

ПРОБЛЕМА ПРОГРЕССИВНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Н. К. Кольцов

Директор Ин-та экспериментальной биологии

1. Постановка проблемы

Задолго до установления эволюционной теории в биологической науке укрепилось воззрение, что живые организмы связаны между собой определенной лестницей от нижних ступенек, на которых помещаются наиболее простые, „низшие“ организмы, до верхних, занятых „высшими“ животными, кончая человеком. Мы встречаемся с этим взглядом уже на первых шагах человеческой культуры, когда еще нельзя было говорить о существовании какой-либо науки. Эти древние наивные сказания разных религий служат наглядным свидетельством того, что даже первобытному человеку свойственно расценивать высоту организации растений и животных, различать между ними „высшие“ и „низшие“ и делать отсюда вывод о „прогрессивной эволюции“. Такая обывательская точка зрения не могла не оказать влияния на умы ученых биологов, а тем более тех, которые находились под религиозным давлением библии. Конечно, ученейший анатом додарвиновского периода Оуэн строит свою классификацию позвоночных животных на гораздо более солидных сравнительно-анатомических основаниях, чем библия. Но он дает тот же самый ряд прогрессивно развивающихся типов позвоночных: рыбы—гады—птицы—звери—человек. Он не говорит уже о днях творения, но об идеальном изменении сложившегося у „Творца“ основного плана строения скелета—„Архитипа“, который прогрессивно усложнялся и дифференцировался по мере перехода от одного творческого акта к другому.

Дарвинова теория эволюции путем естественного отбора наиболее приспособленных совершенно порывает с библией и творческими актами. Но на первый взгляд кажется, что она еще более закрепляет ходячее представление о прогрессивном ходе эволюции и дает ему более конкретное содержание. Вместо мифической истории последовательных актов творения она вводит вполне реальную последовательность исторического хода эволюции, вместо трудно поддающегося определению „совершенства организации“—также с первого взгляда кажущееся более реальным понятие о приспособлении организма к внешним условиям.

Наконец развитие палеонтологии повидимому непосредственно доказывает прогрессивный ход эволюционного процесса. В древнейших геологических отложениях мы находим только беспозвоночных, которые с обывательской точки зрения кажутся нам „низшими“ животными. Первыми среди позвоночных появляются простейшие хрящевые рыбы, позднее ганоиды и костистые рыбы, наконец амфибии и до-

стигающие в мезозойскую эру наиболее высокого развития рептилии. Еще позднее появляются два „наиболее высоко развитых“ класса: птицы и млекопитающие, наибольшее процветание которых относится очевидно уже к третичной эре. Наконец как „самая высшая“ форма среди животных появляется человек—наиболее характерный организм для современной эпохи.

Научная ботаническая классификация до сих пор подразделяет растения на две основные группы: низшие и высшие; в древних геологических отложениях последние еще не встречаются.

Таким образом прогрессивный ход эволюции как будто вне сомнения подтверждается точными данными. О нем говорят и сам Дарвин и в особенности Спенсер и почти все эволюционисты последующего периода, как популяризаторы вроде Бёльше, написавшего книгу „От амёбы до человека“, так и виднейшие современные ученые-биологи, напр. А. Н. Северцев.

И все-таки учение о „прогрессивном“ ходе эволюции может вызвать сомнения у биолога. Понятия „высший“ и „низший“ представляют человеческую оценку, и надо точно определить объективные критерии этой оценки. Недостаточно установить общий факт некоторого „прогресса“ в ходе исторической эволюции, необходимо детально проследить, как часто наряду с такими прогрессивными изменениями в пределах каждой группы организмов возникали явления обратного порядка—регрессивные. А главное надо выяснить, откуда может возникнуть определенная прогрессивная направленность эволюционного процесса и почему противоречие со вторым законом термодинамики, гласящим, что физические процессы в природе направляются в сторону энтропии, т. е. упрощения сложного, в сторону регресса, а не прогресса, на самом деле является только кажущимся.

