

© Захидов С.Т., 2010
УДК 575(045)

Генетика в контексте атомистики и синергетики



ЗАХИДОВ
Сабир Тишаевич*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Биологический факультет,*

Лаборатория клеточной биологии старения и развития

*Ведущий научный сотрудник,
профессор, докт. биол. наук*

Об авторе

Захидов Сабир Тишаевич является учеником выдающихся советских генетиков – профессора М.Е. Лобашева, академиков Б.Л. Астаурова и В.А. Струнникова. На протяжении последних 35 лет С.Т. Захидов занимается проблемами биологии развития, теоретического и экспериментального мутагенеза, обладает большим опытом работы в области генетической и репродуктивной токсикологии. В настоящее время научные интересы учёного сосредоточены также на теории хаоса и самоорганизации биологических систем, экспериментальной нанотоксикологии.

С.Т. Захидов – автор более 100 научных работ, член Научного совета РАН по биологии развития, член Диссертационного совета Российского университета Дружбы народов.

Статья посвящена 110-летию со дня рождения генетики и мутационной теории. Автор анализирует некоторые вопросы классической генетики с позиции теоретической атомистики и современной синергетической концепции. В статье впервые представлен ряд основных положений рапопортовской теории генетического строения и, в частности, дана основополагающая и уникальная характеристика квантовой организации материи. Показана фундаментальная роль мутаций в процессах самоорганизации и эволюции сложных генетических и биологических систем.

Ключевые слова:

генетика, атомистика, синергетика, атомы, гены, мутации, хаос, самоорганизация.

The article is devoted to 110th anniversary of genetics and the mutation theory. The author analyzes some issues of the fundamental genetics from the position of theoretic atomism and the modern concept of synergetics. A range of the basic aspects of the Rapoport's theory of the genetic structure and, in particular, a fundamental role of mutations in processes of self-organization and evolution of complicated genetic and biological systems has been shown.

Key words:

genetics, atomistics, atoms, gene, mutations, chaos, self-organization.

* Контакты: 119991, г. Москва. Ленинские горы, 1, строение 12. Биологический факультет МГУ, e-mail: stz49@mail.ru

Всякий раз бывает приятно по-новому взглянуть на старые вещи.

Р. Фейнман

Коротко об атомистике

Атомистика как естественнонаучное и философское учение о дискретном, зернистом строении материи, её ступенчатой организации, уходит глубокими корнями во времена Древнего Востока и Древней Греции. Именно здесь в конце V века до н.э. впервые сложились представления об атомном, прерывистом строении вещества, допускалась мысль о существовании мельчайших, неделимых частиц, столкновение которых в пустоте порождает вихрь, дающий начало мирозданию. Атомистами были Фалес, Гераклит, Анаксагор, Эмпедокл, Левкипп и, наконец, учёный-энциклопедист и философ-материалист, «размышлявший обо всём», Демокрит. Представители древнегреческой философии, по образному выражению Герцена, не шутили с атомами.

Они видели бытие в каждой точке, атомы для них были мыслью, истиной. Однако прежде чем превратиться из простой, но гениальной догадки античных греков в настоящую научную теорию, верно отражающую объективную реальность, атомистике пришлось пройти путь длиною в 25 веков.

14 декабря 1900 года действительный член Берлинской академии наук Макс Планк выступил на заседании физического общества с докладом, в котором высказал идею о том, что процессы поглощения и излучения электромагнитной, лучистой энергии отдельным резонатором (атомом или молекулой) протекают не непрерывно, а целыми дискретными, крайне малой величины, порциями. Впоследствии они были названы квантами. Другими словами, энергия подобно материи состоит из частиц, и энергия этих частиц имеет разную величину.

«Я либо сделал открытие первого ранга, сравнимое с открытиями Ньютона, либо сильно ошибся», – говорил Планк своему сыну. О том, что великий квантовый физик сомневался в собственном открытии, свидетельствует его выступление в 1911 году на I Сольвеевском конгрессе по физике, в котором он полностью признал главенство максвелловой электродинамики и исключил возможность существования световых квантов, хотя уже знал из экспериментов Эйнштейна, Штарка и Комптона, что свет обладает корпускулярными свойствами.

Только после того как Нильс Бор, положив в основу модели атома квантовую теорию, постулировал, что излучение и поглощение квантов света происходит только при скачкообразном переходе электрона с одной дозволенной орбиты на другую, Планк признал, что природа делает скачки, и довольно странные.



Рис. 1. Древние греки

Короче говоря, на рубеже XIX и XX столетий физика, перехватившая знамя атомистики у химии, считавшей атом мельчайшей частицей химического элемента, неделимой в химических процессах, отвергает экспериментальным путём положение о неделимости атома, доказывает, что атом – это сложная квантово-механическая система, разрушаемая и превращаемая. Она открывает новые дискретные формы физической материи: электрон, протон и нейтрон (позже позитрон и нейтрино), рентгеновские кванты, явления радиоактивности, двойственной природы света и вещества, аннигиляции, атомной структуры света и кристаллов, фотоэффекта, разрабатывает количественную теорию броуновского движения.

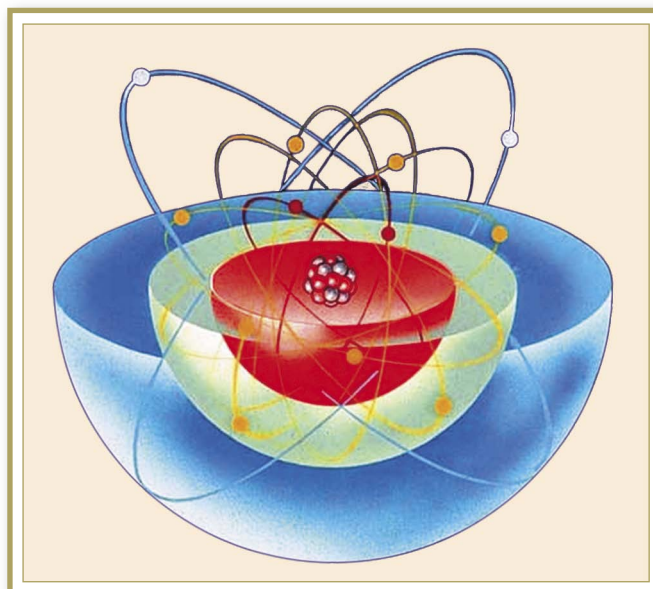


Рис. 2. Анатомия атома

Всеми этими открытиями физика продемонстрировала, что материя имеет зернистое строение, что она многообразна и неисчерпаема, и физическая прерывность – «начало всех начал». Современная атомная теория покоится на принципиальных обобщениях квантовой физики, на законах, действующих в области микромира.

И в последние годы физика продолжает концентрировать свои основные силы в области исследований свойств и структуры неживой микроматерии, теперь уже на уровне атомных ядер, физики высоких энергий.

Атомистика в генетике

1900 год – официальная дата рождения генетики как науки о дискретной наследственности и изменчивости. Весной этого года три европейских учёных – Гуго де Фриз, К. Корренс и Э. Чермак – независимо друг от друга открыли, соответственно, на маке, кукурузе и горохе закон расщепления гибридов. Через год к ним присоединился известный английский генетик В. Бэтсон, установивший природу прерывности на курах.

Однако результаты исследований этих учёных оказались, как говорится, всего лишь ярким эпизодом к вторичному открытию старой забытой работы австрийского монаха Грегора Менделя «Опыты над растительными гибридами», опубликованной в 1865 году в малоизвестном журнале Общества естествоиспытателей города Брно. В этой работе Грегор Мендель, ис-



Рис. 3. Грегор Мендель (1822–1886)

Атомистика как естественнонаучное и философское учение о дискретном, зернистом строении материи, её ступенчатой организации, уходит глубокими корнями во времена Древнего Востока и Древней Греции.

пользуя для своих опытов разновидность обычного садового гороха, впервые представил важнейшие закономерности наследования признаков. Он показал, что признаки (точнее говоря, факторы, их детерминирующие) наследуются отдельно, они не исчезают, не изменяются и не ступеньваются в поколениях, а сохраняются. При этом в потомстве гибридов I поколения доминантные и рецессивные признаки расщепляются в определённом количественном соотношении.

Так, при моногибридном скрещивании гибриды второго поколения расщепляются по фенотипу в отношении 3:1; при дигибридном и тригибридном скрещиваниях, соответственно, 9:3:3:1 и 27:9:9:9:3:3:3:1. В этом плане менделевские расщепления по своему значению в истории генетики без преувеличения занимают место теории кратных отношений Дальтона в химии [21].

Секрет успеха Менделя в открытии законов дискретной наследственности состоял в том, что, в отличие от других ботаников-гибридизаторов, его современников О. Сожрэ, Т. Найта, Дж. Госса, Ш. Нодэна, не отходивших от принципа слитной, смешанной наследственности, оперировавших в работах по отдалённой гибридизации сразу множеством признаков и не применявших статистических подходов при гибридологическом анализе, Грегор Мендель, будучи по образованию математиком и физиком, упростил схему своих экспериментов. Он использовал метод внутривидовой гибридизации и классические статистические методы, и в каждом случае имел дело только с одной деталью, с одной парой резко контрастирующих признаков одного порядка.

