

Биополимеры и клетки в измерении архитектуры микроценозов. 2. Параллельная жизнь; параллельная, но не жизнь; и непараллельная, и не жизнь, а что? Что есть жизнь?

В. А. Кордюм, Е. В. Мошинец

Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины
Ул. Академика Заболотного, 150, Киев, Украина, 03680

moshynets@gmail.com

Обнаружение образований, морфологически подобных клеткам микроорганизмов, с размерами от десятых до сотых микрометра поставило вопрос о теоретических границах того, что можно назвать живым. В этой связи анализируется представление о понятии жизнь и его применимости к различным идентифицируемым в природе пространственно локализованным объектам.

Ключевые слова: консенсус клетки, механизмы эволюции, самосборка, матричный синтез.

Открытие микроскопических объектов, способных в определенных условиях увеличиваться в числе, но имеющих размеры, в пределах которых невозможно нахождение абсолютно минимального набора обязательных компонентов любой клетки [1, 2], вызвало всплеск дискуссий о том, какую структуру, какое явление, какое образование можно и следует считать «живым», а какое уже нельзя [3, 4]. А если такое «какое» живым считать нельзя, то «что оно»? Автоматически это привело к обсуждению проблемы «что есть жизнь» и «где она есть»? Но начало всему этому положило что-то иное и совсем не в наше время.

Представления о множественности живых миров во Вселенной глубочайшими убеждениями в их реальности уходят в глубокую древность. И, фактически, с какой-то периодичностью они появлялись во всей истории человечества. Но если убеж-

дения в существовании жизни не только на Земле представлены во всем диапазоне человеческой мысли – от сказок, легенд и верований до разнообразнейших описаний иного сущего в сугубо научных трактатах, то основополагающий вопрос – «а что же такое жизнь?» в том общем виде, в котором жизнь существует «везде», не имеет сколько-нибудь удовлетворительного ответа и поныне. Что такое «жизнь» – знают все. А дать универсальное определение не может никто. Вообще-то универсальные определения, конечно же, даются. И в тот момент, когда их формулируют, их всерьез обсуждают. Но через некоторое время они становятся настолько несерьезными, что их «забывают», так как обсуждать-то нечего. Ну, например, классика – «жизнь есть форма существования белковых тел». Что обсуждать? Сюда подходит все, где есть белок, ибо все, где он есть, – это его «форма существования». Если что бы то ни было имеется, значит в данный момент оно существует как «объективная ре-

альность». Все, в том числе и белок. Но здесь хоть есть попытка, пусть не в явной форме, пусть несостоятельная, но есть: обобщить явление, не сводя его только к уже известному. А когда информации стало побольше и началось размывание любых представлений, определения стали еще более нечеткими. И исходило это от, вроде бы, вполне серьезных ученых. Чего стоит определение Гобстайна, согласно которому жизнь – это «макромолекулярная система, для которой характерна определенная иерархическая организация, а также способность к воспроизведению, обмен веществ и тщательно регулируемый поток энергии» [5]. Поскольку иерархическая организация есть нечто абстрактно неопределенное, то она существует во всем. Абсолютно гомогенен только идеальный газ, а любая неоднородность уже, хотя и мгновенная, но «иерархия». А сколько времени надо для того, чтобы любое материальное построение считалось уже «организованным»: секунда, год, тысячелетие и т. д., – очевидная схоластика, так как даже для классических живых систем все подобные диапазоны времени перекрываются различными состояниями. Обмен веществ – это вообще обязательное существование любых материальных тел (что-то они получают извне, как-то меняются во времени, что-то из них поступает вовне). Без обмена веществ ничто во Вселенной существовать не могло бы, как, впрочем, и без потоков энергии. Абсолютно закрытые системы столь же теоретические, как и идеальный газ. И все они, ну с абсолютной точностью регулируются законами природы.

Подобный анализ, показывающий полную несостоятельность, можно провести и для любого иного определения жизни. Объясняется это тем, что мы имеем единственный известный нам вариант жизни – ее Земную форму (и сами к нему принадлежим). И все абстракции, все экстраполяции, обобщения и т. д. исходят только из этой ее единственной формы – Земной. Абстрагироваться, экстраполировать, обобщать и т. д. оказывается не из чего и нечего – одна единственная известная форма жизни, как ее ни крути и ни экстраполируй, остается единственной. Ни сравнивать, ни обобщать, ни все остальное, имея только один уникальный «образец», – невозможно. Пока о природе, о первоос-

новах Земной жизни принадлежащий к ней же человек ничего не знал, он еще мог «экстраполировать». Где-то в других мирах растут гигантские растения; где-то «там» бегают чудища с десятью глазами, тремя головами и двумя хвостами; где-то «не у нас» плавают рыбины с петушиными гребнями и лошадиными копытами и т. д. Все это казалось абсолютно разным (проецируя фантастически измененные, но только внешне, земные прототипы на иные миры), а поэтому допускало «сравнения», «обобщения» и «экстраполяции». Но когда наука о живом показала его, живого, единую и универсальную природу на уровне первооснов (это будет проанализировано ниже), фантазии (по крайней мере, научные) угасли. Все «обобщения» превратились в частные (и тоже только внешне) абстракции и свелись к двум группам «общих соображений».

Согласно одной группе, в основе «жизни» лежит субстратный принцип (жизнь в виде полимеров из углерода, кремния, плазмы и т. д.) и далее допускались любые «организмы» (живые!) – кремневые, плазменные и прочие. Согласно второй, – основой служат «функциональные свойства» (размножение, изменчивость, приспособляемость, «обмен веществ» и т. п.). И не имело значения, на какой материальной основе эти функции зиждутся. При всей своей кажущейся Вселенской универсальности такие построения все равно исходили из единственного известного варианта – Земной формы жизни. Кремний – атомная основа (проецируется же это на наш «родной» углерод). А из него уже возникает сложная организация – «жизнь» со всеми ее проявлениями – те же земные, измененные фантазией или большим воображением рыбы, монстры, «думающие» облака и все такое прочее. И чтобы понять реальность (или нереальность) различий этих двух подходов («субстратного» и «функционального» принципов), рассмотрим их варианты в единственном известном «Земном исполнении».

Вторая половина прошлого века раскрыла его (это исполнение) настолько полно, что не оставила места никаким иллюзиям. Картина Земной формы жизни оказалась во всех отношениях необычной. Необычной до такой степени, что она, эта необычность, воспринимается с очень большим трудом. Ибо все наше бесконечное биоразнообразие с его

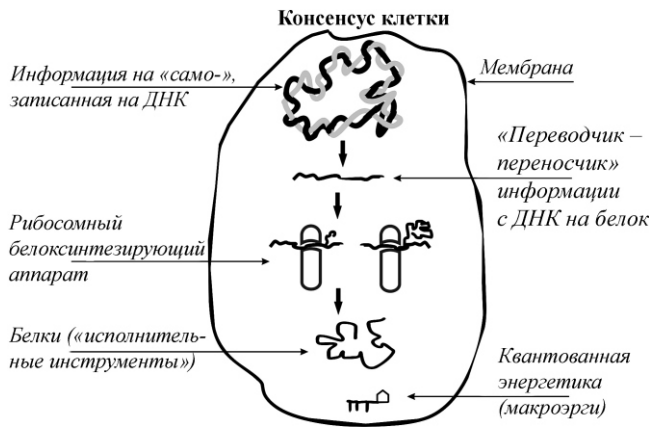


Рис. 1. Какая бы ни была клетка, во всем диапазоне разнообразия организмов и их структуры у всего живого планеты Земля она имеет некий консенсус – минимально обязательный набор структур и пространственную организацию. В любой клетке как единице живого обязательно должна быть информация «на само-», записанная на ДНК; особая РНК (иРНК) – переносчик информации в систему ее материализации, переписывания в белки; белоксинтезирующий рибосомный аппарат; белки, являющиеся молекулярными инструментами и выполняющие все элементарные процессы и их интеграцию; квантованная энергия макроэргов; мембрана, ограничивающее все вышеперечисленное от перемешивания с внешними субстратами. Принципиально и реально в разных клетках могут быть любые дополнения – от микромагнитов до дополнительных информационных наборов (органеллы, симбионты и т. д.), но в любом случае минимальный набор «также имеется». Могут быть терминальные стадии дифференциации, при которых нет какого-либо одного минимального компонента (например, эритроциты млекопитающих). Но тогда это – транзиторно-терминальное (и необратимое) умирание, т. е. уже не жизнь, а ее элиминация, хотя и функционально необходимая для сложной многоклеточной организации

миллионами видов на уровне молекулярных первооснов оказывается единым до взаимозаменяемости. Вся без исключения жизнь на нашей планете в своей основе является белково-нуклеиновой. Это не значит, конечно же, что все состоит только из белков и нуклеиновых кислот. Это значит другое. Все живое имеет информацию «само на себя» в виде некоего кода, записанного на материальном носителе – нуклеиновых кислотах, и «исполнительные механизмы» (состоящие из молекулярного «инструментария») реализации такой информации в виде белков. Остальное (при всей его, остального, абсолютной необходимости) является в той или иной мере производным и/или «обмениваемым» с окружающей средой. Все живое на своей последней границе делимости как живое имеет конечный

предел организации – клетку. Разделить клетку на еще более мелкие ее составляющие так, чтобы они были еще «живыми» в нашем общепринятом понимании, уже невозможно. Разнообразие клеток невообразимо. Но их принципиальное построение имеет некий универсальный «консенсус» организации (рис. 1). По функциональному критерию в основе Земной жизни (любой) лежит принцип «само-». Некой самодостаточности для существования: «самосохранения», «самоподдержания», «самомультипликации», «саморазвития» и т. д.

