

Роль симбиоза в зарождении жизни

Василий Владимирович Климов,
биолог, фотограф

Симбиоз сыграл огромную роль на заре жизни, когда в безбрежном и тёплом Мировом океане появились первые живые создания — археи и бактерии. Как известно, в первые 2 млрд лет Землю населяли только простые, примитивные создания, которых учёные называют прокариоты. В отличие от эукариот, сложных клеток, из которых состоим и мы с вами, это более просто устроенные клетки. У них нет ядра, митохондрий, нет других внутриклеточных структур, окружённых мембранами. Все прокариоты — это бактерии и археи.

Ясно, что они просто не могли обойтись без взаимодействий друг с другом. Впрочем, не могут и сейчас. В архейскую и протерозойскую эры основной формой жизни были микробные сообщества, так называемые бактериальные маты. В некоторых экстремальных местах обитания планеты они сохранились и по сей день. Такой бактериальный мат похож на многослойный коврик. Его верхний слой образуют фотосинтезирующие бактерии (обычно цианобактерии), которые выделяют кислород и производят органику. Под ними расположен слой, образуемый пурпурными бактериями, — они тоже «фотосинтезируют», но используют при фотосинтезе в качестве донора электрона не воду, а сероводород и выделяют не кислород, а серу и сульфаты. Там же живут бактерии, использующие кислород для разложения органики. Благодаря их деятельности кислород не проникает в нижний слой бактериального мата — анаэробный слой, где кислорода почти нет.

Этот анаэробный слой чёрного цвета населён бродильщиками, вызывающими брожение органики (её ферментативное разложение в отсутствие кислорода). Побочный продукт их обмена веществ — молекулярный водород, который другие обитатели нижнего слоя бактериальных матов — сульфат-редукторы — используют для восстановления сульфатов, выделенных пурпурными бактериями. В результате образуется сероводород, необходимый

пурпурным бактериям. Получается замкнутый химический цикл, в котором участвуют как минимум три компонента — три разные группы микроорганизмов. Все вместе они напоминают единый организм — отдельные его части не могут существовать друг без друга (а если и могут, то растут гораздо хуже).

По современной классификации весь мир живых организмов делится на три надцарства (домена): археи, бактерии, эукариоты. Крупнейшим событием в эволюции жизни на планете Земля стало появление эукариот, — сложных клеток. Оно открыло огромные возможности — только эукариоты могли в ходе эволюции образовывать многоклеточные организмы.

Их появление стало итогом долгого этапа эволюции жизни, когда основной формой жизни было микробное сообщество. Эти сообщества составляли более сложные образования, которые могли существовать только благодаря симбиозу. Так появились эукариотические клетки, у которой есть ядро, а также митохондрии и другие оформленные органеллы, окружённые двойной мембраной. Из таких клеток состоят тела всех животных, растений, грибов. Кроме того, к эукариотам относятся многие одноклеточные — так называемые простейшие (амебы, инфузории и т.д.).

Как же появились эукариоты, — настоящие сложные клетки? Тоже в результате симбиогенеза — слияния в единый организм нескольких разных видов прокариот. Об этом учёные начали догадываться ещё в начале XX века. Термин «симбиогенез» ввёл К.С. Мережковский, известный русский учёный-альголог, изучавший диатомовые водоросли (одноклеточные эукариоты). Он заметил, что их хлоропласты (органойды растительных клеток, в которых протекает фотосинтез) удивительно похожи на свободно живущих цианобактерий (раньше их называли сине-зелёными водорослями).

Кроме солнечного света, для элементарного акта фотосинтеза этим бактериям



необходимо вещество, используемое как источник электрона. От него отрывается электрон, который потом идёт на восстановление углекислого газа. Это вещество — донор электрона, окисляемый при фотосинтезе. У цианобактерий — это вода. В результате фотоокисления воды образуется свободный кислород, а у анаэробных фотосинтезирующих бактерий донором электронов служит сероводород, а на выходе образуются сера и сульфаты. В любом случае, все составные части стали работать как единый организм, постепенно всё усложняясь и усложняясь.

Друзья сине-зелёных водорослей

Сине-зелёные водоросли или цианеи, — одни из древнейших микроорганизмов на планете и по сути, это — цианобактерии (*Cyanobacteria*). Когда-то, в Древнем океане, они дали основание первичной жизни и при этом обладают потрясающими качествами выживания. Это единственные бактерии, способные к полноценному фотосинтезу, — используя энергию квантов света, они превращают углекислый газ в органику — в зелёную массу. Именно с ними мои читатели — аквариумисты, держащие дома рыбок, порой безуспешно, сражаются круглый год. Эта зелёная «чума» стремится захватить всех и вся, покрыть зелёной плёнкой коряги, стенки аквариумов и т.д.

Эти неутомимые и радостные цианеи оказались на удивление дружелюбны и стремятся соединиться в симбиотическом экстазе со многими растениями, мхами, лишайниками, простейшими и т.д. Они образуют симбиоз с тремя родами печеночников (*Anthoceros*, *Blasia* и *Clavicularia*), некоторыми мхами (например, *Sphagnum*), одним папоротником (свободноплавающее водное растение *Azolla*), многими саговниками (например, *Encerhalartos*) и со всеми 40 видами цветковых растений рода *Gunnera*. У печеночников водоросль *Nostoc* живёт в слизистых полостях таллома и растение реагирует на её присутствие образованием тонких нитей, увеличивающих контакт между симбионтами. Водоросль снабжает растение-хозяина азотом, получая от него соединения углерода.