Таким образом, разрешая проблему по частям и встав на принцип дискретной детерминации признаков, Мендель стал первым квантовым биологом, открывшим, что явление (субстрат) наследственности имеет прерывистый характер и что носителями дискретности являются некие факторы, задатки (в современной интерпретации – гены). Он увидел закономерность и порядок там, где другие видели хаос.

Итак, менделизм открыл, что органическая наследственная материя состоит из отдельных функционально неделимых частей, генов. Надо сказать, что Гуго де Фриз одним из первых принял идею атомиз-

ма наследственного вещества, считая, что оно состоит из независимых единиц – пангенов, которые в процессе эмбриогенеза переходят в цитоплазму, становясь активными.

Всё последующее развитие генетической теории, связанное с открытием явлений множественного аллелизма (генной изотопии), немых генов, интронно-экзонной организации генной структуры, механизма образования мутаций подтвердило квантовую сущность генетического субстрата, показало, что всё многообразие биологического мира осуществляется дискретными генными единицами, их сочетаниями и изменениями.

Кроме того, генетическая прерывность включает способность к аутокатализу, гетеросинтезу, хромосомному внутригенному перекресту, случайному и внезапному становлению мутаций; дискретны крупномасштабные события амфи- и автоплоидии, дискретны митоз и мейоз, образование различных типов хромосомных перестроек [22]. Созданию современных представлений о дискретном строении наследственного вещества сильно содействовали мутационные и молекулярно-биологические исследования.

В 1900–1901 гг. вышла в свет другая, не менее значительная работа Гуго де Фриза «Мутационная теория», в которой впервые было произнесено слово «мутация» и сказано, что наследственные изменения происходят в результате случайных, прерывистых, скачкообразных перемен в генетическом материале. С тех пор понятия «скачок» и «мутация», «скачкообразность» и «мутационность» рассматриваются генетиками как понятия-синонимы.

Э. Шредингер, чей вклад в науку в XX столетии С.И. Вавилов сравнивал с заслугами И. Ньютона, в своей знаменитой книжке «Что такое жизнь? С точки зрения физики» писал, что факт прерывистости, означающий в данном случае отсутствие между неизменными особями и немногими изменёнными особями промежуточных форм, напоминает физику квантовую теорию, в которой есть положение о том, что между двумя соседними энергетическими уровнями нет промежуточных ступеней, что механизм

Последующее развитие генетической теории подтвердило квантовую сущность генетического субстрата, показало, что всё многообразие биологического мира осуществляется дискретными генными единицами, их сочетаниями и изменениями.



Рис. 4. Гуго де Фриз (1848–1935)

наследственности тесно связан с квантовой теорией, и даже опирается на неё.

Во многих случаях качественные, скачкообразные изменения генов происходят благодаря количественным изменениям в наследственных структурах; протекающие при этом мутагенные реакции по своему характеру очень сильно напоминают явления, наблюдаемые в физическом квантовом мире, например, ядерные реакции, процессы радиоактивного распада и т.д.

Итак, 1900 год ознаменовался рождением двух великих теорий – квантовой и генной, утвердивших реальность атома и гена. Обе теории сыграли революционную роль в теоретическом развитии атомистики, установили две фундаментальные черты материального мира – дискретность и скачкообразность.

Дискретная (квантовая) природа генетического мира. Теория Рапопорта

В генетическом атомизме, как и в других природных атомизмах, воплощена классическая иерархия дискретных, дробных единиц, квантованных частей материи, её разнообразие и история. Генетическая формация, складывающаяся из ряда качественно разных субатомизмов, «ничего не оставляет в себе и своих функциях от химических предшественников, в частности, от ДНК, представляющей собой догенетическую молекулярную

непрерывность, которая коренным образом преобразуется в генетические дискретные формы».

Здесь для основательной характеристики квантовой организации наследственной материи лучше всего предоставить в полном объёме слово самому автору современной теории генетической дискретности И.А. Рапопорту. Итак:

Нуклеотиды – первичный атомизм, элементарные представители наследственной материи, мономерные единицы изоморфного топологического измерения, участвующие в аутокатализе; генетические кварки, поскольку не связаны с каким-либо более простым генетическим уровнем. Иначе говоря, ниже их нет других генетических тел.

Нуклеотидная структура составлена тремя компонентами: гетероциклическим азотистым основанием, дезоксирибозой (или рибозой) и остатком, в центре которого стоит один из факультативных атомов-органогенов – фосфор. Взятые в отдельности, все три части нуклеотида имеют химическую природу и только объединяясь, после контакта с каталитической матрицей уже представляют генетическое строение. Нуклеотиды формируются в клетке с помощью сосредоточенного в протоплазме мощного разветвлённого каталитического ферментативного аппарата.

Когда они сходят с ферментативного «конвейера» и находятся ещё вне генетического поля, в них господствует химическое строение, и они находятся в беспорядочном движении. Свободные нуклеотидные «болванки» начинают своё восхождение к генетическому состоянию с химического уровня под влиянием парных им матричных нуклеотидов, создающих генное поле. Химические и генетические нуклеотиды по химическому составу тождественны, а по структурной организации различны. Взаимодействие между нуклеотидами (мономерами) в молекуле ДНК совершенно не похоже на взаимодействие их в хромосоме.

Против каждого генетического нуклеотида (а матричные нуклеотиды, как известно, объединены ва-

Нуклеотиды — первичный атомизм, элементарные представители наследственной материи, мономерные единицы изоморфного топологического измерения, участвующие в аутокатализе; генетические кварки, поскольку не связаны с каким-либо более простым генетическим уровнем. Иначе говоря, ниже их нет других генетических тел.

1900 год ознаменовался рождением двух великих теорий — квантовой и генной, утвердивших реальность атома и гена. Обе теории сыграли революционную роль в теоретическом развитии атомистики, установили две фундаментальные черты материального мира — дискретность и скачкообразность.

лентными связями, в них дано иное отношение к химическим атомам, радикалам и валентным связям, чем в молекулах, между ними нет негенетических областей) устанавливается свободный нуклеотид, а против аминокислоты такая же свободная аминокислота. Этот вид дискретности в химии отсутствует.

Химический нуклеотид переходит в генетическое состояние после контакта с матричным нуклеотидом, а химическая аминокислота – с генетическим триплетом (у эукариотов). Лишь 20 аминокислот способны включаться в нуклеопротеиновую структуру. Распределение свободных нуклеотидов и триплетов вне генетического поля не ведёт к формированию генной структуры, так как они не располагают статистической неразличимостью и поэтому не могут построить адекватную матрицу. В аутокатализе и гетеросинтезе представляются нуклеотиды, а не триплеты.

Генетические нуклеотиды – единственный атомизм, успешно взаимодействующий, например, с химическими нуклеотидами в пределах хромосомы в аутокатализе, но если генетический нуклеотид вырван из хромосомы, он сразу погибает в протоплазматической среде, переходя в химическое состояние. Подобно тому, как электроны не меняют своё основное состояние, будучи свободными или находясь внутри атомов, поскольку есть энергетические уровни, позволяющие свободному электрону занять место на атомной орбите, химические нуклеотиды занимают своё место в генах во время аутокатализа, испытывая дискретные превращения (в частности, резкое падение энтропии), вводящие их в систему полиатомизма.

Помимо четырёх нуклеотидов в химической номенклатуре известны ещё десятки других образцов строения нуклеотидов, многие из них не способны переходить в генетическое состояние. Лишь немногие нуклеотиданалоги могут включаться в гены, но почти только у прокариотов они действуют далее как своеобразные мутагены. Нуклеотиданалоги соперничают с «модальными» нуклеотидами только при условии их повышенной концентрации.

Триплеты. Триплетный уровень – второй генетический слой, он не является простой механической

суммой трёх нуклеотидов, а есть самостоятельный результат их интеграции. Это – новая самостоятельная генетическая целостность. Триплеты – основные дискретные элементы генного строения, занимают в нём положение своего рода элементарных частиц. Другими словами, в конъюгированных триплетях содержится стройная интегральная композиция из трёх «моноклеотидных кварков» и одной аминокислоты.

Триплеты интегрируются во что-то заведомо нехимическое и надхимическое. В интегрированном виде это «что-то» уже не может изучаться химическими методами, применяемыми к молекулярным телам. Количество нуклеотидных единиц, занимающих положение субатомов и входящих в триплетный блок, строго сохраняется, а закономерности чередования триплетов в генах дают более широкий выбор чередования.

Три класса генного строения – рибонуклеиновый, дезоксирибонуклеиновый и дезоксирибонуклеопротеиновый имеют один и тот же численный набор триплетов – 64 единицы (4^3). Число составляющих гены триплетов колеблется от гена к гену. Чередование триплетов определяет индивидуальность генной структуры. Триплеты – эквиваленты конъюгации с аминокислотами в нуклеопротеиновых генах и дублирования аминокислот с информационной рибонуклеиновой матрицы.

Нормировка триплетных форм в генетическом строении связана с принципом, который перекликается с микрофизическим запретом Паули (высшим законом строения атома, запрещающим наличие в атоме двух фермионовых частиц, которые не различаются хотя бы по одному квантовому числу), и, значит, запрет тождества соседних триплетов в гене здесь сравнивает внутригенные триплеты с элементарными частицами, например, с электроном в составе химического элемента.