Все эти особенности имеют еще и принципиальную универсальность, буквально абсолютную, на основополагающем уровне молекулярного состава и процессов для всего живого. Всего без исключения (рис. 2). Вся первичная информация на все «само-» закодирована в ДНК (геном всей Биосферы, только ДНКовый). Генетический алфавит у всего живого только четырехбуквенный и буквы эти у всех существ идентичны – аденин, тимин, гуанин и цитозин. Код, т. е. «шифр» перевода информации с ДНК на другой носитель – РНК, для последующей реализации такой информации только (и у всех организмов любой степени сложности) трехбуквенный. Перевод генетического кода в исполнительные механизмы – белки – у всего живого происходит на рибосомах (и только на рибосомах) с помощью принципиально идентичного аппарата трансляции: иРНК, тРНК, тРНК-синтетазы. Все ключевые энергетические процессы выполняются с использованием нескольких, у всего живого идентичных, основных макроэргов (АТФ, ГТФ и т. д.). Все исполнительные механизмы – белки – в момент синтеза набираются из идентичных аминокислот. 20 из них имеют «свои» кодоны и еще несколько – используют «чужие», которые реализуются за счет определенного состава соседних кодонов. Пример – 21-я относительно недавно обнаруженная аминокислота, включающаяся в пептидную цепь непосредственно на рибосоме и не имеющая своего собственного кодона – селеноцистеин. Все «обрабатывающие центры» (активные центры ферментов) белков организованы так, что способны адекватно взаимодействовать со «своим» субстратом в любом организме. Например, рестриктазы бактерий узнают и одинаково расщепляют идентичные

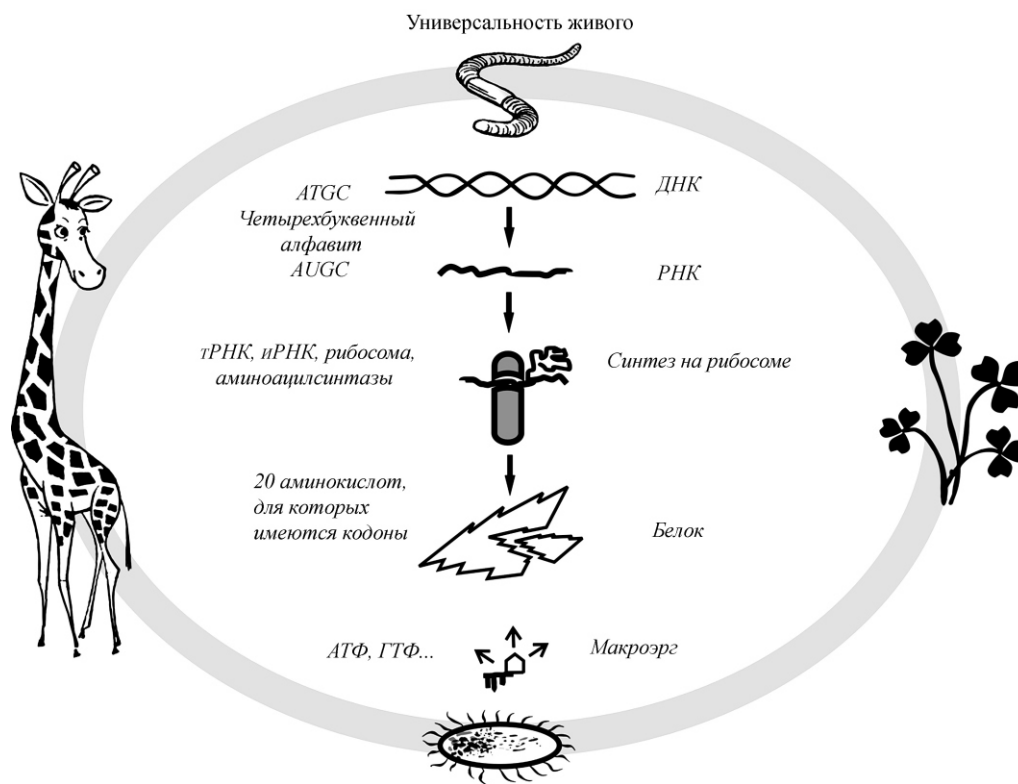


Рис. 2. Внутри клетки на молекулярном уровне все элементы консенсуса в своей основе универсальны и взаимоконвертируемы у всего живого. Такое взаимоконвертирование основано на принципиальной возможности взаимосовмещения элементов консенсуса. Но следует учитывать, что и совмещение, и конвертация «непрямолинейны». Их реализация требует определенных условий, которые в природе имеются

последовательности как ДНК бактерии, так и ДНК человека. А лигазы сшивают их в любом соотношении. И так во всем. Во всем настолько, что существующая универсальность и единство имеют степень взаимосовместимости. В результате такого единства и на основе взаимосовместимости возникает взаимоконвертируемость. Суть ее в том, что в любых клетках любого живого возможны реализация и взаимозамена, дополнение, совмещение любой «базовой» молекулярной составляющей любого другого организма. При соответствующих условиях, конечно. А имеющиеся события и процессы, воспринимаемые как исключения, при детальном рассмотрении только подчеркивают, что исключений нет.

Так, известно, что в ряде случаев короткие пептиды, состоящие из нескольких аминокислот (всегда строго определенных и расположенных в строгом порядке), синтезируются нематрично, а непосредственно на белке [6]. Но такому нематричному синтезу всегда и без исключений предшествует матричный синтез, ибо сначала должна быть матрично воспроизведена очень сложная и крупная молекула белка, на которой ведется такой немат-

ричный синтез специальными нерибосомными синтетазами (которые образуются тоже матрично и тоже на рибосомах). Сами же продукты нематричного синтеза являют собой по сути процесса не более чем один из вариантов вторичных метаболитов. Они представлены, в основном, циклическими соединениями и содержат небелковые аминокислоты (т. е. не те, которые используются при рибосомном синтезе).

Принципиально также выглядят и другие «исключения». У некоторых вирусов их геном не ДНКовый, а РНКовый. Но в живом ДНК и РНК информационно взаимно конвертированы. И вирусный РНКовый геном либо функционирует на уровне «своей» информационной РНК и реплицируется своей же РНК-зависимой РНК-полимеразой (в этой РНК закодированной, как любой белок клетки), либо через реверссинтез образует ДНКовую копию (что достаточно часто происходит в клетке на основе ее «родных» РНК). Самое же существенное то, что вирусные геномы не несут минимально необходимого набора информации для автономного существования. Лишь попав в клетку (и только клетку), они структурно и функционально становятся

ее составляющей. И даже то, что они изменяют ее метаболизм, лишь подчеркивает их функции как составляющих клетки. Они не привносят своего метаболизма. Они полностью реализуются как составная часть клетки, но теперь уже измененной функционально.

Все перекрытие генов, редчайшие изменения смысла кодонов, редактирование, сдвиг рамки считывания и т. д. – не более чем частные (и тоже информационно предопределенные) случаи особенностей генетической записи и обслуживания генома. Они приводят к безграничному по разнообразию и отличному от мутаций (по механизмам образования) созданию измененной новой генетической информации, набору иных, новых белков – исполнительных инструментов проявления жизни. Это обуславливает также многократное усиление изменчивости генетических текстов при их переносе в другие организмы с созданием в них (таких других организмах) непредсказуемой (и теперь уже иной по биологическому смыслу) информации. В результате «вдруг», сразу, во всем диапазоне радикально нового проявления может возникать как отдельное, так и в любых сочетаниях любое новое – от полной бессмыслицы до принципиально иных фенотипических признаков, свойств, функций. И универсальность молекулярной организации вместе с основанной на такой универсальности конвертируемостью обеспечивают возможность, кроме поддержания единства Земной формы жизни, дополнительно ее принципиально новой, немутационной (в общепринятом сегодня понимании сути мутаций) изменчивости. И это – всеобщий принцип организации Земного варианта существования жизни: универсальность всей белково-нуклеиновой жизни планеты Земля обеспечивает взаимоконвертируемость этой «нашей» формы жизни во всей системе ее организации, которая нами определяется как Биосфера. Именно такая универсальность и конвертация лежат в основе современной биотехнологии (благодаря чему она только и возможна), которая переносит гены человека в бактерии и в них нарабатываются терапевтические белки человека. Или гены бактерий – в растения и они обеспечивают синтез микробных продуктов, убивающих насекомых, и т. д. Но информация является инфор-

мацией только в системе своего обслуживания. В результате наша белково-нуклеиновая форма жизни имеет еще одно фундаментальное свойство (на которое пока вообще не обращали внимания) – она является закрытой сама в себе системой. Детально это будет проанализировано ниже.

И так – все 4 млрд лет существования жизни на Земле. Какой же механизм лежит в основе сохранения единства и конвертируемости жизни при том, что эволюция прошла путь усложнений и разнообразия от простейших клеток до «венца творения»? А по времени – это, согласно существующим оценкам астрофизиков, соответствует примерно трети всего времени существования Вселенной – от момента ее образования в результате «Большого взрыва» до наших дней. Таким механизмом является то, что можно было бы назвать «обыденностью невероятности». А суть его сводится к процессам создания нового. Как бы первая клетка ни появилась, ей приходилось существовать в крайне сложных и трудных для нее условиях: противостоять всем внешним (и внутренним тоже) вредным, разрушительным факторам. Нужное (необходимое для существования) надо было «вылавливать» из окружающего субстрата. При истощении необходимого в окружающей среде – создавать системы, способные усваивать то, чего немного, «вылавливая» его из все более и более бедного окружения. По мере мультипликации идентичных форм, их накопления в общем пространстве возникали предпосылки к конкуренции за «условия существования». Приходилось успешно конкурировать, поскольку неуспех в таком окружении вел к элиминации и т. д. (см. схему). Все это требовало того, что мы понимаем под понятием «изменчивость». Информация «жизни», организованная и записанная в виде генетического кода, такую изменчивость не только допускала, но и предопределяла, ибо внешние и внутренние воздействия на нее приводили к ее изменению. Но слишком высокая степень изменчивости разрушит клетку дезорганизацией всех процессов «само-», а слишком низкая – сделает потомство такой клетки неспособным к приспособляемости.

Изменчивость (в смысле появления новых, ранее не существовавших признаков), по крайней мере, в отношении одноклеточных организмов при их

«Первая клетка», а затем все последующие – каково им?

Условия существования

Внешние факторы являются не только потенциально во всех отношениях разрушительными, деструктивными, «растаскивающими», но во всех отношениях вредными и опасными

Необходимое изменение для существования находится во вне, рассеяно и перемежано с вредным и опасным

Неужное, вредное, мешающее, находящееся во вне, многократно и по массе, и по концентрациям, и по номенклатуре, превосходит нужное

Условия не постоянны, они меняются и с ними меняется все

Внутри необходимые «собственные» процессы (метаболизм) потенциально разрушительны, а промежуточные продукты как таковые тотально деструктивны

Нужное вылавливают и используют другие клетки, что создает нечто новое – конкуренцию

Требования, которые должны быть выполнены, чтобы существовать

Для того чтобы отбирать нужное и не пускать неужное, должна быть многоплановая селективность

Приспособляемость («текучая»), быстрая изменчивость к меняющимся условиям окружения

Поддержания стабильности при изменчивости

Способность восстанавливать нарушения, повреждения

Способность к мультипликации

Способность к стабильным изменениям при радикальном изменении условий существования

делении (вегетативном размножении), как правило, отождествляют с мутациями. А под мутациями чаще всего понимают возникновение ошибок в геноме при неправильной репарации (рис. 3) или репликации. При половом воспроизводстве происходит (в рамках геномов партнеров) перераспределение; но то, что перераспределяется, уже, т. е. перед перераспределением, должно существовать. И если никаких изменений в геномах партнеров не будет, то ничего нового перераспределение не даст. Следовательно, новое должно сначала появиться и только затем перераспределяться. Поэтому его появление при половом процессе чаще всего (рутинно, традиционно и т. д.) тоже связывают с мутациями, возникающими вследствие ошибок репарации и неточности репликации. Именно такое понимание мутаций при употреблении в тексте этого термина и будет подразумеваться.

Примем, что «золотая середина», тот оптимум, который установила эволюция, присущ современным микроорганизмам. У них мутации идут со средней скоростью 10^{-5} – 10^{-7} на ген на деление [7–9]. Но такая частота – это мутации в общепринятом понимании, т. е. изменения, в результате которых продукт гена теряет свои функциональные свойства, т. е. инактивируется. Подобные изменения могут вызвать мутации, приводящие к замене одной единственной аминокислоты в активном центре,

гидрофобной на гидрофильную (или наоборот), вследствие чего меняется пространственная структура молекулы белка и он теряет активность, перестает взаимодействовать с другими белками и т. д. То есть изменения в гене, ведущие к потере функции кодируемого им белка (мутации), могут быть разные и число их может быть весьма значительным. А для того чтобы создался новый признак, новое свойство, появился (на основе имеющегося белка со «старой» функцией) новый фермент, структурный белок, нужны не изменения вообще, а изменения строго конкретные. Ведь в таком случае конформация белка должна так преобразоваться, чтобы возник новый активный центр, новый сайт узнавания и т. д.