С одноклеточными животными зелёные и жёлто-зелёные водоросли образуют крупную группу зоохлорелл и зооксантелл. С простейшими и некоторыми другими они образуют своеобразную группу эндосимбиозов,

получивших название синцианозов. Из многоклеточных животных наши герои дружат с пресноводными губками, гидрами, полипами, другими простейшими созданиями.

Зачастую цианобактерии проникают внутрь различных сложных организмов и им удаётся не только сохраниться внутри клеток хозяина в неповреждённом виде, но выработать приспособления к новым, необычным условиям жизни и начать там размножаться. В результате между разными организмами устанавливаются отношения нового типа — симбиотические.

Они проникают внутрь подвижной одноклеточной водоросли эвглены (*Euglenagracilis*), ресничной инфузории парамеции (*Parameciumbursaria*), в эпителиальные клетки задней кишки личинок некоторых видов стрекоз, поселяются в эпидермальных клетках ресничного червя конволюта (*Convolutaroscöffensis*) и т.д.

В ряде случаев между симбионтами складываются настолько тесные взаимозависимые отношения, что вне симбиоза они жить уже не могут. Очевидно, они необратимо утрачивают способность самостоятельно вырабатывать целый ряд веществ, которые в готовом виде поступают от живущих с ними водорослей. Так, гидра отказывается жить самостоятельно, поскольку, оказывается, мальтозу получает в нужном количестве именно из клетки «своей» зелёной водоросли.

Растения дружат с грибами и бактериями

Выйдя на улицу, мы всегда сталкиваемся с такими знакомыми нам клумбами, цветами, травами на зелёных лужайках, деревьями и кустарниками. Это все растения. Так вот, в течение всей своей гигантской истории они всегда жили в дружбе с грибами и бактериями. Их связи совершенствовались, не раз менялись, и в симбиоз вовлекались всё новые грибы и бактерии. Изначально корни растений слились в «объятиях» с почвенными микробами и лишь позже стали самостоятельно усваивать питательные вещества из почвы.

Классический пример тесных отношений в жизни растений (а это все бобовые и мимозовые) с бактериями, способными усваивать атмосферный газ азот и переводить его в доступную для высших растений форму. Без азота ничто живое на планете жить не может. Но как его

усвоить из воздуха, ведь у растений нет лёгких? Оказывается, на корневых волосках растения-хозяина поселяются колонии бактерий, вызывая разрастание тканей корня, с образованием утолщений — клубеньков. В них живут бактерии и вырабатывают азот. В результате такого «сожительства» бактериям достаются растительные питательные соки, а к растениям поступает фиксированный азот. Дружба с такими, азотфиксирующими микроорганизмами даёт возможность растениям-партнёрам успешно расти в условиях, когда азота мало. Например, на торфяниках или песчаных участках.

В жизни каждому из нас мама может приготовить дома суп из спелых плодов (внутри которых сидят семена) гороха, бобов, сои, фасоли, попробовать его и вспомнить, что все они обязаны своими белками, углеводами и высокой питательности незрлым почвенным бактериям.

Крокодил, варан и авдотка

Как мы все знаем, в африканских реках живут злые нильские крокодилы (*Crocodylus niloticus*). Но мало кто знает, что у древних египтян это был Великий Бог Себек, — повелитель рек и болот. Каждый год для умиротворения Себека на растерзание «священным» крокодилам горожане Омбоса отдавали красивых девочек. У многих народов мира это опасное страшилище — священное животное, которому они поклоняются!

Да, они живут и охотятся на свою добычу в воде, но продолжать свой род выходят на сушу. Огромная крокодилиха выбирается на берег, ищет укромное местечко, защищённое зеленью со всех сторон, роет песок и откладывает свои драгоценные кожистые яйца белого цвета. После чего засыпает их песком и дежурит невдалеке, присматривая за кладкой. А опасаться есть чего: рядом шныряют вездесущие вараны (*Varanus niloticus*), большие охотники до чужих яиц. Да и все мелкие хищники, — от виверр до диких собак способны найти кладку. Но у нашего крокодила есть помощник. Это болотная птица авдотка (*Burhinus oedipnemus*). Она сама избрала крокодила своим другом и защищает его кладку! Мало этого, она строит своё гнездо рядом с гнёздами нильских крокодилов, хоть это и кажется нам неразумным. Но, самое удивительное, что рептилии не трогают их гнёзд.

Водяная авдотка — крупная ночная птица, с ржаво-серым оперением, с чёрно-бурыми полосами. Она ведёт себя скрытно в течение дня, а ночью охотится на улиток, лягушек и стережёт своё гнездо и крокодиле. При этом у неё сильный голос, она громко кричит, а её тревожные крики предупреждают соседей — крокодилов о приближении хищников.

В случае опасности — появления варана, авдотка наклоняет голову, раскрывает на целый метр свои большие крылья, бежит вперёд и... нападает на супостата. Вскоре к птице присоединяется её подруга и они вдвоём устраивают варану жаркий приём. Поскольку при этом они ещё и громко кричат, их слышит крокодилиха и тут же появляется на сцене. Бедный варан неожиданно оказывается перед лицом реальной опасности, поскольку нрав у рептилии крутой и она может запросто разорвать варана на части.

А вот теперь нам нужно понять, — кто кого здесь защищает? Но в любом случае союз птицы и рептилии полезен им обоим.

