

Особь как квант жизни

В.В.Хлебович

Второе издание. Первая публикация в 2004*

Когда Чарлз Дарвин писал о выживании «наиболее приспособленных», он при этом, конечно, подразумевал особи вида. Синтетическая теория эволюции, пришедшая на смену классическому дарвинизму, считает главным объектом и результатом отбора не особь, а популяцию. Успехи популяционной экологии и генетики популяций постепенно практически вытеснили понятие особи из круга актуальных проблем экологии и эволюции, важнейших в биологии. Этому же способствовали впечатляющие успехи цитологии и молекулярной биологии, объекты которых лежат «ниже организма». Даже физиология в большей части оказалась расчленённой на разделы соответственно системам органов – пищеварения, дыхания, выделения и др.

Правда, генетика развивалась, опираясь сразу на оба крыла биологии века – популяционное и молекулярное. Но и она, многомудрая генетика, использовала лежащую между этими крыльями особь чаще всего просто в качестве фенотипического маркера генотипа или носителя хромосом с ДНК.

За последние десятилетия накапливаются новые данные, позволяющие снова вознести на пьедестал особь (она же организм, индивидуум).

Учитывая признанную сложность генетического кода и величайшее разнообразие его комбинаций при половом процессе, можно считать образование абсолютно одинаковых потомков при слиянии разных пар половых клеток исчезающе малой. Очевидно, что каждый новый геном, возникший при половом процессе, можно считать уникальным, даже если речь идёт о чистопородном или сортовом разведении. Столь же уникальной, неповторимой будет получившаяся половым путём на основе реализации этой наследственной программы особь. Нужно только напомнить, что сама такая реализация возможна только при определённом взаимодействии с факторами внешней среды. Так мы подошли к определению особи, которое, очевидно, соответствует современным представлениям (Хлебович 2002): **особь есть фенотипическое проявление уникального генома, самостоятельно (автономно) осуществляющее связь с внешней средой.**

Правда, в ряде случаев уникальный геном может воспроизводиться

* Хлебович В.В. 2004. Особь как квант жизни // *Фундаментальные зоологические исследования: Теория и методы. По материалам Междунар. конф. «Юбилейные чтения, посвящённые 170-летию Зоологического института РАН»*. М.; СПб.: 144-152.

многократно в результате бесполого или девственного (партеногенез) размножения. Именно на такой основе и создаются клоны – организмы с одинаковым геномом при самой высокой степени доступного в природе родства, когда потомок генетически идентичен одному родителю и сёстрам (братьям). Если каждый из них самостоятелен в своих отношениях со средой – он, по нашему определению, тоже особь.

Но если потомки с единым геномом интегрированы в колонию, то особью нужно считать саму колонию – она реагирует на среду как нечто единое (Марфенин 1993). Наверное, такое единение всегда изначально возникает слабым и факультативным. Но постепенно оно становится необратимым; далее происходит дифференциация клеток, возрастает целостность их объединения вплоть до образования многоклеточного организма.

В некоторых случаях многоклеточные в свою очередь тоже интегрируются в колонию, где каждый из них выступает в качестве элемента-зооида (сифонофоры, мшанки). Такая колония тоже организм.

Самостоятельным организмом будет любая половая клетка, сперматозоид и яйцо, имеющие собственный геном и собственные отношения с внешней средой (правомочна экология гамет).

В науке о жизни всегда присутствуют два более общих начала – эволюционное и экологическое. Особь оказывается самым конкретным носителем и результатом обоих этих начал. Она как бы линия пересечения двух плоскостей – уходящей в глубь веков по цепи предков вертикальной эволюционной и горизонтальной экологической, на которой развёртываются современные взаимодействия со средой.

Эволюционное начало особи

Важнейший постулат биологической эволюции – признание на основе единства генетического механизма единства и родства всего живого, т.е. монофилии. Сетчатая эволюция, с её привнесением генов со стороны в принципе не меняет этого заключения – привносится то, что до этого эволюционировало в другом ряду.

Это означает, что каждая особь есть последнее звено непрерывного, никогда не прекращавшегося ряда предков, которому по меньшей мере два миллиарда лет. Именно особь, будь то микроскопическая инфузория, мощный дуб или изящный гепард, концентрирует в себе весь опыт предшествующей эволюции. Поэтому здоровая особь оказывается символом целесообразного устройства и функционирования. «Там, где мы в этой системе (организма – В.Х.) не умеем найти целесообразных связей, это зависит только от нашего незнания...» – из Нобелевской речи И.П.Павлова 12 декабря 1904 года. Изопрённые проявления семейных и популяционных адаптаций (вспомним, в частности, сцены полового поведения, заботы о потомстве или социальных отношений),

так же как и подгонка видов друг к другу в биоценозах осуществляются исключительно через совершенствование дискретных организмов. Даже если признать, что основным объектом отбора является популяция, осуществляется он через конкретные дискретные особи.