Вероятность изменения строго определенного нуклеотида в геноме на другой нуклеотид, тоже строго определенный составляет 10^{-11} . За счет вырожденности кода, а также перекодирования в близкие по свойствам аминокислоты не все замены нуклеотидов изменяют свойства кодируемого белка. Поэтому вероятность изменения в белке по строго определенной аминокислоте будет еще меньше, чем 10^{-11} , и станет определяться величиной 10^{-12} . Но для устранения всегда имеющейся неопределенности при любых обобщениях занесим эту величину и допустим, что требуемые события могут происходить с большей вероятностью (т. е. чаще).

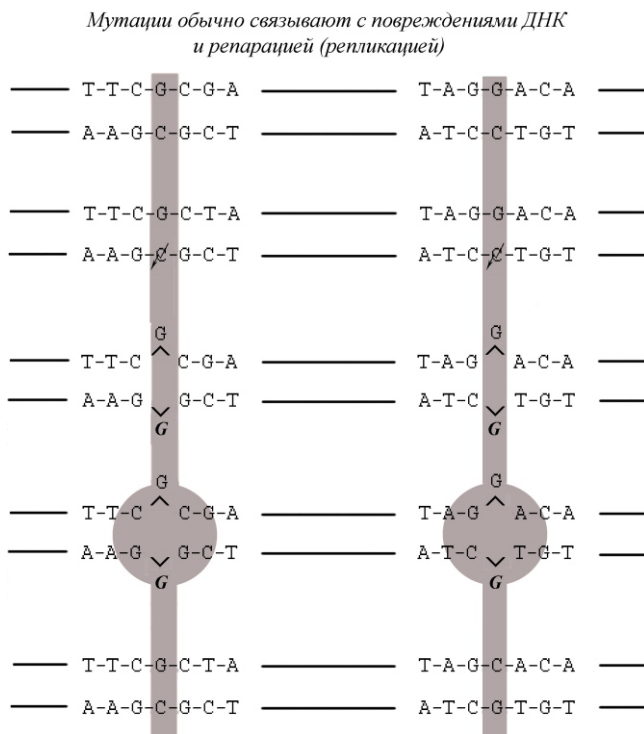


Рис. 3. Схематическое изображение процесса возникновения мутаций. При повреждении (изменении) оснований ДНК возможны два пути дальнейшего развития событий. В одном из них поврежденное (измененное) основание заменяется «правильным», таким, каким оно было до нарушения. Это обычные процессы репарации. В другом случае происходят ошибки репарации и во второй цепи ДНК: «правильное» основание заменяется на комплементарное измененному. И теперь обе цепи содержат комплементарные (т. е. взаимосопоставляющиеся) основания, отличающиеся от тех, которые были до повреждения. С этого момента системой репарации они уже идентифицируются как «свои», как «правильные». И система репарации сохраняет их в таком виде. Это закрепленное репарацией повреждение в измененной последовательности оснований ДНК и будет мутацией

Примем такую величину (замены, изменяющие свойства белка за счет смены конкретного нуклеотида в его гене на другой, тоже конкретный) за 10^{-10} [7, 8]. Но одной замены недостаточно. Анализ даже близких по свойствам белков показывает, что отличия всегда касаются нескольких аминокислот (соответственно в гене – нескольких нуклеотидов в разных положениях). Примем некий заведомо заниженный предел, допуская, что для появления нового признака надо, чтобы изменились всего четыре нуклеотида (но строго определенных и тоже на строго определенных). Это составит вероятность в

10^{-40} . Возникающие же изменения не сразу, а по очереди не дадут селективности. Их появление будет столь же случайным (а, может быть, даже еще и менее вероятным, если одна или две замены дадут эффект негативной селекции, что представляется более правдоподобным, чем просто нейтральность). Это можно проиллюстрировать на примере другой, хорошо понятной информационной ситуации. У нас имеется конкретная информация в виде слов, сообщающая человеку о том, с чем ему придется иметь дело, некий текст. Надпись, записка, послание по электронной почте, SMSка и т. д. Ну, например, «Хороший день». Теперь представим себе, что ситуация («условия существования») изменилась, стала опасной. Об этом надо предупредить. А далее, только за счет ошибок (случайных – аналог мутаций) при непрерывном тиражировании этого сообщения необходимо, чтобы адресат получил новую информацию, адекватную вдруг изменившейся ситуации. Вот как будет выглядеть в некоем принципиальном виде общее время появления нужного текста, если определять его с учетом вероятности, которую мы приняли выше, в 10^{-10} на одну букву (рис. 4).

В процессе четырех конкретных изменений появился новый смысл, но «по пути» он становился и опасным, и бессмысленным. И при автоматическом на него реагировании возникли бы проблемы. Клетка – не думает, она реагирует на информацию через функции своих макромолекул. Для нее искажение смысла – это уже негативная селекция. Такое эволюция, отбор элиминируют. И в результате меняющаяся информация исчезает «по дороге», так и не став новым признаком.

С подобной реальностью, а не абстрактной, чисто математической вероятностью (10^{-40} на каждый новый признак) и за 4 млрд лет эволюции живому далеко не уйти. Для того чтобы наглядно представить себе, что такое вероятность в 10^{-40} , проведем соответствующий расчет. В году (округляя в большую сторону) $3,2 \cdot 10^7$ секунд. Теперь представим себе популяцию клеток численностью в один триллион (тысяча миллиардов, т. е. 10^{12}). Если каждую секунду во всех этих клетках будут непрерывно идти хаотические мутации, то за 4 млрд лет количество перебранных вариантов в

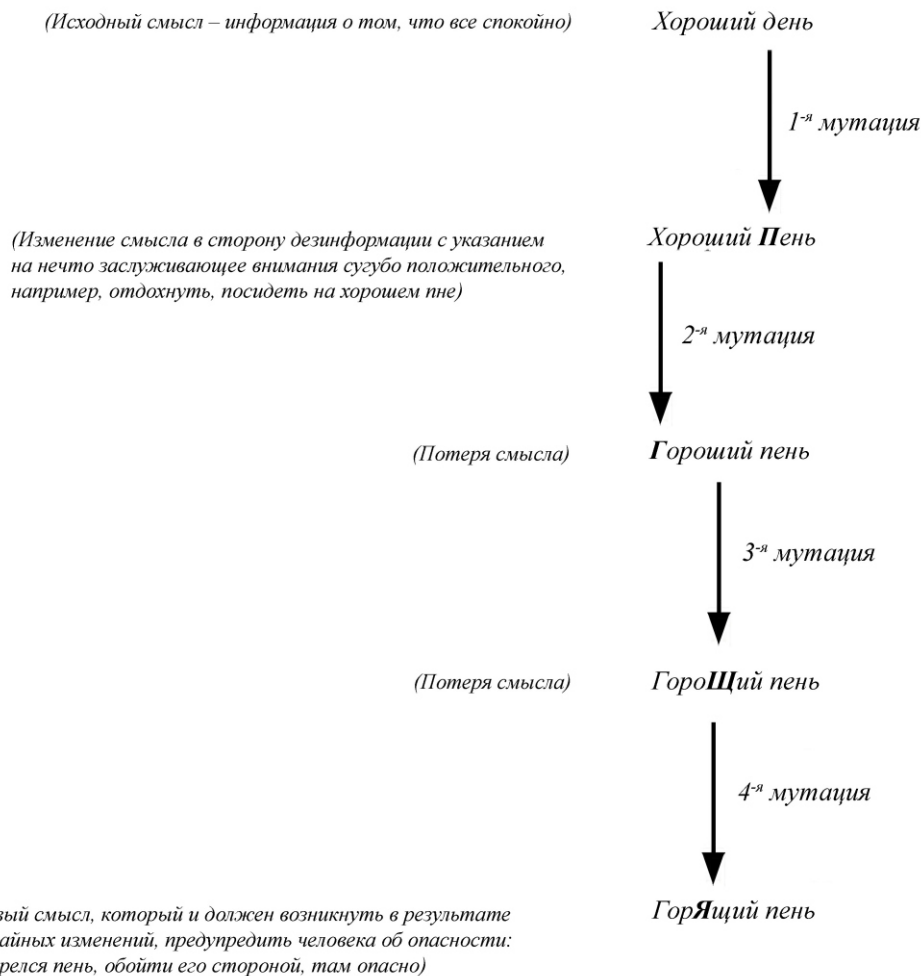


Рис. 4. Принцип появления нового смысла информации (некий аналог возникновения нового признака на основе мутаций в ДНК) можно произвольно побуквенно изменяя обычный печатный текст. И даже не вообще (это было бы еще несоизмеримо более хаотично), а только по тем буквам, которые должны изменяться для другого, конкретного смысла

геноме каждой из этого триллиона клеток составит всего лишь в $1,3 \cdot 10^{29}$. И чтобы возник новый признак хотя бы в одной клетке, потребуется дополнительно еще более чем 10^{10} -кратное время таких случайных переборов. Зато за счет переноса нового признака на носителе информации между всеми (частью) клетками признак и возникнуть, и распространиться может (по эволюционному масштабу времени) буквально молниеносно. А рекомбинантные события и супермутабильность (которая вызывает гибель клетки с летально измененным геномом, но способна обеспечить быстрые и вначале селективно невыгодные изменения информации на своих носителях) намного быстрее приведут к появлению нужного сочетания нуклеотидов у других клеток, других организмов за счет горизонтального переноса. Только одними мутациями создание нового не ограничивается (рис. 5). Немутационные

варианты, появление новых изменений информации как при горизонтальных, так и локально-внутриклеточных переносах информации способны создавать новое вообще с любой скоростью (рис. 6).