Симбиоз американских ткачиков

Мы все знаем, что в Африке живут птицы — ткачики, вяжущие свои плетёные гнёзда высоко на деревьях. Но, оказывается, что в Южной и Центральной Америке тоже живут свои ткачики. В путешествии по реке Ориноко я часто находил их колонии. На высоких деревьях целыми гроздьями висят длинные, мешкообразные гнёзда, сплетённые жёлтопоясничными чёрными кассиками (*Cassicus*). Это яркие и живые чёрно-жёлтые птички величиной с галку. Они очень дружные, и скандалов за территорию почти не случается. Выше их колонии висят другие плетёные гнёзда, но более длинные. Это колонии оропендолы (*Psarocolius decumanus*). Они крупнее — с ворону, но тоже чёрные, с жёлтыми хвостами. Все эти птицы родственники — иктериды из семейства американских трупиалов. Самое интересное, что они жить не могут друг без друга! Как только трудяшки — кассики организуют новое коллективное гнездование, тут же появляются оропендолы и плетут свои кружевные длинные гнёзда над их колониями. Почему так?

Если кассики более мелкие, подвижные, шумные, активные и хлопотливые, то оропендолы ведут себя более сдержанно и достойно. Их и не слышно. Услышав



на колониях ткачиков шум и гам, прибегаю и вижу, что на их гнёздах висят два больших тукана, которые разоряют и грабят кладки трупялов! Оказывается, они настоящие хищники и бандиты, а на вид такие симпатичные.

Но касики не растерялись и дали им чёткий дружный отпор. С криками и писками они летали вокруг, нападая и устрашая грабителей, которые вскоре расправили крылья и ринулись прочь! Как видим, оропендолы не зря тянутся к касикам, которые активно защищают свои гнёзда. Но и это ещё не всё. Оказывается, касики выбирают места для своих колоний не как попало, а рядом с гнёздами ос или пчёл! Насекомые и два вида птиц чудесно живут и процветают рядом, помогая друг другу.

Погонофоры рифтия и бактерии

В восточной части Тихого океана, в области термальных источников рифтовой зоны, на больших глубинах, в полной темноте, обитают погонофоры рифтия (*Riftiarchyptila*). Это морские кольчатые черви длиной до полутора метров, которые возникли в морях нашей планеты 60 млн лет назад и постоянно живут около «чёрных курильщиков», — подводных выходов сероводорода. Они покрыты твёрдой хитиновой оболочкой, из которой и выглядывают, как большие живые тубики помады. Эти создания не имеют ни рта, ни желудка. А кормят их... симбиотические бактерии — эндосимбионты, занимающие почти всю полость тела червя и составляющие до половины его веса. Сердце работает и гонит красную кровь рифтии, которая, проходя через щупальца на верхнем конце тела, поглощает из воды сероводород, углекислый газ, кислород и минеральные соли. А серобактерии, живущие в червях, благополучно синтезируют из всех этих соединений аминокислоты и белки, которыми рифтия питается и из чего строит своё тело. Как видим, этим серобактериям совсем не нужно солнце, они способны извлекать энергию из химических реакций, окисляя и используя ядовитый для нас сероводород, в потаённых глубинах океана...

Погонофоры раздельнополы, а у их личинок имеются нормальный рот и кишечник, которые позднее пропадают, поскольку все эти функции берут на себя бактерии. Как мы помним, в своём индивидуальном развитии каждый организм

(даже наш) проходит весь эволюционный путь своего вида.

Перед нами пример настоящего симбиоза. Здесь полностью исчезает конфликт интересов между хозяином и его гостями. Организм хозяина перестраивается таким образом, что какая-либо функция его организма начинает выполняться исключительно симбионтом, который умудряется встроиться в его систему жизнеобеспечения. Это тот чудный момент, когда двух живущих в симбиозе организмов можно считать единым целым.

Храм Ангкор Ват и природа

Не так давно в Камбодже нашли затерянный в джунглях, на века, комплекс монастырских храмов Ангкор Ват, созданный когда-то древними кхмерами. Его уникальность заключается не только в красоте убранства и архитектуры сооружений, не только в религиозном значении памятника, но и в его полном слиянии с лоном природы. Среди полуразрушенных стен стремительно прорываются в небесную высь гигантские стволы деревьев, достигающие высоту 30–40 метров. Храмовый комплекс был создан в честь бога Вишну, и его первоначальное название было «Врах Вишну-лока» (обитель Вишну). Он был построен королём Сурьяварманом II в первой половине XII века. Сооружение представляет собой трёхъярусную усечённую пирамиду, с пятью башнями-святилищами на вершине, чья общая высота достигает 65 м. Здесь множество переходов, комнат, лестниц и т.д.

После серии войн Ангкор Ват был заброшен, покинут его обитателями на милость дикой природы и храмовые строения поглотили дикие джунгли. Через все проёмы, двери и даже сквозь стены проросли живучие фикусы, ставшие составной частью храмов. В настоящее время многие деревья так крепко срослись со строениями, что стали их опорой и можно быть уверенным, что без этого многие стены давно бы уже рухнули. Древние строители монастыря пользовались природными материалами — песчаниками, без применения цемента. Это и объясняет появление такого симбиоза лесных деревьев и плодов человеческого труда. На протяжении столетий тропический лес прятал от посторонних глаз «мёртвый город», бывший некогда центром Ангкорской империи, который стал частью дикой природы Азии.

Необычные перчатки

В прибрежных водах тропических морей Атлантики, Индийского и Тихого океанов живёт десятиногий короткохвостый анемоновый краб-боксёр — *Lybiatessellata*. Назван он так потому, что в каждой из двух передних клешней он носит живых актиний или актиний, вооружённых ядовитыми щупальцами. Подобные примеры уже есть, — раки-отшельники носят актиний на своих раковинах. Но наш герой нашёл свои методы активной жизни. Сам он невелик, всего 2,5 см в длину, но в каждой клешне у него — по актинии. Кто-то из учёных говорит, что они нужны крабу для защиты, а другие — для добывания пищи. Но в любом случае он реально сожительствует с ними, образуя симбиотическое сообщество. Актиниям совместная жизнь с крабом-боксёром даёт возможность путешествовать и быть всегда сытой.