Будучи конечным результатом эволюции, особь оказывается и условием её дальнейшего течения. По свойствам особи отбор оценивает, допустить или не допустить её к воспроизводству потомков.

Как тут не вспомнить великого «организмоцентриста» Иммануила Канта, называвшего особь «целью и средством». Действительно, особь – это главный участник эволюционного процесса.

Экологическое начало особи

И на пространстве экологических взаимодействий, которое можно представить как поперечный срез через вертикальный цилиндр эволюционных преобразований с временной осью протяжённостью около двух миллиардов лет, индивидуум следует признать единственным конкретным игроком.

Из дискретных, единовременно живущих организмов формируются популяции и биоценозы. Именно особь вступает в отношения с другими организмами (биотический фактор) и физико-химическими факторами среды – это и есть основа экологических взаимодействий. При этом реализуются сформированные ранее эволюционные (наследственные) адаптации.

На изменения факторов среды особь отвечает одним из следующих способов (Хлебович 2002): 1) поведением выживания – перемещением в пространстве в поисках комфортных условий или изоляцией от некомфортных, например, смыканием створок, если они есть. В основе лежит оперативная деятельность нервной системы; 2) физиологической регуляцией постоянства внутренней среды – температуры, осмотического давления, рН и др. Обеспечивается в основном деятельностью нервной системы; 3) акклимацией или образованием дискретных адаптивных норм с лежащими в основе механизмами регуляции активности генов. Акклимация – это физиологическая адаптация, совершающаяся в колебательном режиме и завершающаяся примерно через одну-две недели стабилизацией функции на прежнем или некоем новом уровне (Хлебович 1981).

Явление дискретных адаптивных норм (Медников 1987) чаще всего наблюдается у организмов, способных размножаться бесполом путём или партеногенезом (Хлебович 2002). При абсолютно одинаковой наследственности особи клона могут, в зависимости от внешних условий, резко различаться по явно приспособительным признакам. Так, у ряда инфузорий, коловраток или ракообразных в отсутствии хищников тела имеют наиболее выгодную в гидродинамическом отношении форму,

которая в присутствии хищников усложняется шипами и выростами явно оборонительного назначения. А в клоне (на основе гиногенеза) серебряных карасей *Carassius gibelio*, если в водоём запустить щуку, особи приобретают более широкую форму тела – такими их труднее захватывать и проглатывать хищнице.

Самое поразительное проявление дискретных адаптивных норм – образование в клонах особей-камикадзе, которые никогда не оставят потомства, но всегда готовы погибнуть в интересах выживания своего клана-клона. Вот муравей случайно проглатывает кучку цист сосальщика *Dicrocoelium lanceolatum*. В кишечнике насекомого из цист выходят подвижные личинки-церкарии (обычно это собратья по клону) и проникают в полость тела хозяина. Тут они все устремляются к мозгу муравья. Первая, достигшая заветного места церкария здесь и остаётся, предварительно вызвав в мозгу нечто, что изменяет поведение как паразита, так и хозяина. Все паразиты получают сигнал развернуться от мозга, разбежаться по телу и инцистироваться в тканях муравья в ожидании, когда его проглотит окончательный хозяин – овца. А поражённый в мозг церкарией-камикадзе (она не оставит потомства) муравей теряет осторожность и забирается на вершину травинки – так увеличивается шанс быть церкариям проглоченными овцой, окончательным хозяином.

Для малютки-наездника яйцо насекомого, куда он откладывает своё миниатюрное яичко, подобно комнате, заполненной пищей. Явно в связи с обилием еды у наездника возникло приспособление, направленное на наращивание его численности в этих благоприятных условиях. Итог дробления этого яйца – первые бластомеры поначалу не интегрируются в единый организм, а каждый из них далее развивается как самостоятельная особь (полиэмбриония). В результате вместо одной особи одно яйцо наездника даёт клон личинок. У некоторых видов в этом клоне формируется личинка с чрезвычайно увеличенными жвалами, которая, в случае появления в этом своеобразном объёме конкурентов в виде яйца или личинок других видов наездников, должна их уничтожить в интересах своего клана. Эта особь клона настолько глубоко специализирована для своей оборонительной защитной функции, что не способна оставить потомство. Перед нами две дискретные адаптивные нормы в клоне личинок наездника – одна обычная, которая затем даст способных к размножению крылатых особей и другая, которая никогда не пройдёт дальнейший метаморфоз и в виде формы-камикадзе служит для обеспечения комфортного развития первой формы.

