

Наиболее значимые виды фитопланктона в Каспийском море

Зими́на Т. Н.¹, Ардабьева А. Г.¹, Котельников А. В.²

¹ Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
Астрахань, Россия

tanushka_0704@mail.ru, ardabeva202@mail.ru

² Астраханский государственный технический университет

Астрахань, Россия

kotas@inbox.ru

Значение фитопланктона в формировании биологической продуктивности Каспийского моря подтверждается многолетними литературными данными. Изучение всех групп микроводорослей этого своеобразного водоема позволило выделить два наиболее значимых вида из групп диатомовых и динофитовых водорослей планктона. В многочисленных работах о *Pseudosolenia calcar-avis* (B. G. Sundström 1986) отмечается большое значение этого вселенца в общей массе фитопланктона, несмотря на спорный вопрос об истинном его влиянии на качественный состав фитопланктона в целом. Ценность *Prorocentrum cordatum* (J. D. Dodge 1976) подтверждается предпочтением организмами последующих трофических уровней данного вида водорослей. Доля *P. calcar-avis* и *P. cordatum* в общей массе и численности заметно снизилась. Изменения в количественных показателях было вызвано, вероятно, разного рода причинами. В Среднем Каспии наблюдалась разница в развитии их по разрезам. Минимальные значения в последнее время чаще обнаруживались в центральной части моря. В Северном Каспии *P. calcar-avis* вегетирует в весенне-осенний период, главным образом, на границе со Средним Каспием. *P. cordatum* встречается по всей акватории Северного Каспия, многочисленна в летний период. Отмеченное изменение в количественных показателях за последние годы подтверждает важность изучения динамики фитопланктона Каспийского моря.

Ключевые слова: Продуктивность, биомасса, фитопланктон, условия обитания, Каспийское море.

ВВЕДЕНИЕ

Каспийское море – это уникальный водоем, как с точки зрения ресурсного состава, так и по своим морфометрическим характеристикам, представляет собой важный объект для изучения (Катунин, 2014). Море вытянуто в меридиональном направлении на 1200 км, наибольшая его ширина составляет 560 км. Каспий является глубоководным водоемом с максимальной отметкой 1026 м в южно-каспийской котловине (Зенкевич, 1963).

Особенности географического положения и происхождения Каспия обуславливают значительную динамику условий среды в течение года и изменение уровня Каспия. В свою очередь это определяет интенсивность продукционно-деструкционных процессов во взаимосвязи с гидрохимической структурой моря.

Одним из важнейших принципов изучения водоема является установление закономерностей преобразования вещества и энергии в водных экосистемах, при этом необходима оценка биологической продуктивности, где существенна роль фитопланктона (Мухутдинов, 2013). Фитопланктон – фотосинтезирующие организмы, живущие в толще воды и оказывающие прямое воздействие на функционирование и продукцию последующих трофических звеньев морской экосистемы как продуценты первичной продукции (Константинов, 1972; Логинова, Лопух, 2011).

Растительный планктон в водной экосистеме является продуцентом органического вещества, первичным звеном в трофической цепи, предшествуя гетеротрофным потребителям. Изменения природно-климатических условий и факторов влияют на состав фитопланктона и его численные характеристики, в связи, с чем важно проводить исследования этих гидробионтов.

Каспийское море является высокопродуктивным водоемом в первую очередь за счет создаваемого фитопланктоном запаса автохтонного органического вещества, обеспечивающего энергетическую основу функционирования биологических сообществ (Яблонская, 2007).

