

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ



10

1982

1. Воронов П. М. Перспективы и биотехника использования артемии в морском рыбоводстве. — Биол. основы мор. аквакультуры, Киев, 1977, вып. 3, с. 1—71.
2. Лозовский Е. А. Размножение артемии в лабораторных условиях при разных температурах. — Рыб. хоз-во, 1977, № 4, с. 29—30.
3. Хмелева Н. Н. Затраты энергии на дыхание, рост и размножение у *Artemia salina* (L.). — Биология моря, Киев, 1968, вып. 15, с. 71—98.
4. Bowen S. T. The genetics of *Artemia salina*. 1. The reproductive cycle. — Biol. Bull., 1962, 122, N 1, p. 25—32.
5. Bowen S. T., Hanson J., Dowling P. et al. The genetics of *Artemia salina*. VI. Summary of mutations. — Biol. Bull., 1966, 131, N 2, p. 230—250.
6. Dutrieu J. Observations biochimiques et physiologiques sur le développement d'*Artemia salina* Leach. — Arch. Zool. Exp. Gen., 1960, 99, p. 1—133.
7. Engel D. W., Davis E. M. The effects of gamma-radiation on the survival and growth of brine shrimp *Artemia salina*. — In: Radioecology and energy resour.: Proc. 4-th Nat. Symp. Radioecol., Corvallis, Ore. Stroudsburg, Pa, 1976, p. 376—380.
8. Gilchrist B. M. Growth and form of the brine shrimp *Artemia salina* (L.). — Proc. Zool. Soc., London, 1960, 134, p. 221—235.
9. Provasoli L., Shiraishi K. Axenic cultivation of the brine shrimp *Artemia salina*. — Biol. Bull., 1959, 117, N 2, p. 347—355.
10. Reynnier M. Recherches sur le développement et la reproduction d'*Artemia salina*. — Bull. Soc. Sci., Nancy, 1959, 18, N 2, p. 115—127.
11. Weisz P. B. The space-time pattern of segment formatios in *Artemia salina*. — Biol. Bull., 1946, 91, p. 119—140.

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР

Поступила в редколлегию 22.12.80

L. A. RADCHENKO

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND SALINITY ON THE ARTEMIA DEVELOPMENT AND SURVIVA UNDER EXPERIMENTAL CONDITIONS

Summary

The paper presents results of studies in the influence of temperature and salinity on the *Artemia* development and survival. Observations of moult make it possible to visually determine the stage of copepod development. Stage duration (moult periodicity), pubescence time, reproduction and survival of copepods are essentially dependent on the temperature factor. This dependence increases with the copepod age. Salinity is not revealed to influence the characters in question.

УДК 591.148.1:577.472(26)

П. В. ЕВСТИГНЕЕВ

О РАЗМЕЩЕНИИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ОРГАНОВ У КОПЕПОД РОДА PLEUROMAMMA

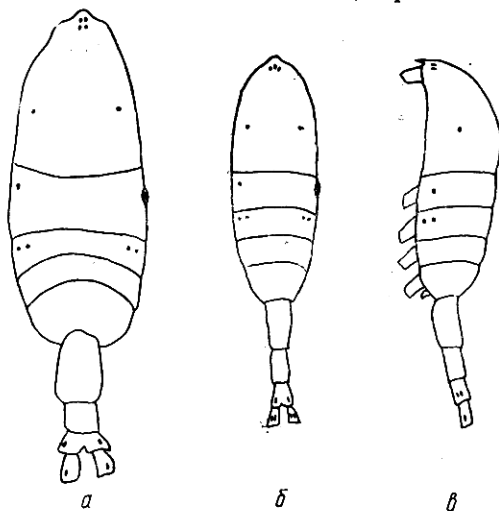
Биолюминесценция планктонных копепоид относится к внеклеточному типу [7, 8]. Светящийся секрет состоит из смеси двух отдельно локализованных в специальных железах компонентов — специфического белка люциферина и фермента люциферазы [5, 6]. Свечение животного возникает в момент выталкивания этих компонентов через общий проток в окружающую среду. В настоящее время об органах свечения ракообразных известно мало. Количество их и топография четко не выяснены. Одним из методов, позволяющих установить локализацию органов свечения, является облучение организмов ультрафиолетовым светом, при котором биолюминесцентные железы начинают флуоресцировать [6, 9, 10].

Этот метод применен нами для выяснения количества и локализации органов биолюминесценции у *Pleuromamma gracilis*, *P. piseki* и *P. abdominalis*. В качестве источника ультрафиолетовых лучей, подаваемых через опак-иллюминатор микроскопа МБР, использовали люминесцентный осветитель ОИ-30. Источником света служила малога-

баритная кварцевая лампа накаливания с йодным циклом КИМ-9Х75, оснащенная фильтрами возбуждения ФС-1 и СС15-2 ($\lambda_{\text{макс}}=390-420$ нм). Для одновременного наблюдения и фотографирования флуоресценции объектов применяли устройство ОЛК-2.