Использование в генетике принципа исключения идентичного соседства есть черта квантового уровня этой упорядоченной топологии. Мы допускаем даже, что расположенные рядом неодинаковые конъюгиро-

Триплетный уровень – второй генетический слой, он не является простой механической суммой трёх нуклеотидов, а есть самостоятельный результат их интеграции. Это – новая самостоятельная генетическая целостность. Триплеты – основные дискретные элементы генного строения, занимают в нём положение своего рода элементарных частиц.

Химические и генетические нуклеотиды по химическому составу тождественны, а по структурной организации различны. Взаимодействие между нуклеотидами (мономерами) в молекуле ДНК совершенно не похоже на взаимодействие их в хромосоме.

ванные триплеты, кодирующие одинаковые аминокислоты, задают различные конфигурации лежащим рядом одинаковым по составу аминокислотам. Тогда и для аминокислот в конъюгированных нуклеопротеиновых генах также справедлив модифицированный для генетического строения критерий Паули.

Итак, в генах и хромосомах одинаковые триплеты могут встречаться с широко варьирующей частотой, но случаи идентичного недифференцированного соседства при этом исключены. То есть чередование триплетов внутри гена отмечено запретом повторения, которого нет в химических молекулах. Запрет тождественного триплетного соседства можно объяснить, скорее всего, тем, что в противном случае построенный на физико-химической основе генный блок теряет своё избранное положение и опускается до не располагающей стационарностью (атомизмом) молекулярной структуры.

Важная форма квантования воплощена непосредственно триплетами, и размещение их решает задачу устойчивости. Мутационный процесс очень строго выполняет эти требования, а если изредка не получается, возникают микронехватки. Крупные новые состояния возникают, когда внутриаомный триплет одного строения меняется на другой, и это сопровождается мелкими квантовыми переходами в оставшихся на местах соседних триплетях.

Эзоны-интроны*. Молекулярная генетика открыла, что генные структуры, кодирующие белки, имеют прерывистое, «разорванное» строение, состоящее из разных частей. Одни части сохраняются после транскрипции в зрелой молекуле информационной рибонуклеиновой кислоты (иРНК) и содержащаяся в них генетическая информация полностью используется в процессе трансляции; другие части вырезаются и удаляются из первичного транскрипта вскоре после его образования на каталитической матрице гена. Первые были названы экзонами, вторые – интронами. «Вырезание» второй половины гена, или

* В работах И.А. Рапопорта данная дискретная форма генетической организации не рассматривается. Мы восполняем этот пробел.

Гены — атомные единицы высшего порядка в сравнении с триплетами, с большим масштабом активности, критический набор единиц новой стихии, сложная совокупность передовых качеств повышенной упорядоченности, химической конъюгации (ДНК-белок), полиморфности.

так называемый эффект интронных потерь, называется сплайсингом.

После сплайсинга экзоны сшиваются в новом порядке. Только после этого иРНК выходит в протоплазматическую среду, где, соединяясь с рибосомной матрицей, участвует в синтезе белков и ферментов, необходимых для построения клеточных структур и обмена веществ. Интроны же не допускаются к участию в дальнейшем генетическом процессе на уровне трансляции. Существование интронов в генной структуре ставит генетиков в тупик.

Не ясно: интроны — это генетический энтропийный балласт либо нечто важное? Не исключено, что интроны являются своеобразным резервом, необходимым для перегруппировки триплетов экзонов в случае потери последними нуклеотидных единиц. Или интронные, некодирующие участки различной длины, обычно от 60 до 100 тыс. нуклеотидов (причём один ген может содержать до 50 интронов), расставленные между экзонами, упорядочивают и стабилизируют генную структуру, обеспечивая ей пластичность.

Возможно, интроны в клетке в состоянии действовать как самостоятельные генетические модули, участвуя в специфических синтетических процессах. Как бы там ни было, открытие экзон-интронной организации гена привело к обогащению генетического полиатомизма ещё одним уровнем дискретности.

Гены — атомные единицы высшего порядка в сравнении с триплетами, с большим масштабом активности, критический набор единиц новой стихии, сложная совокупность передовых качеств повышенной упорядоченности, химической конъюгации (ДНК-белок), полиморфности. С их объединением генетика отрывается от химии путём разрыва.

Генный уровень (структура) занимает собственную нишу в природе. Он возникает из обобщения триплетного, складывается в самостоятельный и совершенный топологический модуль, интегрирует составляющие его нуклеотиды и триплеты, редкие бинуклеотиды и мононуклеотиды, возникающие после мутаций вне триплетной структуры в нуклеопротеиновом гене, устанавливает известную энергетическую

неравноценность, основу аллеломорфной конституции, служит базисом для обобщения генного множества хромосомой. Число генов в хромосомах высших эукариотов в сотни раз превосходит генные наборы у ДНК и РНК прокариотов. Гены создают целое, способное к полному дублированию, с образованием новой устойчивой структуры, тогда как химические молекулы могут проявить лишь свойства катализа, всегда далёкого от аутокатализа в генетическом смысле.

Гены могут преобразовываться в ходе митоза, синтезировать ключевые нуклеиновые единицы (иРНК) для формирования ферментов, вступать во взаимодействия с формообразовательным аппаратом в онтогенетическом процессе, непосредственно с химическими субстратами будущего действия ферментов, со многими типами мутагенных агентов, с веществом, усиливающим репарационные процессы, со свободными нуклеотидами. А гены эукариотов ещё и со свободными аминокислотами при аутокатализе, с химическими рибонуклеотидами в гетеросинтезе, а также с некоторыми нуклеазами.

Способность генов повторять себя в потомстве через огромное количество поколений и в каждой генерации служить источником формирования специфических ферментов указывает на своеобразную броню, защищающую их от возмущений, при которых теряют стабильность и функционально деформируются химические и макрофизические тела. Монолитность генов позволяет их сравнивать с атомами. Гибель генов наступает тогда, когда подавляется их физико-химическая дискретность. Атомизм генов сопротивляется распаду как целое и погибает как целое, представляя собой неизвестные химии силы полного квантования полиатомных химических структур.

Гены открыты для мутагенного вмешательства в течение всего митоза и мейоза, хотя есть различия в чувствительности стадий. После мутации они в огромном большинстве случаев так же полноценны по структуре генетического атомизма, как и домутационные состояния. Гены в организме реагируют исключительно с ограниченным набором химических мутагенов, а нуклеиновые кислоты вступают во взаимодействие

Гибель генов наступает тогда, когда подавляется их физико-химическая дискретность. Атомизм генов сопротивляется распаду как целое и погибает как целое, представляя собой неизвестные химии силы полного квантования полиатомных химических структур.

Хромосома – самый массивный ярус генетического состояния. Она представляет собой сложный конъюгат, содержащий четыре нити (две ДНК и два белка) с почти одинаковой силой валентных связей и их непрерывным следованием. Значит, при хромосомной фрагментации разрыв валентности происходит сразу в четырёх нитях.

с сотнями видов молекул, совершенно лишённых мутагенной активности.

Генный аппарат обеспечивает наследственность, а также осуществляет огромную деятельность в процессе онтогенеза и обмена веществ, тогда как нуклеиновые кислоты этого делать не могут, они нигде не показали возможность наблюдать в эксперименте спонтанный переход в генетическую форму. В сравнении генов с химическими молекулами можно увидеть, что величина энтропии отдельного гена очень близка к нулевой. Нулевая энтропия всегда дана в генах, пока они существуют. Для химических молекул известная положительная энтропия является при 300 К обязательной фундаментальной характеристикой.

Явление генов – структурных, регуляторных, теломерных, центромерных, немых – подтверждает фундаментальную черту генетической материи – дискретность, не исчезающую при всех возможных её изменениях. Информация новых генов, возникающих из немых генов, служит обмену веществ и формообразованию, повышению иммунитета, образованию дополнительных ферментативных устройств, помогающих в защите генетического аппарата.

Хромосома – самый массивный ярус генетического состояния. Она представляет собой сложный конъюгат, содержащий четыре нити (две ДНК и два белка) с почти одинаковой силой валентных связей и их непрерывным следованием. Значит, при хромосомной фрагментации разрыв валентности происходит сразу в четырёх нитях. После мутации в хромосоме появляются два других одинаковых триплета и две другие одинаковые аминокислоты. Хромосомное состояние отмечено стационарностью, связностью, устойчивостью.

Хромосома, состоящая из двух хроматид, имеет консистентное состояние. При хромосомных перестройках, многие из которых отрицательно влияют на жизнеспособность и плодовитость, обе хроматиды ведут себя как одно тело (хотя реже встречаются хроматидные абберрации). Детальное сравнение обнаруживает перевес одинаковой перемены в обеих хроматидных нитях.

Начальное состояние – рибонуклеиновые хромосомы; более массивны по числу триплетов дезоксирибонуклеиновые хромосомы. Но между обоими нуклеиновыми классами есть некоторая интерференция. Впереди них стоят огромные дискретные коллективы конъюгированной нуклеопротеиновой генной структуры.

Хромосома имеет линейную топологию, сотканную из нуклеотидов, триплетов и генов, и не только потому, что линейными были химические белки и нуклеиновые кислоты, но и потому что это судьба генетического строения, разветвления вредили бы активности хромосомы. Линейный порядок хромосомной структуры есть универсальный закон, и даже характерная для нуклеиновых хромосом кольцевая форма в основных её свойствах относится к этой же категории.