В качестве «перчаток» краб использует как минимум три вида актиний. Но такая тесная связь с актиниями не является для краба жизненной необходимостью и известны случаи, когда он освобождался от надоевших сожителей, заменяя их губками или ветками кораллов.

Несмотря на то, что у крабов-боксёров имеются защитные механизмы в виде щупалец актиний, они всё же не хотят рисковать быть съеденными и проводят большую часть времени в укрытии, появляясь только, если не чувствуют какой-либо угрозы. При этом они размахивают своими актиниями взад-вперёд, чтобы хищники понимали, что перед ними — не беззащитный маленький краб, а ого-го — настоящий герой. Благодаря своим помпонам (актиниям) и движениям, напоминающим движения чирлидеров на спортивных соревнованиях, эти крабы получили ещё одно своё название, — крабы Пом-пом. Учёные выяснили, что те виды актиний, которые чаще всего живут на клешнях нашего краба, нигде больше не встречаются. Для этого они отловили около ста крабов и проследили за их жизнью в аквариуме и в природной среде обитания.

Оказалось, что крабы приобретают новых актиний крайне необычным способом — путём активной «экспроприации» и «передела собственности». Если у краба насильно изъять его «компаньонов», то он попытается восстановить «справедливость» и станет отнимать хотя бы одну из актиний у другого краба, находящегося в пределах прямой досягаемости.

В большинстве случаев такие «боксёрские матчи» заканчиваются частичной победой «агрессора», которому удаётся отнять одну из актиний у второго краба. После этого происходит нечто необычное: ни тот, ни другой краб не пытаются довести дело до логического конца, а просто разрывают имеющийся у них полип на две половины и пересаживают одну из них на свободную клешню. Теперь порядок восстановлен и можно жить дальше!

Таким же образом происходит «размножение» актиний и в дикой природе. Анализ ДНК актиний на клешнях пойманных учёными крабов показывает, что оба полипа являются клонами друг друга, начавшими самостоятельную жизнь после очередной потасовки между подводными «боксёрами». Возможно, они полностью потеряли способность к самостоятельной жизни и размножению, пользуясь услугами своих добровольных «носильщиков».

Койоты и барсуки

В прериях Северной Америки обитают хищные млекопитающие семейства псовых — койоты или луговые волки (*Canis latrans*). Размером и поведением они похожи на небольших рыжих собак. Когда они охотятся на грызунов — весёлых луговых собачек (*Cynomys*), то подключают к этому делу американских барсуков (*Taxidea taxus*) и работают в паре. Этим они сочетают свои специфические охотничьи навыки, чтобы увеличить вероятность ловли добычи. Более активный койот преследует добычу по прериям или лугам. Барсук же прячется в норы самой добычи, такой как суслики или луговые собачки, чтобы схватить их, когда они возвращаются домой. Таким образом, койот получает добычу, если та пытается вырваться наружу, а барсук хватается её, когда та пытается спрятаться под землей. Бывает, что если грызун прячется в норку, то барсук своими мощными лапами откапывает его оттуда.

Многие исследования данных отношений показывают, что хотя только один из хищников в итоге уходит с добычей, совместные усилия этих животных увеличивают шансы на получение пищи для них обоих. Барсуки и койоты питаются одним и тем же, поэтому должны «по идее» конкурировать друг с другом. Тем не менее хитрых луговых собачек не всегда легко поймать, потому что они не уходят далеко от своих нор. Поэтому альянс барсук-койот



помогает охотиться на них. Исследования показали, что койоты, которые сотрудничают с барсуками, ловят на треть больше добычи, чем одинокие койоты.

Некоторые койоты могут собираться в свободные группы, но большинство ведут одинокую жизнь, поскольку они редко охотятся стаями. Интересно, что барсук — ещё более одинокое существо, что делает его партнёрство с койотом ещё более странным.

Непентес, муравьи и тупайи

На далёком тропическом острове Борнео учёные обнаружили симбиотические отношения между обитающими там муравьями (*Camponotus schmitzi*) и хищным насекомоядным растением непентес (*Nepenthes bicalcarata*). Это первый известный случай мутуализма между насекомыми и хищным растением. Непентес обитает на бедных питательными веществами торфяных болотах и вынужден получать азот и другие элементы от насекомых, которых он ловит в своеобразный кувшин. По внутреннему краю кувшинчика расположены клетки, которые выделяют сладкий нектар. Под ними — множество жёстких волосков, обращённых книзу, — щетинистый часток, не дающий жертве выбраться из кувшинчика. Воск, выделяемый клетками гладкой поверхности листьев у большинства непентесов, делает эту поверхность столь скользкой, что жертве не могут помочь никакие коготки, крючочки или присоски. Попав в такой кувшинчик-ловушку, насекомое обречено, оно опускается всё глубже в воду — и тонет в жидких пищеварительных ферментах. За 5–8 часов добыча в этом «компоте» переваривается. Причём в эту ловушку попадают не только насекомые, а даже лягушки и мелкие грызуны!

Но вот выяснилось, что жить этому хищному растению помогают другие насекомые — муравьи, а также землеройки, летучие мыши и тупайи. Все они приходят лакомиться сладким нектаром и застрявшими там насекомыми, а растению оставляют экскременты, так нужные ему для жизни. Причём в этом нектаре есть такое слабительное вещество, заставляющее животное быстрее расставаться со своими выделениями.