Цель настоящих исследований – изучить роль *Prorocentrum calcar-avis* и *P. cordatum* в формировании биологической продуктивности Каспийского моря по многолетним данным и за летний период 2019–2022 годов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор проб фитопланктона проводился в летний период 2019–2022 годы в Северном и Среднем Каспии. В районе Северного Каспия пробы отбирались по стандартной сетке станций (77 станций); Среднего Каспия по разрезам: город Махачкала – мыс Сагындык, город Дербент – мыс Песчаный, поселок Дивичи – бухта Кендерли. Пробы отбирались гидрозондом Seabird SBE 19 с горизонтов 0, 10, 25, 50, 100, 200 м. Всего собрано и обработано в соответствии с общепринятой методикой (Усачев, 1961) 405 проб. Идентификация видов осуществлялась с помощью определителей (Забелина, 1951; Прошкина-Лавренко, Макарова, 1968). Количественный анализ изучаемых фитопланктонных организмов проводили счетно-объемным методом, с помощью микроскопа Микромед-2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В Каспийском море биомассу фитопланктона, на основании многолетних данных, формируют два основных вида – *P. calcar-avis* и *P. cordatum*. Средиземноморский вселенец *P. calcar-avis* впервые был обнаружен осенью 1934 года в южной части Каспия. Вселение этого вида произошло случайно, предположительно, при акклиматизации черноморской кефали или с водоплавающими птицами (Зиминая, 2022). Являясь крупноклеточной водорослью, вселенец практически сразу занял большую часть общей массы фитопланктона, конкурируя с эндемиком Каспия *Dactyliosolen fragilissimus* (Hasle 1996) (Левшакова, 1972б; Яблонская, 2007), который до появления *P. calcar-avis* относился к числу доминирующих, а сейчас встречается в незначительных количествах. Массовое распространение *P. calcar-avis* обусловлено его адаптацией к широкому спектру солености и температуры.

P. calcar-avis – эвригалитный вид, присутствующий в планктоне круглогодично. Наибольшего развития достигает в открытом море над глубинами 100 м, в слое термоклина и над ним, особенно в периоды вертикальной циркуляции – весной и осенью (Санина, 1991).

Другим значимым видом для фитопланктонного сообщества является представитель динофитовых водорослей эндемик Каспийского моря *P. cordatum*. Ранее занимал до 50 % от биомассы, являясь при этом мелкоклеточным видом водорослей. Однако далее стал уступать доминирующие позиции диатомовым водорослям. *P. cordatum* – это ценный кормовой вид, который активно потребляется зоопланктоном, тем самым повышая продуктивность водоема (Крючкова, 1974).

Роль этих двух важнейших организмов в Каспийском море проявляется по-разному. Мелкоклеточный вид *P. cordatum*, потребляемый зоопланктоном, обеспечивает переход значительного количества питательных веществ в цепи питания или же в виде растворенного органического вещества в толще воды. Роль *P. calcar-avis* остается спорным вопросом. Исследователи полагают, что, в связи с крупными размерами, *P. calcar-avis* в Каспийском море не потребляется планктоном, а в трофические цепи включается только после отмирания. Массовое развитие ее приводит к снижению полезной продукции фитопланктона. Отличное мнение (Яблонская, 2007) основано на косвенном увеличении кормовой базы планктонных животных в связи с потреблением *P. calcar-avis* в виде детрита, а не при непосредственном употреблении этого вида в пищу. Придерживаясь мнения о важности *P. calcar-avis* в Каспии, в том числе и в виде детрита, нужно подчеркнуть влияние ее и на качественный состав

фитопланктона в целом. Изменение видового состава в конкурентных отношениях, вероятно, способно вызвать изменения в трофической цепи.

По литературным данным, наибольшие скопления *P. cordatum* наблюдались летом и осенью при солености 9–12 ‰, *P. calcar-avis* – весной и летом при солености 6–7 ‰. Следовательно, ни во времени, ни в пространстве они не являются конкурентами.

В общей массе фитопланктона Северного Каспия *P. calcar-avis* в период до зарегулирования стока реки Волги составляла 26–42 % или 0,5–2,7 г/м³, в 1976 году – 60 % или 0,5 г/м³. В последующие годы наблюдалось ее уменьшение вследствие опреснения. В настоящее время количество ее находится на низком уровне (5,8–27,1 мг/м³). Несмотря на это в отдельные годы (2018, 2022 годы) биомасса ее составляла 158,7 и 236,4 мг/м³. Количественные показатели *P. cordatum* за ряд лет изменялись от 2,3 до 2,9 млн кл./м³ по численности и от 4,6 до 5,8 мг/м³ по биомассе. В последние годы биомасса этого вида варьировала от 2,1 до 10,5 мг/м³, то есть наметилась тенденция к увеличению.