2. Эволюция атома

Для выяснения понятия прогрессивной эволюции мы можем как простейший случай взять систему бесконечно более простую, чем мир живых организмов,—систему химических элементов. В настоящее время нам известно около сотни химических элементов, которые прекрасно укладываются в логически построенную менделеевскую систему элементов. Согласно современным воззрениям на структуру атома мы можем расположить эти элементы в один непрерывный ряд, начинающийся с атома водорода, в котором вокруг протона движется единственный отрицательный электрон, и кончая атомом урана, состоящим из положительного ядра и 92 электронов. Таким образом каждый член этой стройной эволюционной системы характеризуется определенным числом электронов, вращающихся вокруг ядра. И поскольку ряд чисел от 1 до 92 мы называем прогрессивным, лестница элементов нам рисуется поднимающейся снизу вверх, и никаких сомнений в том, какой элемент поместить на этой лестнице выше или ниже другого, у нас не может возникнуть. Единственное осложнение, которое является результатом современного физического учения об изотопах, заключается в том, что некоторые ступеньки рисуются нам двойными или более сложными, но общий характер вертикально стоящей лестницы элементов от этого не изменяется.

К сожалению мы до сих пор знаем очень мало об исторической эволюции химических элементов, входящих в эту логически стройную систему.

Самая проблема эволюции элементов считалась долгое время—в течение всего XIX столетия—еретической. И здесь, как в целом

ряде других физических, химических и физико-химических проблем, приоритет в ее постановке принадлежит биологам. На это обстоятельство совершенно определенно указывает знаменитый американский физик Р. Милликен в своей известной речи, произнесенной 29 декабря 1930 г. и напечатанной в Science, № 1879, от 2 января 1931, и в Nature от 31 января 1931 г., а также в русском переводе (За маркс.-лен. естеств., 12, 1931).

Милликен считает дарвиновскую теорию эволюции одним из существенных открытий, пробивших дорогу для учения об эволюции элементов. Но еще в течение нескольких десятков лет физики и химики не решались пойти по этой дороге. Для великого творца периодической системы элементов Д. И. Менделеева эти элементы казались прочными и неизменными, как виды для биологов додарвиновского периода. Эта химическая аксиома была разрушена лишь на переломе к XX столетию, когда был открыт радий и установлено его разложение на составные части с выделением эманации радия и гелия. Толчок, данный этим открытием, возбудил фантазию многих ученых, инженеров и в особенности популяризаторов. Распространилось убеждение, что эволюция элементов может свободно идти в обе стороны: с одной стороны тяжелые элементы высших номеров распадаются подобно урану и радью на более простые, а с другой—легкие элементы могут превращаться в более сложные. Казалось вполне естественным допустить, что водородный атом является основной единицей, из которой построены все остальные элементы: 4 атома водорода, соединяясь вместе, образуют второй член лестницы элементов—гелий, а все остальные элементы возникли когда-то путем прогрессивной эволюции из комбинаций атомов гелия и водорода. Со дня на день ожидали открытия философского камня—получения золота из неблагородных металлов. Регрессивный процесс—распадение урана, тория, радия и других радиоактивных элементов—казался лишь придатком к этой основной серии прогрессивной эволюции атомов, которая так красиво объясняла всю картину развития природы.

Вскоре однако наступило отрезвление. Оно было подготовлено новейшими успехами квантовой механики, учения об относительности, учения о превращении материи в энергию и в особенности успехами астрономии. Оказалось, что по крайней мере в наших земных условиях имеет место только регрессивная эволюция атомов и притом далеко не всех, а только высших порядковых номеров (выше 83). Только в этой небольшой группе тяжелых металлов распад есть экзотермическая реакция, сопровождающаяся освобождением лучистой энергии. Поэтому такие реакции распада, как превращение урана в свинец с выделением гелия, протекают сами собой с определенной скоростью, определяющей продолжительность жизни урана. В виде исключения некоторой радиоактивностью обладают атомы калия и рубидия, которые также медленно сами собой распадаются. Но все остальные элементарные атомы с атомным весом ниже 100 являются в земных условиях очень стойкими. Для разложения их на более простые элементы требуется затрата больших количеств лучистой энергии. Самые мощные источники радиации, которые имеются в наших лабораториях, до сих пор удалось применить только к искусственному (эндотермическому) разложению на составные части немногих легких элементов и прежде всего кислорода и азота (за последнее время также лития). Однако революционные открытия астрономов за последние годы сделали в высокой степени вероятным, что в центральных частях звезд существуют условия, не на-