В очень высокой степени распространение нового признака зависит от того, как он передается. В случае возникновения нового свойства (функции, признака) его передача на основе репродукции в поколениях будет осуществляться со скоростью такой репродукции (прямым делением клеток для одноклеточных, вегетативным или половым путем для многоклеточных). И если селективность (положительная) невелика или ее вообще нет (нейтральный признак), то скорость распространения превращается в случайный дрейф. Но при унификации и конвертируемости ключевых процессов скорость распространения признака может и не быть непосредственно связана с репродукцией. Признак за-

Немутационные варианты появления новой информации

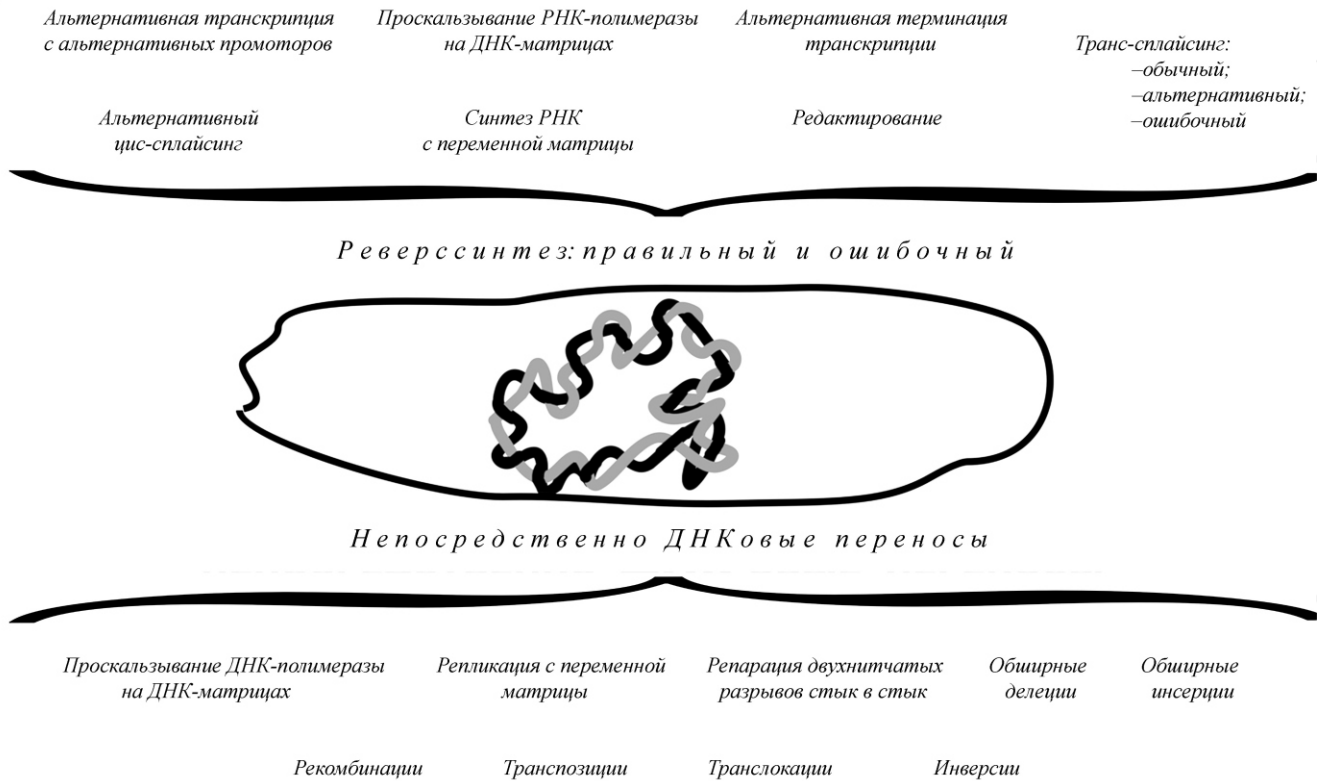


Рис. 5. Появление новой генетической информации традиционно связывают с мутациями, под которыми чаще всего подразумевают замены оснований в результате ошибок репарации и рекомбинации. Однако для живого появление новой информации означает события на уровне геномов, приводящие в конечном итоге к появлению новых (или изменению старых) свойств. И не вообще, а для конкретного индивидуума, популяции, вида. А таковое с успехом может обеспечивать и неизменная по своему составу ДНК. Так будет при горизонтальном переносе. Перенос и реализация уже имеющегося признака (например, устойчивости к антибиотику, тяжелому металлу, иной температуре и т. д.) могут произойти при горизонтальном переносе ДНК. И реально происходит (и хорошо изучено) в природных субстратах. Так будет при горизонтальном переносе ДНК, ее включении в геном нового хозяина и транскрипции со сдвигом рамки считывания. Возникает совершенно новый текст, хотя последовательность оснований не изменится и т. д. Подобным образом могут возникать любые новые признаки в любом объеме и, потенциально, у любых организмов

кодирован в виде последовательности оснований ДНК. ДНК способна мультиплицироваться даже в неделящейся клетке за счет различных вариантов избирательной амплификации. Перенос ДНК, содержащей информацию на новый признак, между унифицированными объектами возможен как на разных ее (ДНК) носителях, так и без них. И все предположения на самом деле относятся только к моменту возникновения жизни на Земле, т. е. к тем событиям и процессам, которые были 4 млрд лет тому назад. Ибо сегодня горизонтальные переносы информации между разными живыми объектами экспериментально показаны и концептуально об-

щеприняты как обыденные, массовые и непрерывные процессы, протекающие во всем теоретически возможном диапазоне – от совмещения половых процессов (например, конъюгация между про- и эукариотами [10, 11]) до массового общепопуляционного «мгновенного» охвата по типу эпидемий (на основе криптического вируса, свободной или находящейся на носителях клеточной ДНК, транзиторных плазмид и т. д.) [12, 13]. В результате вероятность появления каждого нового признака, как отмечалось выше, даже по «сокращенному» пути (всего четыре нужные замены) при классическом мутагенезе составит 10^{-40} у той «первой» особи, у которой

Пути горизонтального переноса информации
(внутриклеточной и межклеточной)

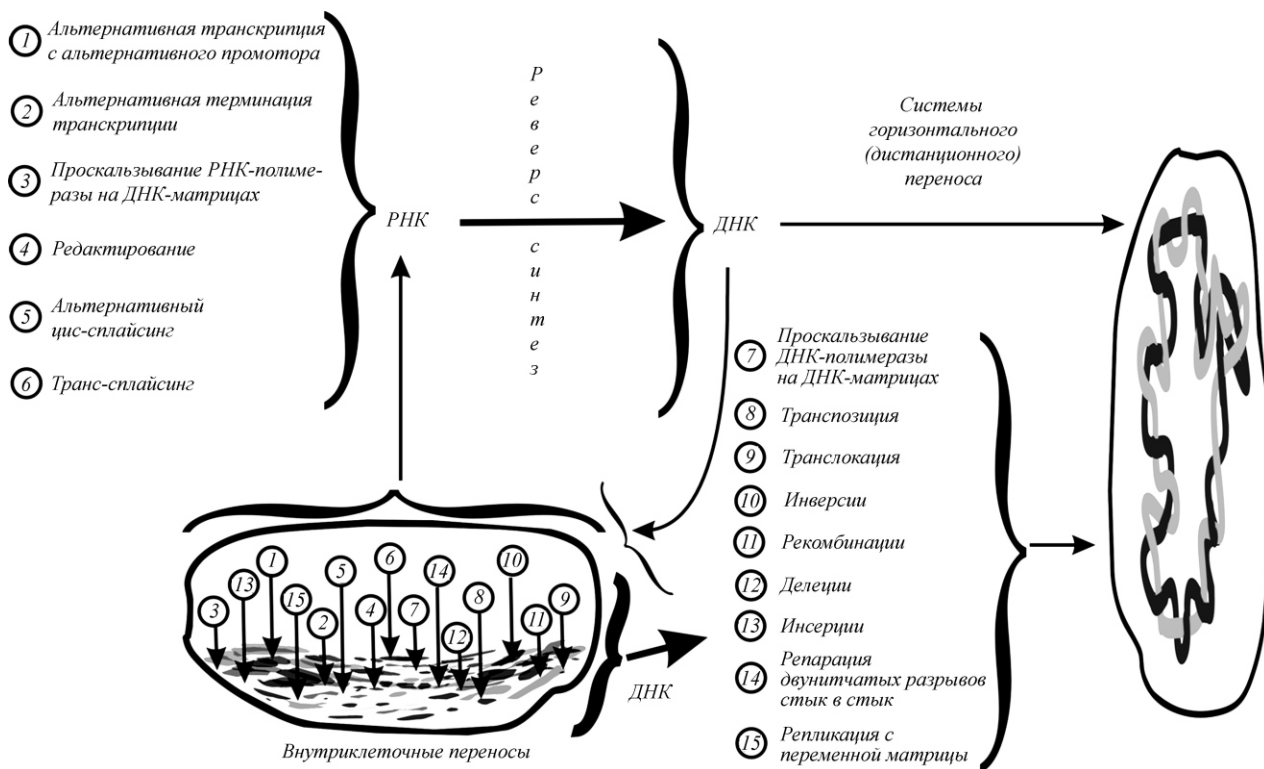


Рис. 6. Горизонтальный перенос генетической информации – это настолько важный инструмент появления новых свойств и одновременно унификации Биосферы, что в природе имеется обширный арсенал его реализации. Особо следует отметить, что такой перенос имеет место не только между организмами, но и внутри. А хорошо известным тому примером могут служить достаточно часто присутствующие в геномах псевдогены

признак возник (и множился во времени только за счет репродукции), а после возникновения его распространение окажется растянутым на неопределенный срок (10^{-n}). А возможность передачи вследствие горизонтального переноса признака, появившегося у одной единственной особи (клетки), может в популяции, в которой такая особь находится, вообще приблизиться к 1. И особого анализа здесь требует то, что при горизонтальных переносах может передаваться информация на блок признаков (в том числе среди идентичных для данного организма внутри популяции), обуславливающих сразу появление значительных изменений, да еще и в далеко неселективную сторону. Но далее дарвиновский отбор на приспособляемость приведет все в «селективное соответствие». Возникнет нечто крупно-новое. Обычная же наследственная изменчивость только через селективность к новому

привести живое не может по своим внутренним функциональным ограничениям. Конечно, чтобы передаваться (как угодно), признак должен сначала возникнуть. Но возникать он должен в случае полной автономии каждого «живого» в каждой ее группе (популяции, виде), начиная с одной единственной особи. Каждый раз с единственного гена (иначе вероятность еще уменьшается); в каждой – независимо от того, что уже имеется в других, и в каждой – для каждого нового признака с вероятностью не более чем 10^{-40} .

А при горизонтальном переносе – распространение идет массово (и может осуществляться независимо от репродукции!) по всей унифицированной и конвертируемой общности в любом объеме передаваемой таким путем генетической информации. Создаваться же новая информация в такой общности может не только из-за внутриклеточных

событий. Появляются (кроме указанных на рис. 5) принципиально новые дополнительные возможности за счет использования поступающей извне (горизонтально) ДНК вследствие ее рекомбинации с резидентным геномом; вставок коротких фрагментов, возникающих в процессе деградации чужого генетического материала; обмена с его фрагментами; не только «правильного», но и ошибочного редактирования чужой информации с последующим реверсом; чередующихся сдвигов рамки при считывании с поступающего извне чужого генетического материала последующим реверссинтезом и т. д. Конкурентоспособность тех групп живого, в которых создание нового является строго индивидуализированным по сравнению с теми, где это обобществлено за счет горизонтального переноса, унификации и конвертируемости основополагающих процессов (иначе перенесенное не заработает), составит в самом простом варианте (пусть даже чисто условном) для каждого признака, обусловленного только одним геном, 40 порядков! Для каждого признака в каждом отдельном таксоне. А при унификации и конвертируемости появление любого нового принципиально возможно «мгновенно», в любом объеме и составе. Возникающее за счет этого фантастически мощное селективное давление объединенной общности на генетически изолированные, только самостоятельно изменяющиеся объекты выдержать невозможно ни в коем случае [14]. При изменении внешних условий (что происходит часто) с такой скоростью не потребуются даже конкуренции. Поэтому флуктуация внешних условий, да еще с учетом разной, контрастной изменчивости микро- и макроокружения, а также конкурентные отношения различных вариантов жизни после ее возникновения неизбежно и очень быстро приведут к созданию объединенной, унифицированной и конвертируемой общности. Общности, объединенной унификацией и конвертацией групп объектов, популяций, таксонов, замкнутых (по механизмам и материальной природе унификации и конвертации на ее основе) самих в себе, в своей общности за счет преимуществ горизонтального переноса информации. Она сметет конкурентные формы буквально со скоростью своего «свободно» расселения. И сможет выдержать бурные и бы-

стрые изменения условий существования. А любые «уклонисты», возникающие внутри унифицированных групп и не способные воспринимать и реализовать переносимую информацию, окажутся «чужими» для общности и как чужие также будут очень быстро сметены конкурентно. Так возникла и 4 млрд лет непрерывно и успешно поддерживается на Голубой Планете ее Биосфера – единая, быстрая эволюционирующая система живого. То и только то, что мы понимаем, знаем, изучаем и т. д. как «жизнь».

