

Акад. Н. Г. Холодный

Новый пример симбиоза между насекомыми и бактериями

(Предварительное сообщение)

Philaenus spumarius Stalf. (syn. *Aphrophora spumaria*)—пенница—небольшая, широко распространенная цикада из сем. Cercopidae. Ее личинки, питающиеся соками самых разнообразных травянистых растений, замечательны тем, что они всегда покрыты выделенной ими самими пеной, которая по внешнему виду очень напоминает слюну человека. Пена эта выделяется в таком количестве, что скрытую в ней личинку совершенно невозможно заметить снаружи. Она, несомненно, представляет собой защитное приспособление, не только помогающее насекомому скрываться от врагов, но и предохраняющее его от чрезмерного нагревания лучами солнца и от высыхания. Наблюдать это любопытное образование можно в мае и июне на лугах, лесных полянах и в садах—на различных культурных растениях, которым, кстати сказать, личинки пенницы нередко причиняют довольно значительный вред.

Рассматривая пену *Philaenus*-а в лупу, нетрудно видеть, что она состоит из множества совершенно круглых тонкостенных пузырьков, содержащих внутри воздух и напоминающих маленькие мыльные пузыри. Диаметр их около 1 мм. По своим размерам эти пузырьки обычно почти в точности одинаковы. Между собой они ничем не соединены, могут свободно перемещаться внутри пены и, следовательно, не оказывают сколько-нибудь значительного сопротивления движениям находящегося в пене насекомого.

Уже Фабр (J. H. Fabre) в своих „Энтомологических воспоминаниях“ обратил внимание на удивительную прочность, или стойкость (persistence) пенистой массы, образуемой личинками *Philaenus*-а. Если снять часть пены, покрывающей личинку, и оставить ее на поверхности часового стеклышка в сухом помещении, то, как указывает Фабр, эта отделенная от насекомого пена очень долго сохраняется в неизменном состоянии: составляющие ее пузырьки не высыхают заметно и не лопаются. В этом отношении, следовательно, выделения пенницы очень отличаются от слюны человека, с которой, как мы уже отмечали, они имеют значительное внешнее сходство.

Проверяя это наблюдение Фабра, нетрудно, однако, убедиться, что оно относится только к такой пене, которая выделена личинкой *Philaenus*-а за более или менее продолжительное время до опыта. Свежая, только что выделенная пена не отличается особенной стойкостью и высыхает сравнительно быстро.

Еще резче выступает различие между старой и свежей пеной, если сравнивать их по их отношению к воде. Если взять несколько пузырьков пены немедленно после выделения их насекомым и поместить их на поверхность воды в стакане, то они почти мгновенно исчезают, растворяясь в ней без остатка. Совершенно иначе ведет себя старая пена. Помещенная на воду, она может плавать на ее поверхности сутки или больше, не проявляя при этом заметных изменений: составляющие ее пузырьки не обнаруживают никаких признаков растворения и остаются неповрежденными. Таким образом, можно говорить о процессе „созревания“ пены: только старая или зрелая пена обладает устойчивостью как против высыхания, так и по отношению к действию воды.

Эта последняя особенность зрелой пены имеет, несомненно, большое биологическое значение. Наблюдая за пенистым выделением *Philaenus*-а в природе, легко убедиться, что на него не действуют разрушительным образом ни туманы, ни роса, ни дождь средней силы. Только во время сильных ливней крупные дождевые капли, ударяя по поверхности пенистого покрова личинки, могут иногда повредить или сбить его механически, после чего насекомому приходится выделять пену заново.

Все эти наблюдения приводят нас к вопросу: чем объясняются описанные различия между свежевыделенной и старой пеной? Или, иначе, в чем состоит процесс „созревания“ пузырьков, составляющих пенистый покров личинки *Philaenus*-а?

Чтобы ответить на этот вопрос, нужно прежде всего выяснить, что представляет собой выделяемая личинкой пена. Процесс ее образования неоднократно описывался различными энтомологами. Особенно подробное описание мы находим в уже упомянутых „Энтомологических воспоминаниях“ Фабра. Выделение пены легко проследить во всех деталях, если извлечь насекомое из окружающей его слюноподобной массы, перенести на другое место на том же растении и наблюдать за ним в лупу. Личинка немедленно начинает выделять из анального отверстия слизь, одновременно вдывая в нее воздух из так называемой дыхательной полости, расположенной в нижней части абдомена. Если личинку ничто не отвлекает от этой работы, то возникающие пузырьки выделяются через равные промежутки времени с довольно значительной скоростью, и количество пены быстро возрастает.

