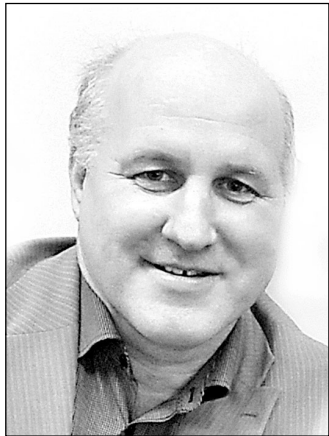


Мир, где паразиты заправляют эволюцией

«Жизненные стратегии патогенов и создание интегрирующих средств защиты растений» — с таким докладом 25 октября на заседании Президиума СО РАН выступил директор Института систематики и экологии животных, д.б.н. **Виктор Вячеславович Глупов.**



«Представьте себе мир, где паразиты контролируют сознание своих хозяев. Представьте себе мир, где паразиты мастерски применяют химическое оружие и маскируются, прикрываясь молекулами собственного хозяина. Представьте себе мир, где паразиты задают направление эволюции. Представили? Добро пожаловать на Землю!»
Карл Циммер

Паразиты — неотъемлемые компоненты естественных экосистем (биосферы), оказывающие большое влияние на их функционирование. Они играют решающую роль не только в динамике популяций и сообществ хозяев, но и в структуре пищевых сетей, лежащих в основе устойчивости природных экосистем, вносят значительный вклад в биомассу и энергетический поток. Паразиты известны на различных уровнях организации жизни от простейших, вирусов, бактерий, грибов, заканчивая многоклеточными растениями и животными. Патоген является более частым случаем паразита и переводится как «рождающий страдания, боль».

Трудно оценить масштабы распространения паразитов и найти организм, который бы их не имел. Количество их видов просто поражает — паразитов намного больше, чем всех остальных организмов на Земле. Их роль в полной мере мы тоже не можем оценить. К примеру, только малярией, возбудителем которой являются простейшие — плазмодии — заражены порядка 600—700 миллионов жителей планеты. Большинство людей носят в себе различных паразитов и даже не догадываются об этом. Но традиционное отношение к паразитам как к неким организмам, которые приносят только ущерб, начинает меняться в связи с результатами исследований. В первую очередь, это касается данных, полученных по участию паразитов в различных трофических связях в экосистемах.

Много лет на озере Чаны в Новосибирской области, где ИСЭЖ имеет собственный научный стационар, биологи ведут исследования, и одним из направлений является изучение системы паразит — хозяин на примере трематод и моллюсков. Более 100 видов трематод паразитируют на 23 видах моллюсков, которыми питаются различные водоплавающие птицы, в результате они становятся конечными хозяевами трематод. Здесь паразиты специализированы к своим хозяевам, и для того, чтобы перейти от одного к другому, они выходят в открытое пространство, где становятся источником пищи для многих беспозвоночных и мелких рыб. Если исходить из сухой массы моллюсков, то в среднем на один квадратный метр озера приходится 10 граммов, почти половину составляют паразиты, которые питаются на моллюсках и, в свою очередь, являются кормовой базой для многих последующих цепей.

Запрограммированные на выживание

Для того, чтобы реализовать свой жизненный цикл и сохранить вид, ряд паразитов использует различные стратегии, которые позволяют вносить изменения в организм хозяина: менять его морфологию, физиолого-биохимический статус, иммунную систему, оказывать воздействие на репродуктивный потенциал хозяина, вызывая кастрацию у самцов, или, наоборот, увеличивая производство яиц для более надежной передачи паразитов. Естественно, чем более специализирован паразит, тем более тонкая синхронизация происходит у

него с жизненным циклом хозяина. А хозяином может быть как растение, беспозвоночное, насекомое, так и животное, и человек. Паразит может менять поведение хозяина и, естественно, влиять на его трофическую специализацию (питание).

Например, трематоды могут вызывать утолщение раковины моллюсков, за счёт чего происходит защита их от излишнего заражения — спасая от гибели хозяина, они спасают и себя. Много данных получено о влиянии паразитов на поведение хозяина — те же моллюски, заражённые трематодами, перестают зарываться в ил и становятся легкодоступным кормом для птиц, в результате чего паразиты обретают нового хозяина.

Очень большое влияние на паразита, особенно на такие специфические виды как вирусы, оказывает именно трофика, питание само по себе. В некоторых случаях, особенно если это касается фитофагов, насекомых, которые питаются различными растениями, уже нужно говорить не о системе паразит — хозяин, а о системе триотрофа: растение — хозяин — паразит. Здесь всё настолько жёстко связано, что даже незначительное повреждение растений, деревьев, например, слабый уровень дефолиации берёзы вызывает большие изменения её химического состава в следующем году, и те компоненты, которые накапливаются в листьях, приводят к увеличению активности иммунного ответа, и в первую очередь у самок гусениц-самок. И успех переживания вируса повышается именно для этой категории насекомых.