Эксперименты проводили во время 8-го рейса НИС «Профессор Водяницкий» в тропических районах Индийского океана (март — июль 1980 г.).

Материал отлавливали сетью Джели в вечернее время (с глубины до 200 м) или использовали разные возрастные стадии *P. piseki* из культуры, которую в судовых условиях поддерживала Л. И. Сажина. Сразу после лова из планктонной пробы отбирали все стадии перечисленных видов *Pleuromma*, которые помещали в кристаллизатор, откуда их по одному экземпляру переносили в отдельные кюветы непосредственно перед началом опыта. Чтобы выяснить соответствие флуоресцирующих участков



действительным зонам биолюминесценции, применяли электронный стимулятор типа ИСЭ-1, генерирующий прямоугольные импульсы. Максимальное напряжение в них составляло 160 В. Устройство для измерения биолюминесценции при электрической стимуляции описано ранее [1, 2].

У *P. gracilis*, *P. abdominalis* и *P. piseki* определено расположение биолюминесцентных желез на теле, оказавшееся одинаковым у самок и самцов. Локализация желез у исследованных видов сходная, однако у *P. abdominalis* на дорзальной стороне передней части головы имеются четыре железы, у остальных видов — на одну меньше (см. рисунок). Кроме этих желез у перечисленных видов имеются еще по две латерально расположенные железы на уровне максилл, по четыре латерально расположенные железы (по две с каждой стороны) на втором торакальном сегменте. Все три вида имеют непарную железу на первом торакальном сегменте, расположенную на противоположной пигментному пятну стороне.

На абдомене также имеются железы. У *P. abdominalis* их четыре (по две на анальном сегменте и каудальных ветвях). У *P. gracilis* и *P. piseki* расположение абдоминальных желез сходное с предыдущим видом, однако все железы здесь парные и их общее число равно 8. Характерно, что на анальном сегменте в обеих парах желез одна из них расположена дорзально, а другая — вентрально. На каудальных ветвях парные железы расположены латерально.

Таким образом, между видами одного рода имеются различия в расположении люминесцентных органов. Подобные различия уже отмечены для рода *Metridia* [3, 5, 6]. В. Гисбрехт [7] указывает для *P. gracilis* 17 световых органов, однако по нашим данным у этого вида и близкого ему *P. piseki* их число равно 18.

У некоторых экземпляров *P. gracilis* и *P. piseki* замечена флуоресценция на дистальных частях третьей и четвертой пар плавательных ножек, однако при стимуляции свечение в этих местах никогда не возникало. Подобная картина наблюдается для антенн *Gaussia princeps* [4].

С. А. Крылов [3] отмечает неравноценную роль различных желез в биолюминесценции *Metridia pacifica*. Это же замечено у исследованных нами видов. Основную долю в свечение вносят головные и абдоминальные железы, что может быть связано с их большими размерами по сравнению с торакальными. При химической стимуляции флуоресценция всех желез исчезала через 5—6 мин. Замечена зависимость уровня флуоресценции световых органов от количества стимуляций электрическим током. Так, после максимального высвечивания (до 36 световых ответов), когда на последующие электрические импульсы организм уже не отвечал, флуоресценция желез отсутствовала, что свидетельствовало об истощении светового материала. После нескольких стимуляций и соответствующих биолюминесцентных ответов железы флуоресцировали, однако светились, как правило, не все железы и свечение было более слабое. Если сразу после проведения химической стимуляции погибшие организмы поместить под ультрафиолетовое облучение, то световые железы всегда флуоресцировали. При химической стимуляции не реализуется весь запас фотогенного материала, что объясняется, очевидно, ранней гибелью организма.

В экспериментах использовали все стадии *P. piseki*, кроме IV науплиальной и I копепоидной. Наблюдения показали, что со II копепоидной стадии распределение биолюминесцентных желез не отличается от их распределения у половозрелого организма. Однако у V и VI науплиальных стадий этого вида, на которых впервые замечена флуоресценция световых желез (на предыдущих стадиях ее не наблюдалось), было три флуоресцирующие железы: одна — на дорзальной поверхности головы и две — по бокам тела. V науплиальная стадия ни разу не светилась при раздражении, а у VI светозлучали все три железы. I—III науплиальные стадии не флуоресцировали под ультрафиолетовым облучением и не отвечали биолюминесценцией на химическое и электрическое раздражения.

В. Гисбрехт [7] указывал, что в момент скачка (после нанесенного раздражения) мышцы abdomena способствуют выбрасыванию светового секрета. При химической стимуляции начало свечения не всегда связано со скачком животного. Поскольку биолюминесценция наблюдалась и при отсутствии движений abdomena, можно предположить, что эти процессы не зависят один от другого, а просто совпадают во времени.