С внешней стороны этот процесс несколько напоминает образование пены из раствора мыла при вдвании в него воздуха через соломинку. Впрочем, сходство здесь, повидимому, не ограничивается

внешностью. По имеющимся в литературе данным (см., напр., Н. Weber, Lehrbuch der Entomologie, 1933), выделяющаяся из кишечника *Philaenus*-а жидкость, кроме жидких экскрементов насекомого, содержит еще секрет так наз. восковых желез, главную составную часть которого представляют сложные эфиры одновалентных спиртов. Подвергаясь обмыливанию под влиянием экскрементов насекомого, эти эфиры и превращаются в мылоподобное вещество, сообщающее выделяемой жидкости способность пениться при вдувании в нее воздуха.

Таким образом, свежевыделенная пена *Philaenus*-а действительно представляет собой нечто вроде мыльной пены. С этим хорошо согласуется и ее малая начальная устойчивость.

Однако, все эти данные несколько не объясняют нам, почему с течением времени пена *Philaenus*-а становится более стойкой, лучше противостоит действию воды и сухого воздуха. Представлялось весьма вероятным, что в стенках пузырьков этой пены происходят какие-то химические изменения.

Поставив себе задачу выяснить природу этих изменений, я подверг пузырьки свежевыделенной пены микроскопическому исследованию. Для этого достаточно высушить небольшое количество такой пены на поверхности предметного стекла, а затем окрасить препарат генциан-виолетом или какой-нибудь другой из применяемых в бактериологии красок. Оказалось, что основная масса стенок пузырьков этой пены состоит из совершенно бесструктурного прозрачного вещества, но что в каждом из них, в толще этого основного вещества, можно обнаружить небольшое количество хорошо красящихся палочковидных бактерий, очевидно, попавших сюда из содержимого кишечника.

Несколько труднее приготовить такой же препарат из „зрелой“ пены, так как она высыхает гораздо медленнее и стенки ее пузырьков очень долго не спадаются. Однако, после длительного пребывания в сухом и теплом помещении „мазок“, сделанный на предметном стекле из такой пены, удастся все же высушить. Если его теперь также покрасить и исследовать под микроскопом, то мы увидим картину, резко отличающуюся от только что описанной. Оказывается, что стенки зрелых пузырьков почти на всем своем протяжении представляют сплошную пленку тех же бактерий, расположенных теперь тесно одна возле другой и, повидимому, соединенных между собой каким-то промежуточным клеящим веществом. На всех исследованных мною препаратах, приготовленных из образцов зрелой пены, взятой на различных растениях и содержавшей личинки различных возрастов, эта картина повторялась с неизменной правильностью.

Таким образом, мы приходим к выводу, что превращения, происходящие в стенках пузырьков *Philaenus*-а и обуславливающие собой их „созревание“, связаны с размножением в их основном веществе бактерий, выделенных из кишечника насекомого вместе с этим веществом. Нетрудно понять, что стенки зрелых пузырьков, состоя-

щие из сплошной или почти сплошной массы бактериальных клеток, соединенных в пленку, по своим физическим свойствам должны резко отличаться от стенок свежевыделенных пузырьков, которые имеют еще жидкую консистенцию и только кое-где содержат клетки тех же бактерий.

Можно, следовательно, сказать, что процесс созревания пузырьков сводится, в основном, к превращению их из неживых образований в живые—в шарообразные колонии чистой (или почти чистой) культуры каких-то бактерий, принадлежащих, повидимому, к кишечной микрофлоре пенницы.

За счет каких веществ происходит размножение бактерий в пене *Philaenus*-а? Как было отмечено выше, в стенках свежевыделенных пузырьков уже имеется некоторое количество органических соединений. Однако, едва ли можно сомневаться в том, что это начальное содержание питательных веществ не может покрыть всей потребности в них быстро растущей массы крупных палочковидных бактерий.

В самом деле, если свежевыделенную незрелую пену отделить от образовавшей ее личинки и поместить во влажную камеру, то в этих условиях заметного размножения бактерий в стенках пузырьков не наблюдается и созревания пены не происходит. Поэтому я считаю весьма вероятным, что личинки *Philaenus*-а непрерывно подкармливают обитающие в их пене микроорганизмы все новыми и новыми порциями необходимых им органических соединений. Такое предположение само собой напрашивается, если вспомнить, что жидкие экскременты этого животного выделяются внутрь пены и что, с другой стороны, у некоторых насекомых, питающихся соками растений, экскременты содержат довольно большое количество растворимых углеводов.

