

КРАТКИЕ НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

В. С. ШАЙДУРОВ и С. Г. НАРИНЯН

КРАСНЫЙ И ЧЕРНЫЙ СНЕГ НА ГОРЕ АРАГАЦ

Проводя исследования в горах, мы обратили внимание на то, что поверхность снежников на горе Арагац в летнее время редко бывает сплошь чисто белой. Обычно снег покрыт большими грязными пятнами красноватой и черноватой окраски. Встречаются также пятна желтой, коричневой, розовой, темно-малиновой, красно-фиолетовой и зеленой окраски. Можно было подумать, что это принесенная ветром пыль горных пород, имеющих разную окраску. Известно, что пыльные бури переносят пыль за тысячи километров. Например, пыльная буря 20—22 марта 1962 г., охватившая районы североафриканских пустынь, подняла пыль на высоту 5—7 км. Мощные струйные течения ветра перенесли эту пыль на территорию европейской части СССР. В результате на огромном пространстве от Центрального Кавказа до Пензенской области 23—24 марта 1962 года выпали необычные осадки: желто-розовые, бурые и красные дожди и снегопады [3].

Цветной снег на Арагаце в 1963 году имел совершенно другое происхождение. При ближайшем изучении оказалось, что это не что иное, как микроорганизмы, избравшие себе столь необычную среду обитания. «Цветение» снега и льда представляет собой довольно обычное явление для Арктики и высокогорий и распространяется здесь на очень больших пространствах.

Со времени открытия «красного снега» Сосюром в 1778 г. наши знания о снежных обитателях значительно пополнились. Жизненные условия этой растительности весьма своеобразны. Казалось бы абсолютно непригодные для жизни снежные и ледяные пустыни представляют вполне подходящие условия для особой группы низших организмов—криопланктона. Сейчас в собственной флоре снега и льда насчитывается 140 видов, из них 60 видов водорослей, 35 видов грибов и 12 видов бактерий [1, 2, 9].

Наибольший интерес вызывают автотрофные организмы—водоросли, способные жить только в этих условиях. Причем водоросли не расселяются равномерно по всей поверхности снега, а располагаются на некотором расстоянии друг от друга отдельными колониями в виде точек и пятнышек размером от 0,1 до 4 мм. Вследствие более сильного нагревания темных точек и пятнышек в солнечную погоду снег под ними подтаивает быстрее, и они оказываются в ямках глубиной в несколько миллиметров.

Типичным представителем водорослей является хламидомонада снежная (*Chlamydomonas nivalis* = *Sphaerella nivalis* Somerfeld Welt), относящаяся к классу зеленых водорослей (*Chlorophyta*).

По данным Errsebet Kol [7, 8], этот вид впервые описан в 1883 г. В. Б. Витроном. Автор пишет, что водорослевое сообщество красного снега (мыс Норк, Запад. Гренландия) сходно в определенной степени с водорослевым сообществом красного снега Аляски и Альп (автор нашел 27 видов микроорганизмов в красном снегу и 1 вид гриба).

Большую часть времени хламидомонада снежная находится в состоянии покоящихся шаровидных клеток, густо заполненных красным пигментом. При интенсивном солнечном освещении прилежащие к организмам слои снега (кристаллики льда) оттаивают, и начинается образование подвижных и неподвижных клеток.

Хламидомонада снежная не переносит высоких температур, уже при 4 градусах она погибает. С другой стороны, она переносит без вреда очень низкие температуры. Температура тающего льда—ноль градусов является для нее оптимальной. Интервал температур, в котором энергично протекают важнейшие жизненные процессы, чрезвычайно мал. Можно сказать, что эта водоросль живет и развивается при константной температуре таяния льда.

Способность этих форм не замерзать во время холодных ночей обща многим высокогорным растениям и может быть сведена к проблеме холодостойкости. С другой стороны, способность к активной жизни днем при температуре нуля градусов представляет собой совсем не исследованную и очень интересную проблему. Если цветковые растения при такой температуре можно сказать прозябают, а биохимические реакции у них резко замедляются, то снежные водоросли—буквально процветают. Мы обнаружили у них очень высокую интенсивность фотосинтеза, достигающую до 45 мг CO_2 на 1 г сухого вещества водоросли в час, тогда как цветковые растения при той же освещенности и гораздо более высокой температуре (16—20°C) имели интенсивность фотосинтеза от 3 до 22 мг CO_2 на 1 г сухого вещества в час. Коэффициент использования солнечной энергии в фотосинтезе у них гораздо выше, чем у высших цветковых растений. Способность к повышенному обмену веществ и активному росту при нулевой температуре говорит о чрезвычайно высокой эффективности всего энзиматического аппарата.

Следует заметить, что повышенная активность снежных водорослей ограничена периодом высоких интенсивностей света. Как только склон горы, на котором располагаются снежники (с водорослями на поверхности), попадает в тень, активность моментально падает. Хламидомонада снежная характеризуется очень высоким содержанием красного пигмента, который маскирует хлорофилл. Этот пигмент за сходство с цветом крови был назван гематохромом [4].

Проведенное нами с помощью бумажной хроматографии разделение пигментов показало, что красный пигмент состоит из трех компо-

нентов, а спектральный анализ на СФ-10 и СФ-4 помог идентифицировать их как астаксантин и его аналоги. Астаксантин представляет собой 3,3-диокси-4 : 4-дикето- β -каротин, т. е. ксантофилл.

