

Член-корреспондент АН СССР Х. С. КОШТОЯНЦ

## О ЗАВИСИМОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО СВЕЧЕНИЯ НОЧЕСВЕТКИ ОТ СОСТОЯНИЯ РЕАКТИВНЫХ ГРУПП БЕЛКА И ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ

Общеизвестно, что морские святящиеся простейшие — ночесветки (*Noctiluca*), в отличие от ряда других светящихся организмов, имеющих непрерывное свечение, не дают свечения в состоянии покоя и обычно отвечают ярким, однократным актом свечения в ответ на механическое раздражение, являющееся, повидимому, нормальным возбудителем свечения в условиях жизни ночесветок в море.

Изучение сущности биологического свечения многих организмов с биохимической стороны привело к фундаментальным открытиям, вскрывшим материальный субстрат свечения в виде, во-первых, системы вещества люциферина и белкового фермента люциферазы и, во-вторых, определенных хемодинамических процессов, которые необходимым образом связаны с действием названной системы в организмах.

Ряд фактов не оставляет сомнения в том, что и в случае ночесветок явление свечения связано с определенным химическим субстратом свечения и с определенными процессами обмена веществ. Исходя из этого положения и учитывая значительную роль сульфгидрильных групп белковых тел многих ферментных систем в определении их активности, а через это и хода ряда физиологических процессов (<sup>1</sup>), мы поставили перед собой задачу выяснить значение сульфгидрильных групп для реакции биологического свечения ночесветок и экспериментально видоизменить характер и интенсивность свечения ночесветок, используя этот путь воздействия на ход обмена веществ.

### Материал и методика фотоавтографирования

Опыты ставились на черноморской ночесветке *Noctiluca miliaris* в конце мая и начале июня на Севастопольской биологической станции Академии наук СССР. Предварительно встряхиванием сосудиков, в которых находились ночесветки, проверялась в темноте их реакция на механическое раздражение. После установления нормальной реакции однократного свечения в сосудики вводились вещества, оказывающие химическое воздействие на сульфгидрильные группы. В основном опыты проводились с хлоридным кадмием как веществом, взаимодействующим с сульфгидрильными группами по типу меркаптидообразования; в опытах с хлоридным кадмием в качестве донатора сульфгидрильных групп использовался цистеин. Были проведены также предварительные опыты с перекисью водорода как сильным окислителем сульфгидрильных групп с образованием дисульфида.

По ходу экспериментальной работы встал вопрос об объективной регистрации наблюдаемых явлений. Так как обычное фотографирование в дан-

ных условиях оказалось неэффективным, мы при активной помощи зав. фотолабораторией Севастопольской биологической станции АН СССР Б. Г. Шейнина осуществили фоторегистрацию свечения ночесветок без применения фотооптики, а путем контакта светящихся организмов с фотопленкой. Это фотоавтографирование производилось двумя способами: а) путем непосредственного контакта взвешенных в морской воде светящихся организмов с эмульсией фотопленки, опущенной в химический стаканчик или пробирку или положенной на дно кристаллизатора (в зависимости от того, в каких сосудах велся опыт); б) путем контакта фотопленки с наружной стенкой химического стаканчика. В случае непосредственного контакта светящихся организмов с фотопленкой, т. е. когда морская вода с ночесветками и те или иные химические агенты, необходимые по ходу опыта, вливались в сосудик с плотно прилегающей к стенке фотопленкой, экспозиция длилась 20 мин. В случае же накладывания фотопленки снаружи на стенки химического стаканчика со светящимися ночесветками экспозиция была 25—30 мин. С помощью этого метода объективной регистрации свечения ночесветок (фотоавтографии) нами получено значительное число фотоавтографов, часть которых будет приведена в настоящем сообщении. В основном нами применялась обычная панхроматическая фотокинопленка тип А; некоторые фотоавтографы были получены с помощью высокочувствительной фотопленки Панхром-2.

### Результаты опытов

В ответ на введение хлористого кадмия (1% раствор хлористого кадмия в морской воде в количестве 0,2—0,6 мл. на 10—15 мл морской воды с ночесветками) через короткое время (2—3 мин.) в сосудах, как правило, начиналось непрерывное свечение ночесветок той или иной интенсивности в зависимости от числа ночесветок в сосудике. Непрерывное свечение, вызываемое хлористым кадмием, начинается в виде слабо светящегося облачка, затем постепенно усиливается и, наконец, становится особенно ярким, принимая вид светящегося зеленого кольца в верхних слоях жидкости сосуда, где и собирается масса светящихся ночесветок. По моим наблюдениям, при использованной мной густоте взвешенных ночесветок (объемом от 1 до 2 мл) непрерывное свечение длилось от 1 часа до 1 часа 30 мин.