Материал внутри кольцевой хромосомы построен так же строго одномерно, как в линейных хромосомах растений и животных, что делает невозможными разветвление и многомерность в пространственном положении эквивалентов генного вещества. Разграничительная линия проходит между кольцевыми хромосомами и двутеломерными хромосомами, т.к. первые характерны для рибо- и дезоксирибонуклеиновых, а вторые для нуклеопротеиновых генетических структур.

В то время как в составе хромосомы есть гены, триплеты, нуклеотиды, в химических нуклеиновых кислотах есть только нуклеотиды и триплеты. Эукариотическая хромосома, имея линейную форму, замкнута с двух концов теломерами. Она имеет и такое новообразование как центромеры, которые подразделяют хромосому на два плеча и к которым прикреплены нити веретена деления.

Линейность хромосомы сочетает огромную сложность и упорядоченность генетического состава со свободой стационарного движения внутри этой системы, структурную ажурность и далеко не заурядную непрерывность. Линейная геометрия позволяет хромосоме оперативно и полностью развернуть активную формирующую матрицу. Хромосома далека от химического полимера, как гены – от молекул:

Материал внутри кольцевой хромосомы построен так же строго одномерно, как в линейных хромосомах растений и животных, что делает невозможными разветвление и многомерность в пространственном положении эквивалентов генного вещества.

Геном — термодинамически избранная материя с нулевым уровнем энтропии, собственным законом термодинамики, вершина законченной генетической иерархии, хромосомное множество, самый сложный масштаб нуклеопротеиновой структуры.

- ✓ Химические полимеры отличаются высоким показателем энтропии, а хромосомы крайне близки к нулевой энтропии;
- ✓ Как правило, линейные химические полимеры построены из одного и того же, а реже — из 2–3 видов мономерных остатков, хромосомы же высокополимерны, т.к. состоят из 64 видов триплетов;
- ✓ Чередование полимеров в хромосоме повторяется с замечательной точностью от одного поколения к другому, за вычетом очень редких спонтанных мутаций. И даже в самых упорядоченных химических гетерополимерах не достигается постоянное расположение.

Хромосомный уровень имеет собственное определяющее значение в генетическом строении. Это гомологическая конъюгация, участие хромосом в цепном лавинообразном механизме аутокатализа, ведущего к созданию хромосомы-двойника, процессы склеивания хромосомных фрагментов, гомологичный перекрест.

Природа притяжения хромосомных фрагментов позволяет вновь возникшей хромосоме, составленной из различных хромосомных блоков, достигнуть стандарта целостности исходных хромосом. На генетическом уровне имеют право на существование различные виды хромосом, как состоящие из доминантных, так и рецессивных генов.

Хромосомная мутация — это структурное возмущение, приводящее к разрыву связности хромосомной нити. Подобно тому, как радикалы и молекулы стоят выше атома, так и гены и хромосомы, относящиеся к новой мощной материальной формации — генетической дискретности — стоят выше химической ДНК, которой в теле хромосомы не остается, поскольку она переходит в более высокое, привилегированное состояние.

ДНК — представитель химической номенклатуры, гены и хромосомы в последней отсутствуют. Молекуле ДНК чужды митоз и аутокатализ; при введении в клетку нуклеиновые кислоты подвергаются атакам нуклеаз и деградируют до отдельных нуклеотидов, в то время

как гены и хромосомы обеспечивают наследственность, онтогенез и обмен веществ. А нуклеиновые кислоты этого делать не умеют.

Геном — термодинамически избранная материя с нулевым уровнем энтропии, собственным законом термодинамики, вершина законченной генетической иерархии, хромосомное множество, самый сложный масштаб нуклеопротеиновой структуры. Геномный атомизм впервые выходит за пределы гомологического линейного взаимодействия и начинает квантовать набор негомологичных хромосом.

На долю генома выпадает создание условий, направляющих движение хромосом от метафазы к анафазе, постоянное взаимное пространственное размещение хромосом в метафазе и синхронность митотических изменений в разных хромосомах. Весь этот объём ответственных функций возникает на основе обобщения геномом хромосомного множества. Если нуклеотиды, триплеты, гены, хромосомы объединены линейным взаимодействием, то геном вводит межлинейное негомологичное, но с некоторой примесью гомологичного, взаимодействие.

Рамки статьи не позволяют мне представить в полном объёме все аспекты рапопортовской теории генетической дискретности. В особенности в той её части, где путём проекции микрогенетического строения на физическую, кварковую прерывность приводятся самые новые убедительные доказательства в пользу теории генетической атомистики.

Заинтересованного читателя я отсылаю к одной из последних теоретических работ И.А. Рапопорта «Генетическая дискретность и механизмы мутаций» (1991). Отмечу лишь, что анализ генетической структуры, глубокое проникновение в её атомную корпускулярную сущность И.А. Рапопорт проводил, в том числе, и на основе полученного им громадного экспериментального материала. Атомистическая генетика, созданная И.А. Рапопортом, призвана служить средством познания организации и функционирования генетического вещества, самой мощной и созидательной формации в структуре всеобщей материи.

Синергетика — новая наука, изучающая всё существующее во всей его сложности и единстве. Современная синергетика включает в себя идеи классической и неклассической (неравновесной) термодинамики, теорию хаоса и теорию катастроф (теорию бифуркаций).

Что такое синергетика?

*Синергетика** – новая живая наука, изучающая всё существующее во всей его сложности и единстве. Она зародилась в недрах математики и теоретической физики как область знаний о нелинейных явлениях. Современная синергетика включает в себя идеи классической и неклассической (неравновесной) термодинамики, теорию хаоса и теорию катастроф (теорию бифуркаций).

Предметом её изучения являются кооперативные явления, нелинейные, неустойчивые процессы, механизмы пространственно-временной самоорганизации систем различной природы.

Синергетические теории дают нам новые представления об энтропии как реальном, могущественном факторе, действующем во всех уголках материального мира, постулируют, что энтропия – это не только непроизводительные, необратимые потери энергии, отклонения от закономерных норм и нарастание беспорядка в системе, но и фактор, способствующий упорядочению и совершенствованию сложных систем, их эволюции и развитию [11, 12, 18, 19, 21, 22, 29, 31, 32, 34, 35, 36].

Синергетика ведёт поиск параллелей, образцов подобия между явлениями живой и мертвой природы с целью установления универсальных закономерностей в эволюции материального мира, широко использует аппарат аналогий как инструмент для соединения различных ступеней природы. В XXI веке именно синергетика выступает как начало многовекового процесса синтеза разных областей знаний, как самая активная методология. Она сделала предмет своего изучения практически все природные системы, став междисциплинарной наукой.

Генетические системы, между тем, пока не включены основательно в круг её интересов. Однако, если синергетика глубоко проникнет в сущность явлений и законы генетики, имеющей свои существенные теоретические отношения с квантовой механикой и химией, то в этом случае она получит новые модели и плодотворные идеи. Получит ключи к пониманию того, как шёл эволюционный процесс: шёл ли он от простого к сложному или от сложного к сложному.

Либо, как полагал основатель английской школы генетики Вильям Бэтсон, «...всё существующее было когда-то предвечно создано во всей своей сложности и потом только изменялось, теряя по пути часть своих первозданных свойств или перетасовывая эти свойства в новых комбинациях».

* Родина синергетики – Германия.

Её основоположник – физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии Герман Хакен.

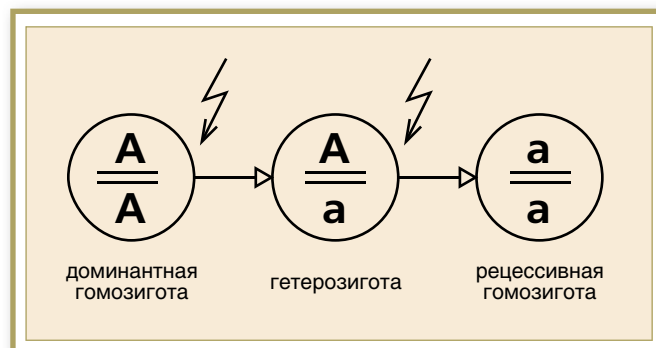


Рис. 5. Мутационный процесс

Синергетическое представление генетических систем

Думаю, не обижу читателя, если напомним, что в 1865 году Грегор Мендель предложил обозначать наследственные задатки (или гены в их современном смысле) буквами латинского алфавита: заглавными – доминантные гены, дающие начало господствующим признакам, способным подавлять развитие альтернативных признаков, а строчными – рецессивные гены, детерминирующие образование уступающих, побеждённых признаков. Доминантные и рецессивные гены – это различные аллельные (энергетические) состояния одного и того же гена.