Но если при определенных условиях происходит нарушение синхронизации развития насекомых и их кормовых растений, как, например, в последние три года, когда в результате похолодания гусеницы выходили поздно, когда листья на деревьях уже распускались, менялся их химический состав, это сразу сказывалось на снижении иммунитета насекомых, повышении чувствительности к патогенам, в результате чего вирусная инфекция быстро активизируется и приводит к гибели гусениц. Именно за счёт этого очаги непарного шелкопряда в Новосибирской области затухали. Но сухое лето прошлого года может повлечь вспышку вредителя в этом и последующих годах.

Паразит может влиять на иммунную систему хозяина часто на очень тонком, молекулярном уровне, ингибируя её активность. Например, паразитоид (среднее между хищником и паразитом) на первых этапах своего развития ведет себя как паразит: он ингибирует иммунную систему хозяина, но не до конца, чтобы хозяин мог защититься от различных бактерий. В то же время чувствительность поражённых особей к некоторым паразитам, например, к грибам, способным проникать через кутикулу, значительно (почти в 5000 раз) возрастает, как и возрастает их чувствительность к низковирулентным и даже нековирулентным штаммам гриба.

Однако поражение низкоактивными паразитами может приводить к активации иммунной системы хозяина, и в последующем особи, которые были инвазированы низкой дозой или низковирулентными паразитами, могут стать устойчивыми к более серьёзной инфекции. В то же время, этот процесс энергозависим, происходит перераспределение защитных систем, может оголиться другой уровень защиты, и это приведёт к чувствительности с совершенно другой стороны, например, сублетальный бактериоз влечёт увеличение чувствительности насекомых к различным энтомопатогенным грибам.

Биологические средства защиты — «враги моих врагов»

Энтомопатогенные грибы — сами по себе очень интересные организмы, которые широко используются для создания биологических средств защиты растений. Одно время групп энтомопатогенных грибов, имеющих различные формы размножения (телеоморфную — половую, анаморфную — бесполовую), относили к различным таксономическим группам. Эволюция этих грибов идет в сторону появления видов, не имеющих половых стадий. За счёт этого они обретают большую способность распространяться, у них появляется широкая специализация, факультативный паразитизм. У те-

леоморфных — узкая специализация и облигатный паразитизм. В плане энтомопатогенных препаратов телеоморфные виды не так интересны, но они перспективны для медицины и сейчас активно изучаются в Японии, Корее, США, особенно в Китае.

У анаморфных грибов биологи выделяют виды с токсигенной и зоотрофной стратегией. Для токсигенных грибов характерен высокий уровень синтеза токсинов, которые резко подавляют клеточный иммунитет хозяина, в результате чего он очень быстро погибает, но погибает и сам гриб. Поэтому найти токсигенные грибы в природе очень сложно, хотя за ними буквально охотятся специалисты всего мира, потому что создать препарат на основе гриба, который достаточно легко нарабатывается в искусственных условиях, действует быстро и мощно, и тут же элиминируется — большая удача.

В то же время, например, для борьбы с саранчой лучше использовать зоотрофные виды. У них хоть и пониженный уровень токсинов и они медленно колонизируют данную группу насекомых, но зато образуют многочисленные дочерние инфекции и постепенно подавляют очаг. У таких видов специализация идет не столько с насекомыми, сколько с их экологическим окружением. Эксперименты показали, что для использования против саранчи в условиях континентального и аридного климата наиболее адаптированы степные штаммы, полученные в южных регионах.

Цена устойчивости к патогенам — это всегда очень серьёзный вопрос. И зачастую, когда паразит или патоген попадает в популяцию хозяина, даже если хозяин сможет уйти от него, он обязательно заплатит за это своим репродуктивным успехом.

— Несколько лет назад мы начали работать с англичанами по большой вошковой моли (бабочка, серьёзный враг пчеловодства), — продолжает Виктор Вячеславович. — Наша линия насекомых — чёрная форма, меланисты, они достаточно устойчивы к грибу, поскольку мы их постоянно возобновляли за счёт природных популяций. У англичан почти за 70 лет эта линия выродилась, появились белые формы, очень восприимчивые к грибу. Когда мы стали их изучать, то оказалось, что у устойчивых к грибу насекомых сильно утолщена кутикула, вырабатывается и синтезируется большое количество ферментов, которые отвечают за меланизм, за выработку антиоксидантов. В то же время, все эти так называемые инвестиции в защитные механизмы могут приводить к снижению веса насекомых и их плодовитости.

Перспективы использования имеющихся наработок именно с учётом стратегии паразита налицо. Мы создали ряд биологических препаратов для контроля численности таких насекомых как колорадский жук, непарный шелкопряд, саранчовые (совместно с ВИЗР, Санкт-Петербург). Данные препараты абсолютно безвредны для человека и различных животных, правда, пока по разным причинам не можем найти производителя. Зарубежные коллеги пошли дальше — они создают трансгенные растения, несущие гены, ответственные за экспрессию токсинов патогенов, или трансгенных патогенов, на основе которых производят высокоэффективные биопрепараты.