А теперь, с позицией такой общности, посмотрим, что она, Биосфера, есть «на самом деле». И поняв причины общности, их четырехмиллиарднолетнюю эволюцию по усовершенствованию стабильности такой общности, перейдем к ее следствиям. И не следствиям «вообще» (при формулировке каждого конкретного вопроса будут свои следствия), а по отношению к Биосфере как системе. Поскольку все живое на планете Земля (все!) унифицировано по первичным процессам, «материальным носителям», информации на «само...» и т. д.; поскольку оно (это «все») взаимоконвертировано и такая конвертация идет непрерывно; поскольку унификация и конвертация «всего» обеспечивают абсолютную (и, фактически, мгновенную и радикальную) конкурентоспособность (т. е. конкурентное вытеснение, уничтожение, подавление и т. д. любого «несвоего») по всем экологическим нишам, на всей планете, любого живого объекта, который выпал, попытался уйти от/из общности (вследствие изменений несовместимых с унификацией и конвертацией), то вся Биосфера вместе со всем живым (унифицированным и конвертируемым) является закрытой системой. Жизнь во всем ее бесконечном многообразии полностью, надежно и безальтернативно замкнута сама в себе. И в такой замкнутой самой в себе системе жизнь самодостаточна, высокодинамична и в то же время как жизнь, как явление, как система (а не ее отдельные элементы – индивидуум, популяция, вид) исключительно устойчива, способна выдержать прессинг воздействий, изменений условий существования не только локального, но и общепланетарного, а в определенной мере даже Галактического масштаба (изменения климата, перемещения материков, бом-

бардировку метеоритами и т. д.). Это – еще одно и может быть, самое важное для Биосферы вообще и человека, человечества в том числе, следствие непредсказуемой опасности уменьшения биоразнообразия. Оно, биоразнообразие, единое и взаимоконвертируемое, обеспечивает устойчивость всей системы, всей Биосферы, всей жизни на Земле. И снижение биоразнообразия – это снижение уровня, степени, разнообразия, возможностей и т. д. взаимоконвертируемости. Снижение устойчивости всей системы.

По своей биологической природе человек является частью и относится к этой общности, включен в такую общую, закрытую систему – Биосферу как одна из ее составляющих. Он, человек, тоже унифицирован со всем «остальным» живым и тоже с ним взаимоконвертируем. Как, в каких масштабах – вопрос отдельный. Но сам факт унификации и конвертации всех форм жизни во всех ее проявлениях в масштабах всей Биосферы после традиционно последовательных этапов познания (полное неведение; первые предположения; отрицание «с порога», сопровождаемое презрением и негодованием; нарастающая лавина фактического материала; молчаливое признание «в принципе»; начало осмысливания в целом и конкретно) сегодня уже сомнений не вызывает. Он, человек, принадлежит к Биосфере (как живой объект) и является в этом отношении ее «рядовым элементом». Поэтому мы, находясь в замкнутой самой в себе системе, как «объекты» Биосферы, одна из ее биологических составляющих, а также (одновременно как представители Разума) исторически, философски, на основании повседневного опыта и т. д. ничего другого, считаемого нами как «живое», кроме такого, которое относим к системе «нашей» жизни, белково-нуклеиновой, замкнутой в масштабах Биосферы, и воспринимать не могли. И все наши пути изучения живого как осознанно, так и неосознанно (подсознательно) планировались, разрабатывались методически, анализировались, осмысливались, воспринимались и т. д. только исходя из замкнутой самой в себе системы и только для объектов, ее составляющих. Выйти из такой замкнутой самой в себе системы, в которой мы все находимся как ее составляющие, было невозможно ни психологичес-

ки, ни философски, ни методически, ни как угодно еще. Это хорошо видно, если мысленно просмотреть наши технологии исследований: визуальная оценка – по аналогии с известными формами жизни; поиск, идентификация, определение самого наличия живого (любого в нашем понимании) – по присутствию ДНК, РНК или, на худой конец, белка; морфологическая идентификация – по критериям того, клетка ли «это» (одна, сообщество); по категориям клеточного строения последней «неделимой» единицы жизни в смысле полноты комплекта ее консенсуса; функциональные проявления – по ферментативной активности (конечно же, известной); по критерию элементного, молекулярного состава, согласно спектроскопическому анализу, в соответствии с эталонами, «имеющими отношение к живому» (спектры «биогенных» элементов, аминокислот, нуклеотидов), и т. д. Если хоть что-то из этого обнаруживается – «можно говорить о возможном существовании жизни». Если ничего такого нет, то «говорить о возможном существовании жизни не приходится». И так везде: на поверхности Земли, в ее глубинах, внутри сложных организмов (конечно же, «наших»), на других планетах, во внепланетной материи и т. д. Где угодно, но только в рамках «нашей» жизни, замкнутой самой в себе, белково-нуклеиновой, клеточной по организации. Таково первое следствие особенности единственного известного варианта жизни в ее Земной форме: замкнутость жизни предопределяет замкнутость ее изучения. И если бы удалось выйти из такой замкнутости, то мир предстал бы перед нами в очень и очень ином виде, чем то, что мы себе о нем представляем. И то наше видение, которое имеет место, – это видение изнутри, видение замкнутой системы, ее элементов, составляющих, находящихся внутри нее. Весь мир, вся Вселенная для нас открыта. Мы являемся ее составляющей и видим ее всю, но тоже для нее, для Вселенной, только изнутри (и все, что вне нашей Вселенной, никто даже абстрактно-теоретически представить не может). Но видим всю. Нашу Земную жизнь как единственную «жизнь» мы как ее составляющая тоже видим и изучаем всю, но опять же, только изнутри. Однако здесь ограничения уже не фундаментальные, а концептуально-психологические. И выйти в изуче-

нии жизни во вне ее уже можно. И уже из замкнутости психологической постепенно выходить начинают, ибо Разум делает это неизбежно. Но это – отдельная тема.

Второе следствие вытекает из сути первичных, базовых, основополагающих процессов «нашей» жизни и особенностей реализации таких процессов. Если обобщить их (для большей наглядности беря в крайних вариантах), то жизнь имеет две ипостаси. Жизнь можно рассматривать как явление и соответственно существует она как явление. А можно рассматривать как проявление жизни и соответственно она может существовать в виде таких проявлений [15, 16]. Проанализируем это. Существование жизни как явления в крайнем варианте может иметь место без каких бы то ни было ее, жизни, проявлений. При всей кажущейся невероятности такого оно, такое, – повседневная реальность.

Жизнь как явление представляет собой информацию на «само-» в ее полном исполнении, т. е. как самодостаточность «само-». И в виде информации на такое «само-» жизнь как явление может абсолютно спокойно существовать вообще без какой бы то ни было реализации имеющейся в ней информации. В хорошо известных всем случаях для нашей жизни это носит название «анабиоз». В реальном исполнении – хранении при $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ в жидком азоте – все формы Земной жизни могут существовать неограниченно долго. И жизни в таком состоянии плохо не становится – она прекрасно сохраняется без каких бы то ни было своих проявлений. Могут возразить, что хранят так не информацию, а клетки (или их объединение в виде тканей, органов, целых организмов). Но как и в чем хранить – это уже не более чем чисто технологическая проблема. Можно сохранять в жидком азоте и ядра, и полные (вне ядра) изолированные от клетки наборы хромосом, и просто весь комплект ДНК – весь геном (когда его научатся получать в неповрежденном состоянии). Опять же, могут возразить, что в таком виде это уже «не жизнь». С этого момента начинается проблема «двойных стандартов» в нашем отношении к живому.

Очень интересно, как «возражающие» ответят на такой вопрос: а хранящиеся в жидком азоте половые клетки животных (или даже человека) смо-

гут после размораживания сами мультиплицировать или их надо искусственно (!) перенести в абсолютно специальные условия – в организм? И даже не вообще в организм, а строго «куда надо». Или, может быть, обычные соматические клетки человека где-нибудь в условиях природы – океане, почве, на влажной поверхности камней и т. д. смогут существовать? А то, что их ведут в культуре т. е. в условиях, которых нигде в природе нет, – это уже технологии Разума. В принципе, так (по соответствующей технологии Разума) когда-нибудь можно будет вести и «культуры ядра», и «культуры хромосом», и «культуры чистой ДНК». Вообще-то, все это уже отнюдь не фантазии. Предтечей всего этого являются разнообразные «бесклеточные системы». В экспериментах (не очень длительных), используя разные ухищрения, ведут вне клеток синтез белков, РНК, ДНК; проводят получение и изучение в специальных составах питательных сред культуры (пока не очень длительные) изолированных (т. е. вне клеток, выделенных из них) ядер, митохондрий, хлоропластов и т. д. [17–19].

Пока они, эти методы, очень несовершенны. Так ведь все вначале бывает «несовершенным». И когда Разум (в лице некоторых ученых) планировал и уже начал реализовывать [20] синтез искусственной жизни, он, этот самый Разум, исходил не из природных биосферных процессов, а из своих технологий – химического синтеза ДНК (для начала – синтез полноразмерного генома самой простой микоплазмы). С этой принципиальной точки отсчета уже молчаливо признается, что жизнь может существовать как явление в виде информации (только одной информации) на минимальное «само-». Той самой синтезированной (когда это осуществляют) ДНК микоплазмы. И хранить такую жизнь как явление после синтеза можно будет в лаборатории в жидком азоте тоже сколь угодно долго. А весь «анабиоз» – это не более чем понятный нам фрагмент особенности существования жизни как явления: фундаментально присущей жизни как явлению способности существовать в природе неограниченное время без каких бы то ни было «проявлений». Но только в том случае, если такие условия обеспечивают сохранность информации, защищая ее в своей совокупности условий (сверхнизкая

температура, отсутствие и/или практически полное исключение высокоэнергетических точечных разрушений за счет квантов света, ионизирующей радиации, ядерного распада и т. д.) от рандомизации. Если же такие повреждающие условия появляются, то для своего существования жизнь как явление обеспечивает реализацию своей информации на «само-». Ибо все это «само-» в конечном итоге (и только!) для жизни как для явления необходимо лишь для обеспечения защиты, сохранности, мультипликации информации на «само-». Реализация информации на «само-» для борьбы с рандомизацией этой информации и есть «проявление жизни», то, что мы обычно и понимаем как «жизнь». Но «мы понимаем» и «на самом деле» – совсем не одно и то же. Поэтому проанализируем, чем же (в принципиальной для нашей жизни в ее Земном исполнении) являются эти самые ее «проявления».