блюдаемые на земле и не осуществимые даже в самых мощных физических лабораториях. На основании своих вычислений астрономы определяют внутреннюю температуру звезд в десятки, а может быть и сотни миллионов градусов. При этих условиях никакие химические соединения невозможны, атомы ионизированы, лишены между собой тесных, но и внутренних электронов, сближены между собой теснее, чем в твердом теле, хотя их молниеносные движения повидимому так же свободны, как в газовой среде. Непрерывно происходит распад сложных атомов на более простые, сопровождаемое потоками электронов и превращением вещества в лучистую энергию, излучаемую в мировые пространства.

Дж. Джинс ставит на этом точку. Регрессивную эволюцию атомов он считает односторонней и даже неполной, так как разрушение многих атомных ядер (за исключением ядер радиоактивных элементов) и электронов он считает маловероятным даже при тех высоких температурах и мощных излучениях, которые существуют внутри звезд. По его мнению, «превращение «масса—излучение» встречается повсюду, а обратное превращение—нигде. Материя не может возникнуть из излучения, и разрушенные радиоактивные атомы не могут восстанавливаться. Машина вселенной постепенно ломается, трескается, разрушается и реконструкция ее невозможна. Второй закон термодинамики заставляет вселенную двигаться все время в одном направлении по дороге, которая приводит к смерти и уничтожению»¹.

Такое пессимистическое мировоззрение, являющееся крайней реакцией после господствовавшего перед этим оптимизма, конечно не может удовлетворить натуралиста. Оно оставляет совершенно в стороне проблему происхождения элементов, объявляет всю лестницу элементов первозданной или во всяком случае возникновения ее непознаваемой для человеческого разума. Это—повторение лозунга „Ignorabimus“, провозглашенного некогда Дюбуа-Раймоном.²

Поэтому натуралист гораздо охотнее пойдет вслед за соперниками Джинса астрономом А. Эддингтоном и физиком Р. Милликемом, воз-

¹ Русский перевод в Научном слове, № 2, 1929.

² Пессимистический взгляд Дж. Джинса вытекает главным образом из его убеждения, что „законы физики остаются справедливыми и при громадных температурах и условиях, лежащих вне нашего опыта. Поэтому все наши выводы падают, как только мы предположим, что основные законы, управляющие материей в небесном пространстве, отличаются от основных законов на земле. Однако трудно пододти, чтобы такие основные и простые законы физики как второй закон термодинамики и основные положения теории квантов, были неприменимы за пределами наших лабораторий“. Однако прогресс науки и в частности физики очень часто заключался именно в ограничении применимости тех „законов“, которые ранее считались общими и непреложными, и самые интересные открытия относятся именно к этим пограничным областям.

Я вспоминаю характерный случай, имевший место в моей юности. В 1895 г. молодые биологи собрались на colloquium и обсуждали доклад о „пределах микроскопического видения“. Точные вычисления Аббе и Гельмгольца чрезвычайно импонировали большинству собравшихся, и их конечный вывод, что мы почти подошли к границам микроскопического видения, признавался безапелляционно. Я не мог выдержать своего возмущения перед таким по моему не обоснованным пессимизмом, вытекавшим из недостаточного учета возможных в будущем научных открытий, и заявил, что могу из неожиданного появиться такие открытия, которые позволят нам гораздо глубже проникнуть в тончайшие структуры, чем современный микроскоп. Над моим оптимизмом и фантазерством посмеялись. Но на другое же утро мы прочли в газетах об открытии рентгеновских лучей, причем высказывалось предположение, что длина их волны много короче длины световых волн. Скептики вроде нынешнего Дж. Джинса протестовали в то время против правильности последнего предположения, которое шло в разрез с установленными физиками „законами природы“. Прошло несколько лет и голоса скептиков умолкли. А теперь при помощи рентгеновских лучей мы анализируем уже структуру молекулы, о чем не могли мечтать пессимисты конца XIX века.

