

**ТОНКАЯ МОРФОЛОГИЯ РОТОВЫХ КОНЕЧНОСТЕЙ
EPISCHURA CHANKENSIS RYLOV, 1928
(COPEPODA, CALANOIDA)**

И.Ю. Зайдыков, Е.Ю. Наумова

*Лимнологический институт ЛИИ СО РАН, ул. Улан-Баторская, 3, Иркутск,
664033, Россия. E-mail: igorrock11@mail.ru, lena@lin.irk.ru*

Впервые приводятся данные о тонком строении ротового аппарата самок *Epischura chankensis* Rylov, 1928 (Copepoda, Calanoida) полученные с помощью сканирующей электронной микроскопии. На основании этих данных получены численные индексы, позволяющие судить о трофическом статусе вида и ко-эволюции ротовых конечностей и пищевых объектов. Показатель остроты режущего края мандибулы (индекс Ито) для *E. chankensis* составил 663, что позволяет предположить возможность хищничества. Данные морфологии вторых максилл подтвердили высокую приспособленность *E. chankensis* к фильтрации наннопланктона.

**THE FINE MORPHOLOGY OF MOUTH PARTS OF
EPISCHURA CHANKENSIS RYLOV, 1928
(COPEPODA, CALANOIDA)**

I.Yu. Zaidykov, E.Yu. Naumova

*Limnological Institute SB RAS, 3 Ulan-Batorskaya Str., Irkutsk, 64033, Russia. E-mail:
igorrock11@mail.ru, lena@lin.irk.ru*

The thin structure data of the oral appendages of females *Epischura chankensis* Rylov, 1928 (Copepoda, Calanoida) was received with scanning electronic microscopy (SEM). On the basis of these data the numerical indexes are received. The indexes are allowing to estimate the trophic status of a kind and co-evolution of the oral appendages and the food objects. The mandibule cutting edge index of *E. chankensis* was 663, what allows to assume an opportunity of the predatoriness. The thin morphology of the second maxilles have confirmed high fitness *E. chankensis* to a filtration of nanoplankton.

Представители рода *Epischura* Forbes, 1882 в настоящее время обитают на территории Азии и Северной Америки. Дальневосточные виды этого рода после описания не изучались. Исключение составляет *Epischura chankensis* Rylov 1928, биология которой в озере Ханка подробно изучалась в последнее время (Барабанщиков, 2004). К сожалению, систематика и эволюция этой группы видов пока еще не изучена.



Рис. 1. *Epischura chankensis*. Фото со сканирующего электронного микроскопа.

Большинство копепоид имеет ротовой аппарат фильтрующего типа и питается водорослями. В процессе питания принимают участие пять пар конечностей (рис. 1): вторые антенны, первые и вторые максиллы и максиллипеды создают токи воды направленные к ротовому отверстию и отфильтровывают вовлеченные в эти токи частицы, а режущий край мандибулы служит для удержания и измельчения пищи (Монаков, 1998).

Строение ротовых конечностей ракообразных связано с особенностями питания (Павлов, 2000). Ранее установлено, что *E. chankensis* питается органической взвесью (Наумова, Барабанщиков, 2008). Адаптации тонкого строения ротового аппарата к такому пищевому объекту представляют интерес.

Помощь в оценке морфологических показателей могут оказать применяемые в мире ведущими исследователями копепод индексы. Для удобства сравнения морфологии мы использовали ранее предложенный Ито (Itoh, 1970) показатель остроты режущего края мандибулы (E_i), или краевой индекс. По результатам сравнения мандибулярных пластинок Ито выделил три группы копепод. Фильтрующие травоядные виды характеризовались E_i меньше 500, всеядные виды имели индекс между 500 и 900, и хищные виды имели индекс более 900. Этот метод в дальнейшем использовался рядом ученых (Sullivan et al., 1975; Giesecke, Gonzalez 2004; Revis et al., 1991), которые выявляли четкую взаимосвязь между остротой зубцов мандибулярных пластинок разных видов копепод (в основном морских) и потребляемой ими пищей. Так же современные исследователи (Норр, Магер, 2005) применили объем «площади облова», связав этот показатель со способностью рачков обитать в водоемах разной трофности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе использованы самки *E. chankensis* из озера Ханка, собранные в различные сезоны 2003 и 2005 годов, любезно предоставленные Е.И. Барабанщиковым (ТИНРО-Центр). Пробы фиксированы 4%-ным формалином.