Рис. 6. Томас Г. Морган (1866–1945)

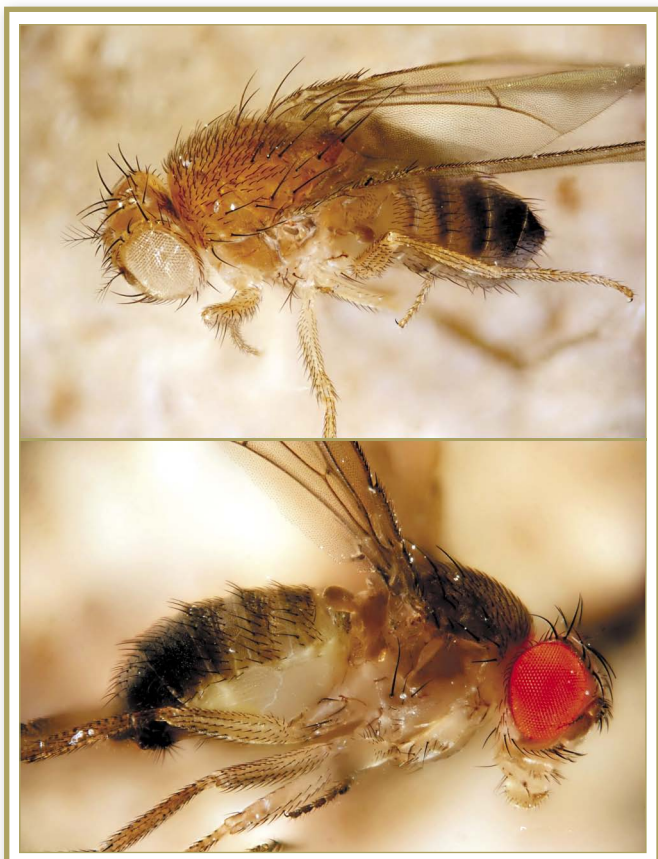


Рис. 7. Фруктовые мушки (*Dr. melanogaster*) — привилегированный объект генетических исследований

Чисто теоретически любую живую систему можно считать идеальной, если она состоит из двух идентичных доминантных генов, расположенных в одном локусе, но в двух разных гомологичных хромосомах. Мутационный процесс, который чаще всего развивается в направлении от доминантности к рецессивности ($A - a$), ведёт к утрате чистоты генетического состояния. Под влиянием мутаций генная структура эволюционирует от порядка к беспорядку. По Рапорту, процесс убыли доминантных генов при спонтанном или индуцированном мутагенезе — явление закономерное и внешне напоминает процесс нарастания энтропии в природе.

Обычно первая мутация в доминантном гене AA приводит к появлению смешанной гетерогенной структуры — Aa , а вторая даёт начало новой гомогенной форме — aa .

Гетерозигота Aa , наделённая свойствами двух противоположных сторон одной генетической реальности, занимает промежуточное положение между двумя константными формами — AA и aa .

Когда внутри себя скрещиваются доминантные ($AA \times AA$) или рецессивные ($aa \times aa$) гомозиготы, не дающие расщепления во всех последующих поколениях, в каждом случае воспроизводится один и тот же «чистый» признак, и генетическая энтропия

не изменяется. Однако после скрещивания между собой доминантной и рецессивной гомозигот ($AA \times aa$) появляется потомство с генетически энтропированной неупорядоченной структурой (Aa). Замечательной аналогией здесь выступает заимствованный из статистической физики парадокс Гиббса, а именно: при смешении двух объёмов тождественных газов энтропия не увеличивается, тогда как в смешанном объёме, составляемом из двух различных газов, она обязательно возрастает.

Классическая феноменологическая генетика хорошо знает, что гетерозиготы сохраняют способность воспроизводить тот же упорядоченный признак, что и доминантные гомозиготы. Так, например, дикие формы плодовых мушек (*Drosophila melanogaster*) имеют красную окраску глаз, и гетерозиготные особи все будут одинаково красноглазыми.

Между тем, как утверждал крупнейший генетик XX века, основоположник хромосомной теории наследственности Томас Г. Морган (1924), гетерозиготы на самом деле представляют собой типично промежуточные формы, но с пределами вариации, приближающимися к доминантному (дикому) типу. Поэтому в целом ряде случаев отделить промежуточные формы от диких практически невозможно. Но можно легко отличить их от рецессивов.

Томас Г. Морган выразил распределение доминантных гомозигот, гетерозигот и рецессивных гомозигот в форме вариационных кривых (соответственно, тонкая, пунктирная и жирная линии). Причём кривые, характеризующие распределения гетерозигот, смещены вправо (рис. 8). Иногда смещения гетерозигот минимальны, и при обычных наблюдениях их трудно отличить от доминантной группы (a); в других случаях смещения более значительны ($б$, $в$). Вариационные кривые распределения гетерозигот по какому-нибудь

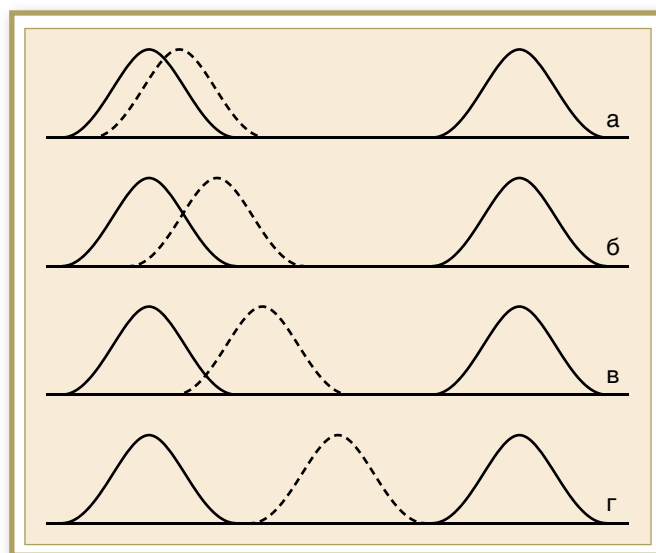


Рис. 8. Вариационные кривые распределения гетерозигот



Рис. 9. Садовая ночная красавица (*Mirabilis jalapa L.*)

признаку могут иметь и более «тяжёлые» хвосты, уходящие вправо.

Если бы в наших руках было бы что-то наподобие спектрографа, то, вероятно, в фенотипическом спектре красноглазых гетерозиготных дрозофил мы бы увидели гораздо больше частот, оттенков изучаемого признака, чем у доминантных особей. Так или иначе, тончайших оттенков, не затрагивающих единства композиции, бывает порой достаточно, чтобы привести к различиям.

Хорошей аналогией здесь выступает один из постулатов Анри Пуанкаре: «Впечатление темноты может иметь множество оттенков, и если бы вместо оттенка, осуществляющегося в действительности, имел место другой, несколько отличный, то всё-таки я бы ещё выразил этот другой факт словами «становится темно».

Вообще, Морган считал, что явлению доминирования признака нельзя придавать слишком большое значение, поскольку многие из гибридных форм оказываются на самом деле истинно промежуточными между родительскими формами. То есть гетерозигота предстаёт как простая наглядная средняя, сочетающая в себе два альтернативных признака. Точно, как и в химии: когда сливаются, например, синяя и жёлтая жидкости, можно получить зелёную окраску.

Одним из ярких примеров в данном случае выступает садовая ночная красавица (*Mirabilis jalapa L.*) (рис. 9). Как известно, есть две разновидности этого растения: с белыми и красными цветками. При скрещивании между собой они дают растения с промежуточными розовыми цветками. Понятно, при таком раскладе ни одна из окрасок не может быть названа доминантной (г).

Очень интересный пример приводит в своей замечательной книге «Эгоистичный ген» английский учёный, биолог-эволюционист Р. Докинз. Так, существует линия пчёл с повышенной санитарной активностью. Они выявляют заражённых гнильцой личинок, вытаскивают их «за ушки» из ячеек и выбрасывают из улья. Т.е. эти рабочие пчёлы «санитарной линии» практикуют оздоровительное детоубийство. Они должны обнаружить все ячейки с больными личинками, снять с них восковые крышечки, вытащить личинку, протаскать её через леток и выбросить на свалку.

Парадоксально, но генетические опыты показали, что существуют три линии пчёл: у одной «санитарная» функция полностью отсутствует, у другой она проявлялась на 100 %, у третьей была половинчатой – рабочие пчёлы обнаруживали восковые ячейки, содержащие больные личинки, но не доводили дело до конца, т.е. не выбрасывали личинки. Вполне вероятно, что и в данном случае мы имеем дело с явлением неполного доминирования.

При проведении генетических опытов отклонения от полного доминирования удалось обнаружить у целого ряда других видов растений и животных.

Итак, гетерозиготы – это почти доминантные гомозиготы, не просто красноглазые, а почти красноглазые, не просто «санитары», а почти «санитары». Феномен этого почти, вероятно, связан с тем, что в гетерозиготе генная система как бы переходит на две скорости, и смешение информации доминантного и рецессивного аллелей добавляет неопределённость и хаос в структуру биологического признака.

Если бы в наших руках было бы что-то наподобие спектрографа, то, вероятно, в фенотипическом спектре красноглазых гетерозиготных дрозофил мы бы увидели гораздо больше частот, оттенков изучаемого признака, чем у доминантных особей. Так или иначе, тончайших оттенков, не затрагивающих единства композиции, бывает порой достаточно, чтобы привести к различиям.

Самоорганизация — процесс спонтанного возникновения из энергии хаоса новых, более сложных и упорядоченных структур — предмет изучения синергетики, постулирующей, в том числе то, что многообразие природных систем предполагает разнообразие действующих в них механизмов самоорганизации..

И всё же, как бы там ни было, в большинстве случаев стратегическое направление прослеживается. Это — притяжение к доминантности.

