Goor) в летне-осенний период встречалась довольно часто и в отдельные годы достигала большой численности до 755,2 тыс.кл./л (Нуриева, 2010). Н.В. Кондратьева (1968) отмечает, что этот вид в озерах развивается интенсивно и может вызывать “цветение” воды. Из токсичных видов этого порядка в данной акватории моря встречена также типично морская водоросль Лингбия крупноватая (*Lyngbya majuscula* Harvey ex Gom.), которая в планктоне тоже представлена в виде отдельных нитей. Наряду с потенциально опасными токсичными видами в азербайджанском секторе Каспийского моря встречаются и полезные виды. К ним относится Артроспира луговая (*Arthrospira platensis* (Nordst.) Gom., син. Спирулина луговая (*Spirulina platensis* (Nordst.) Geitl.), ранее неизвестная для Каспийского моря и впервые найденная в азербайджанском секторе в толще воды (Нуриева, 1991а). Так, в последнее время в научной литературе этот вид синезеленой водоросли получил широкую известность. Спирулину луговую (*Spirulina platensis*, син. Артроспира луговая (*Arthrospira platensis*) впервые нашли в озере Чад, где люди высушивают и питаются ею с древних времен. Наряду с озером Чад китайское озеро Цинхай является одним из немногих природных ареалов спирулины. Спирулина – уникальный пищевой продукт. Высушенная спирулина содержит около 60% (51-71%) белка. Спирулина является источником витаминов, аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, антиоксидантов, макро и микроэлементов. Нормализует и активирует обмен веществ. В настоящее время эта водоросль является одним из популярных объектов массового культивирования в различных, в том числе и пищевых целях. Коммерческое название Спирулина (рис.2-3).

Порядок Ностоковые (*Nostocales*) в азербайджанском секторе Каспийского моря представлен значительно меньшим числом – 10 видами, относящихся к 3 семействам Толипотриховые (*Tolypothrichaceae*), Афанизоменоновые (*Aphanizomenonaceae*), Ностоковые (*Nostocaceae*) и 7 родам. Хотя Ностоковые (*Nostocales*) представлены небольшим числом видов, однако играют немаловажную роль в жизни моря, в фито-

планктоне. Некоторые виды синезеленых водорослей, например, Афанизоменон цветения-воды (*Aphanizomenon flos-aquae* / L / Ralf ex Born. & Flah.), встречается в Каспийском море и известен своей токсичностью. При благоприятных условиях ежегодно в конце лета вызывает “цветение” воды. В период интенсивного размножения водоросль токсична для рыб, всех водных животных и способна вызывать у людей конъюнктивит и раздражение кожи человека (Кондратьева, Коваленко, 1975).

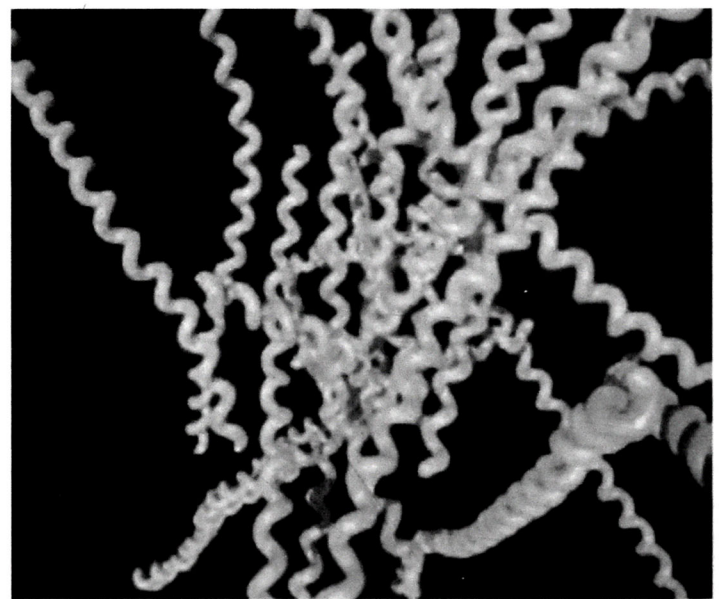
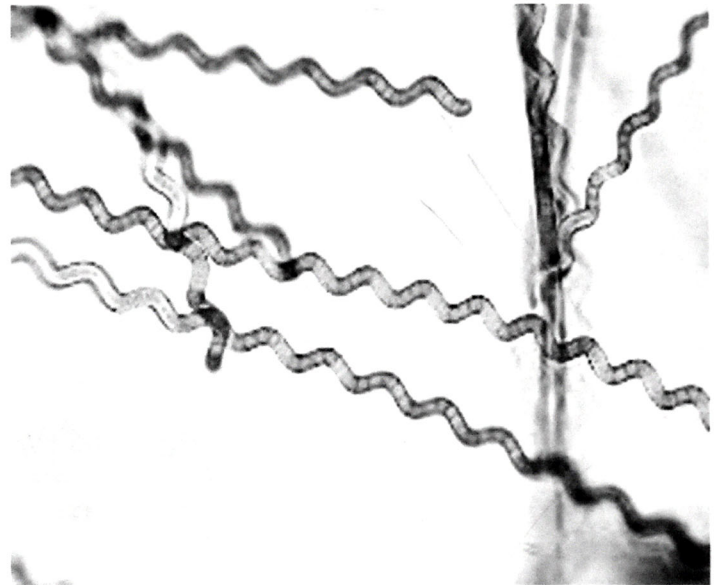