Неутомимые натуралисты-биологи сравнили непентесы, заселённые и не заселённые муравьиными колониями, и тех, кого посещали тупайи и землеройки, а ко-

го нет. У растений сопоставили такие параметры, как площадь листьев, их окраска, химический и изотопный состав. Оказалось, что в тех растениях, которые лишены соседей-муравьёв, содержание азота в листьях было почти в три раза меньше, чем у тех, которые были заселены колониями. Фактически растения, лишённые помощи соседей, постоянно находились в состоянии азотного голодания и не могли полноценно развиваться. А те, кто часто встречал новых гостей, — процветали.

Муравьи ухаживали за непентесом: очищали края кувшина, чтобы они всегда оставались гладкими, удаляли из кувшина слишком крупную неперевавленную добычу и даже прогоняли долгоносиков, желающих полакомиться побегами растения. Но самая главная услуга муравьёв для цветка заключалась в том, что насекомые оставляли свои продукты жизнедеятельности растению и, таким образом, подкармливали его. Большая часть азота, как показал изотопный анализ, непентес получал именно от муравьёв и других гостей. А в благодарность растение предоставляло муравьям специализированные побеги, в которых они устраивают своё жильё, и подкармливало насекомых нектаром.

Всего в тропиках обитает более 160 видов непентеса. В то же время это очень редкие растения, занесённые либо в Красную книгу, либо в списки видов, которым грозит исчезновение.

Косатки и дельфины

Почти двадцать лет новозеландские биологи наблюдали за поведением и общением морских китообразных — малых косаток и обычных дельфинов-афалин. Форма верхних плавников и рисунки белых пятен на их телах позволили учёным узнавать отдельных особей и заметить, что они годами поддерживают «личные» отношения то расходясь, то снова встречаясь и узнавая друг друга на просторах океана. При этом, между ними бывает любовь (!), и они даже дают жизнеспособных гибридов, — косаткодельфинов.

Они живут в единой среде, в океане, очень похожи друг на друга, и между ними всегда есть симпатия. Но основу их «деловых» отношений составляет совместная охота. Дельфинов интересует лосось, а косаток — ещё и более крупная макрель, которая часто держится поблизости. Стаи косаток и афалин организованно гонят косяки рыб на поверхность или мелководье,

а уж там расправляются с ними. Но охотой их межвидовая дружба не ограничивается: учёные зафиксировали множество проявлений совершенно бескорыстного дружеского поведения. Животные могут просто плавать и плескаться бок о бок, прикасаясь к приятелю намного чаще, чем к случайному соседу.

Вороны и волки

На всех континентах, во всех странах, никто не любит серых волков, они считаются крайне опасными для людей и скота. Поэтому на территории Северной Америки они были полностью уничтожены в 70-х гг. прошлого века. Все мирные травоядные, без пресса хищников, начали активно размножаться и тут же среди них начались эпидемии, а за ними и падёж. Учёные решили волков вернуть и понемногу популяции волков начали восстанавливаться. Их повторное появление в Йеллоустонском парке, населённом оленями, благотворно повлияло на местную экосистему, особенно в местах, занятых санитариями леса.

Зима в средних широтах довольно сурова, и к её концу многие травоядные животные умирают от голода и болезней. При этом зачастую их мясо пропадает, ибо хищники просто не успевают его съесть до полного разложения. С появлением волков в парке прекратились эпидемии и травоядные начали умирать более равномерно в течение всего года. При этом в отличие от других животных, например медведей, волки, после того как насытятся, отходят от своей добычи.

А остатками с барского стола с удовольствием лакомятся умные вороны. Они научились максимально полно пользоваться преимуществами соседства с серыми хищниками. Постоянно выискивая поживу, они первыми узнают о появлении в стадах больных или даже павших животных. Вороны начинают преследовать животное, а потом садятся неподалёку от будущей жертвы и начинают громко каркать, призывая волков и показывая им местоположение добычи. Видимо, поэтому хищники довольно лояльно относятся к питающимся рядом с ними птицам.

Жуки-могильщики и клещи

Всё не вечно в нашем подлунном мире. В дикой природе постоянно кто-то умирает. А целая туша животного — это подарок,

который редко остаётся невостребованным. Мрачно раскрашенные в чёрно-оранжевое жуки-могильщики, как понятно из их названия, питаются падалью. Даже их тело имеет оптимальную форму для перемещения под землёй и внутри трупа. Запах недавно умершего и разлагающегося трупа вскоре привлекает жуков, которые сбегаются со всей округи. Но иногда они приходят не одни, а привозят на своей спине «друзей» — клещей.

Жуки откладывают свои яйца в гниющем мясе, которое будет служить пищей для их личинок. При этом они далеко не единственные виды, которые поступают подобным образом, так что вполне естественно, что эти личинки будут конкурировать с потомством других видов. В отличие от этих других, например различных мух, могильщикам необходимо откладывать яйца именно в трупах животных, а не в каком-либо ином месте, ибо только поедая мясо, личинки смогут выжить. Взрослые жуки поедают яйца, личинки и потомство конкурирующих видов, но из-за их огромного количества справиться со всеми они просто не могут.

И тут им на помощь приходят их пасажеры. По прибытии к свежему трупу, клещи спускаются с жуков и поедают все яйца и личинки, которые не принадлежат могильщикам, тем самым значительно сокращая конкуренцию. А после трапезы они снова забираются на могильщиков и те переносят их к следующему трупу. Вполне возможно, что клещи вычищают бактерии и из тела самих жуков, так сказать, в обмен на бесплатный проезд.