1. Битюков Э. П. Люминесценция *Noctiluca miliaris* и характеристика ее раздражимости. — Журн. эволюц. биохимии и физиологии, 1966, 11, вып. 5, с. 452—456.
2. Гительзон И. И., Дегтярев В. И., Левин Л. А. и др. Биолюминесценция моря. — М.: Наука, 1969. — 183 с.
3. Крылов С. А. Топография желез и характеристики свечения *Metridia pacifica*. — Изв. Сиб. отд-ния АН СССР. Сер. биол. наук, 1969, вып. 3, № 15, с. 104—109.
4. Barnes A. T., Case G. F. Bioluminescence in mesopelagic copepod *Gaussia princeps*. — J. Exp. Biol. and Ecol., 1972, 8, N 1, p. 53—71.
5. Clarke G. L., Conover R. J., David C. N., Nicol J. A. Comparative studies of luminescence in copepods and other marine animals. — J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 1962, 42, p. 541—564.
6. David C. N., Conover R. J. Preliminary investigation on the physiology and ecology luminescence in the copepod *Metridia lucens*. — Biol. Bull., 1961, 121, N 1, p. 92—107.
7. Giesbrecht W. Mittheilungen über Copepoden 8. Ueber das Leuchten der pelagischen Copepoden und das tierische Leuchten im Allgemeinen. — Mitt. zool. Sta. Neapel, 1895, 11, S. 631—694.
8. Harvey E. N. Bioluminescence. — New York; Acadmi. press, 1952. — 649 p.
9. Harvey E. N. The mechanism of light production in animals. — Science, 1916, 44, p. 208—209.
10. Kelly M. G. The occurrence of dinoflagellate luminescence at woods hole. — Biol. Bull., 1968, 135, N 2, p. 279—295.

P. V. EVSTIGNEEV
**ON LOCATION OF LUMINESCENT
ORGANS IN PLEUROMAMMA
COPEPODS**

Summary

The ultraviolet irradiation method permitted stating the number and localization of bioluminescent organs in three species of the *Pleuromamma* marine copepods. *P. piseki* and *P. gracilis* are revealed to have 18 luminescent organs whose location is alike. The location of bioluminescent organs in *P. abdominalis* is different from the two previous species. The number of bioluminescent organs in *P. piseki* naupliar stages V and VI is equal to three. In the copepod stages it is equal to 18.

УДК 595.2.34+532.5.013.12+591.171

Б. В. КУРБАТОВ, Л. С. СВЕТИЧНЫЙ

**КИНЕМАТИКА И ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ
ТОРАКАЛЬНЫХ НОГ *CALANUS HELGOLANDICUS* (CLAUS)**

Изучение биомеханических аспектов локомоции планктонных животных представляет интерес для решения некоторых вопросов функциональной морфологии, систематики, филогении и гидробионики. Несмотря на очевидную важность проблемы, биомеханика зоопланктона изучена недостаточно. Сложность и разнообразие внешней геометрии тела, малые размеры, относительно высокочастотные процессы локомоции — все это в комплексе создает существенные трудности при проведении исследований. Одним из наиболее доступных, дающих возможность получить достаточно репрезентативные результаты, является метод физического моделирования. Такой метод и был использован нами при изучении гидродинамических характеристик плавательных ножек каланид. Как установлено многочисленными исследованиями [3, 4, 8, 9] для копепод наиболее характерны два способа плавания: медленное, плавное, при котором в качестве движителей используются конечности головного отдела рачка, и быстрое, скачкообразное — с помощью торакальных ног и абдомена. Последний способ наиболее интересен с позиций гидродинамики и биомеханики, поскольку достигаются очень большие по сравнению с размерами каланид скорости (средняя — около $15 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$), а частота работы конечностей может достигать 40—60 циклов/с [9].

Несмотря на довольно большое внимание, уделяемое плаванию копепод, в целом механика их движения изучена плохо. Нет даже единого мнения о значении некоторых органов локомоции при движении рачков. Работу конечностей головного отдела каланид исследовали Х. Кеннон [6] в 1928 г. и А. Лаундес [7] в 1935 г., применившие методы стробоскопии и киносъемки. С тех пор, несмотря на имеющиеся противоречия в оценках этих авторов, экспериментальные исследования локомоции копепод на таком уровне не проводились. Механизм работы конечностей торакального отдела вообще не исследовался, а мнения некоторых авторов о механике скачкообразного движения копепод [4] имеют субъективный характер и не подкреплены фактическим материалом.

Вместе с тем биомеханика движения копепод не менее интересна и сложна, чем у насекомых, к которым в последнее время проявляется несравнимо больший интерес специалистов в области бионики и биомеханики. Крылья у насекомых двигаются благодаря мышцам, расположенным в грудной области тела и непосредственно с ними не связан-