

УДК 594

**ГОЛОЖАБЕРНЫЙ МОЛЛЮСК *CORYPHELLA TROPHINA* (BERGH, 1890)  
(GASTROPODA, NUDIBRANCHIA)  
ИСПОЛЬЗУЕТ ДЛЯ СВОЕЙ ЗАЩИТЫ  
ДВАЖДЫ УКРАДЕННЫЕ СТРЕКАТЕЛЬНЫЕ КАПСУЛЫ**

© 2025 г. Н. Р. Крупицкая\*, И. А. Екимова, академик РАН В. В. Малахов

Поступило 30.07.2024 г.

После доработки 01.09.2024 г.

Принято к публикации 03.09.2024 г.

Большинство голожаберных моллюсков питаются гидроидными полипами и актиниями, используя для защиты похищенные стрекательные капсулы съеденных жертв — клептокниды. Обнаружено, что голожаберный моллюск *Coryphella trophina* (Bergh, 1890) поедает других голожаберных моллюсков. При этом для своей защиты этот хищник использует стрекательные капсулы, которые были похищены дважды: один раз их похитили моллюски, питавшиеся книдариями, а другой — их похитила *C. trophina*, которая съела этих моллюсков.

**Ключевые слова:** голожаберные моллюски, питание, клептокниды, цераты, книдосаки, Nudibranchia  
**DOI:** 10.31857/S2686738925010017, **EDN:** tdqjuw

Голожаберные моллюски (Nudibranchia) — отряд морских брюхоногих моллюсков, характеризующийся полным отсутствием раковины. В связи с этим голожаберные моллюски выработали несколько механизмов защиты от хищников. Некоторые моллюски накапливают токсические вещества, которые делают их несъедобными [1]. Другие, не имея раковины, армируют спинную сторону известковыми спикулами (представители подотряда Dorida) [2]. Наиболее интересный механизм защиты имеется у представителей надсемейств Flabellinoidea, Aeolidioidea и Fionoidea. Большинство представителей этих групп питаются гидроидными полипами и актиниями. При этом они не переваривают стрекательные капсулы (книдоциты) жертв, которые транспортируются по дивертикулам их пищеварительной системы в особые органы — книдосаки. Книдосаки располагаются на вершинах удлиненных выростов (церат) на спинной стороне моллюсков. Стрекательные капсулы, похищенные у жертв, получили название клептокнид. Они хранятся и созревают в книдофагах — клетках энтодермальной выстилки книдосака. В момент опасности моллюск сокращает мышечную стенку книдосака

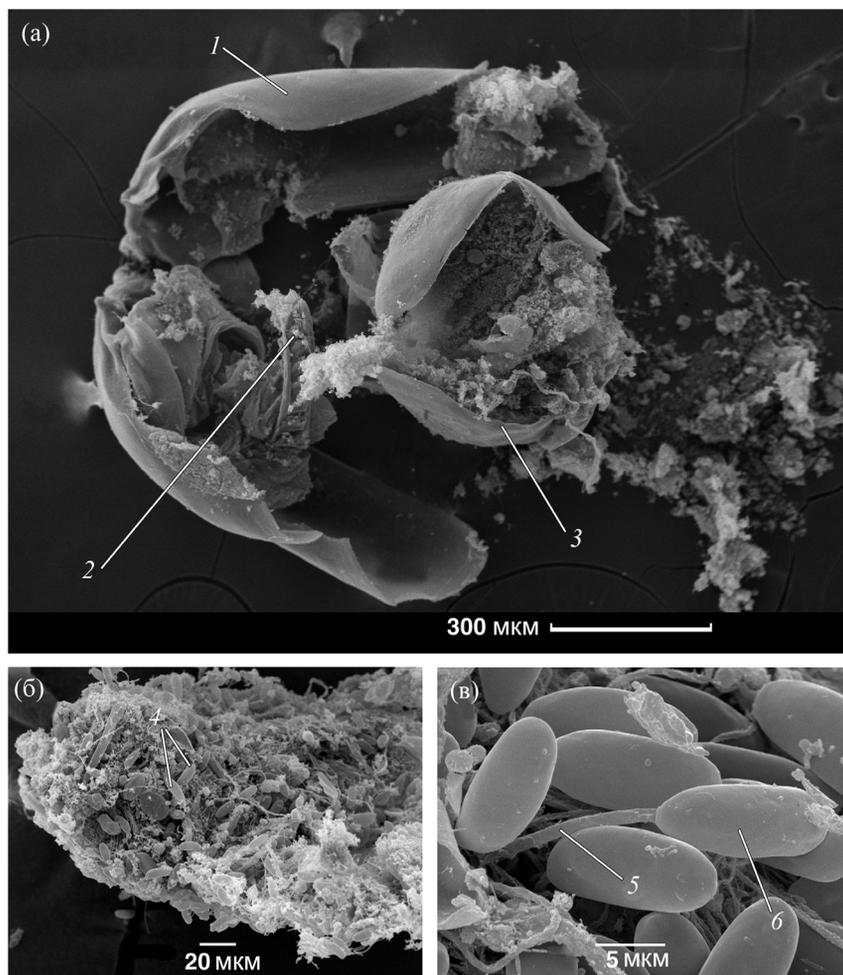
и выбрасывает клептокниды через отверстие на вершине цераты [1, 3, 4, 5]. В то же время среди голожаберных моллюсков есть виды, которые перешли к питанию другими объектами (икрой рыб, кладками других голожаберных моллюсков, усоногими рачками и др.) и утратили способность к клептокнидии [3, 6].