В египетской мифологии жук-скарабей (как символ всех могильщиков) почитался, как священное насекомое богов Солнца и считался символом созидательной силы Солнца, возрождения в загробной жизни.

Движение скарабея с шариком навоза с востока на запад символизирует рождение и движение Солнца на небосводе. Египтяне отождествляли скарабея с таинством сотворения светила и изображали египетского бога Хепри — творца мира и человека — с головой-скарабеем.

Изображения священного жука встречаются в росписи гробниц, на папирусах. Сохранились ювелирные украшения и скульптуры, изображающие скарабеев. В храмовом комплексе Карнак, недалеко от Луксора, сохранилась колонна, которую венчает каменный скарабей. В виде



скарабея часто изготавливались печати, многочисленные магические предметы и амулеты.

Примеры симбиоза на разных континентах

В нашей Евразии и в Северной Америке, за границей распространения лесов, начинается тундра. Это огромные безлесные пространства суши, схваченные внутри себя вечным оледенением. И тянется она до самых арктических морей и вечных льдов. Поскольку даже летом оттаивает ото льда лишь верхний слой почвы, и тундра превращается в болото, — это очень суровые условия для жизни растений. Поэтому там почти ничего не растёт и она очень бедна растительностью. А важнейшие её растения — олений лишайник («олений мох» или ягель) *Otadonia* и мхи. Всего в тундре произрастает 112 видов лишайников. Растёт ягель очень медленно: 3–5 мм в год. Для восстановления пастбища после перевыпаса оленей может потребоваться несколько десятилетий.

Коль есть растения, то всегда найдутся те, кто их поедает. И таких растительноядных тундровых обитателя всего три группы — это птицы, северный олень (в Америке это карибу) и лемминги — такие маленькие пушистые короткохвостые мышевидные грызуны. Эти животные, в свою очередь, служат пищей волкам, песцам и человеку. Всю долгую зиму и всё короткое лето песцы и полярные совы питаются в основном леммингами и родственными им грызунами. А люди и волки ловят оленей. Таким образом, за сотни лет на Севере образовался сложный симбиоз, находящийся в постоянном неустойчивом равновесии.

Поскольку в этих сложных условиях пищевые цепи сравнительно коротки, то любое существенное изменение численности организмов какого-либо из трёх трофических уровней сильно отражается на других уровнях, так как возможность перейти на другую пищу практически отсутствует. В этом кроется одна из причин того, что некоторые группы арктических организмов подвержены резким колебаниям численности — от сверхизобилия до почти полного исчезновения. Бывают моменты перевыпаса, когда олени стравливают на своих пастбищах весь ягель, у них начинается голод и падеж. А бывает, что заморозки не дают возможности леммингам полноценно питаться, и они начи-

нают мигрировать или на них нападает мор, тогда все, кто ими питается, вынуждены уходить тоже.

На Аляске человек неосторожно вызвал резкие колебания численности организмов, завезя домашнего северного оленя из Лапландии. В отличие от местных карибу, северный олень сам не мигрирует. В Лапландии оленей перегоняют с места на место, чтобы избежать перевыпаса, но индейцы и эскимосы Аляски не имеют навыков пастбы, поскольку дикие карибу сами переходят с одного пастбища на другое. В результате северные олени истощили многие пастбища, сократив запасы пищи и для карибу. Естественно, что всё это привело к катастрофе. Вот наглядный пример того, что случается, когда ломается хорошо слаженная система.

Сторожевые башни

Часто бывая в саваннах Восточной Африки, я наблюдаю картину, в которой отдельные группы антилоп и зебр стараются держаться на пастбищах рядом со страусами или жирафами. Особенно часто это можно увидеть в конце сезона дождей, когда саванновые травы вымахали в полный рост и стоят стеною. Почему это так? А дело в том, что страусы, а тем более жирафы, возвышаются над землёю на 3–5 метров! В то время, как все саванновые травоядные не поднимаются выше полутора метров над землёй. И вот все хищники, пользуясь высокой травой, норовят всегда подкрасться поближе к стадам, чтобы напасть на телёнка, жеребёнка или молодую антилопу. А тут стоит посреди саванны «сторожевая башня», которая всё видит и слышит далеко окрест. Естественно, что при приближении опасности все эти жирафы и страусы сигнализируют всей округе: «Внимание! Внимание! Опасность близка!» Таким образом, в саванне сложился своеобразный симбиоз между всеми травоядными и их охранителями.

Рыба-прилипала

Как мы видели ранее, океан даёт нам несть числа примеров содружества живых существ. Вот одно из них. В тропических и субтропических водах Мирового океана обитают рыбы-прилипалы *Echeneidae* из семейства лучепёрых. По сути, это морские окуневы. Длина тела от 30 до 90 см. Молодь прилипал живёт самостоятельно и питается планктоном. Но поскольку

у них нет плавательного пузыря, то возникают проблемы с плаванием на большие расстояния. Как же быть? А очень просто — они присасываются к морским исполинам — крупным рыбам, китам, морским черепахам, днищам кораблей и путешествуют вместе с ними по всем морям. Когда акулы начинают терзать и разрывать на части свою очередную жертву, то кусочки достаются и их пассажирам. Они настолько свыклись со своей ролью приживалы, что это превратилось в их «профессию»! Их передний спинной плавник... сместился на голову и превратился в... присоску, которая присасывается ко всему крупному, что проплывает мимо.