Для исследования при помощи электронного сканирующего микроскопа (СЭМ) QUANTA 200 фирмы FEI образцы отмывались в дистиллированной воде. Далее ротовые конечности отделялись с помощью препаровальных игл и помещались на фильтр, сушились сменой спиртов (30%, 50%, 70%, 96%), а остатки спирта удалялись с помощью гексаметилдисилазана (Laforsch, Tollrian, 2000), после чего напылялись золотом. Препараты мандибул приготавливались двумя спо-

собами. В первом случае так же, как описано выше, или же мандибулы на фильтре сушили в сушильном шкафу при 40°C в течение суток (Наумова, 2006), после чего напылялись золотом. При приготовлении препаратов для светового микроскопа отпрепарированные мандибулы помещались в глицерин. Общая длина тела самок измерялся с помощью окуляр микрометра под световым микроскопом. Измерения объектов на фотографиях, полученных с помощью СЭМ и светового микроскопа Axiostar plus, производились с помощью программы Image Pro (версия 4).

Показатель остроты мандибулярных пластинок E_i (Индекс Ито) вычисляли, как: $E_i = \Sigma(w_i h_i W^{-1} H^{-1} \times 10^4) N^{-1}$, где E_i – краевой показатель остроты; h_i – глубина выемки между смежными зубами; w_i – расстояние (ширина) зазора между соседними зубами; W – общая ширина мандибулярных пластинок; H – общая длина расстояния между кончиком и основанием мандибулярных пластинок; N – число всех зубов. При этом индекс вычислялся для образцов с горизонтально расположенной гнато базой и максимальной сохранностью зубцов (рис. 2).

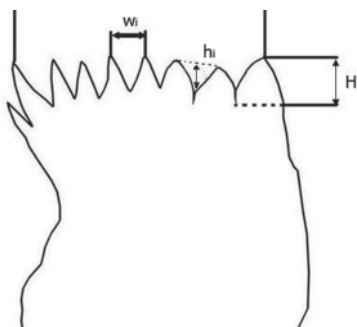


Рис.2. Схема промеров мандибулы *Epischura chankensis* для вычисления индекса Ито.

Площадь облова вычислялась по методу, приведенному в работе Хоппа и Майра (Hopp, Maier, 2005), как произведение $F = L_{mx} \times L_{sx} \times 2$, где L_{mx} – средняя длина максилл, L_{sx} – средняя длина сет (рис.3).

Полученные данные промеров обрабатывались с помощью статистического пакета Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ трехмерного изображения взаимного расположения конечностей подтвердил, что главную роль в улавливании частиц из окружающей воды у *E. chankensis* играют вторые максиллы (рис. 1). Данные основных характеристик этих конечностей приведены в таблице.

При исследовании режущего края мандибул, на световом микроскопе было обнаружено, что два вентральных зубца режущего края имеют светопреломление близкое к таковому у воды (рис. 4). Этот факт позволяет предположить наличие коронок с высоким содержанием кремния на этих двух зубцах.