Большинство представителей семейства Coryphellidae питаются гидроидными полипами и имеют хорошо развитые книдосаки [6–8]. В то же время в отношении одного вида, а именно *Coryphella trophina* (Bergh, 1890) имеются данные о том, что он способен пожирать ювенильные особи других голожаберных моллюсков [9]. Задача настоящей работы состоит в том, чтобы выяснить, чем питается *C. trophina* и сохраняет ли он способность к клептокнидии.

Моллюски были собраны в 2015 и 2018 гг. в Авачинской бухте Тихого океана, Камчатка (52°59'00" с. ш. 158°33'00" в. д.) на глубинах 10–15 м с использованием легководолазного оборудования. Собранные особи *C. trophina* были зафиксированы и сохранялись в 70–96-процентном спирте. Для изучения спектра питания было вскрыто 6 экз. *C. trophina*. Содержимое желудков вскрытых особей было исследовано методами световой и сканирующей электронной микроскопии. Для изучения методами сканирующей электронной микроскопии материал был обезвожен в спиртах возрастающей

Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

\*e-mail: nelly-karimova@yandex.ru



**Рис. 1.** Содержимое желудков *Coryphella*: А – пищевой комок с челюстями неидентифицированного голожаберного моллюска из семейства Coryphellidae (1), радулой *Coryphella alexanderi* (2) и челюстями неидентифицированного представителя семейства Dendronotidae (3); Б – пищевой комок с нематоцистами эврителами (4); В – эврителы из пищевого комка при большом увеличении: 5 – стрекательная нить, 6 – стрекательная капсула.

концентрации, переведен в ацетон, высушен в аппарате сушки в критической точке и подвергнут напылению смесью золота и платины. Исследование микроанатомии кнidosаков было проведено на гистологических парафиновых срезах толщиной 5 мкм, окрашенных гематоксилином и эозином. Срезы были изготовлены с использованием стандартной гистологической методики [10].

В составе пищевого комка в желудке *C. trophina* были обнаружены остатки других голожаберных моллюсков, а именно: челюсти неопределенных представителей семейств Coryphellidae и Dendronotidae, полисерийные и трисерийные радулы, а также разветвленные и цилиндрические спинные выросты голожаберных моллюсков. В частности, были найдены гладкие, неветвистые, заостренные и слегка уплощенные цераты, принадлежащие представителям инфраотряда