В завершение я хотел бы сказать, что и паразиты сами по себе удивительные существа, но зачастую мы относимся к ним или плохо, или без должного внимания.

Кто хозяин, кто паразит — вопрос открыт

Доклад В.В. Глупова вызвал большой интерес у членов Президиума и активное обсуждение. На вопрос о перспективах использования патогенов для борьбы с онкозаболеваниями, Виктор Вячеславович ответил, что работы в этом направлении ведутся на Дальнем Востоке. При изучении продуктов метаболизма таких тяжёлых паразитических заболеваний как эхинококкоз, было установлено, что ряд онкозаболеваний при этом практически сходит на нет, даже на третьей стадии. Паразит может регулировать весь метаболизм организма, может перестроить углеводный обмен или заингибировать какую-либо опухоль, группу клеток или, наоборот, активировать. За рубежом уже заметно продвинулись в этих исследованиях.

Следующий вопрос: не получим ли мы в результате экспериментов популяции, которые потом никакими средствами не возьмешь — ведь 20 % особей всегда выживает и становятся на порядок устойчивее? «В природе всегда это присутствует, — пояснил докладчик. — Динамичная устойчивость, как весы, колеблется всё время. Организм под действием паразита меняется, но и паразит меняется, и возникает гонка. Она приводит к тому, что начинает формироваться гармоничная устойчивость».

В начале 2000-х годов развивалось мощное направление, связанное с малярией, которое финансировалось Всемирной организацией здравоохранения и военным ведомством США. На одной из конференций я разговаривал с руководителем лаборатории молекулярной энтомологии при ВОЗ, они ставили вопрос о создании комара, устойчивого к малярии. Я спросил, а не получится ли в результате новый плазмодий? Он и так уже меняется, самая тяжёлая четырёхдневная малярия начинает подниматься на север, а она намного опаснее трёхдневной, которая у нас была и вновь может прийти. 20—30 % сохранившихся особей комаров — это та ловушка, та щель, где пройдет эволюционное изменение плазмодия. Работая в этом направлении, нужно быть предельно внимательными и аккуратными, американцы это понимают. А в некоторых странах к этому относятся легко, поэтому могут создать монстра.

На вопрос, что делается для борьбы с клещевым энцефалитом, В.В. Глупов заметил, что это один из вопросов, который пока в мире не могут решить, потому что найти патогены для беспозвоночных, не формирующих скопления, рассеянных по большой территории, очень трудно. Они есть — это микроспоридии, патогенные грибы, но как донести их до клеща? Одно из самых вероятных направлений — установка ловушек с феромонами. Но клещи — не бабочки, вряд ли они сползутся туда в большом количестве. Химические препараты, которые используются, тоже не выход.

Сейчас возникает другой вопрос — происходит ли эволюция заболеваний, переносимых клещами — болезнь Лайма, энцефалит? Клещ Павловского распространился по всем сибирским городам и значительно потеснил клеща таёжного, и в прокормителях у него не только мыши, но и птицы. И вопрос, как пойдет эволюция вирусов, которые переносят клещи, не праздный, а данные, полученные в сотрудничестве с Институтом химической биологии и фундаментальной медицины, говорят о том, что появляются виды, более активные по отношению к человеку. И эта смена видов ещё много сюрпризов преподнесёт.

— Доклад посвящен исключительно интересной проблеме. Всё, что связано с паразитизмом в живых системах, сильно недооценивается, — считает академик Н.А. Колчанов, директор ИЦиГ. — Паразитизм как глобальное явление присутствует в любых самовоспроизводящихся системах. Но в социальных системах он виден, и отношение к нему — отрицательное. С паразитизмом в живых системах всё оказывается сложнее. Если паразит рационален, то он не убивает хозяина, более того, под его воздействием происходит неспецифическая стимуляция иммунной системы хозяина, тем самым возникает простое взаимодействие между паразитом и хозяином...

На молекулярно-генетическом уровне паразитизм изучен намного лучше, чем на экосистемном. Самый поразительный пример — это эволюционное возникновение геномов сложных организмов, включая геном человека. Эволюционную роль паразитизма тоже недооценивают, но когда просканировали первый геном организма большого размера с ядром, выяснилось, что процентов 95 ДНК — некодирующая, так называемая паразитическая. Однако оказалось, что значительная часть этого «мусора» обладает способностью к саморепликации: кусок ДНК, используя молекулярную машину клетки, может дублироваться, встроиться в какое-то место генома, и тем самым изменить его функции. Считается, что таким образом происходило эволюционное усложнение и возникли современные большие геномы.

(Окончание на стр. 8)