Согласно одному из положений, сформулированных С. Кауфманом (1991), системы, располагающиеся в жидкой переходной фазе, т.е. на грани порядка и хаоса должны иметь особую связь с эволюцией. Такие пограничные системы, считает автор, в силу своей высокой пластичности способны быстро адаптироваться за счёт накопления полезных изменений.

Если вновь опереться на аппарат аналогий и перенести это положение в генетику, то тогда гетерозиготу можно будет уподобить, по крайней мере, в грубом приближении, жидкости (слабый порядок, промежуточное поведение), а доминантную и рецессивную гомозиготы, соответственно, твёрдому телу (высокоупорядоченное состояние) и газу (хаотическое состояние).

С точки зрения термодинамического формализма и синергетики гетерозиготу позволительно рассматривать как систему неустойчивую, бифуркационную, систему на краю хаоса. Сюда, к краю хаоса, представляющего собой динамичную переходную зону между двумя экстремумами — предсказуемым порядком и непредсказуемым хаосом — эволюционируют все живые системы, здесь они остаются гибко балансирующими в критическом состоянии [14].

Таким образом, в природных популяциях естественный отбор благоволит к организмам с наследственной неоднородностью, наличием пар, различающихся аллелей, насыщенностью мутациями, т.е. «порциями энтропии». Именно резерв мутационных изменений в гетерозиготном состоянии позволяет популяции в более короткие сроки приспособиться к резко изменяющимся условиям окружающей среды и изменениям направления отбора, делает её чрезвычайно пластичной. Причём гетерозиготность природных организмов сохраняется очень долго, в особенности, если эта гетерогенность приспособительная [26].

Гетерозиготность полезна. Селекционеры видят, что гетерозиготные организмы часто обладают особенно пышным развитием, — писал в своё время крупнейший английский биолог и генетик К. Дарлингтон.

Сказанное не противоречит и диалектическому пониманию эволюции и развития, совершаемому, как известно, посредством совместного действия прогрессивных (совершенствование и упорядочивание) и регрессивных (упрощение, хаотизация) изменений организации и функций живой системы, совмещения двух противоположающихся начал в одном явлении, где это совмещение есть «и-и», а не «либо-либо».

Генетическая самоорганизация

Самоорганизация — процесс спонтанного возникновения из энергии хаоса новых, более сложных и упорядоченных структур — предмет изучения синергетики, постулирующей, в том числе то, что многообразие природных систем предполагает разнообразие действующих в них механизмов самоорганизации.

Генетика доставляет в синергетику собственные оригинальные модели специфических антиэнтропийных процессов. Одну из таких идеализированных моделей мы сейчас и рассмотрим (рис. 10).

Итак, допустим, что в нашем распоряжении есть какая-то идеальная генная структура, например, упорядоченный доминантный ген **A**. Далее предположим, что эта структура в силу каких-то неизвестных нам причин встала на путь точечных мутационных изменений, т.е. на путь хаотизации. Меняются постепенно и незаметно нуклеотиды, структура триплетов, связи между ними.

Время идёт, энтропия растёт. И как только количество мелких квантовых переходов в гене, «неощутимых от одного века к другому», в конце концов, достигнет максимальных критических значений и суммируется, система войдёт в точку бифуркации, станет предельно неустойчивой. Здесь на развилке теперь достаточно небольшого смещения, крошечной флуктуации, чтобы открылась вероятность для крупномасштабного катастрофического скачка — либо в «энтропийный котёл молекулярного мира», что означает развал и гибель системы, либо на новую траекторию развития, ведущую к новому энергетическому пику, новому ак-

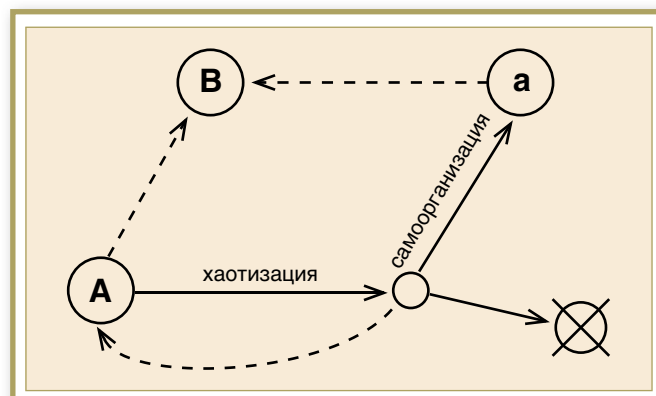


Рис. 10. Модель антиэнтропийного процесса

Возможен также такой вариант развития событий, когда доминантный ген **A**, минуя состояние рецессивности **a**, сразу мутирует в доминантный ген **B** (**A**→**B**). Так и звезда после взрыва может «проскочить» состояние белого карлика и сразу превратиться в нейтронную звезду.

тивному началу, что, собственно, и является процессом самоорганизации.

Основу этого антиэнтропийного процесса, предположительно, составляет механизм перегруппировки генетической энергии, идущей за счёт «размораживания» и перестройки внутренних и межмолекулярных связей в структуре ДНК гена. Именно благодаря этим изменениям рождается качественно новая генная конфигурация – рецессивный ген **a** – с новой точкой отсчёта роста мутационной энтропии, скорее всего, нулевой, если допустить, что система, которая проходит через слои хаоса и достигает нового устойчивого, стационарного состояния, автоматически освобождается от энтропийного груза, забывает своё прошлое. Термодинамика допускает такой произвол.

Однако, как полагает Рапопорт, любые мутационные изменения как положительного, так и отрицательного плана должны вноситься в общий энтропический баланс генетического строения. Таково требование мировой энергетической бухгалтерии.

О том, что доминантный ген **A** перешёл по энтропийному мосту в новое квантовое состояние, что произошла смена структуры (мутация) и возвращение активности и устойчивости в другую дверь, мы узнаём по результатам расщепления фенотипического признака в потомстве. Например, когда у части фруктовых мушек вместо знакомых красных глаз вдруг видим белые глаза, а у садового душистого горошка среди привычных гладких горошин обнаруживаем горошины с шероховатой поверхностью.

Нельзя также не сказать, что при определённых условиях процесс хаотизации генной структуры может оказаться обратимым, хотя это маловероятно, а процесс генетической самоорганизации не ограничится остановкой на «площадке» рецессивности, но по мере нарастания неустойчивостей будет развиваться в направлении к другой, более сложной функциональной упорядоченности в виде доминантного гена **B**. Возможен также такой вариант развития событий, когда доминантный ген **A**, минуя состояние рецессивности **a**, сразу мутирует в доминантный ген **B** (**A**→**B**). Так и звезда после взрыва может «проскочить» состояние белого карлика и сразу превратиться в нейтронную звезду.

Мутантные энтропийные гены – очень важные гены

Образование качественно новой полноценной генной структуры – рецессивного гена **a** – предполагает восстановление генетического веса, способности данной структуры самовоспроизводиться и быть транскрипционно активной. А если такая мутантная, энтропийная форма способна с помощью своего родича-фермента создавать биологический признак (при этом не важно, связан ли этот признак с окраской, формой, величиной, структурой или какой-нибудь физиологической особенностью), то выходит, что она не хуже доминантного гена **A** – дикого, чистого, упорядоченного. Точно так же антиводород, состоящий из антипротона и антинейтрона, не хуже водорода, поскольку может производить антиматерию.

По утверждению Рапопорта, мутантные рецессивные гены, возникающие в природе спонтанно или под влиянием индуцированного мутагенеза, подчас бывают более пластичными, чем наделённые элитными чертами доминантные гены. Поэтому во многих случаях естественный отбор не отвергает рецессивы, особенно тогда, когда они осуществляют полезный, прогрессивный поворот в строении фермента. Либо участвуют в обрыве энзиматических цепей и колец, осуществляющих метаболические преобразования в клеточных системах, чем в общем содействуют образованию крупных депо полезных продуктов, составляющих критерии продуктивности у культурных растений и животных. Таким образом, не только усложнение, но и упрощение структуры ведёт к метаболическому прогрессу, заключает Рапопорт.

В определённых условиях система рецессивных генов способна выступить в качестве специфического и совершенного механизма, удерживающего доминантные гены и детерминируемые ими признаки от избыточной активности и развитости. Более того, роль энтропийных генных единиц со временем может возрастать – когда идеально функционирующие доминантные гены полностью исчерпают внутренние энергетические ресурсы, и в генетической

Рецессивность – это не слабость, а противоположная доминантность, другая форма порядка или, образно говоря, другой цвет времени. «Девальвация» гена нередко имеет положительное влияние на эволюцию живой системы.

Мутация нарушает нормальное функционирование наследственного аппарата, наряду с этим существенно возрастает вероятность того, что этот неблагоприятный эффект мутаций будет перекрываться их полезным действием. В частности, их способностью подавлять деятельность внутриклеточных генетических паразитов.

системе станет назревать новый этап изменений. Так бывает и в социальных системах, когда небольшие этнические группы поначалу ничем не проявляясь, начинают доминировать в обществе, во всех его сферах. Надо сказать, что ранее Г. Хакен [35, 36] постулировал, что синергетические системы часто управляются не одним-единственным параметром порядка, а несколькими, причём на определённом отрезке времени один из них доминирует над другими. Но приходит время, и этот параметр порядка теряет свое господство, положением завладевает следующий параметр порядка, и «игра» продолжается. Причём такая «смена власти», по Хакену, протекает по хаотическому сценарию.

