

КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ КАК ОБЪЕКТ АКВАКУЛЬТУРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

¹Нейдорф А.Р., ¹Жукова П.А.

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрены особенности эволюции, систематики, питания и размножения кишечнополостных, определяющую их роль в водных экосистемах. Рассмотрены особенности положения в трофических цепях и значение для топологической организации водного ценоза. Исходя из экологического значения, определены возможные пути практического использования и намечены основные проблемы искусственного разведения кишечнополостных.

Ключевые слова. Кишечнополостные, книдарии, мягкие кораллы, аквакультура, водные экосистемы, трофические цепи.

COELENTERATES AS AN OBJECT OF AQUACULTURE AND PROSPECTS FOR THEIR PRACTICAL USE

¹Neidorf A.R., ¹Zhukova P.A.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article considers the features of evolution, systematics, nutrition and reproduction of coelenterates, determining their role in aquatic ecosystems. The features of the position in trophic chains and the significance for the topological organization of water cenosis are considered. Based on the ecological significance, possible ways of practical use are identified and the main problems of artificial breeding of coelenterates are outlined.

Keywords. Coelenterates, cnidarians, soft corals, aquaculture, aquatic ecosystems, trophic chains.

Кишечнополостные являются достаточно древней группой многоклеточных, данные о морфологии и роли в трофических цепях постоянно уточняются. Интерес ученых к ранним ископаемым формам книдарий обусловлен необходимостью выявить основные направления эволюции многоклеточных и роль кишечнополостных в древних и современных морских экосистемах. Недавно был обнаружен один из древнейших видов кишечнополостных полипов, *Nailiana elegans* gen. и др. ноябрь, образцы получены из раннекембрийской биоты Чэнцзян (~520 млн лет) Южного Китая. Эти организмы имели восемь неразветвленных щупалец, окружающих гастральное отверстие, что является морфологическим сходством с современными полипами. Эта находка подтверждает гипотезу, что предком современных кораллов был мягкотелый одиночный полип, демонстрирующий окторадиальную симметрию. На одном из изученных экземпляров нового полипа сохранились свидетельства хищничества лингулидных брахиопод. Этот случай иллюстрирует процесс возникновения сложных трофических и экологических отношений в морских сообществах и подчеркивает значение кишечнополостных для водных экосистем.

Процесс эволюции кишечнополостных привел к образованию двух современных типов, стрекающих (Cnidaria) и гребневиков (Stenophora). Книдарии, в свою очередь, включают классы коралловых полипов, сцифоидных медуз и гидроидных полипов, а также два новых таксона, кубомедуз и ставрозоев. Кораллы как древняя группа многоклеточных организмов, являются основой уникальных морских экосистем, образуя известковые органогенные постройки, коралловые рифы. Коралловый риф образует огромное количество морских экотопов, среду обитания уникальных представителей морской флоры и фауны.

Мягкие кораллы являются важным элементом экосистемы рифов, богатым источником биологически активных соединений. Динамичный внешний вид и окраска также сделали их важными дополнениями в морском аквариуме, особенно в рифовых аквариумах, которые приобретают все большую популярность во всем мире. Несмотря на возможность искусственного разведения, большая часть мягких кораллов, используемых в торговле морскими аквариумами, собирается в дикой природе [3].

Дайвинг, рыбная ловля рифовых рыб для пищевых нужд, китайской медицины и для изготовления сувениров нередко заметно вредит рифовым экосистемам. Д.А. Астахов на основании собственных исследований, проводимых с 1996 года во Вьетнаме (в частности в бухте Нячанг), отмечает снижение количества актиний *Stichodactyla haddoni* и *Macroactyla* в 10-15 раз. Всё больше стран вводят запреты на отлов и сбор морских животных в природе.

Еще одной проблемой, влияющей на биоразнообразие кишечнополостных, является попадание микропластика в организм водных животных. Книдарии и гребневики, несмотря на их огромное значение для трофических взаимодействий, редко становятся объектом экологических исследований. Несколько случайно отобранных видов кишечнополостных (*Cyanea capillata*, *C. lamarckii* и *Aurelia aurita*, *Cosmetira pilosella*) и гребневики (*Beroe cucumis* и *Pleurobrachia bachei*), собранные в Северном море были изучены как потенциально аккумулирующие микропластик организмы. Было выявлено, что 94% тканевых проб содержат частицы микропластика. Самые высокие концентрации микропластика были зарегистрированы у крупных хищных гребневиков *B. cucumis*, в то время как для полипов показатели относительно низкие. Основными полимерами в пробах были полиэтилен терефталат и полипропилен. Это исследование демонстрирует, что книдарии и гребневики, в значительной степени малоизученная группа, являются вероятным путем для транспорта и накопления потенциально токсичных веществ в водных экосистемах, что неизбежно станет причиной вымирания высокочувствительных организмов и приведет к деградации сообщества.