Обеспечение практически неограниченного времени существования жизни – 4 млрд лет предопределяет фактически все ее проявления. Ибо все они направлены на сохранение жизни как явления и представляют собой набор всего необходимого для выполнения этой единственной задачи. Из такой первоосновы вытекают как следствия все те проявления, которые мы и воспринимаем как «жизнь». Первый уровень таких проявлений обеспечивает сохранность информации на «само-». Поскольку первичная информация представлена в виде ДНК, то обеспечение сохранности информации выражается в сохранении такой последовательности оснований. Сохранение в условиях «реальной жизни», т. е. в условиях окисляющих, редуцирующих, высокоэнергетических, квантовых (свет, проникающая радиация), температурных (предопределяют появление локальных высокоэнергетических микрофлуктуаций). Все «естественные факторы» – внешние и в еще более высокой степени внутренне (все процессы метаболизма сопровождаются возникновением, переносом и реализацией высокоэнергетических энергетически перегруженных состояний молекул) направлены на рандомизацию информации, физическое нарушение, разрушение структуры ее носителя. Для борьбы с рандомизацией в системе «само-» существуют многоуровневые эшелоны защиты. Они могут быть непосредствен-

но обеспечивающими защиту (структурная организация, все системы репарации), а могут выполнять эту функцию опосредованно, «на дальних подходах» (все системы антиоксидантной защиты, молекулярные ловушки радикалов, компартиментализация процессов и т. д.). Но в каком-то проценте повреждающие агенты все равно (и неизбежно) достигают носителя информации и повреждают его, а системы восстановления (репарации) не являются абсолютно надежными и не все исправляют. Возникают такие изменения, которые теперь уже воспринимаются системами защиты как «свои» и в силу этого сохраняются. Это то, что носит название «мутации» (рис. 3). Их количество, если брать на всю информацию (на весь геном), достаточно велико и возрастает со временем существования каждого индивидуального генома. Какие-то из них являются «безвредными» (синонимические), а какие-то – «вредными» (несинонимические), в разной степени нарушающими функции.

По сути функционирования продуктов генов (РНК, белки) большинство мутаций в большей или меньшей мере мешают выполнению функций, являясь тем самым вредным. Для борьбы с этим неизбежным, по всем «законам природы», процессом информация на «само-» в реализуемой системе «само-» предусматривает особый вариант защиты – мультипликацию информации. И такая мультипликация, функционально и структурно усиленная для борьбы с рандомизацией разными вариантами рекомбинаций, по своей скорости должна опережать «избыточное» накопление мутаций. Поскольку мутации, в пределе (и общем виде) случайны и зависят от времени, то при опережающих темпах мутаций темпах мультипликации геномов будет возникать набор их носителей во всем диапазоне – от отсутствия (еще не успели появиться) мутаций до мутаций (через всю гамму их количества и качества) нейтральных и летальных, полностью «испортивших» геном.

Другим, дополняющим избыточную мультипликацию (и тоже особым) механизмом борьбы с рандомизацией, являются рекомбинации, идущие между геномами. Рекомбинации обеспечивают перераспределение мутаций. В результате, даже если мутации образуются со скоростью, превышающей

мультипликации геномов (что при больших геномах реально всегда и происходит), то даже при чисто случайном, вероятностном осуществлении таких событий всегда будет некое перераспределение во всем диапазоне – одни геномы окажутся свободными от мутаций, а другие – ими перенасыщенными. Еще раз следует отметить, что имеются в виду не вообще повреждения генома (их основную массу убирает, восстанавливая исходное состояние, репликация), а только нарушения, которые репарация исправила неадекватно и которые теперь уже стали «своими», неузнаваемыми как нечто неправильное, вредное, т. е. мутациями. А далее Великий Отбор (механизм дарвиновской составляющей эволюции) оставит геномы в составе их носителей только в тех случаях, когда они совместимы с условиями существования. Чтобы такое имело место (сохранение геномов от рандомизации), необходим высокий уровень мультипликации информации. Для результативного перераспределения (рекомбинации) нужен достаточный для этого материал – интенсивная мультипликация. Она на таком уровне имеет место «на самом деле». Все это – избыточная мультипликация (как одна из составляющих механизма «убегания» от рандомизации информации) и перераспределение мультиплицирующейся, рандомизирующейся информации (рекомбинации между мультиплицированными информационными наборами «внутренними» и через посредство горизонтального переноса «внешними») в сочетании с прессингом рандомизации и отбором на соответствие условиям существования (разнообразным, меняющимся) предопределяет как скорость мультипликации носителей информации, понимаемую (и называемую) нами как «размножение», так и тот процесс изменчивости, который в длительном масштабе времени и разном масштабе изменений мы понимаем как эволюцию и ее направленность.

Но во всем этом имеется одна фундаментальная сущность «особой значимости», на которую до сих пор не обращают, ну просто-таки никакого внимания. Она заключается в том, что «информация» имеет смысл, т. е. является информацией только в своей системе восприятия и обслуживания. Текст книги, статьи, рисунки воспринимаются как информация только человеком. Запись на лазерном

диске, если рассматривать только его, диск, не поймет никто, даже программист, который производил на нем запись. Для того чтобы диск стал источником информации (а не пластинкой, метательным снарядом, подставкой под кастрюлю и т. д.), нужен компьютер с адекватной программой. А после того как все это реализуется на экране, нужен человек (не козел, не кипарис, не горный хребет), который по своей программе Разума все это воспримет. И в нем, в человеке, записанная информация реализуется. Не менее (а может быть еще и более) сложная ситуация имеет место в «нашей» жизни. Носитель информации на все «само-», т. е. жизнь как явление, вне совместимой с ней системой обслуживания (полимеразы, рибосомы, энергетика макроэргов и т. д.) является не информацией, а только «материей», на которой она записана. Полный геном, записанный на жестком диске, – это вместе с записанной информацией не более чем «кусочек железа». И из него не то что человек, простейшая микоплазма «не выпрыгнет». Чтобы такая запись стала жизнью, ее надо перенести на другой носитель – ДНК (синтезировав таковую в нужной последовательности оснований), а затем совместить со «своей» системой обслуживания, взяв ее от других идентичных клеток, либо когда такое станет возможным, синтезировав на синтезаторах (т. е. «на железе»), собрать, окружить липидной оболочкой и запустить «в процесс». И тогда начнется самоподдерживаемый процесс жизни. Это еще раз показывает, что жизнь как явление представлена информацией, но не «вообще», а именно на «само-». А вот для реализации жизни обязательно должна быть совместимая с такой информацией система ее обслуживания. Такая особенность «нашей» жизни делает степень, т. е. надежность, ее закрытости самой в себе системы такой, при которой эта закрытость доведена почти до абсолюта. Вокруг могут бушевать океаны (воды или метана), извергаться вулканы, изливаться потоки кремневой плазмы, чередоваться голограммы, бегать механические роботы и вообще происходить все что угодно. Но «наша» жизнь среди всего этого будет (и может) существовать, проявляться только как замкнутая сама в себе система, взаимодействующая со всем окружением или трофикой (взять себе извне нужное, ввести это

нужное для использования в свою замкнутую систему, выбросить «наружу» ненужное), или защитой от всего такого окружающего, внешнего по отношению к «своей» закрытой системе безобразия, или субстратной прикрепленностью, или как угодно еще, но в любом случае как нечто информационно и обслуживающе изолированное и закрытое (внутренне, само в себе).

Но по своей «природе» информация на «само-», чтобы быть жизнью и «как явлением» обуславливать «проявления жизни», обладает уникальной способностью – способностью переноса, переписывания самой себя. Такое переписывание, в свою очередь, тоже необычно. Переписывание идет на двух уровнях – уровне копирования (репликации, являющейся основой и первым этапом мультиплицирования) и на уровне «перевода» – матричного, но не идентичного каскада переноса информации на иные по своей природе и проявлениям носители с адаптацией переносимой информации к таким новым носителям. Именно так осуществляется экспрессия гена: ДНК → РНК → синтез белка на рибосоме «белковый код» в виде информации белка на его функциональные свойства (самосборка, конформационные переходы, образование квазистабильных – рибосомы, митохондрии и т. д. или высоколабильных – репликасомы, комплексы сигнальных путей и т. д. мультимакромолекулярных комплексов) функция (ферментативная, сигнальная, регуляторная или структурная).

Еще раз отметим – все в живом, в том числе и переписывание информации, возможно только в своей системе обслуживания такой информации. Это и есть основа всего «само-». Во всех остальных составляющих природы, компонентах как живого, так и не живого такой способности нет. И вне своей системы обслуживания у информации на «само-» такой способности нет тоже. У «всего остального» – это в первую очередь (и особо наглядно) относится к белкам – имеются только «свойства». На белки адаптированно (применительно к новым, иным по своей природе носителям) переписана информация с ДНК. Перенесенная на них и тем самым ставшая теперь уже присущей им информация (переписанная адаптированно к новым носителям – белкам, а не нуклеиновым кислотам) переписываться

дальше не может и реализуется только в «свойства» – во все состояния, способности к действиям и взаимодействиям, изменению всего этого в зависимости от «внешних условий» (температура, наличие других веществ, давление и т. д.). Поскольку же информация реализуется в системе своего обслуживания, то только сочетание и взаимодействие этих двух сущностей информации («двух информаций») определяет как некое фундаментальное свойство все мироздание, сущность самого мироздания со всем, что в нем содержится, – всего и везде.

«Первая информация» – это информация, переписываемая, переносимая на другие носители, переводимая в информацию производную (но далее уже не способную к переносу за счет переписывания), адекватную таким носителям, и реализуемая в виде «свойств». Таким образом, она, «первая информация», за счет способности к переписыванию обуславливает возможность (при наличии совместимой с ней адекватной системы обслуживания) появления новых материальных носителей, фактически «информационных производных» как продуктов «информационной материализации». В случае самокопирования – «по образу и подобию». В случае переноса на иные носители – как материализованные информационные преобразования. Мы пока знаем только два примера «первой информации» – матричный синтез в живой природе и творения Разума в виде информационной деятельности человека. Таким путем, по таким механизмам «первая информация» определяет движение самой себя, своей информации, ее мультипликацию, переписывание, перенос на другие носители и т. д. Но при анализе «что такое жизнь» возникает еще одна ее, жизни, фундаментальная особенность. Она связана с тем, что информация на «само-» предопределяет и конкретные варианты, пути реализации и диапазон свойств, взаимодействий всех систем проявлений жизни. В общем виде такая «фундаментальная особенность» заключается в том, что живое существует в качественно более сложной системе реализации, чем «неживое».