На фотоавтографе № 1 (заснятом в пробирке с ночесветками, подвергнутыми действию хлористого кадмия) (см. рис. 1) мы видим ярко выраженную зону свечения в верхнем слое морской воды в пробирке, а также следы движения отдельных светящихся ночесветок, поднимающихся со дна пробирки к верхнему слою — слою или зоне свечения. Мы получили фотоавтографы слоя свечения в виде равномерного слоя засвета также при контакте фотопленки со стенкой сосуда снаружи. Зона свечения либо полностью отсутствует, либо чрезвычайно слабо выражена в условиях без воздействия хлористого кадмия. Это указывает, что при блокировании сульфгидрильных групп хлористым кадмием и нарушении нормального хода процессов обмена веществ происходит резкая интенсификация процесса свечения и переход его на режим непрерывного свечения.

Прямое доказательство зависимости перехода ночесветок на необычный для них режим непрерывного свечения от блокирования сульфгидрильных групп дают наши опыты с применением цистеина. Если в сосудики с морской водой и ночесветками до введения раствора хлористого кадмия ввести раствор цистеина, а уже затем — раствор хлористого кадмия (в количестве, вызывающем непрерывное свечение в контрольном сосудике), то непрерывное свечение, возникающее в присутствии цистеина, как правило, значительно менее интенсивно, чем при действии хлористого кадмия без цистеина.



Рис. 1. Фотоавтограф свечения ночесветок (*Noctiluca miliaris*), заснятого в пробирке, при непосредственном контакте фотопленки с ночесветками в морской воде с добавлением хлористого кадмия. Вверху — зона свечения скопившихся здесь ночесветок; со дна пробирки двигаются вверх отдельные светящиеся ночесветки



Рис. 2. Фотоавтограф свечения ночесветок, заснятого при непосредственном контакте ночесветок с фотопленкой, положенной на дно кристаллизатора; ночесветки в морской воде

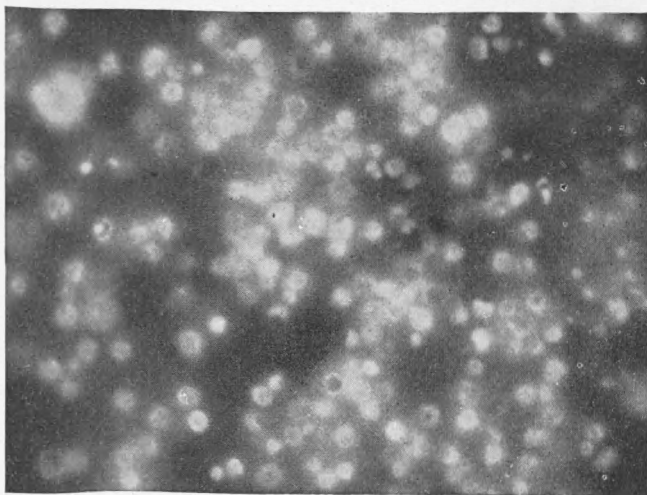


Рис. 3. То же, что рис. 2; ночесветки в морской воде с добавлением хлористого кадмия



Рис. 4. То же, что на рис. 2; ночесветки в морской воде с добавлением сначала цистеина, а затем хлористого кадмия

Если фотоавтография производилась в кристаллизаторе, на дне которого помещалась фотопленка, то в случае отсутствия хлористого кадмия мы получаем отдельные немногочисленные светящиеся точки ночесветок (рис. 2), а в случае действия хлористого кадмия мы видим большое число непрерывно светящихся ночесветок и общую картину резкой интенсификации свечения (рис. 3); цистеин, введенный в морскую воду с ночесветками, задерживает характерное действие хлористого кадмия (рис. 4).