Большое значение кишечнополостных в водных экосистемах и очевидная угроза их биоразнообразию создали предпосылки для поиска методик искусственного воспроизведения различных групп кишечнополостных. Аквакультура кораллов включает добычу личинок или сегментов живых кораллов (обычно с кораллового рифа) и выращивание их в контролируемой среде до тех пор, пока коралл не достигнет зрелости. Крупно-полипные кораллы, несмотря на массивный кальциевый скелет, демонстрируют достаточно быстрый рост и также с успехом культивируются на ферме [4].

Исследования, проведенные в ряде регионов, где снижение антропогенной нагрузки способствовало восстановлению естественных морских ценозов, дали интересные результаты, раскрывающие сложные взаимодействия между различными группами организмов, возникающие при образовании коралловых рифов. *Tubastraea soccinea* и *T. tagusensis* являются инвазивными кораллами, которые имеют обширные популяции вдоль побережья Бразилии. Культивирование этих кораллов в лаборатории выявило необходимость наличия в экосистеме водорослей *Lithophyllum* spp. (группа красных водорослей), на которые осаждались планулы кораллов, образующиеся в процессе полового размножения. Бесполое размножение, характерное для рифообразующих кораллов, осуществляется в ограниченном пространстве и увеличение площади расселения коралловых рифов происходит за счет полипов основателей, закрепляющихся преимущественно на красных водорослях, в клеточной оболочке которых откладывается известь, что делает их шероховатыми и определяет возможность закрепления планул, а значит, и появление новых колоний.

Еще одно направление, связанное с изучением кишечнополостных может представлять существенный интерес. Книдарии, вероятно, являются самой древней группой ядовитых животных, однако данные по биохимической эволюции яда книдариев недостаточно полны из-за ограниченной выборки таксонов. В настоящее время ведутся исследования состава яда сцифомедуз *Chrysaora lactea* и представителей кубомедуз *Tamoia haplonema* и *Chiropsalmus quadrumanus*. В общей сложности было идентифицировано 28 предполагаемых типов белков токсина, многие из них обнаружены впервые у стрекающих. Для 17 типов белков токсина характерна преимущественно цитолитическая биологическая активность. Порообразующие токсины, обнаруженные у книдарий, сходны с бактериальными токсинами, которые трансформируют плазматическую мембрану хозяина, образуя функционирующие трансмембранные каналы, являющиеся причиной лизиса клетки.

Цитолитические токсины необходимы для реализации тех специфических механизмов нападения и защиты, которые активируются стрекальными клетками и высокотоксичными ядами, среди которых часто встречаются порообразующие токсины, к которым относятся актинопорины, криоподобные белки, аэролизиноподобные токсины и токсины MACPF/CDC (мембрано-атакующих комплексы или перфорины). Сходные по структуре с порообразующими токсинами белки могут участвовать в процессах полостного пищеварения, а почти все порообразующие белки принимают участие в иммунных реакциях, причем наличие разных типов порообразующих белков характерно для иммунных реакций как позвоночных, так и беспозвоночных животных. Благодаря своим физико-химическим свойствам, порообразующие токсины могут быть использованы в медицинских исследованиях и нанобиотехнологических технологиях.

Кишечнополостные являются достаточно примитивной группой организмов, регуляторные процессы у которых в значительной степени реализуются по гуморальному механизму. Длительным сроком эволюции гуморальной системы регуляции, и значительным расхождением по ряду признаков групп, объединяемых в один таксон, очевидно, объясняется разнообразие выделяемых из

кишечнополостных органических соединений. Так, например, с 2015 по 2020 год из мягких кораллов было выделено 179 новых стероидных соединений, некоторые из которых могут, предположительно, обладать противоопухолевой активностью [6].

Изложенное выше предполагает наличие, как минимум, трех направлений практического использования кишечнополостных в аквакультуре – использование как декоративных объектов в морских аквариумах, выращивание для восстановления естественных экосистем и изучение токсинов и биологически активных веществ, образуемых кишечнополостными, для разработки медицинских препаратов и новых биотехнологий.