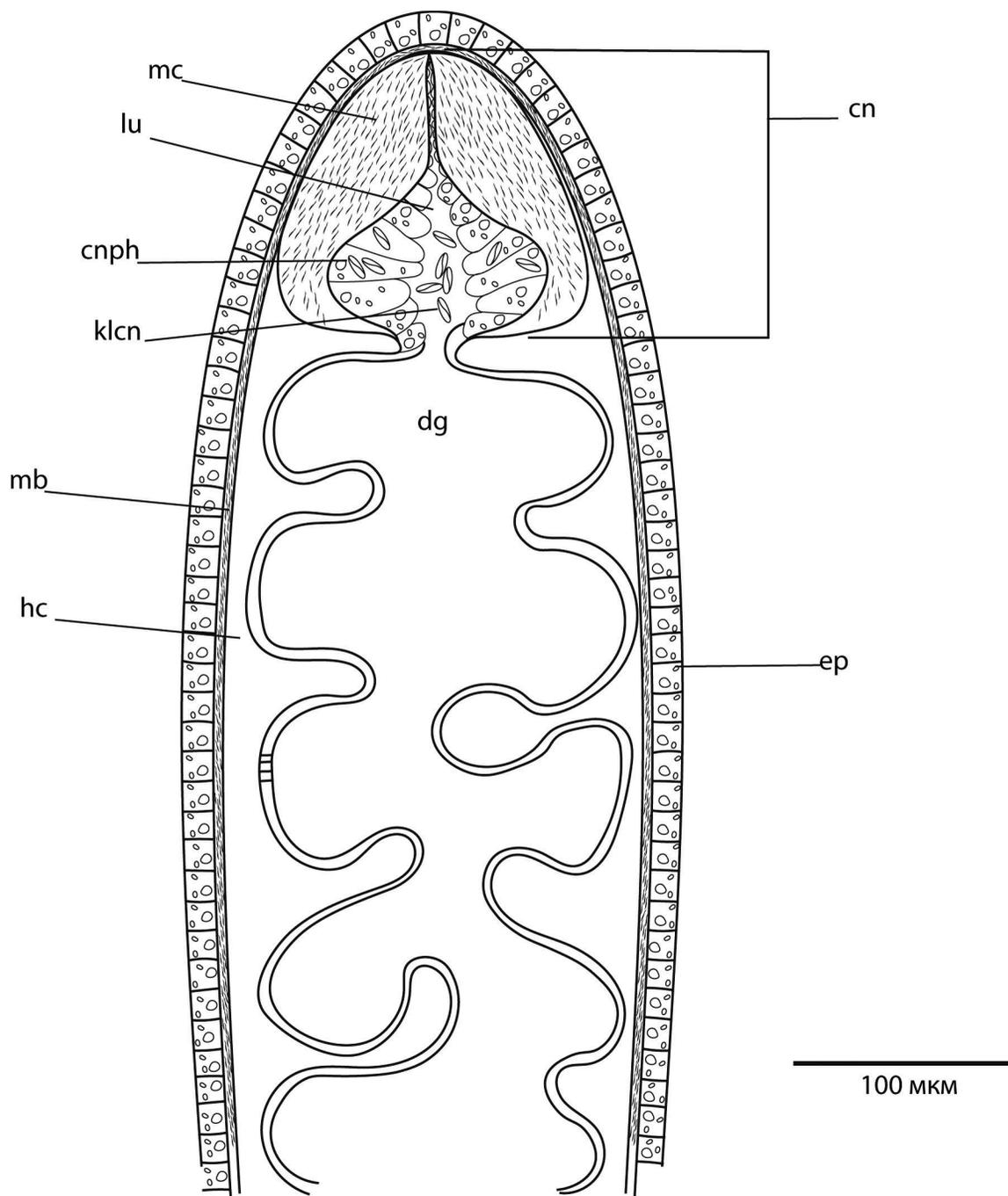
Aeolidida, в то время как древовидно разветвленные спинные выросты относятся к представителям семейства Dendronotidae. Морфология радул, найденных в желудке *C. trophina*, позволяет провести идентификацию жертв до вида. В частности,

**Таблица 1.** Таксономическая принадлежность остатков, найденных в желудке *Coryphella trophina*

Жертва	Характер остатков
<i>Dendronotus kalikal</i>	Челюсти, радула
<i>Dendronotus</i> sp.	Челюсти, спинные выросты
<i>Coryphella alexanderi</i>	Челюсти, радула
Aeolidida gen. sp.	Цераты
Hydrozoa gen. sp.	Мастигофоры, изоризы, эврителы
Actinaria gen. sp.	Мастигофоры