Факт наличия астаксантина в растениях является крайне интересным (присутствие его было отмечено также у *Haematococcus pluvialis* и евгленовых) потому, что до последнего времени этот пигмент рассматривался как типичный каротиноид беспозвоночных животных (в особенности ракообразных). Наличие астаксантина у представителя жгутиковых водорослей подчеркивает их близость к животному царству.

Анализы показывают, что у «красного снега», состоящего в основном из хламидомонады снежной, содержание астаксантина в 9—15 раз больше, чем хлорофилла. Наоборот, у черного снега, состоящего из разнородных водорослей, астаксантина совсем мало, даже меньше, чем хлорофилла, зато много желтых пигментов каротина и лютеина. Снежные водоросли содержат также в незначительном количестве виолаксантин и тараксантин. Соотношение хлорофилла а к хлорофиллу в у них такое же, как у большинства высших растений.

Очень большое накопление красных и желтых пигментов в клетках зеленых водорослей является важным признаком, обуславливающим их приспособленность к жизни в крайних условиях существования. Эти пигменты поглощают много солнечной энергии и повышают температуру организма выше температуры окружающей среды, что имеет определенное значение в обмене веществ.

Все это находит объяснение в развиваемых одним из нас представлениях о роли температурных градиентов в жизни растений [5, 6]. Согласно этим представлениям температурный градиент, т. е. перепад температур в фотосинтезирующих органах, является одним из необходимых условий для протекания процесса фотосинтеза. Чем больше этот градиент—тем выше интенсивность фотосинтеза. У снежных водорослей создается температурный градиент между верхней освещенной стороной клетки и нижней, обращенной к снегу. Образуется система нагреватель-холодильник, необходимая для превращения одного вида энергии в другой. Это наталкивает на мысль об аналогии с полупроводниковым механизмом превращения энергии в солнечных батареях. Таким образом, изучение условий и образа жизни снежных водорослей помогает выяснять сущность важнейших жизненных процессов.

Можно предполагать, что неприхотливые крnofильные водоросли обитают и на других планетах солнечной системы, где имеется вода в кристаллическом состоянии (например, полярные шапки Марса) и углекислый газ.

Վ. Ս. ՇԱՅԴՈՒՐՈՎ, Ս. Գ. ՆԱՐԻՆՅԱՆ

ԿԱՐՄԻՐ ԵՎ ՍԵՎ ՉՅՈՒՆ ԱՐԱԳԱՄ ԼԵՌԱՆ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հունիս և մասամբ հուլիս ամիսներին, երբ Արագած լեռան սլփյան գոտում նոր էր սկսվում ձյունահալքը, գեոբոտանիկական ուսումնասիրությունների ժամանակ ձյան մակերեսին նկատվեցին կարմիր ու սև խոշոր բծեր: Ակունատեսներից ոմանք այդ երևույթը կապեցին հողմնահարված գունավոր ապարներից գոյացած փոշու հետ: Սակայն մանրամասն ուսումնասիրությունը ցույց տվեց, որ դրանք ստորակարգ բույսերի՝ միաբջջիջ ջրիմուռների կուտակումներ են, որոնք հիմնականում կազմված են Chlorophyta դասի ներկայացուցիչներ հանդիսացող խլամիդոմոնատներից (*Chlamydomonas nivalis* = *Sphaerella nivalis*): Այս ջրիմուռների մասին առաջին անգամ տեղեկություն է հաղորդել ֆիզիկոս Սոսյուրը դեռևս 1778 թվականին, որից հետո լայնորեն ուսումնասիրություններ են կատարվել արկտիկական երկրներում և բարձրալեռնային վայրերում:

Այս ջրիմուռները ապրում և զարգանում են 0° ջերմության պայմաններում, ավելի բարձր ջերմության դեպքում ոչնչանում են: Ֆոտոսինթեզի համար անհրաժեշտ ածխաթթու գազը նրանք վերցնում են ջրից և օդից, իսկ հանքային նյութերը՝ քամու բերած փոշուց: Սրանց մոտ կարմիր պիգմենտը 9—15 անգամ ավելի է բլորոֆիլից: Դեղին պիգմենտը ավելի շատ է սևագույն ջրիմուռների մոտ: Կարմիր և դեղին պիգմենտները մեծ քանակությամբ արեգակնային էներգիա են կլանում: Այս ջրիմուռների մոտ ֆոտոսինթեզի ինտենսիվությունը հասնում է մինչև 20 միլիգրամ CO_2 1² դեցիմետր մակերեսի վրա 1 ժամում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Голлербах М. М. Водоросли, их строение, жизнь и значение. М., 1951.
2. Голлербах М. М. и Сочава В. Б. Ледники и снежники. Пояснительный текст к «Геоботанической карте СССР», т. 2, М.—Л., 1956.
3. Заморский А. Д. Природа, 2, 1964.
4. Кон. Растение. I. том. 1867.
5. Шайдуrow В. С. Ж. общей биологии, т. 23, в. 2, 1962.
6. Шайдуrow В. С. Зависимость интенсивности фотосинтеза от температурных градиентов. Изв. АН СССР (в печати), 1964.
7. Errsebt Kol. Hungary Received April 28, 1958.
8. Errsebt Kol. Acta Botanica Acad scien Hungariae, 1959.
9. Schroeter C. Das Pflanzenleben der Alpenine Schilderung der Hochgelizdsflora. Zurich, 1926.