Это необыкновенное качество прилипал родило ещё один симбиоз. На берегах Мозамбика и Мадагаскара существует старинный способ ловли морских черепах с помощью рыб-прилипал. Аборигены привязывают к хвосту пойманной прилипалы верёвку и бросают в море неподалёку от черепахи. Рыба немедленно крепко присасывается к черепахе и остаётся только вытащить их обеих из воды. «Грузоподъёмность» одной рыбы составляет около 30 кг, поэтому для охоты на черепах применяют обычно сразу нескольких прилипал. Вместе они могут удержать огромную морскую черепаху массой в несколько центнеров!

Баобаб и его обитатели

Кто из нас не слышал о Его Величестве Баобабе (*Adansoniadigitata*), примечательным тем, что это одно из «бутылочных деревьев», растёт как бы «корнями вверх» и окружено каким-то мистическим флером. Но реально в природе видели его немногие, поскольку живёт он в далёкой Африке, а так же на Мадагаскаре и на севере Австралии. По всем земным параметрам адансония — совершенно необыкновенное создание семейства бомбаксовых, рождённое не постоянно засушливым климатом тропиков. Других таких уникалов на земле нет. Это, собственно, даже не дерево, а древний полусуккулент, подобно алоэ или кактусам, пришедший к нам из глубин тысячелетий. Живут они по две-три тысячи лет. В этих его корявых ветвях, покрытых зеленью, ткачики выют свои шарообразные гнёзда. Тут же висят вверх ногами летучие лисицы и мыши, а ребристая блестящая кора серого цвета вся пробита отверстиями и внутри, в мягкой сердцевине, живут многочисленные

агамы и жуки. Кроме этого, в дуплах ещё живут птицы-носороги, а верхние ветви облюбовали летающие хищники — орлы. Но это никак не мешает жить старцу, и он, судя по всему, чувствовал себя великолепно. При твёрдой блестящей коре его ткани мягки и пористы и на 16% состоят из воды. Концентрация кальция в древесине баобаба в 10 раз выше, чем в других растениях саванны. Вот почему слоны любят жевать куски дерева-гиганта, выламывая их из ствола бивнями. Во время засухи измученные жаждой слоны наносят баобабу непоправимый ущерб, и бывает, что они его съедают совсем.

В сезон дождей это уникальное «дерево» так напивается влаги, что её хватает на весь период засухи не только хозяину, но и многочисленным «нахлебникам». Одно дерево, при том что его высоты не превышают 25 м, при толщине до 10 м, способно вместить в себя более 100–150 тонн воды!

Это невероятно, но в самый разгар засухи, по ночам, на этих толстых кургузых ветвях появляются огромные белые... цветы. В одну действительно прекрасную ночь все бутоны на ветвях баобаба раскрываются. Крупные, будто восковые цветы, душистые и ароматные, испуская запах гнилого мяса, до 20 см в диаметре, они, подобно чудесной морской пене, покрывают некрасивые корявые ветви, скрывая их от посторонних взоров. Этот резкий запах привлекает море насекомых и толпы мелких жителей саванны, которые эти цветы... опыляют. К раскрывшимся цветам ловко карабкаются маленькие лемуры-галаго. Они вылизывают нектар, перенося пыльцу на другие цветы. На пир слетаются и летучие собаки — крыланы. Они тоже уносят на мордочках пыльцу баобаба. На старом баобабе за ночь распускается больше ста цветов. Лемуры и крыланы шныряют в темноте от одного цветка к другому, шуршат листьями — недаром африканцы раньше верили, что в каждом цветке баобаба живёт особый мистический бог или дух. Как видим, баобаб даёт пример всех видов симбиоза.

Взаимовыручка у растений

Растения тоже пользуются друг другом. Известна односторонняя помощь растения-«няни» другому растению. Так, берёза или ольха могут быть няней для ели: они защищают молодые ели от прямых солнечных лучей, без чего на открытом



месте ель вырасти не может, а также защищают всходы молодых ёлочек от выжимания их из почвы морозом. Такой тип взаимоотношений характерен лишь для молодых растений ели. Как правило, при достижении елью определённого возраста она начинает вести себя как очень сильный конкурент и подавляет своих «нянь». В таких же отношениях состоят кустарники из семейств губоцветных и сложноцветных и южно-американские кактусы.

Другие растения, называемые эпифитами (к которым относятся все бромелиевые, ананасы, орхидеи), обитают на... ветвях деревьев, но получают питательные вещества из... воздуха. Эти растения используют дерево лишь для опоры, не лишая его питательных веществ. Они развиваются на поверхности древесных стволов и ветвей, используя их только как место поселения. Благодаря этому они избавлены от конкуренции за свет и питательные компоненты со стороны растений, живущих на поверхности почвы. В отличие от паразитов, эпифиты не вступают в прямой физиологический контакт с растением-субстратом. Они питаются за счёт отмирающих тканей и выделений растения-хозяина или за счёт своего фотосинтеза, а влагу получают из воздуха и осадков. Часто их корни образуют микоризу с грибами. Такая же ситуация с лианами.

К лианам относят выходящие растения со слабыми однолетними или многолетними стеблями. Среди них встречаются как деревянистые, так и травянистые формы. Они используют деревья и кустарники в качестве опоры и поднимаются по ним достаточно высоко, используя усики, придаточные корни, колючки. Для лиан характерны длинные и крупные водоносные сосуды, что связано с необходимостью «перекачивать» значительные объёмы воды в крону, на достаточно большую высоту. Древесные виды могут развивать мощную крону и отличаются долголетием (винограды доживают до 200 лет). Лианы обычно занимают малую площадь на поверхности почвы, многие обладают красивыми цветками и листвой, некоторые плодоносят. Благодаря этим качествам их широко используют как декоративные растения для озеленения в искусственных насаждениях. В наших широтах с умеренным климатом наиболее часто высаживают актинидию, лимонник, различные виды винограда, плющи, хмель.