зрения которых представляют осторожный синтез между увлечениями эволюционистов первой четверти нашего века и чрезмерным пессимизмом Джинса. Милликен и Эддингтон также признают, что у нас на земле нет условий для прогрессивной эволюции атомов. Но они допускают возможность прогрессивной эволюции в мировых пространствах ряда атомов, образующихся из рассеянных повсюду атомов водорода. Милликен утверждает, что открытые им „космические лучи действительно представляют собой крики появляющихся на свет младенцев: атомов гелия, кислорода и кремния. У нас имеются маленькие указания на то, что мы можем слышать таким образом самые пронзительные пiski, издаваемые новорожденными атомами железа, но определенно утверждать последнее мы не можем“. Милликен утверждает далее, что в противоположность процессам регрессивной эволюции, совершающимся главным образом внутри звезд, прогрессивная эволюция гелия, кислорода, кремния, железа происходит в почти пустых пространствах между звездами и туманностями, где проносятся с огромной скоростью лишь редкие отдельные атомы и электроны и где средняя температура близка к абсолютному нулю. Хотя даваемое Милликемом толкование происхождения космических лучей подвергается в особенности за последнее время критике и еще ранее оспаривалось Джинсом, все же его поддерживают многие из современных физиков (Эйнштейн) и астрономов. В особенности вероятным представляется превращение водорода в гелий, так как это—реакция экзотермическая, хотя и требует для своего завершения особенно коротких волн лучистой энергии. Эддингтон подобно Милликену допускает, что гелий образуется из водорода именно в межзвездных пространствах и в наиболее разреженных туманностях, но отмечает однако чрезвычайно малую вероятность каждого отдельного случая такого возникновения атома гелия. „Каким образом,—спрашивает он,—могут встретиться 4 протона и 2 электрона, чтобы сложиться в ядро гелия в среде настолько разреженной, что свободный путь без встреч длится целыми днями?“ Вероятность каждой такой встречи конечно невелика, но зато число протонов и электронов в мировых пространствах огромно и времени для осуществления этих встреч тоже достаточно. Если бы это было единственным возражением против теории Милликена, то из него можно было бы сделать только один вывод: чем выше порядковый номер данного элемента, чем сложнее его структура, тем менее вероятно его свободное образование из водородных протонов и электронов и тем больший период времени требуется на его прогрессивную эволюцию.

Из этого положения можно было бы казалось заключить, что чем сложнее построен элементарный атом, чем выше его порядковый номер, тем менее распространен он в природе. Такое заключение было бы однако ошибочным. Дело в том, что в самой структуре атомов лежат некоторые особенности их большей или меньшей устойчивости. Из радиоактивных атомов уран теряет половину своей массы вследствие распада в течение 5000 млн. лет, количество радия убывает наполовину уже через 1580 лет, а актиний живет в среднем только 0,002 секунды. Таким образом более сложный и тяжелый атом урана оказывается прочнее более легких и простых атомов радия и актиния.