Рис. 2, 3. *Arthrospira platensis* (син. *Spirulina platensis*)

Виды Нодулария пенорожденная (*Nodularia spumigena* Mert. ex Born. & Flah.), Долихоспермум цветения-воды (*Dolichospermum flos-aquae* Bréb. ex Born. & Flah.) P.Wacklin и др.) (син. Анабена цветения-воды (*Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb.) также относятся к токсичным видам, способных вызывать “цветение” воды. Нодулария пенорожденная (*Nodularia spumigena*

образует токсин нодуларин, который действует на рыб и препятствует развитию икры (Burkholder, 1998; Рябушко, 2003), обитает в основном в Северной части Каспийского моря, реже в Средней и Южной. Локальное “цветение” воды в виде небольших пятен в жизни моря играет положительную роль, так как его воды обогащаются биогенами. Сильное “цветение” часто приводит к ухудшению качества воды и в конечном итоге приводит к гибели животных. У человека при отравлении токсинами этих видов развивается аллергия, конъюнктивит, пищевая интоксикация (Glibert, Bronk, 1994, Рябушко, 2003). При длительном употреблении воды и рыбы из водоемов, подверженных интенсивному “цветению” вод, человек заболевает «гаффской» или «юковско-сартланской» болезнями, в ходе которых поражаются почки, нервная и мышечная система, нарушаются двигательные функции, что нередко приводит к летальному исходу (Burkholder, 1998). Токсины синезеленых водорослей по своему действию в несколько раз превосходят такие яды, как кураре и ботулин (рис.4).

К фитобентосу же принадлежат водоросли, жизнь которых в той или иной степени связана с дном моря, субстратом же для бентосных водорослей служат обычно мягкие и твердые грунты. Микроскопические синезеленые водоросли образуют видимые невооруженным глазом обрастания в виде тинистых налетов, слизистых пленок, корок и подушечек. По результатам обобщения и анализа, имеющихся литературных данных и оригинальных исследований синезеленых водорослей бентоса Каспийского моря зарегистрировано 110 видов (130 ввт), относящиеся, к 2 классам – Хроококковые (Chroococcophyceae) и Гормогониевые (Hormogoniophyceae), 4 порядкам - Хроококковые (Chroococcales), Тубиелловые (Tubiellales), Осцилляториевые (Oscillatoriales), и Ностоковые (Nostocales), 13 семействам и 24 родам. Наиболее крупным является класс Гормогониевые, включающий 88 видов (100 ввт), что составляет почти 77% от всех представителей отдела. Бентосные синезеленые водоросли Каспийского моря в пределах Азербайджана занимают прибрежную сравнительно узкую часть моря, начиная от зоны заплеска до глубины 30-40 м и играют важную роль в биологической продуктивности моря. Здесь наиболее благоприятные условия для своего развития *Syano-prokaryota* находят в прибрежье и на небольших глубинах



Рис.4. Спутниковое изображение расцвета фитопланктона в Каспийском море (NASA, 2017)

с достаточным освещением, твердыми грунтами, включая скалы, камни, гидротехнические сооружения и другие предметы, погруженные в воду. В бентосе азербайджанского сектора Каспийского моря зарегистрировано 72 вида и внутривидовых таксона, из 3 порядков и 24 родов. К видам наиболее часто встречающихся и интенсивно развивающихся относятся Лингбия семиплена (*Lyngbya semiplena* C. Ag. ex Gom.), Формидиум ярко-зеленый (*Phormidium laetevirens* Crouan ex Gom.) Anagn. et Komárek), Ф. короткий (*P. breve* Kütz. ex Gom.) Anagn. et Komárek), Ф. непостоянный (*P. ambiguum* Gom. ex Gom.), Осциллятория тонкая (*Oscillatoria tenuis* Ag. ex Gom.); из других родов виды Порфиросифон желтый (*Porphyrosiphon luteus* (Gom. ex Gom.) Anagn. et Komárek), Спирулина извилистая (*Spirulina labyrinthiformis* Kütz. ex Gom.) и др. Хотя в период наших исследований эти виды и встречались довольно часто и в значительном количестве до наших исследований они не были известны для азерб.