Итак, рецессивность – это не слабость, а противоположная доминантность, другая форма порядка или, образно говоря, другой цвет времени. «Девальвация» гена нередко имеет положительное влияние на эволюцию живой системы.

Известно также, что комбинирование двух мутантных геномов – а «не лучшего с лучшим» – может приводить к взаимному исправлению недостатков, превращению нежелательных мутаций в положительные приобретения [30]. Только благодаря скрещиванию двух родительских форм, хилых, не блещущих высокой жизнеспособностью, удалось вскрыть в генотипе не только отрицательные стороны, но и формирование крупных положительных генетических ресурсов, повышающих статус генома, о чем свидетельствует жизненный подъём у их потомков [27].

Кроме того, с помощью введения генов, обладающих полуплетальными и летальными действиями, легко подтолкнуть депрессированные организмы на одну из благоприятных для них траекторий развития, усилить признаки. Всё это вместе взятое в терминах синергетики называется пересечением двух хаосов, в результате которого рождается новый порядок.

Ещё один, на мой взгляд, хороший пример, позволяющий лучше понять значение мутационных перемен в становлении новой упорядоченности и устранении нарушения в генетической системе, мы находим

в теоретических работах известного ленинградского биолога Ю.Б. Вахтина [3, 4]. В них, в частности, говорится о том, что хотя в генетическом мире и действует принцип, согласно которому вновь возникшая мутация нарушает нормальное функционирование наследственного аппарата, наряду с этим заметно возрастает вероятность того, что этот неблагоприятный эффект мутаций будет перекрываться их полезным действием. В частности, их способностью подавлять деятельность внутриклеточных генетических паразитов, названных учёным хаоногенами.

В «норме» хаоногены представляют собой незаконно размноженные копии молекул ДНК различной величины и сложности, так называемые подвижные генетические элементы. Значительная часть паразитных молекул ДНК выходит в протоплазматическую среду. В ней они претерпевают собственную эгоистическую эволюцию, захватывают и осваивают всё пространство, размножаются и изменяются, а затем по механизму обратных связей отрицательно воздействуют на работу генома. По образному выражению Ю.Б. Вахтина, хаоногены превращают внутриклеточный Космос в Хаос. Они определяют старение и смерть живых систем, причём не только клеточных популяций и индивидуумов, но и целых популяций организмов и даже видов.

Случайные (или индуцированные) мутационные изменения становятся не только единственным способом усовершенствования генома, но и делают его недоступным для атак паразитных молекул ДНК. Очищение внутренней среды от семейства генетических паразитов с помощью мутаций должно приводить к замедлению процессов старения. Как считает Ю.Б. Вахтин, в качестве своеобразного яда, уничтожающего паразитов и стерилизующего соматические и зародышевые половые клетки, выступают новые мутантные белки. Таким образом, организмам нередко приходится жертвовать относительной стабильностью генома, чтобы противостоять внутренним и внешним силам разрушения и беспорядка.

Мутации, становясь составной частью генетической структуры, обновляют и совершенствуют наследственную информацию, уравнивают другие мутации, и тем создают благоприятные предпосылки для эволюционного прорыва, программируют новые пути развития живых форм – от клетки до биосферы и Разума.

Гомеиозисные мутации — это мутации, обращающие эволюционные процессы, ведущие к восстановлению в существенных чертах каких-то давно нарушенных причинных связей, кардинальным перестройкам онтогенеза, возврату к структурам далеких по филогенезу предков.

Итак, в живой природе мутации, становясь составной частью генетической структуры, обновляют и совершенствуют наследственную информацию, уравновешивают другие мутации, и тем создают благоприятные предпосылки для эволюционного прорыва, программируют новые пути развития живых форм — от клетки до биосферы и Разума.

С синергетической точки зрения термодинамическая роль мутаций, как энтропийной силы, направлена на достижение перемен в структуре наследственного материала. При этом, как мы теперь знаем, она не сводится только к деградации генов и хромосом до химического, молекулярного уровня, возможной лишь в условиях резких изменений химического содержания внутриклеточной среды, необратимых нарушений хромосом, наличия доминантных или рецессивных летальных мутаций.

Напротив, мутационные изменения чаще всего порождают в микрогенетическом аппарате мощный дезэнтропический потенциал (положительную флуктуацию) — фактор, более сильный, чем перемены, поддерживающие эталон II начала термодинамики [21, 22, 26]. Этот очень важный для науки вывод, сформулированный крупнейшим учёным современности, находится в полном соответствии с одним из главных фундаментальных положений синергетики, а именно: энтропия больше не синоним потерь, а хаос — беспорядка, деструкции системы и её гибели.

В современной теории хаоса хаос имеет структуру и рассматривается как источник становления упорядоченности, как способ обновления сложной организации. Хаос является неременным условием возникновения новых, ранее недоступных информационных потоков и структур.

Жизнь без хаоса невозможна. Хаос необходим, ему надо содействовать, а не противодействовать. Он не просто не противоречит порядку, его добавление в систему устраняет нарушение, отодвигает далеко на периферию надвигающуюся катастрофу. Г. Хакен [35, 36], говоря о проблеме хаоса, поставил перед физиками задачу разобраться в сути хаотического движения и разработать пути к управлению хаосом, поскольку с «приручением» хаоса следует ожи-

дать много такого, что окажется чрезвычайно важным в смысле практического применения.

В круг интересов физиков, вероятно, должны также войти вопросы, связанные с зарождением и развитием процессов хаотизации наследственных структур, поскольку через понимание организации и механизмов генетического (мутационного) хаоса откроются неограниченные возможности для управления жизненными процессами.

Гомеиозисные мутации. Путешествие в прошлое

Из работы И. Пригожина и И. Стенгерс [19] следует, что время течёт в одном направлении, из прошлого в будущее, причём манипулировать временем мы не можем, не можем заставить его идти вспять, в прошлое.

Однако приоткрыть занавес сцены, на которой, как говорится, разыгрывается пьеса прошлого, мы можем. С помощью, так называемых, гомеиозисных мутаций.

Согласно классическим представлениям [1, 5, 13, 30], гомеиозисные (подобные) мутации — это мутации, обращающие эволюционные процессы, ведущие к восстановлению в существенных чертах каких-то давно нарушенных причинных связей, кардинальным перестройкам онтогенеза, возврату к структурам далеких по филогенезу предков.

Так, известно, что однокопытная лошадь произошла от своей трёхкопытной лошади-предка. Если кто-то сомневается в этом, — писал К.А. Тимирязев, — то это сомнение снимается появлением уродливостей, например, лошади с дополнительным копытцем. Такая мутантная лошадь была, например, у Александра Македонского.

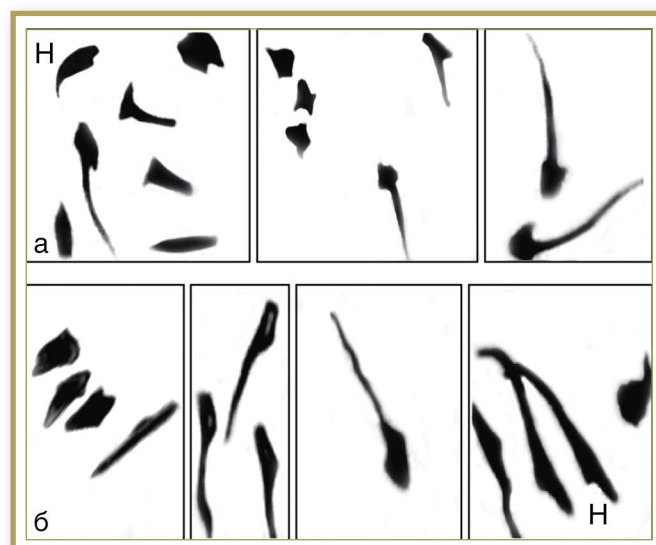


Рис. 11. Аномальные головки спермиев мутантных ускоренно стареющих мышей (а) и крыс, подвергшихся воздействию химического мутагена (б); Н — нормальные ядра.



Рис. 12. Палочник

В середине 30-х годов академик Б.Л. Астауров открыл и описал у фруктовой мушки *Drosophila melanogaster* мутацию «tetraptera», в результате которой у этих мушек вместо редуцированной пары крыльев (жужалец), которые образовались из второй пары крыльев её эволюционного предка, вновь возникают нормальные крылья. Другими словами, мутация «tetraptera» одним квантовым скачком возвращает представителя двукрылых на миллионы лет назад к древнейшему строению четырёхкрылого предка.

Гомеозисные закономерности действуют не только на уровне отдельного, целого органа, но и на другом уровне биологической организации – клеточном.

Наши экспериментальные исследования показали [6, 8], что у мутантных ускоренно стареющих мышей образуется сравнительно большое число спермиев с морфологически аномальными головками (ядрами), которые каким-то удивительным образом повторяют конфигурации как нормальных, так и аномальных головок спермиев у крыс, подвергшихся испытанию огнём химического мутагенеза. Этот факт заслуживает особого внимания. Дело в том, что процесс формообразования спермиев генетически строго детерминирован и видоспецифичен.