Мы привыкли воспринимать мир как цепочку (сложную, очень сложную, разветвляющуюся, пересекаться и т. д.) причинно-следственных свя-

Каскад переноса (переписывания) информации

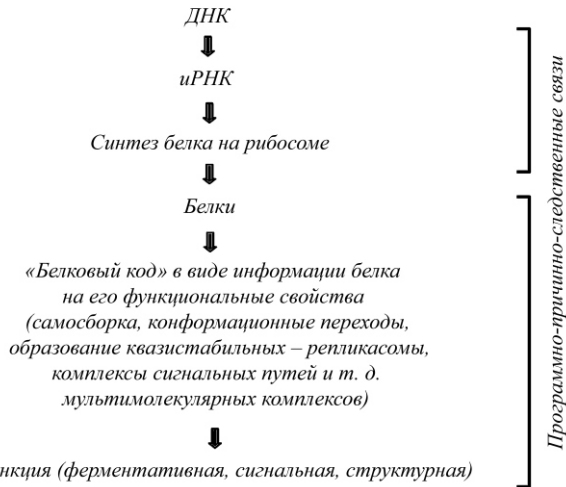


Рис. 7. События в живом развиваются по цепочке программно-причинно-следственных связей. И эта цепочка может разрываться – после переписывания информации молекулярным инструментарием (программное звено цепи). Материализованная таким образом информация начинает автономное функционирование

зей. Это – базовая аксиома, на которой строится все: и теория, и практика, и повседневная жизнь. Но для живого причинно-следственные связи являются только частью реальности. Ибо начало ее – в программе, информации на все «само-». И для живого полной реальностью бытия является программно-причинно-следственные связи. И в клетке это раздельно. Информация на «само-» (т. е. жизнь как явление) – это начало, первое звено полной цепи, последовательности событий, т. е. – это «программно-». А реализация такой программы (следующее событие после «программно-») обеспечивается обслуживающими молекулярными инструментами (РНК, белки, образованные белками «вторичные метаболиты», макроэрги, сигнальные молекулы и т. д.). Такой инструментарий является реализацией информации в соответствующие (этой информации) материальные тела с требуемыми (для обслуживания информации и совместимые с ней) «свойствами», т. е. «-причинно-», и далее уже по привычной для нас последовательности событий «-следственной» связи.

Вот такая она, полная последовательность происходящего для жизни: «программно-причинно-следственная» связь (рис. 7). А дальше, после

«информационно-», все последующие процессы и события идут уже в объектах с непереписываемой информацией по строгому пути «причинно-следственному». Это уже – «самосборки» во всем их масштабе, от внутренне-точечных до Галактических. Так клетка содержит, использует и делит переписываемую информацию на «само-», «программно-» реализуя ее в системе обслуживания, т. е. «проявления» жизни («-причинно-следственные»), все варианты самосборки и свойства такого «само-собираемого».

Только (и именно) в силу такого разделения последовательности событий информация на «само-» – наша (и всего живого) наследственность («программно-») может быть отделена от нас (и всего живого) как реализации программы, ее «проявления», обеспечиваемого инструментарием обслуживания («-причинно-следственным»). И только потому, что человек находится внутри замкнутой информационной, единой, унифицируемой и конвертируемой системы живого (Биосферы), являясь ее частью, он и смог понять программу живого – наследственность. Любая информация может быть только замкнутой самой в себе вследствие того, что она функционирует (и вообще существует как информация) в совместимой с ней системе обслуживания. И для всего, что вне этого, – информации нет! Есть только различные материальные тела, обладающие разными свойствами.

«Вторая информация» не способна к переписыванию, но именно она обуславливает свойства ее носителей. «Первая информация» существует (или известна нам) только в уникальных вариантах («наша» жизнь, Разум). Зато вторая – лежит в основе всех процессов и явлений, определяя «свойства». Свойства – это нечто «бесконечное», учитывая разнообразие материальных объектов (от элементарных частиц до Галактик со всем их содержимым). Одним из ее универсальных проявлений является способность материальных тел взаимодействовать между собой (в соответствии с их «свойствами»). И не «вообще» взаимодействовать, а конкретно, в строгом соответствии со свойствами всех взаимодействующих компонентов, организующихся благодаря этому в нечто более сложное. В общем виде такой процесс носит название «самосборка». Фун-

даментальное значение она, самосборка, имеет и для «нашей» белково-нуклеиновой жизни (при изучении которой и было введено понятие «самосборка», вначале только применительно к кругу представлений о живом). Если теперь выйти на основополагающие процессы, то очень четко видны две их составляющие. Первая – это те, которые реализуются за счет переписываемой информации (в случае жизни – это информация на «само-»). Вторая – это процессы на основе информации, реализуемой в свойства (в случае жизни – всего того, что обслуживает информацию на «само-»). Это все системы «проявления» жизни в их «натуральном» виде. Только вот если информация на «само-» – нечто «как явление» уникальное, то самосборка в живом – это лишь ничтожное частное проявление всеобщего процесса самоорганизации материи, которое, в общем виде, и есть «самосборка».

И если теперь посмотреть на «нашу» Земную, белково-нуклеиновую форму жизни с этих позиций, то она оказывается трехуровнево-закрытой системой. Три уровня закрытости («самоизоляции») жизни в открытых системах можно представить в следующем виде:

I. Информация на «само-», т. е. информация на создание, состав, последующие «свойства» систем обслуживания этой информации.

II. Система «само-»: молекулярный инструментарий, совместимый с носителем информации на «само-» и обеспечивающий ее обслуживание – все «проявления» жизни.

III. Динамичная, объемно-организованная, трехмерная, селективная самоизоляция части пространства, в которой происходит обслуживание информации на «само-» и находится как сама эта информация, так и молекулярный инструментарий, выполняющий указанное обслуживание.

Первый, основополагающий, базовый и т. д. уровень – это суть жизни как явления – переписываемая на другие носители информация на «само-». Информация обо всех системах ее обслуживания (которыми только информация и реализуется). Вторым уровнем закрытости является уже реализованная и функционирующая система обслуживания информации (функционирование которой и есть «проявление жизни», т. е. всего того, что мы

обычно и понимаем как жизнь). Система обслуживания информации по всем своим показателям может обеспечивать только «свою» информацию, для любой чужой она чужая. И даже не просто «чужая», а вообще не информация! Но функционировать системам обслуживания информации приходится в сложных условиях окружения – «внешней среде». Для жизни она крайне противоречива. С одной стороны, она необходима для черпания материи и энергии. И одновременно, с другой, – окружающая среда, абсолютно чуждая для закрытой системы, является для нее враждебным, разрушающим, разъедающим и т. д. «внешним миром». В таких условиях система обслуживания (по крайней мере, «нашей» формы жизни) может функционировать, только отгородившись от «окружающей среды» надежным (и одновременно пропускающим в обе стороны «то, что нужно») барьером. Таким барьером является мембрана. А происходит все в пространственно закрытой системе, именуемой «клетка».

Клетки (особенно в многоклеточном организме) могут быть соединены разнообразными каналами (и соединены ими, как правило, «на самом деле»). Это десмосомы, плазмодесмы, пили и т. д. Но и сами каналы на участках между клетками тоже отгорожены от окружающей среды мембранами. Система обслуживания и реализации информации на «само-» для каждой единицы «само-» изолирована. Иначе она функционировать как сложная многокаскадная, многоуровневая система не может. Каждая такая система индивидуализирована за счет отгораживания мембраной. И это – третий уровень закрытости. А для самосборки, при которой все «самособираемо» из ближайшего окружения, мембрана чаще всего (хотя далеко и не всегда) не нужна, она во многих случаях будет только мешать. Хотя все «самособираемое» тоже индивидуализировано. И это – одно из фундаментальных свойств самосборки. Самособирается не все, что угодно, и не как угодно, а только то, что может взаимодействовать достаточно специфически, прочно и одновременно динамично. Но индивидуализация при самосборке идет за счет совершенно иного принципа – не мембранной изоляции, а изоляции фазовой. При самосборке образуется иная, чем

«окружающая среда», фаза. Даже в простейшем варианте – рост кристаллов идет (из пересыщенных растворов, при высыхании, изменении температуры и т. д.) за счет появления и «роста» уже индивидуализированных (новые кристаллы) объектов иной (в данном случае твердой) по отношению к той, из которой они образуются, фазы (жидкости). Процессы взаимодействия с внешней средой для систем, в которых это осуществляется через мембраны и системы самосборки на основе разных фаз, качественно различаются. Мембрана сама с внешней средой фазово (по критерию самосборки) не взаимодействует. Ее взаимодействие идет по критерию селективного пропускания/непропускания. А все самосборки (и вообще все процессы внутри мембраны) проходят уже на основе только того, что мембрана пропустила. Самосборка в открытых системах идет на основе фазовой индивидуализации «самособирающегося» и осуществляется на границе фаз в местах их соприкосновения при каких-то условиях «фазовой совместимости» в этих местах. И выборка материала, необходимого для самосборки, самосборной мультипликации, идет только в этих участках. А далее, уже в составе такой изолированной от внешнего окружения фазы могут идти внутренние перестройки фазы. И, как показывает реальность «нашей» жизни, в которой самосборка реализуется как обязательное условие (появление систем обслуживания своей информации на «само-», т. е. на эти системы), сложность самосборки может быть любой. А сами «самособираемые» структуры – это вообще вся реализация, все формы проявлений «нашей» жизни. Если обобщить все это, то самосборка может самособрать на основе взаимосовместимости все, что угодно. Критичным для нее является только поступление конкретного материала – того, из чего надо «собирать», т. е. того, что взаимосовместимо.

Такое фундаментальное отличие информации и самосборки очень четко прослеживается в живом (на уровне его «последнего неделимого» – клетки). В живом информация на «само-» и реализация информации в самособираемые структуры пространственно и функционально разделены (рис. 8). А для того чтобы все не закончилось «затовариванием», образованием каких-то (какой-то) структур, запол-

нивших все пространство (в котором может идти «самосборка»), необходима еще и динамика – непрерывная (или циклическая) последовательность событий и процессов, приводящих к разрушению «собранного» и воссозданию условий для новой «самосборки». В «нашей» жизни это все обеспечивает клетка и за счет создания того, что надо «собирать», и за счет его деградации, и за счет условий для нового воссоздания. И все это – в абсолютно изолированной, с трехуровнево обусловленной надежностью закрытой системе.

Подытожим теперь проанализированные выше особенности жизни в максимально-компактном виде.

Жизнь едина в своей основе (белково-нуклеиновой). Она унифицирована и взаимоконвертируема (на молекулярном уровне) в масштабах всей своей совокупности – Биосфере.

Жизнь является закрытой в самой себе системой при том, что существует она в открытом окружающем мире.

По своей сути жизнь является информацией «на само-», записанной на носителе, совместимом с тем, что реализуется согласно этой информации. Она, жизнь, может существовать в двух состояниях: 1. Как таковая, как информация на «само-» без каких бы то ни было проявлений, без реализации этой информации. И тогда для всего мира она как информация не существует, а выступает как предмет, вещество, тело носителя, на котором она записана. В соответствии с этим, не проявляясь как информация, она пассивно «сопроявляется» только в виде свойств своего носителя. 2. Как проявление жизни в виде реализации информации на «само-». Такое осуществляется материализацией информации на «само-» вследствие ее переписывания на другие носители в молекулярный инструментарий обслуживания этой информации и обеспечения существования всей системы (информации и молекулярного инструментария) в окружающей среде (внешнем мире).