Формирование таких морф-камикадзе, на мой взгляд, служит самым ярким доказательством того, что в данном случае отбираются не отдельные особи, а клон в целом. Наследственная программа особи-

камикадзе, ценная для клона, может быть закреплена и передана потомству только через выживших крылатых особей.

Особь как квант жизни

Когда я свои представления о формах адаптации особей докладывал Президиуму Санкт-Петербургского научного центра РАН, то сравнил значение знаний о формах адаптации особей для различных ветвей биологии с ролью сопромата в технических науках. Председательствующий академик Ж.И.Алферов заявил, что это сравнение понижает роль организма в экологических и эволюционных процессах и предложил обратить внимание на аналогии между положением особи в биологии и кванта в физике. Поразмыслив месяц-другой, я согласился с Жоресом Ивановичем. Все общие представления о природе и проявлениях квантов, на которые я ссылаюсь далее, почерпнуты из соответствующих статей в Большой Советской Энциклопедии.

Действительно, особь – единый и неделимый носитель жизни. Её нельзя расчленишь – исчезнет жизнь (исключениями, очевидно, будут очень слабо интегрированные колонии). Популяции в экосистемах существуют только через особей, вбирающих в себя весь предыдущий в непрерывном ряду потомков опыт эволюции. Подобно кванту в физике, проявляющему свойства частицы и волны, именно особь одновременно и конкретно относится сразу к экологическому и эволюционному началам биологии*.

Совсем недавно было показано, что разлетающиеся после Большого взрыва частицы движутся, с определённой частотой периодически превращаясь в волну, как бы пунктиром. Частота превращений соответствует постоянной Макса Планка (установленной 100 лет назад). Из этого материала развивается Вселенная.

Таким же пунктиром, через краткие индивидуальные жизни особей, оцениваемых на оселке экологических отношений, идёт два миллиарда лет органическая эволюция. Краткая жизнь и неизбежная смерть – плата за совершенство и совершенствование особи.

Твёрдое тело (в общефизическом смысле слова), жёстко организованное молекулами и атомами (в наиболее простой форме – кристалла), имеет в своей основе постоянно меняющиеся кванты с их сложной непредсказуемой индивидуальной судьбой («шуба индивидуальных судеб»). Внутри атомов казалось бы вечных кремневых орудий палеолита, алмаза Орлов, древних монет и пирамид роятся судьбы рождающихся и умирающих квантов, с их индивидуальной судьбой.

Так же и длительно существующие популяции, виды и экосистемы

* Поэтому, в частности, трудно согласиться с признанием в виде кванта жизни популяции, что делает Г.Л.Шкорбатов (1973).

образуются и развиваются на основе смертных с непредсказуемой судьбой особей-индивидуумов. Кванты и организмы «смертны», твёрдые тела, как популяции, виды и экосистемы, относительно безразмерны во времени («частицы дискретны, поля непрерывны»).

Постулируется относительная непознаваемость, непредсказуемость проявлений отдельного кванта. При анализах и расчётах выручает вероятностная статистика.

Признаем так же, что полностью всесторонне изучить отдельный организм нельзя. Например, для того, чтобы получить такую его характеристику как устойчивость (границу выживаемости) к какому-нибудь одному фактору, его нужно убить, – а как же тогда определить устойчивость к множеству других факторов? При оценке границ толерантности организм подвергается стрессу. Этот стресс, вызванный, допустим, низкой температурой, не позволит получить достоверные данные о влиянии на особь другого фланга действия этого же фактора – тепла. Совершенно очевидно, что никакая самая передовая диагностика никогда не даст полной характеристики особи. Часто справедливым оказывается мрачное: «Вскрытие покажет...». По многим параметрам организмы можно изучать только на выборках особей вида, желательно, клональных, – иными словами, тоже только статистически.

Переходы квантовых систем (атомных ядер, атомов, молекул, твёрдых тел) скачком из одного состояния в другое называют квантовыми переходами. Они происходят в соответствии с «отбора правилами», определяющими, какие переходы разрешены, а какие нет. При этом квантовые переходы могут быть спонтанными или индуцированными – т.е. без внешнего воздействия или под внешним воздействием.