В Среднем Каспии биомасса *P. calcar-avis* в летний период самого низкого уровня моря (1970-е годы) достигала 78–86 % массы всего фитопланктона (Караева, 2004). В 1980–1990-е годы биомасса ее составляла 79–82 %. В современный период высокие температуры поверхностного слоя, слабое конвективное перемешивание, большое количество биогенов угнетающе сказывалось на развитии *P. calcar-avis* (Карпинский, 2010). За последние семь лет исследований уровень биомассы *P. calcar-avis* носил скачкообразный характер: наибольшие показатели отмечены в 2016 году (620,8 мг/м³), наименьшие – в 2021 году (1,74 мг/м³). В 2021–2022 годах на разрезах поселок Дивичи – бухта Кендерли и город Дербент – мыс Песчаный *P. calcar-avis* отсутствовала. Стоит отметить, что при минимальном развитии в Каспии, в 2021 году *P. calcar-avis* была обнаружена на участке коренного русла реки Волги. Ее биомасса достигала здесь значительных показателей (100 мг/м³).

В предыдущие годы *P. cordatum* в Среднем Каспии доминировала среди динофитовых водорослей, составляя 132,1–338,4 мг/м³ (80 % биомассы динофитовых). В исследуемый период количественные показатели вида варьировали в зависимости от района и разреза. Высокие значения этот вид имел на разрезах город Махачкала – мыс Сагындык и поселок Дивичи – бухта Кендерли. На разрезе город Дербент – мыс Песчаный количество ее было менее значимым. И если в целом по изучаемому району Среднего Каспия в 2019 году *P. cordatum* занимала до 60 % от общих значений фитопланктона и динофитовых в частности, то в 2022 году ее показатели были значительно ниже.

Изменения в развитии микроводорослей, в особенности двух рассмотренных ранее видов, может быть обусловлено как влиянием биогенного состава вод, так и взаимосвязью с другими гидробионтами, например, иными видами-вселенцами (Полянинова, 2003; Карпинский, 2010).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значение фитопланктона в формировании биологической продуктивности Каспийского моря подтверждается многолетними литературными данными. Изучение всех групп микроводорослей этого своеобразного водоема позволило выделить два наиболее значимых вида из групп диатомовых и динофитовых водорослей планктона. В многочисленных работах о *Pseudosolenia calcar-avis* (B. G. Sundström 1986) отмечается большое значение этого вселенца в общей массе фитопланктона, несмотря на спорный вопрос об истинном его влиянии. на качественный состав фитопланктона в целом. Ценность *Prorocentrum cordatum* (J. D. Dodge, 1976) подтверждается предпочтением организмами последующих трофических уровней данного вида водорослей. Доля *P. calcar-avis* и *P. cordatum* в общей массе и численности заметно снизилась. Изменения в количественных показателях было вызвано, вероятно, разного рода причинами. В Среднем Каспии наблюдалась разница в развитии их по разрезам. Минимальные значения в последнее время чаще обнаруживались в центральной части моря. В Северном Каспии *P. calcar-avis* вегетирует в весенне-осенний период, главным образом, на границе со Средним Каспием. *P. cordatum* встречается по всей акватории

Северного Каспия, многочисленна в летний период. Отмеченное изменение в количественных показателях за последние годы подтверждает важность изучения динамики фитопланктона Каспийского моря.

Таким образом, на современном этапе относительно прошлых лет исследования в развитии двух наиболее значимых для Каспия видов фитопланктона отмечено снижение количественных показателей, хотя они по-прежнему остаются в числе доминантов, особенно на акватории Среднего Каспия. Причины таких изменений нуждаются в дальнейших исследованиях.