полисерийная радула по строению центрального и латеральных зубов принадлежит *Dendronotus kalikal* Ekimova, Korshunova, Schepetov, Neretina, Sanatyan & Martynov, 2015, обитающего в той же акватории [11]. В желудке одной из особей обнаружена трисерийная радула *Coryphella*

*alexanderi* Ekimova, 2022 (рис. 1А), обитающей в том же регионе [12]. В пищевых комках изученных особей также обнаружены нематоциты (мастигофоры, изоризы и эврителы) гидроидных полипов (рис. 1 Б, В) [13], а также мастигофоры Actinaria (см. таблицу 1).



**Рис. 2.** Схема продольного среза цераты *Coryphella trophina*. mc – мышечная обкладка кнidosака; lu – люмен; cnph – книдофаг; kicn – клеточкниды; mb – мускулатура тела; hc – гемоцель; dg – пищеварительная железа; ep – эпидермис; cn – кнidosак.

Изучение гистологического строения церат *C. trophina* показало, что на их вершине располагается маленький кнidosак длиной 0.13 мм, что составляет около 1/30 часть цераты. Кнidosак имеет выраженную мышечную стенку (рис. 2). Энтодермальная выстилка кнidosака включает не более 20 книдофагов в составе кнidosака. В большей части книдофагов имеются нематоцисты, предположительно – эврителы (овальные, 5–7 мкм), и такие же клеточкниды встречаются в просвете самого кнidosака.

Впервые на возможность питания *C. trophina* голожаберными моллюсками указала И.С. Рогинская [9], которая обнаружила в кишечнике одной вскрытой особи около 10 глоток ювенильных особей *Cuthona* sp. и *Coryphella verucosa*. Наши данные показывают, что приоритетным объектом питания *C. trophina* являются голожаберные моллюски, причем, судя по размерам челюстей и радул, жертвами были взрослые особи представителей семейств Coryphellidae, Dendronotidae и Aeolidida gen sp. В то же время в пищевом комке не было обнаружено каких-либо остатков гидроидных полипов, хотя фрагменты хитиновой теки и столонов должны были бы сохраняться. Известно, что представители Coryphellidae и Dendronotidae питаются преимущественно гидроидными полипами, тогда как представители семейства Aeolididae объедают щупальца актиний [5, 6]. Исходя из этого, можно предположить, что книдоцисты, обнаруженные в желудке *C. trophina*, получены не за счет питания гидроидными полипами или актиниями, а за счет питания теми моллюсками, которые едят гидроидных полипов и актиний. В этом случае число клеточкнид, которые получает *C. trophina* от своих жертв, должно быть меньше, чем у тех моллюсков, которые питаются непосредственно стрекающими кишечнополостными. Вот почему и кнidosак *C. trophina* занимает относительно меньшую часть цераты, чем у других Coryphellidae. У *C. trophina* длина кнidosака составляет всего 3% от длины цераты, тогда как у других видов семейства длина кнidosака составляет не менее 10%. [6]. В кнidosаке *C. trophina* обнаружен только один тип клеточкнид, а именно эврителы гидроидных полипов. В кнidosаке других Coryphellidae описано 2, 3 и более разновидностей клеточкнид [6]. Тем не менее кнidosак *C. trophina* остается функционирующим органом (об этом говорит мощная мышечная стенка, которая необходима для сокращения кнidosака и выбрасывания книдоцист) и может выполнять защитную функцию. При этом для своей защиты *C. trophina* использует стрекательные капсулы, которые были похищены дважды. Один раз их похитили моллюски, питавшиеся книдариями, а другой – их похитила *C. trophina*, которая съела этих моллюсков.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Антону Чичваркину за сбор и предоставление материалов для данного исследования. Микроскопические исследования осуществлялись на оборудовании Межфакультетской лаборатории электронной микроскопии МГУ и Центра микроскопии ББС МГУ.

## ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование поддержано грантом РФФ № 20-74-10012.

## СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ НОРМ И СТАНДАРТОВ

Для объекта исследования не требуется заключение биоэтического комитета.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Конфликт интересов отсутствует.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Goodheart J.A., Bely A.E. Sequestration of nematocysts by divergent cnidarian predators: mechanism, function, and evolution // Invertebrate Biology. 2017. Vol. 136, No. 1, P. 75–91.
2. Nikitenko E.D., Vortsepneva E.V. Spicule complex of three Onchidorididae species (Gastropoda: Doridina) from the White Sea // Invertebrate Zoology. 2020. Vol. 17, No. 1, P. 44–58.
3. Ekimova I.A., Vorobyeva O.A., Mikhлина A.L., et al. Nematocyst sequestration within the family Fionidae (Gastropoda: Nudibranchia) considering ecological properties and evolution // Frontiers in Zoology. 2022. Vol. 19, No. 1, P. 29.
4. Andersen R.J., Desjardine K., Woods K. Skin chemistry of nudibranchs from the West Coast of North America // Molluscs: From Chemo-ecological Study to Biotechnological Application. 2006. P. 277–301.
5. Vorobyeva O.A., Malakhov V.V., Ekimova I.A. General and fine structure of *Aeolidia papillosa* cnidosacs (Gastropoda: Nudibranchia) // Journal of morphology. 2021. Vol. 282, No. 5, P. 754–768.
6. Goodheart J.A., Bleidifel S., Schillo D., et al. Comparative morphology and evolution of the cnidosac in Cladobranchia (Gastropoda: Heterobranchia: Nudibranchia) // Frontiers in zoology. 2018. Vol. 15, No. 1, P. 1–18.
7. Frick K.E. Nematocyst complements of nudibranchs in the genus *Flabellina* in the Gulf of Maine and the effect of diet manipulations on the cnidom of *Flabellina*

- verrucosa* // Marine biology. 2005. Vol. 147. No. 6, P. 1313–1321.
8. Greenwood P.G. Acquisition and use of nematocysts by cnidarian predators // Toxicon. 2009. Vol. 54, No. 1, P. 1065–1070.
  9. Roginskaya I.S. *Coryphella tropina* (Bergh) (Nudibranchia: Coryphellidae): feeding characteristics, synonymy, distribution // Feeding and bioenergetics of marine benthic invertebrates. Moscow, Institute of Oceanology of the USSR Academy of Sciences. 1990a. P. 47–57.
  10. Kavtaradze D.N., Valovaya M.A. Microtechnics. Rules, techniques, art, experiment // Moscow: Moscow University Press. 1993. P. 83.
  11. Ekimova I.A., Valdes A., Chichvarkhin A., et al. Diet-driven ecological radiation and allopatric speciation result in high species diversity in a temperate-cold water marine genus *Dendronotus* (Gastropoda: Nudibranchia) // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2019. Vol. 141, No. 1, P. 106609.
  12. Ekimova I.A. A new species of the genus *Coryphella* (Gastropoda: Nudibranchia) from the Kuril Islands // Ruthenica, Russian Malacological Journal. 2022. Vol. 32, No. 1, P. 41–48.
  13. Östman C. A guideline to nematocyst nomenclature and classification, and some notes on the systematic value of nematocysts // Scientia Marina. 2000. Vol. 64, No. 1, P. 1–31.

## THE NUDIBRANCH *CORYPHELLA TROPHINA* (BERGH, 1890) (GASTROPODA, NUDIBRANCHIA) USES TWICE STOLEN STINGING CAPSULES FOR ITS PROTECTION

**N. R. Krupitskaya\*, I. A. Ekimova, Academician of the RAS V. V. Malakhov**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

\*e-mail: nelly-karimova@yandex.ru

Most nudibranchs feed on hydroid polyps and anemones, using stolen stinging capsules of eaten victims, kleptocnids, for protection. The nudibranch *Coryphella trophina* (Bergh, 1890) was found to eat other nudibranchs. This predator uses for protection stinging capsules which were stolen twice: once they were stolen by mollusks that fed on cnidarians, and the second time they were stolen by *C. trophina* itself that ate these mollusks.

*Keywords:* Nudibranch molluscs, feeding, kleptocnidae, cerata, cnidosacs, Nudibranchia