При повышенном мутационном давлении, спонтанном или индуцированном, на наследственные структуры зародышевых, стволовых сперматогенных клеток на терминальных стадиях развития гамет усиливается морфологический беспорядок, появляется сложная, многообразная картина ядерных аномалий.

Образование подобных по геометрическому признаку атипичных спермиев у двух разных, но филогенетически близких видов, говорит о том, что в обоих случаях мы имеем дело с одним и тем же классом гомеозисных, регрессивных мутаций, под влиянием которых современные морфогенные системы уступают место более древней, но общей для мыши и крысы формообразовательной системе.

Другими словами, мутагенные воздействия низводят нормальные спермии этих двух видов грызунов к их общему основанию, первобытной форме, состоящей из множества элементарных хаотических структур, представляющих собой то промежуточное звено, которое, вероятно, связывает мышей и крыс с их общим предком, жившим 10 млн лет тому назад. И так, между спермиями мышей и крыс существует не только морфологический разрыв и различие, но глубоко скрытая связь и внутреннее единство.

Наши наблюдения хорошо укладываются в рамки закона гомологических рядов, открытого Н.И. Вавиловым. Согласно этому закону, близкие генетически виды и роды характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости. Ряд форм в пределах одного вида даёт нам возможность предвидеть нахождение параллельных форм у других видов. У родственных видов, имеющих общее происхождение, возникают и сходные спонтанные и индуцированные мутации по морфологическим, физиологическим и биохимическим признакам. Всё это – свидетельство общности происхождения генотипов и результат мутаций одних и тех же генов. Закон Вавилова не ограничивается только уровнем организмов, но распространяется и на отдельные их структуры [9, 15].

Совсем недавно важное наблюдение о явлении возвратной эволюции сложных структур в естественной природе было сделано американскими исследователями Майклом Ф. Уайтингом и коллегами [16], показавшими, что крылатые виды палочников произошли от бескрылых, которые, в свою очередь, имели предков с крыльями. Авторы убеждены, что возвращение к крыльям – это не результат случайности. Просто, в течение 50 млн лет генетические копии ожидали того момента, когда полёт стал более благоприятным фактором, чем, например, плодовитость.

Приведённые факты указывают на потенциальную возможность того, что тот или иной биологический признак в процессе эволюции может исчезнуть и вновь появиться и что в условиях современной жизни, а именно, катастрофических изменений состояния окружающей среды, мутационные перемены в геномах низших и высших организмов меняют свой характер. Из дискретных, точечных, редких они превращаются в глобальные системные мутации, которые становятся источником возникновения новых биологических форм и даже видов, с одной стороны, и причиной деградации и исчезновения старых – с другой.

«Прошлое ещё впереди», – как-то заметила М. Цветаева.

«Одичавший», «развивающийся назад» палочник – первая ласточка переходного времени, знаковая система, сигнализирующая о том, что глобальное изменение климата Земли станет причиной тотальной миграции «всего, что имеет дыхание духа жизни в ноздрах своих».

Вместо заключения

С безусловностью можно утверждать, что четыре слова: атом и ген, квант и мутация, прочно вошедшие в систему описания природы, составят основу рабочего аппарата того историка науки, который захочет подвести итоги естествознания ушедшего в историю XX века. Именно эти явления природы, утвердившиеся в качестве могущественных реальностей на рубеже XIX и XX столетий, были предметом интенсивных исследований трёх поколений учёных-естествоиспытателей. Законы, открытые ими в области квантовой физики и генетики, сломали многие представления о «старом добром мире», где господствуют феноменологические взаимосвязи. Они свели сущности всех вещей и явлений к прос-

той комбинаторике и действиям атомов и генов, дали ключи к управлению многими естественными, природными процессами, определили весь ход научного и технического прогресса, исторического и социального развития человечества. Динамичный характер исследований объектов микромира сохранится и в наше время, поскольку многие нерешённые проблемы, связанные с потребностями человека, лежат в области физики высоких энергий, генетики, молекулярной биологии, нанотехнологий.

И последнее. XXI век – век хаоса и катастроф, неопределённости и неустойчивостей, ускоренного течения времени. Для чистой науки XXI век – время мощных междисциплинарных синергетических исследований, а значит, время метафор и тавтологий, новых идей, теорий, образов.



Литература

1. Астауров Б.Л. Наследственность и развитие. Избранные труды // М.: Наука, 1974. – 359 с.
2. Докинз Р. Эгоистичный ген // М.: Мир, 1993. – 318 с.
3. Вахтин Ю.Б. Мутации пассионарности Л.Н.Гумилева: возникновение и фенотипическое проявление // 1998, www.gumilevica.ru.
4. Вахтин Ю.Б. Старение как метагенетический процесс // Цитология, 2002, т.44. – С. 218–223.
5. Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии // М.: Прогресс-Традиция, 1999. – 640 с.
6. Гопко А.В., Захидов С.Т., Маршак Т.Л. и др. Генетическая нестабильность мужских половых клеток у мышей-долгожителей SAMP1, склонных к ускоренному старению // ДАН, 2003, т. 392. – С. 267–270.
7. Захидов С.Т. Атомистическая картина мира. <http://spkurdyumov.narod.ru/Zakhidov5.htm>.
8. Захидов С.Т., Маршак Т.Л., Урываева И.В. и др. Цитогенетические aberrации в клетках печени и сперматогенного эпителия у ускоренно стареющих мышей линий SAMP1 и SAMR1 // Онтогенез, 2002, т. 33. – С. 444–456.
9. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции. М.: Высшая школа, 1989. – 591 с.
10. Кауфман С. Антихаос и приспособление // В мире науки. 1991, № 10. – С. 58.
11. Климонтович Ю.Д. Введение в физику открытых систем. I. // В кн.: Синергетика, М.: Изд-во МГУ, 2000, т. 3. – С. 100–120.
12. Климонтович Ю.Д. Введение в физику открытых систем. II. // там же, С. 121–142.
13. Кольцов Н.К. Организация клетки // Л.-М.: Биомедгиз, 1936. – 652 с.
14. Князева Е.Н. Методы нелинейной динамики в когнитивной науке // В кн.: Синергетика, М.: Изд-во МГУ, 2001, т.4. – С. 174–186.
15. Лобашев М.Е. Генетика. Л.: Изд-во ЛГУ, 1967. – 751 с.
16. Мирски С. Возвратная эволюция // В мире науки, 2003, №3. – С. 10.
17. Морган Т. Г. Структурные основы наследственности. М.-Л.: Гос. изд-во, 1924. – 306 с.
18. Николис Г., Пригожин И. Понимание сложного. Введение // М.: Эдиториал УРСС, 2003, – 344 с.
19. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М.: Эдиториал УРСС, 2000а. – 312 с.
20. Пуанкаре А. О науке // М.: Наука, 1990. – 736 с.
21. Рапопорт И.А. Микрогенетика. М.: Наука, 1965. – 427 с.
22. Рапопорт И.А. Модель формирования генетического вещества // В кн.: Химический мутагенез и создание селекционного материала, М.: Наука, 1972. – С.13–43.
23. Рапопорт И.А. Сопряжение созидательных процессов на генетическом и селекционном уровнях // Там же, С. 43–72.
24. Рапопорт И.А. Развитие структуры компакта Дирака в генетическом строении // В кн.: Применение химических мутагенов в сельском хозяйстве и медицине, М.: Наука, 1973. – С. 7–46.
25. Рапопорт И.А. Природа интеграции и отображения в генетическом атомизме // там же, С. 47–76.
26. Рапопорт И.А. Действие генетически активных веществ на фенотип и чистота генетического состояния // В кн.: Химический мутагенез в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений, М.: Наука, 1984. – С. 3–56.
27. Рапопорт И.А. Значение генетически активных соединений в фенотипической реализации признаков и свойств // В кн.: Химический мутагенез в селекционном процессе, М.: Наука, 1987. – С. 3–53.
28. Рапопорт И.А. Генетическая дискретность и механизм мутаций // в кн.: Химический мутагенез и проблемы селекции, М.: Наука, 1991. – С. 3–61.
29. Рапопорт И.А. Две системы прерывности и термодинамическая флуктуация в генетическом строении // Химический мутагенез и задачи сельскохозяйственного производства, М.: Наука, 1993. – С. 3–24.
30. Рапопорт И.А. Гены, эволюция, селекция. // Избранные труды. М.: Наука, 1996. – 249 с.
31. Руденко А.П. Самоорганизация и синергетика // в кн.: Синергетика, М.: Изд-во МГУ, 2000, т.3. – С. 61–99.
32. Руденко А.П. Сложные системы и синергетика // в кн.: Синергетика, Москва – Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2003, т.5. – С. 71–86.
33. Фризь Гуго де. Мутации в учении о наследственности // в кн.: Новые идеи в биологии СПб.: Изд-во Образование, 1914. – С.1–54.
34. Хакен Г. Основные понятия синергетики // в кн.: Синергетическая парадигма, М.: Прогресс-Традиция, 2000. – С. 28–55.
35. Хакен Г. Синергетика как мост между естественными и социальными науками // В кн.: Синергетическая парадигма, М.: Прогресс-Традиция, 2003а. – С.106–122.
36. Хакен Г. Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии // Институт компьютерных исследований, Москва – Ижевск, 2003 б. – 230 с.