Список литературы

- Зенкевич Л. А. Биология морей СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 739 с.
- Забелина М. М. Определитель пресных водорослей СССР. – М., 1951. – 619 с.
- Зими́на Т. Н., Ардабьева А. Г., Котельников А. В. Характеристика современного состояния фитопланктонных вселенцев Каспийского // Водное хозяйство России. – 2022. – № 3. – С. 101–110.
- Кату́нин Д. Н. Гидроэкологические основы формирования экосистемных процессов в Каспийском море и дельте Волги Астрахань. – ФГУП КаспНИРХ, 2014. – 478 с.
- Карпинский М. Г. *Pseudosolenia calcar-avis* (Bacillariophyta, Centrophyceae) в Каспии // Российский журнал биологических инвазий. – 2010. – № 1. – С. 2–11.
- Караева Н. И. Снижение кормовой ценности каспийского фитопланктона в связи с инвазией *Pseudosolenia calcar-avis* (Schulze) Sundstrom // Современные проблемы биологических ресурсов Каспийского моря. Материалы межд. конф., посвященной 90-летию юбилею Азерб. научно-исслед. ин-та рыбного хоз-ва (15-17 сентября 2003 г.). – Баку, 2004. – С. 297–299.
- Константинов А. С. Общая гидробиология. – М.: Высшая школа, 1972. – 472 с.
- Крючкова Н. М. О составе пищи и размере пищевых частиц, потребляемых планктонными животными-фильтраторами // Гидробиологический журнал. – 1974. – Т. 10, № 3. – С. 117–124.
- Левшакова В. Д. Некоторые экологические особенности фитопланктона Северного Каспия // Труды КаспНИРХ. – 1972б. – Т. 26. – С. 67–82.
- Логинова Е. В., Лопух П. С. Гидроэкология: курс лекций. – Минск: БГУ, 2011. – 300 с.
- Мухутдинов В. Ф. Продуктивность фитопланктона и гидрохимический режим Юмагузинского водохранилища (р. Белая, Башкортостан) в первые годы его существования: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.02.10 Гидробиология. – Борок, 2013. – 21 с.
- Полянинова А. А. Гидробиологическая обстановка в Среднем и Южном Каспии при биологическом загрязнении водоема чужеродным видом – гребневиком *Mnemiopsis leidyi* // Сборник трудов: Рыбохозяйственные исследования на Каспии. – Астрахань, 2003. – С. 121–134.
- Прошкина-Лавренко А. И., Макарова И. В. Водоросли планктона Каспийского моря. – М.: Наука, 1968. – 291 с.
- Санина Л. В. Летний фитопланктон Среднего Каспия // Рыбохозяйственные исследования планктона. Часть II. Каспийское море: Сб. научных трудов / [Ред. Кузьмичева В. И.] – М.: Изд-во ВНИРО, 1991. – С. 77–95.
- Усачев П. И. Количественная методика сбора и обработки фитопланктона // Труды ВГБО АН СССР. – 1961. – Т. 11. – С. 411–415.
- Яблонская Е. А. Биология Каспийского моря. – М.: Изд-во ВНИРО, 2007. – 142 с.

Zimina T. N., Ardabyeva A. G., Kotelnikov A. V. The Most Significant Species of Phytoplankton in the Caspian Sea // Ekosistemy. 2024. Iss. 40. P. 58–61.

Biological productivity, broadly defined, refers to the rate of biomass production by plant and animal organisms within an ecosystem. The significance of phytoplankton in the formation of the biological productivity of the Caspian Sea is well-documented over many years. Comprehensive studies of all groups of microalgae in this peculiar reservoir made it possible to identify the two most important species within the diatom and dinoflagellate plankton groups. Numerous studies on *Pseudosolenia calcar-avis* highlight the substantial role of this invasive species in the total mass of phytoplankton, despite ongoing debates regarding its true ecological impact. The significance of *Prorocentrum cordatum* (J.D.Dodge 1976) is confirmed by the preference of this type of algae by organisms of subsequent trophic levels. The proportion of *P. calcar-avis* and *P. cordatum* in the total mass and abundance decreased considerably. Changes in quantitative indicators were probably caused by various reasons. In the Middle Caspian, there was a difference in their development across sections. Recently, the minimum values have increasingly been recorded in the central part of the sea. In the Northern Caspian Sea, *P. calcar-avis* proliferates during the spring and autumn seasons, particularly along the boundary with the Middle Caspian Sea. Conversely, *P. cordatum* is distributed throughout the Northern Caspian Sea and is abundant in summer. The observed fluctuations in quantitative indicators emphasize the necessity for ongoing dynamic studies of phytoplankton in the Caspian Sea.

Key words: Productivity, biomass, phytoplankton, habitat conditions, Caspian Sea

Поступила в редакцию 05.10.24
Принята к печати 10.12.24