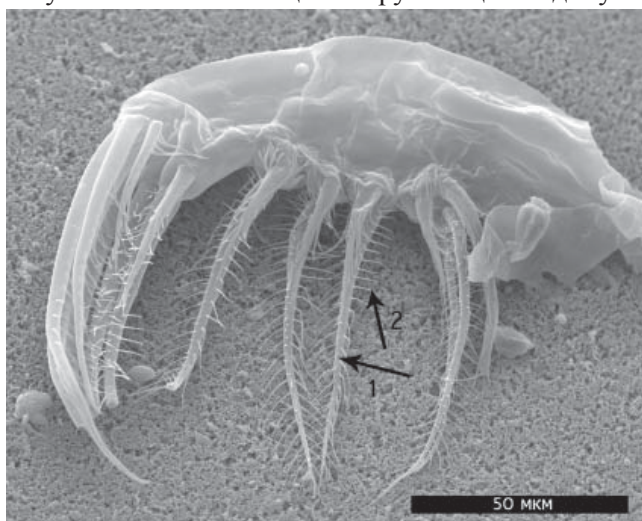


Рис.3. Общий вид максиллы *Epischura chankensis*. Стрелками показаны: 1 – сет, 2 – сетула.

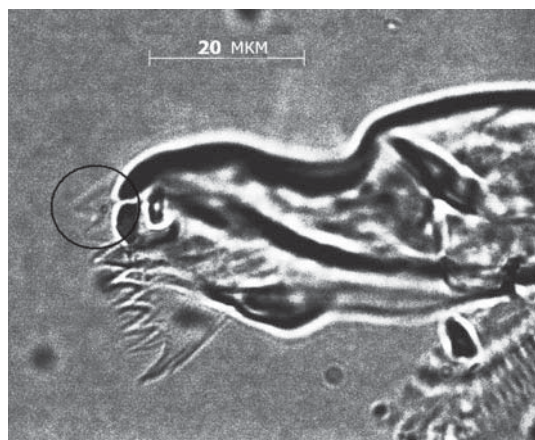


Рис. 4. Режущий край мандибулы *Epischura chankensis*. Кругком обведены два вентральных зуба.

Таблица
Результаты измерений вторых максилл
и длины тела *Epischura chankensis*

Длина тела, мкм	864 ± 60,2
Длина максилл, мкм	98,7 ± 11,3 (4)
Длина сет, мкм	83,0 ± 17,8 (31) 55 – 114
Площадь облова, мкм ²	17572
Расстояние между сетами, мкм	8,6 ± 3,3 (20) 2,7 – 15,5
Длина сетул, мкм	7,9 ± 2,4 (120)
Расстояние между сетулами, мкм	3,2 ± 0,7 (120) 0,7 – 5,4

Примечание: в скобках указано число проведенных измерений.

Показатель остроты мандибулярных пластинок E_i для 5 экземпляров в среднем составил 663 ± 120 .

ОБСУЖДЕНИЕ

Практически круглогодично *E. chankensis* в оз. Ханка питается взвесью, состоящей из органики, абсорбированного минерального вещества и бактериальной пленки. Минимальный размер потребляемых частиц у *E. chankensis* составляет 0,3 мкм, максимальный – 12 мкм, эти показатели практически не меняются в зависимости от сезона (Наумова, Барабанщиков, 2008). Эти условия отличаются от существующих в большинстве пресных водоемов, где наблюдаются значительные сезонные колебания состава и обилия фитопланктона.

Строение вторых максилл самок *E. chankensis* позволило отнести этот вид к тонким фильтраторам. Расстояние между сетулами (от 1,7 до 5,4 мкм) оказалось очень близко к таковому у *E. baicalensis* Sars (Афанасьева, 1989), обитающей в ультраолиготрофном водоеме. Таким образом, можно предположить, что на этот показатель влияет не количество взвеси, а размерный спектр частиц, потребляемых рачками. Это подтверждается и другими авторами (Монаков, 1998). К сожалению, данных измерений высокой точности аналогичных показателей для других близких видов в литературе нам найти не удалось. Отношение длины тела к длине фильтрующих конечностей у *E. chankensis* значительно выше (8,75), чем приводится для планктонных циклопов, питающихся преимущественно фитопланктоном – 12,5 (Норр, Маер, 2005). Этот показатель закономерно можно рассматривать как адаптацию к питанию мелкими частицами. После получения данных по другим видам можно будет исключить влияние на этот показатель плотности воды и других подобных факторов.