В лесах обитают ещё такие создания, как сапрофиты. Они живут (частично или полностью) за счёт питания органическим веществом отмерших организмов. И играют важную роль в жизни лесного сообщества, разлагая мёртвые растительные остатки и переводя сложные органические соединения в более простые формы, тем самым способствуя повышению плодородия почвы. В основном это грибы, бактерии, актиномицеты. Изредка они встречаются среди цветковых (некоторые представители семейств грушанковых, орхидных), мхов, папоротников. Примером цветковых растений, перешедших на такое питание, являются сапрофиты хвойных лесов — подбельник обыкновенный, надбородник безлистный.

Все представленные типы дружеских связей можно обнаружить в любом растительном сообществе. При этом формы взаимодействия растений очень динамичны и могут меняться в зависимости от этапов их развития, смены условий окружающей среды, при появлении новых партнёров. Один и тот же растительный организм одновременно может находиться в различных (порой совершенно противоположных) отношениях с соседями: с одними — в комменсалистских, с другими — в симбиотических, с третьими — в конкурентных и т.д. Чем разнообразнее и долговечнее сотрудничество, поддерживающее совместную жизнь растений, тем продуктивнее их сожительство. Обычно со временем отбираются комбинации видов с максимальной взаимной приспособленностью, наиболее соответствующие конкретным условиям обитания. Именно поэтому, как правило, естественные лесные сообщества — первичные леса, имеющие длительную историю развития, гораздо устойчивее тех, которые создаются человеком (парков, ландшафтных садов, пр.). Формирование жизнеспособных искусственных насаждений наиболее вероятно в тех случаях, когда подбор растений для них максимально приближен к природным сочетаниям с преобладанием взаимопомощи, а не борьбы.

Американские кактусы

В жарких, безводных пустынях и полупустынях Северной Америки почти ничего не растёт, но обитают потрясающие по красоте кактусы. И в этих естественных условиях, где растут кактусы, отмечаются случаи взаимопомощи у растений.

Кактусы обладают особым типом фотосинтеза — днём они ловят солнечные лучи и фотосинтезируют, создавая свои тела, при закрытых устьицах, чтобы не испарять воду. А ночью запасают углекислый газ. Такая экономия воды ведёт к перегреву кактусов. Поэтому молодые «колючечки» на открытом солнце погибают. Спасают их растения — «няни» из семейства губоцветных, которые притеняют молодые растения. При увеличении осадков и более прохладном климате — в сухих горных лесах, в услугах растений — «нянь» кактусы уже не нуждаются.

Эпифиты и их обитатели

У настоящих эпифитов — растений, живущих на стволах деревьев, в процессе эволюции выработались приспособления для улавливания воды и минеральных веществ из воздуха! Что совершенно удивительно. Это губчатые покровы на корнях, у некоторых — так называемые корневые гнёзда, т. е. сплетения корней в виде корзинки, в которой накапливаются пыль, опавшие листья и, таким образом, живя на дереве, они создают сами себе почву для питающих корней (это папоротник асплениум, орхидея граматофиллум)! У других эпифитов (папоротник платицериум) имеются так называемые нишевые листья, образующие на стволе нишу, в которой также создаётся почва и накапливается вода. У некоторых бромелиевых листья образуют воронку (объёмом до 10 литров), в которой скапливается дождевая вода, всасываемая волосками на внутренней поверхности листьев. Такая воронка со временем превращается в своеобразный аквариум. В его воде разлагаются старые листья и цветки, выделения птиц и других животных, живущих на дереве, давая дополнительную пищу растению. В эту же воду откладывают свои яйца москиты, здесь развиваются личинки драконовых мух, различные черви и простейшие. В малень-

ком водоёме поселяются саламандры, лягушки и сухопутные крабы. Посещают эпифитные чаши и животные покрупнее — некоторые птицы, обезьяны и опоссумы. Словом, «аквариумы» бромелий высоко ценятся обитателями тропического леса — всего (пока) насчитывается более трёхсот видов (!) «нахлебников» этих растений. И это, видимо, не окончательный результат, их на самом деле больше.

Комменсал селится во внутренних органах хозяина

Примером этого комменсализма могут служить некоторые простейшие организмы, жгутиконосцы, что обитают в кишечнике млекопитающих. Или — бобовые растения (например, клевер) и злаки, совместно произрастающие на почвах, бедных доступными соединениями азота, но богатых соединениями калия и фосфора. При этом, если злак не подавляет бобовое, то оно, в свою очередь, обеспечивает его дополнительным количеством доступного азота. Но подобные взаимоотношения могут продолжаться только до тех пор, пока почва бедна азотом и злаки не могут сильно разрастаться. Если же в результате роста бобовых и активной работы азотфиксирующих клубеньковых бактерий в почве накапливается достаточное количество доступных для растений соединений азота, этот тип взаимоотношений сменяется конкуренцией. Результатом её, как правило, является полное или частичное вытеснение менее конкурентоспособных бобовых из фитоценоза.

Каждому из миллионов живых существ (и нам с вами) хочется найти «свою половинку», близкое создание, которое было бы всегда рядом, поддерживало и любило. Однако стремление к слишком тесной связи в отношениях порой оказывается для организмов губительным. Мы переходим к последнему виду симбиоза — паразитизму. 📌