Надо специально отметить, что в случаях, когда в пробирку набирается большое число ночесветок и эти пробирки стоят при комнатной температуре лаборатории (23—25°) несколько часов, можно также заметить слабо светящееся кольцо. Этого не бывает, если культура ночесветок не очень густая и пробирки до опыта стоят при высокой температуре недолго или хранятся при низкой температуре. Эти наблюдения уже сами по себе говорят о том, что непрерывное свечение может наступить при определенных нарушениях нормального уровня обмена веществ, который и лежит в основе нормальной реакции одноактного свечения в ответ на механическое раздражение. Это дает нам дополнительное основание считать причиной экспериментально вызванного нами непрерывного свечения ночесветок под влиянием хлористого кадмия воздействие на основные звенья обмена веществ.

Помимо того, непрерывное свечение без специального химического воздействия можно наблюдать и в том случае, когда в опыт берутся ночесветки без строгого контроля при отборе их из массы всего планктона. При сравнении фотоавтографов относительно чистой культуры ночесветок в морской воде с фотоавтографами тех же ночесветок, взятых в опыт со значительным числом сопровождающих их в планктоне мелких планктонных веслоногих рачков, мы имели возможность убедиться в заметном возбуждении свечения во втором случае в результате постоянного механического раздражения ночесветок рачками.

Харвей (2), поставив перед собой задачу исследовать физиологическую основу чувствительности ночесветок к механическому раздражению, заметил, что при действии наркотиков не только выпадает типичная реакция однократного свечения ночесветок в ответ на механическое раздражение, но что ночесветки переходят на несвойственный им режим постоянного свечения. Харвей при этом отмечает, что это постоянное свечение очень слабое по сравнению с интенсивностью свечения в ответ на механическое раздражение в нормальных условиях. Давая объяснение наблюдаемым явлениям непрерывного свечения ночесветок при действии наркотиков, Харвей исходит из старых представлений о способе действия наркотиков через влияние на оболочки, но в настоящее время известно, что влияние наркотиков находит свое объяснение в их действии на биохимические процессы, лежащие в основе обмена веществ нервной и других систем (3).

Хотя пока еще преждевременно давать биохимическое истолкование описываемого нами явления, но возможно допустить, что активность ферментативной системы, вызывающей свечение ночесветки, связано с угнетающим действием сульфгидрильных групп. В настоящее время известны такие ферментативные системы, активность которых угнетается сульфгидрильными группами, причем блокирование этих групп приводит к их активации (4). Блокируя хлористым кадмием сульфгидрильные группы, мы, возможно, способствуем активированию ферментативной системы свечения, чему может противодействовать по понятным причинам цистеин. Однако это одно из вероятных предположений нуждается в дополнительных многосторонних доказательствах. Вместе с тем при неоспоримости действия хлористого кадмия на ход биохимических процессов, мы видим доказательство зависимости от этих процессов такого биофизического явления как свечение.

Многочисленные сравнительные исследования вскрывают все больше и больше детали тонких биохимических процессов, которые лежат в основе

такого сложного приспособительного процесса обмена веществ, как процесс свечения. Однако вопрос о том, каковы пути и способы возбуждения и угнетения процесса свечения со стороны нервных и гуморальных агентов у многоклеточных организмов, а также способы возбуждения и угнетения свечения у одноклеточных организмов, в том числе у ночесветки, в ответ на действие раздражителей, до настоящего времени не получил достоверного разрешения.

На основании наших экспериментальных наблюдений мы можем прийти к общему выводу, что целостность приспособительного акта свечения у таких простейших светящихся животных, как ночесветки, поддерживается и регулируется определенным состоянием обмена веществ и что сдвиги в обмене веществ, вызываемые в естественных условиях при действии тех или иных раздражителей, а в эксперименте — при активном изменении обмена веществ в его ведущих звеньях, приводят как к проявлению процесса свечения в нормальной форме реакции на раздражение, так и в необычной форме непрерывности свечения, показанного нами при влиянии веществ, взаимодействующих с важными реактивными группами белковых тел.

Институт морфологии животных  
им. А. Н. Северцова  
Академии наук СССР

Поступило  
19 VI 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> X. С. Коштоянц, Белковые тела, обмен веществ и нервная регуляция, изд. АН СССР, 1952. <sup>2</sup> E. B. Harvey, Living light, 1940. <sup>3</sup> W. J. Johnson, J. H. Quastel, Nature, 4353, 602 (1953). <sup>4</sup> J. S. Roth, Nature, 4342, 127 (1953).