К какой категории биологических явлений следует отнести взаимоотношения между личинками цикады *Philaenus spumarius* и обитающими в их пене бактериями? По моему мнению, все сказанное выше не оставляет никаких сомнений в том, что перед нами новый, весьма любопытный случай симбиоза между насекомыми и микроорганизмами. Что различные микроорганизмы являются постоянными симбионтами самых разнообразных насекомых, и в том числе цикад,—факт давно известный. В обстоятельной монографии Бухнера (Buchner), посвященной симбиозу между животными и растениями, можно найти множество интереснейших примеров наследственного симбиоза между бактериями и цикадами. Это обстоятельство, конечно, в известной мере увеличивает правдоподобность нашего предположения о симбиотическом характере взаимоотношений между личинками пенницы и бактериями, обитающими в их выделениях. Однако, во всех случаях, описанных Бухнером, микроорганизмы-симбионты цикад обитают внутри их тела, в особых органах. Функция этих микроорганизмов-эндосимбионтов, по мнению одних авторов, заключается в усвоении

свободного азота, по мнению других,—в синтезе необходимых насекомому витаминов.

В случае, описанном в этой заметке, мы имеем дело с эктосимбиозом. Здесь бактерии получают возможность стать полезным для насекомого фактором только после выделения их из кишечника животного наружу. Эти совершенно своеобразные отношения, насколько мне известно, не имеют себе аналогов среди описанных до сих пор явлений симбиоза, и это делает их еще более интересными и заслуживающими углубленного изучения.

Резюмируем главные выводы:

1. Пенистая масса, выделяемая личинкой цикады *Philaenus spumarius*, первое время после выделения ее насекомым представляет собой довольно непрочное образование, но с течением времени ее устойчивость по отношению к действию сухого воздуха и воды быстро увеличивается.

2. Это увеличение устойчивости, или „созревание“ пены *Philaenus*-а связано с размножением в ней палочковидных бактерий: в зрелой пене стенки составляющих ее пузырьков представляют собой сплошную бактериальную пленку, а каждый пузырек—шарообразную колонию этих микроорганизмов.

3. Бактерии попадают в стенки пузырьков из кишечника животного и размножаются в выделенной им пене за счет питательных веществ, поступающих в пену с жидкими экскрементами личинки.

4. Взаимоотношения между личинкой пенницы и бактериями, обитающими в ее выделениях, можно характеризовать, как особый вид симбиоза.

Армянский филиал Академии Наук ССР

Биологический институт.

Ա. Կադեմիկ Ն. Դ. Խոլոզի

ՍԻՄԲԻՈԶԻ ՄԻ ՆՈՐ ՕՐԻՆԱԿ ՄԻՋԱՏՆԵՐԻ ԵՎ ԲԱԿՏԵՐԻԱՆԵՐԻ ՄԻՋԵՎ

(Նախնական հաղորդում)

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

1. Փրփրոտ ժառանգ, որ արտադատում է *Philaenus spumarius* ցիկադի թրթուրը, սկզբում դեռ որոշ ժամանակ բավականին անկայուն է, բայց ժամանակի ընթացքում նրա կայունությունը ջրի և չոր օդի նկատմամբ արագորեն բարձրանում է:

2. Կայունության այդ բարձրացումը, կամ *Philaenus*-ի փրփուրի «հասունացումը» կապված է նրա մեջ ցուպիկավոր բակտերիաների բազմացման հետ. հասուն փրփուրի մեջ նրա պատերը կազմող պղպջակները հանդիսանում են արմողջաղես բակտերիաներից կազմված մի լավ, իսկ յուրաքանչյուր պղպջակ՝ այդ միկրոօրգանիզմների մի կլորածև կոլոնիա:

3. Բակտերիաները պղպջակների պատերի մեջ թափանցում են կեն-

դաժնու աղիքներէց և արտադատած փրփուրի մեջ բազմանում են այն սննդ-
դանյութի հաշվին, որը մուտք է գործում այդտեղ՝ թրթուրի հեղուկ արտա-
թորանքի հետ:

4. Այն փոխհարաբերութիւնը, որ գոյութիւն ունի Philaenus-ի թրթ-
ութուրի և նրա արտաթորանքի մեջ ապրող բակտերիաների միջև, կարելի է
բնորոշել որպէս սիմբիոզի մի ուրույն տեսակ:

N. G. Cholodny

A new case of symbiosis of insects and bacteria

(Preliminary communication)

S u m m a r y

1. The spume secreted by the larva of cicada Philaenus spumarius (spittle insect) just after it is produced by the insect is rather a filmsy formation, but afterwards its stability in relation to the influence of dry air and water swiftly increases.

2. This increase in stability or „maturing“ of spume of the Philaenus is connected with the multiplication of the rod-shaped bacteria found in it; in the mature spume the walls of its bubbles consist of a continuous bacterial film, and each bubble is a spherical colony of these microorganisms.

3. The bacteria get in the walls of the bubbles from the animals intestine and multiply in the spume at the expense of the nutritive material which penetrate in the spume with the watery excrements of the larva.

4. Interrelations between the larva of the spittle insect and bacteria, living in its secretion, can be characterized as a peculiar kind of symbiosis.