Не таким ли образом трансформируются популяции и осуществляется видообразование под действием правил естественного отбора? А соответствующие преобразования отбираемых особей происходят на основе спонтанных или индуцированных мутаций?

А можно ещё провести аналогию квантовых процессов с отбором искусственным. Когерентный пучок монохромного света лазера, характеризующийся набором относительно однородных фотонов-волн, как бы моделирует монокультуры животных и растений в результате жёсткого отбора при чистопородном или сортовом разведении.

Квантовая теория поля исследует системы с бесконечным числом степеней свободы в каждый из моментов времени. Говорят ещё о едином фундаментальном поле и о частицах как о различных проявлениях (состояниях) этого поля.

Как тут не вспомнить о едином биогеоценозе, состоящем из взаимодействующих особей и популяций с их экологическими нишами, характеризующимися множеством степеней свободы и эфемерностью жизни индивидуумов.

Нужно отметить что биология, в отличие от физики, слабо формализована математически. В ней мало констант общего значения – на память приходит лишь универсальная зависимость масса/обмен. Но именно с квантовой физикой биологию роднят ситуации, когда в силу неопределённости их приходится описывать не просто качественно, но даже с использованием художественных образов. Представления о «шубе квантовых взаимодействий» физики называют полуинтуитивными. А чего стоят такие понятия как «странные кварки» с входящими в них носителями странности.

Квантовая теория возникла в начале прошлого века с анализа фактов и рамок неприменимости законов классической физики. Она не вступает в противоречие с законами классической механики, а рассматривает последние как свой частный случай.

Никто сейчас не сомневается в справедливости положений синтетической теории эволюции (СТЭ). Однако буквально в последнее десятилетие на основе систематизации условий несоответствия СТЭ её канонам всё чаще пишется о вызревании новой парадигмы эволюции (Воронцов 1999; Голубовский 2000; Расницын 2002). Наиболее бросающееся в глаза из этих несоответствий касается скоростей эволюции. В частности, в наиболее богатом видами отряде коловраток *Bdelloidea* (что свидетельствует об особенно высоких в нём темпах эволюции) вообще отсутствуют самцы – группа размножается исключительно партеногенезом (что по СТЭ должно максимально тормозить видообразование). Новая парадигма главным своим объектом видит не популяцию (А.П.Расницын называет СТЭ популяционно-генетической), а особь, вернее, её индивидуальное развитие. Она пытается ответить на вопросы, как эволюционно возникают сложнейшие корреляции процесса онтогенеза, определяющие динамику развития особи. Основы нового подхода были заложены в середине ушедшего века работами Р.Гольдшмита, К.Х.Уоддингтона, И.И.Шмальгаузена, П.Г.Светлова. Но особенно я бы отметил выдающуюся роль А.Н.Северцова (теория филэмбриогенеза имеет самое прямое отношение к нашему предмету), который ссылается на своих более далёких предшественников – К.Бэра, Ф.Мюллера и Э.Геккеля. Последним толчком к формированию новой парадигмы служат данные молекулярной биологии о поразительном сходстве набора генов у удалённых друг от друга групп организмов и об универсальности Нох-генов, ответственных за планы строения. Очевидно, эволюция онтогенезов оказывается связанной как с образованием новых генов, так и с перегруппировками старых генов в их функциональных блоках. Замечательный обзор проблемы только что опубликован Л.И.Корочкиным (2002).

В отличие от СТЭ, имеющей «классический» законченный вид, подтверждённый известными учебниками и монографиями, новая теория

представляется пока недостаточно структурированной, далёкой от завершения, полной неопределённостями. (И здесь тоже аналогия с теориями квантовой физики). Не устоялся даже основной термин – название теории. Термин «эпигенетическая» (парадигма, теория) (Шишкин 1988а,б; Гродницкий 2001; Расницын 2002) представляется узким – он скорее противопоставляет её СТЭ, а не объединяет их в нечто новое. В англоязычной литературе работы такого рода сейчас часто объединяются под названием «Evo-Devo» (Evolutionary Development), что также сужает рамки парадигмы. Обобщённой эволюционной теории, включающей в себя как части популяционно-генетическую СТЭ и исследования истории формирования механизмов онтогенеза, т.е. эпигенетическую, я по названию заключительной главы книги Н.Н.Воронцова (1999) предлагаю рабочее название «третий синтез».