байджанской части Каспия, а некоторые из них и для всего моря.

Представители класса Хамесифоновые (*Chamaesiphonophyceae*), к которым относятся прикрепляющиеся к субстрату одноклеточные и колониальные водоросли, в Каспийском море не обнаружены.

Таким образом, синезеленые водоросли, являясь неотъемлемой частью природных экосистем, играют важную роль в развитии природы на нашей планете. Как и другие ее компоненты, они нуждаются в тщательном изучении и охране. Возрастающее внимание ученых и политиков к проблемам биоразнообразия и его применениям связано с усилением понимания необходимости его сохранения для продовольственной безопасности, здоровья и качества жизни человека (Али-заде, 2016). Проблема продовольствия, обеспечение растущего населения планеты полноценным питанием стали важным экономическим и политическим фактором в современном мире. Растет интерес к новым, нетрадиционным источникам белка, жиров, углеводов, витаминов, ферментов и другим физиологически активным веществам. Водоросли в этом плане являются весьма перспективными организмами. Предполагается, что в будущем доля водорослей в пищевом рационе человека будет неуклонно расти.

Однако, Каспийское море в связи со все нарастающим загрязнением, находится в очень сложной экологической ситуации, что накладывает свой отпечаток на фитобентос и фитопланктон. Происходящие изменения в экологии моря влияют на видовой состав водорослей (включая синезеленые) и структуру фитоценозов, тогда как в морских прибрежных экосистемах именно водоросли являются ведущими компонентами. Прибрежные воды Каспийского моря у Азербайджана постоянно подвергаются антропогенной нагрузке. В местах с повышенной концентрацией загрязнения, особенно нефтяных (например, в Бакинской бухте, у г. Сумгайыт), происходит интоксикация организмов, поэтому даже стойкие к загрязнению водоросли погибают. В связи с этим в последние годы проблема сохранения экологического здоровья уникального природного объекта, каким является Каспийское море, приобрела чрезвычайную остроту. Возникшие проблемы по состоянию и загрязнению Каспия требуют принятия неотложных мер по охране окружающей среды.

Литература

1. Али-заде В.М. (2016). Ради жизни на земле. АМЕА-нин Хəбərlər Məcmuəsi: cild 3, № 4, 31-35.
2. Дубицкий А.М. (1978). Биологические методы борьбы с гнусом в СССР. Алма-Ата: Наука, 1978: 267 с.
3. Кондратьева Н.В. (1968). Визначник прісноводних водоростей Української РСР. 1. Синьо-зелені водорості - Суанопhyta. Частина 2. Киев: Наук. Думка: 522 с.
4. Кондратьева Н.В., Коваленко О.В. (1975). Краткий определитель видов токсических синезеленых водорослей. Киев: Наук. думка: 80 с.
5. Левшакова В.Д. (1985). Фитопланктон. В кн. Каспийское море. Фауна и биологическая продуктивность. М. Наука: 23-54.
6. Нуриева М.А. (1991а). Новые для Каспийского моря виды Суанопhyta. Альгология: т.1, №3, 61-66.
7. Нуриева М.А. (2010). Разнообразие Oscillatoriaceae (Kirchn.) Elenk. (Суанопhyta) Южного Каспия. Тр. Инст. Ботаники НАНА: т. XXX, 155-160.
8. Нуриева М.А. (2013). Синезеленые водоросли бентоса азербайджанской части Каспийского моря. АМЕА Botanika İnstitutu, Bakı, 2013, XXIII, s.54-56,
9. Нуриева М.А., Ахундова Н.А. (1991б). Анализ видового состава синезеленых водорослей Каспийского моря. Первая Междунар. конф. по проблемам Каспийского моря. Баку: 63-64.
10. Прошкина-Лавренко А.И., Макарова И.В. (1968). Водоросли планктона Каспийского моря. Л. Наука, Ленингр. отд-ние: 291 с.
11. Рябушко Л. И. (2003). Атлас токсичных микроводорослей Черного и Азовского морей. Севастополь: 140 с.
12. Burkholder J. M. (1998). Implications of harmful microalgae and heterotrophic dinoflagellates in management of sustainable marine fisheries. *Ecological Applications*. Vol.8, N1 (Suppl.): 37- 62.
13. Glibert P.M., Bronk D.A. (1994). Release of dissolved organic nitrogen by marine diazotrophic cyanobacteria, *Trichodesmium* spp. *Appl. Environ. Microbiol.*: Vol. 60, 3996-4000.
14. Karpinsky M. G. (2005). Biodiversity. Hdb. *Environ. Chem.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg: Vol. 5, Part P, 159-173.