Успешное искусственное размножение кораллов было проведено в аквариуме Нумеа в Германии в 1956 году, где были разработаны методы размножения мадрепоровых кораллов. С конца 1980-х годов популярность домашних аквариумов, содержащих живые кораллы, резко возросла. Мировая торговля живыми мадрепоровыми кораллами увеличилась с примерно 20 т в год в 1985-1989 годах до более чем 400 т в год к 1995 году. До 1986 года содержание живых коралловых аквариумов ограничивалось в основном Европой, а именно Германией, Австрией, Бельгией, Нидерландами, Францией, Скандинавией. В 1986 году в журнале «Hobbyist magazine Freshwater and Marine Aquarium» появилась серия популярных статей, оказавших глубокое влияние на аквариумное хобби в Северной Америке и связанных с ним отраслями промышленности [4].

В настоящее время активный рост экспорта кораллов из Юго-Восточной Азии, в основном кораллы семейств Pocilloporidae, Acroporidae, Poritidae, привел к появлению большого количества аквакультурных ферм, где кораллы выращиваются из культивируемых фрагментов. Эти фермы размещают в зонах, недоступных для сильных прибоев, и естественные рифы не разрушаются, используя лишь как доноры посадочного материала. Технология выращивания кораллов относительно проста: из цемента изготавливают шайбы, в которых закрепляют мелкие фрагменты различных кораллов, выращенных здесь же на ферме [5].

Для правильного расположения в морском аквариуме кораллам требуется обеспечить достаточно места для роста и развития. Кроме того, важным фактором благополучия вида является оптимальное качество воды. Чтобы уменьшить стресс и агрессию по отношению к соседям, кораллы нужно разместить так, чтобы они не соприкасались. Даже если они соприкоснутся без видимых признаков агрессии или раздражения, они, скорее всего, начнут скрытую химическую войну, в результате которой один из видов погибнет.

Процесс питания может идти пассивно, на клеточном уровне, или включать поимку добычи. По способу питания кораллы делятся на три основные группы, это: автотрофные (фотосинтезики), гетеротрофные (нефотосинтезики) и миксотрофные (совмещают автотрофные и гетеротрофные свойства). При культивации коралла нужно учитывать тип корма, размеры гранул или кормовых организмов и питательную ценность [5].

Некоторые виды кораллов выделяют в воду соединения, вызывающие заболевания. Болезни кораллов могут помешать успешной культивации, и пока недостаточно изучены. Кораллы имеют развитый иммунитет к бактериальным заболеваниям, но, как и рыбы, могут болеть в случае повреждения тканей коралла или ухудшения условий в аквариуме.

Подводя итог, нужно отметить, что, являясь одной из самых распространенных в декоративных аквариумах групп беспозвоночных, мягкие кораллы представляют большой интерес как объект декоративного культивирования. Однако расширение спектра культивируемых беспозвоночных в декоративной аквакультуре не только поможет привлечь внимание общественности к проблеме биоразнообразия, но и переведет ее из академических в разряд прикладных, если будет сопровождаться изучением биологических особенностей культивируемых видов. Поэтому разработка наиболее эффективных методов содержания и искусственного разведения мягких кораллов имеет не только прикладное, но и исследовательское значение. Конечно, особо актуальны сейчас методы восстановления коралловых рифов, но эти исследования сейчас идут не слишком интенсивно, представляя узко академический интерес.

Список использованных источников

1. Matishov D.G, Matishov G.G. Radioecology in Northern European Seas. – Berlin, 2004. -Springer Verlag. 335 p.
2. Kayal et al. Cnidarian phylogenetic relationships as revealed by mitogenomics // BMC Evolutionary Biology, 2013. - 13(5). - URL: <http://www.biomedcentral.com/1471-2148/13/5>
3. Vinod, K., Ramamoorthy, N., Rani Mary George. and Gopakumar, G. Artificial propagation of soft coral *Sinularia kavarattiensis* (Octocorallia: Alcyonacea) in India // Mar. Fish. Infor. Serv., T & E Ser., No. 222, 2014
4. Delbeek J.C.. Coral farming : past, present and future trends // Aquarium Sciences and

Conservation, vol. 3, no 1, 2001, p. 172

5. Calfo, A. Book of Coral Propagation, Volume 1 Edition 2: Reef Gardening for Aquarists / A. Calfo – Reading Trees, 2007. – 416 p.

6. Savic Marina P., Structural diversity of bioactive steroid compounds isolated from soft corals in the period 2015–2020 // The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology, Vol. 218, April 2022.