Индекс остроты мандибулярных пластинок для пресноводных копепод ранее не рассчитывался. Однако, включение морфологии мандибулярных пластинок в современные зарубежные определители копепод говорит о перспективности изучения их тонкой морфологии. Значение индекса остроты *E. chankensis* близкое к нижней границе значений всеядного питания, может говорить о потенциальной

способности этого вида к хищничеству. Но, скорее всего, смешанный тип питания был характерен для предковой формы, по-видимому, близкой к американским видам рода *Epischura*.

Сравнение в дальнейшем точных численных показателей *E. chankensis* с другими видами рода, обитающими в водоемах разной трофности, даст информацию о процессах адаптации организмов в процессе и расселения и освоения ими новых мест обитания.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке интеграционного проекта СО РАН № 95.

ЛИТЕРАТУРА

- Афанасьева Э.Л.** 1989. Строение и онтогенез конечностей синцефалона у *Epischura baicalensis* Sars (Copepoda, Calanoida) // Черви, моллюски, членистоногие. Новосибирск: Наука. С. 210–226.
- Ащепкова Л.Я., Проценко Т.А.** 1991. Математическое моделирование процессов переноса в озере Ханка. Препр. Владивосток: Ин-т прикл. математики ДВО АН СССР. 24 с.
- Барабанщиков Е.И.** 2001. Зоопланктон озера Ханка: динамика, распределение, продукция // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 1. С. 195–204.
- Барабанщиков Е.И.** 2004. Зоопланктон озера Ханка. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. С-Петербург. 23 с.
- Маркевич Г.И., Цельмович В.А.** 1981. Минеральные коронки мандибулярных зубцов пресноводных Calanoida (Crustacea, Copepoda) // Зоол. ж. Т.60, вып. 3. С. 461–464.
- Монахов А.В.** 1998. Питание пресноводных беспозвоночных. Москва. 320 с.
- Наумова Е. Ю.** 2006. Жизненные циклы и морфология представителей рода *Epischura* Forbes (Copepoda, Calanoida). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск. С. 24
- Наумова Е. Ю., Барабанщиков Е. И.** 2008. К вопросу о питании *Epischura chankensis* Rylov, 1928 (Copepoda, Calanoida) в озере Ханка // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 4. С. 252–257.
- Павлов В.Я.** 2000. Периодическая система членистых. М.: Изд-во ВНИРО. 186 с.
- Giesecke R., Gonzalez H.** 2004. Mandible characteristics and allometric relations in copepods: a reliable method to estimate prey size and composition from mandible occurrence in predator guts // Revista Chilena de Historia Natural. V. 77. P. 607–616.
- Hopp U., Maier G.** 2005. Implication of the feeding limb morphology for herbivorous feeding in some freshwater cyclopoid copepods // Freshwater Biology. Blackwell Publishing Ltd. V. 5. P. 742–545.
- Itoh K.** 1970. A consideration on feeding habits of planktonic copepods in relation to the structure of their oral parts // Bulletin of Plankton Society of Japan. N 17. P.1–10.
- Laforsch C., Tollrian R.** 2000. A new preparation technique of daphnids for Scanning Electron Microscopy using hexamethyldisilazane // Arch. Hydrobiol. V. 149, N 4. P. 587–596.
- Revis N., Castel J., Tackx M.L.M.** 1991. Some reflections on the structure of the mandible plate of *Eurytemora affinis* (Copepoda, Calanoida) // Hydrobiol. Bull. V. 1. P. 45–50.
- Sullivan B.K., Miller C.B., Peterson W.T., Soeldner A.H.** 1975. A scanning electron microscope study of the mandibular morphology of boreal copepods // Marine Biology. V. 30. P. 175–182.