Мы с Ю.А.Лабасом (Лабас, Хлебович, 1976) были наверное одними из первых, кто обратил внимание на необходимость корректировать разные моменты теории эволюции с учётом незадолго до того описанных фактов регуляции активности генов, дополненных сложившимися к тому времени (Оно 1973) представлениями об эволюционной роли явления дупликаций: «Таким образом, избирательная репрессия (активация) хромосом в сочетании с дупликацией и естественным отбором участвуют в формировании функциональных и структурных ансамблей генов, канализирующих эволюцию этих ансамблей, расчленяют единый геном на более или менее дивергентно развивающиеся компоненты) (Лабас, Хлебович 1976, с. 9).

Так, очевидно, из поколения в поколение эволюционируют особи и через них виды и крупные таксоны. На сегодня это положение можно признать центральным в складывающемся третьем синтезе.

Наши выводы мы делали умозрительно, на основании общих сведений о регуляции активности генов и разнесении их дубликантов, безотносительно к конкретным механизмам этих процессов. Правда, один принципиальный эксперимент нами все-таки был проведён (Михайлова и др. 1976).

Как известно, у дрожжей бывает две жизненные формы – аэробная и анаэробная. Была взята культура обычных дрожжей *Saccharomyces cerevisia* с мутацией устойчивости к флавиновому яду аминазину, проявлявшейся при обоих типах обмена. Более полугода одна группа дрожжей содержалась в аэробных, а другая в анаэробных условиях. В результате постоянства направления отбора и характерного для дрожжей частого полового процесса в культурах появились особи, проявляющие мутантный фенотип только в тех условиях культивирования, в которых он был получен. Это можно объяснить переходом соответствующего гена в другую генорегуляторную группу, в другое «фенотипическое окно генома».

Я готов к упрёкам в злоупотреблении аналогиями. В свою защиту сошлюсь на основы тектологии, науки об универсальных типах и закономерностях строения и развития систем, созданной выдающимся русским мыслителем А.А.Богдановым (Малиновским), повторённой позже (без ссылок) Л.Берталанфи и недавно блестяще развитой академиком А.Л.Тахтаджяном: «Существование общих законов сходных структур в разных областях позволяет использовать более простые или лучше известные системы как модели для систем более сложных или менее поддающихся изучению» (Тахтаджян 1998, с. 25).

Л и т е р а т у р а

- Воронцов Н.Н. 1999. *Развитие эволюционных идей в биологии*. М.: 1-640.
- Голубовский М.Д. 2002. *Век идей: эволюция идей и понятий*. СПб.: 1-262.
- Гродницкий Д.Л. 2001. Эпигенетическая теория эволюции как возможная основа нового эволюционного синтеза // *Журн. общ. биол.* **62**, 2: 99-109.
- Корочкин Л.И. 2002. Онтогенез, эволюция и гены // *Природа* 7: 10-19.
- Лабас Ю.А., Хлебович В.В. 1976. «Фенотипическое окно» генома и прогрессивная эволюция // *Солёностные адаптации водных организмов*. Л.: 4-25.
- Марфенин Н.Н. 1993. *Феномен колониальности*. М.: 1-327.
- Медников Б.М. 1987. Проблемы видообразования и адаптивные нормы // *Журн. общ. биол.* **43**, 1: 15-26.
- Михайлова Н.П., Лабас Ю.А., Сойдла Т.Р., Хлебович В.В. 1976. Мутации устойчивости к аминоксину, специфически проявляющиеся при разных типах энергетического обмена дрожжевых клеток // *Солёностные адаптации водных организмов*. Л.: 232-236.
- Оно С. 1973. *Генетические механизмы прогрессивной эволюции*. М.: 1-227.
- Расницын А.П. 2002. Процесс эволюции и методология систематики // *Тр. Рус. энтомол. общ-ва* **73**: 1-198.
- Тахтаджян А.Л. 1998. *Principia tektologica. Принципы организации и трансформации сложных систем: эволюционный подход*. СПб.: 1-117.
- Хлебович В.В. 1981. *Акклимация животных организмов*. Л.: 1-135.
- Хлебович В.В. (2002) 2014. Адаптации особи и клона: механизмы и роли в эволюции // *Рус. орнитол. журн.* **23** (1037): 2555-2571.
- Шишкин М.А. 1988а. Эволюция как эпигенетический процесс // *Современная палеонтология*. М., 1: 142-169.
- Шишкин М.А. 1988б. Закономерности эволюции онтогенеза // *Современная палеонтология*. М., 1: 169-209.
- Шкорбатов Г.Л. 1973. *Эколого-физиологические аспекты микроэволюции водных животных*. Харьков: 1-200.