Жизнь функционирует по принципу программно-причинно-следственных связей. На участках событий «программно-» и «-причинно-следственных» они, участки, могут взаимодействовать как единая цепь событий, а могут быть разнесены в

*Разделенность информации и самосборки
информация на «само» и реализаторы «само» (информация «на свойства»)*

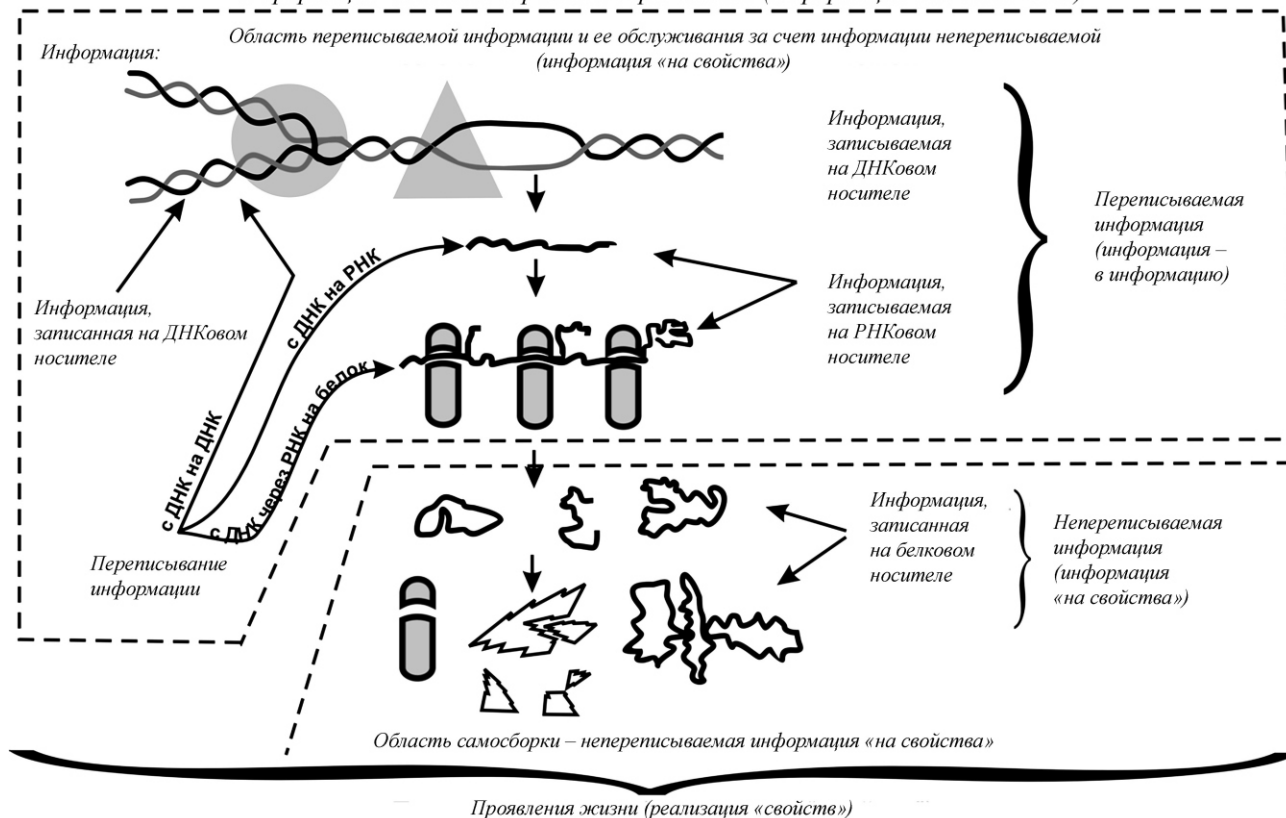


Рис. 8. В живом два фундаментальных состояния – информация на «само-» и инструментарий, обеспечивающий это «само-», пространственно разделены. И два фундаментальных процесса – информация и самосборка могут функционировать независимо пространственно и во времени. Так, при образовании эритроцитов человека, сначала идет мультипликация информации, затем информация переписывается на иные носители – белки, которые начинают функционировать не только независимо от информации, их производимой, но и уничтожают ее, выбрасывая из клетки. Это выполняют сократительные белки, информация о которых была в вытолкнутом за пределы клетки ядре. И дальше, в течение 120 сут такие безъядерные образования – наши эритроциты, успешно функционируют, обеспечивая газообмен в организме

пространстве и времени. При независимой реализации этих участков (звеньев) цепь разрывается и реализуется независимо – каждая «сама в себе». «Программно-» – как реализация информации на «само-» автономно в свою мультипликацию (самокопирование). А «-причинно-следственные» – как совокупность свойств реализованного, согласно программе, ее материализации в молекулярный инструментарий (и ставшего после этого от нее независимым). Того набора макромолекул, которые способны осуществлять весь комплекс проявлений жизни на основе своих, теперь уже не подконтрольных информации, внутренних свойств, собственных возможностей, обусловленных самосборкой.

Вот такая она, наша Земная форма жизни. Единственная известная нам и, вполне возможно, как та-

ковая, как особая форма существования и реализации информации на «само-», специфическая для Земли с ее планетарной эволюцией, единственная и более нигде во Вселенной неповторенная. Но с позиции общего бытия всего сущего, при всей ее, нашей жизни, особенности и неповторимости (неповторенности) она не более чем частный (и, возможно, планетарно-локальный) случай этого самого общего бытия всего сущего, основанного на самосборке. И возникает очень даже конкретный, предметный, практически важный вопрос: а какие же еще «организационно-организованные», т. е. способные за счет самосборки какое-то время динамически (создаваться/воссоздаваться и деградировать со взаимосогласованной скоростью) реализовываться, формы сущего имеют место в его бытии? И,

возможно, не только «вообще», где-то «там», а и на нашей родной планете такие формы существуют, но мы их из-за замкнутости живого самого в себе «в упор не видим».

А начать следует с особенностей существования, поведения микробиоты в реальном пространстве и времени – архитектуры микроценозов.

V. A. Kordium, E. V. Moshynets

Biopolymers and cells on the level of microbial architecture.

2. Parallel life, parallel but not life, nonparallel and not life, but what? What is life?

Summary

A question concerning theoretical limits of what we call life has been raised since the discovery of cell-like bodies of 0.1–0.01 μm size. In connection with that, a conception of life and possibility of its applicability for different spatially localized objects in nature are analyzed.

Keywords: consensus of cell, evolutionary mechanisms, auto-assembly, matrix synthesis.

V. A. Кордюм, О. В. Мошинець

Біополімери і клітини у вимірі архітектури мікроценозів.

2. Паралельне життя; паралельне, але не життя; і непаралельне, і не життя, а що? Що є життя?

Резюме

Виявлення утворень, морфологічно подібних до клітин мікроорганізмів, розміри яких становлять від десятих до сотих мікрометра, поставило питання про теоретичні межі того, що можна назвати живим. У зв'язку з цим аналізується уявлення про життя та можливості його застосування до різних ідентифікованих у природі просторово локалізованих об'єктів.

Ключові слова: консенсус клітини, механізми еволюції, самозбирання, матричний синтез.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nakabachi A., Yamashita A., Toh H., Ishikawa H., Dunbar H., Moran N., Hattori M. The 160-kilobase genome of the bacterial endosymbiont carsonella // *Science*.–2006.–**314**, N 5797.–P. 267.
2. Musatovova O., Dhandayuthapani S., Baseman J. Transcriptional heat shock response in the smallest known self-replicating cell, mycoplasma genitalium // *J. Bacteriol.*–2006.–**188**, N 8.–P. 2845–2855.
3. Rutten M. The origin of life.–Moscow: Mir, 1973.–411 p.
4. Pareto J. Controversies on the origin of life // *Int. Microbiol.*–2005.–N 8 (1).–P. 23–31.

5. Gobstain K. The life strategy.–Moscow: Mir, 1968.–118 p.
6. Schwarzer D., Finking R., Marahiel M. Nonribosomal peptides: from genes to products // *Nat. Prod. Repts.*–2003.–**20**, N 3.–P. 275–287.
7. Drake J. W., Charlesworth B., Charlesworth D., Crow J. F. Rates of spontaneous mutation // *Genetics*.–1998.–**148**.–P. 1667–1686.
8. Tago Y., Imai M., Ihara M., Atofujii H., Nagata Y., Yamamoto K. *Escherichia coli* mutator Delta polA is defective in base mismatch correction: The nature of *in vivo* DNA replication errors // *J. Mol. Biol.*–2005.–**351**.–P. 299–308.
9. Marais G., Calteau F., Tenailon O. Mutation rate and genome reduction in endosymbiotic and free-living bacteria // *Genetica*.–2008.–**134**, N 2.–P. 205–210.
10. Sikorski R., Michaud W., Levin H., Boeke J., Hieter P. Transkingdom promiscuity // *Nature*.–1990.–**345**, N 6276.–P. 581–582.
11. Vogel J., Andrews H., Wong S. K., Isberg R. Conjugative transfer by the virulence system of *Legionella pneumophila* // *Science*.–1998.–**279**, N 6.–P. 873–876
12. Thomas C., Nielsen K. Mechanisms of, and barriers to, horizontal gene transfer between bacteria // *Nat. Rev. Microbiol.*–2005.–N 3.–P. 711–721.
13. Heuer H., Smalla K. Horizontal gene transfer between bacteria // *Environ. Biosafety Res.*–2007.–**6**, N 1–2.–P. 3–13.
14. Kordium V. About the conception «Viruses» and its place in the biosphere // *Biopolymers and Cell*.–2000.–**16**, N 2.–P. 87–98.
15. Kordium V. Our «shagreen leather» is our problem. We have to solve it. 4. The shagreen which is making our skin shagreen // *Biopolymers and Cell*.–2004.–**24**, N 4.–P. 264–289.
16. Kordium V. Our «shagreen leather» is our problem. We have to solve it. 5. Precursor // *Biopolymers and Cell*.–2005.–**21**, N 3.–P. 230–249.
17. Gutowski J., Judith I., Weksler M., Cohen S. Impaired nuclear responsiveness of cytoplasmic signals in lymphocytes from elderly humans with depressed proliferative response // *J. Clin. Invest.*–1986.–**78**, N 1.–P. 40–43.
18. Fox H., Togni P., McMahon G., Levy S., Roinson J., Karnovsky M., Babior B. Fate of the DNA in plasmid-containing *Escherichia coli* minicells ingested by human neutrophils // *Blood*.–1987.–**69**, N 5.–P. 1394–1400.
19. You S., Padmanabhan R. A novel *in vitro* replication system for dengue virus. Initiation of RNA synthesis at the 3'-end of exogenous viral RNA templates requires 5'- and 3'-terminal complementary sequence motifs of the viral DNA // *J. Biol. Chem.*–1999.–**274**, N 47.–P. 33714–33722.
20. Ball P. Genome stitched together by hand // *Nature*.–2008.–**451**, N 24.–P. 378.

УДК 579.245

Надійшла до редакції 30.03.09