Но большая или меньшая устойчивость атомной структуры сказывается не только в скорости разрушения радиоактивных элементов, но также, повидимому, и в большей или меньшей легкости новообразования при прогрессивной эволюции. Так наиболее распростра-

основными элементами в природе являются кроме водорода гелий, кислород, кремний и железо, т. е. как раз те атомы, новообразование которых в мировых пространствах происходит по гипотезе Милликена. Атомные веса кислорода, кремния и железа делятся на 4, т. е. повидимому их ядра представляют собой комбинацию ядер гелия. Вообще атомы с четным атомным весом более распространены в природе, чем атомы с нечетным атомным весом, а из первых большей распространенностью отличаются атомы с атомным весом, кратным 4. Это позволяет думать, что процесс прогрессивной эволюции атомов идет не равномерно от низшего номера к непосредственно высшему, а скачками. Нечетные атомы повидимому не являются посредствующими звеньями между двумя соседними четными, а может быть возникают путем регресса—распада—из выше стоящих четных. Отсюда можно представить себе, что полная серия всех возможных элементов периодической системы заполнилась не сразу, а скачками, причем прогрессивный ход эволюции много раз сменялся регрессивным распадом.

Обычно считается не подлежащим сомнению, что распад радиоактивных элементов происходит „самопроизвольно“, вне зависимости от внешних условий. Для земли это конечно верно, но верно ли это для всего мирового пространства? Ведь здесь размах изменчивости внешних условий по своим размерам несравнимо больше, чем на земле: плотность Бетельгейзе не больше $1/1000$ воздуха, в туманностях еще более сильное разрежение, в пространствах нашей звездной системы, не занятых звездами и туманностями, по расчету Милликена приходится по одному атому на 15 см^3 . А разрежение материи в промежутках между разными галактическими системами не поддается вычислению. С другой стороны плотность материи у спутника Сириуса равна 60 000 в сравнении с водой. Возможно, что эти плотные звезды состоят уже не из атомов, а из совершенно оголенных (лишенных своих электронных спутников) протонов, тесно сближенных между собой и все же сохраняющих свободу движения, как это утверждает Эддингтон; за последнее время высказывается мнение, что здесь могут быть не только протоны, но даже еще более уплотненные нейтроны.

Не менее различны и температуры в мировых пространствах. Средняя температура в промежутках между туманностями и звездами близка к абсолютному нулю (что не мешает по Эддингтону отдельным редким электронам носиться со скоростью, соответствующей температуре в 15000°). Температура внутри звезд измеряется десятками, а может быть и сотнями миллионов градусов, в то время как на поверхности в атмосфере их температура спускается до 300° .

Таким образом в мировых пространствах обнаруживаются самые различные „экологические области“ существования атомов, не менее разнообразные, чем вода, суша и воздух для живых организмов на земле. Атомы и их обломки переходят из одной области в другую и здесь могут давать „ароморфозы“, соответствующие новым областям их обитания.

* * *

Мы видим, что эволюция атомов подчинена некоторым статистическим закономерностям. Если мы станем на точку зрения тех физиков, которые подобно Милликену допускают свободное возникновение во вселенной сложных атомов из простых путем случайных столкновений, то отсюда придется сделать вывод, что чем сложнее атом, тем менее вероятно его возникновение. Одновременно необхо-

димо признать наличие обратного процесса—распада сложных атомов на простые, который происходит на наших глазах с определенной скоростью. Равнодействующая между этими двумя процессами зависит с одной стороны от относительной скорости процессов распада и синтеза, а с другой—от количественного соотношения тех различных по своим условиям областей, в которых протекают эти два противоположных процесса.

Но далее вмешиваются индивидуальные особенности тех систем, которые мы называем атомами. Во-первых между ними есть системы, распад которых сопровождается выделением энергии, и системы, на распад которых энергия расходуется, а с другой стороны и в той и в другой группе имеются системы различной устойчивости. Если бы мы могли подсчитать все эти особенности структуры атомов и условий, в которых они находятся, то из чисто статистических данных можно было бы вычислить состояние динамического равновесия, в котором находится вещество в природе для каждого данного момента.

3. Эволюция молекул

На эволюции молекул приходится остановиться хотя бы коротко потому, что она в ряде отношений занимает промежуточное место между эволюцией атомов и эволюцией живых организмов.

От эволюции атомов она отличается прежде всего тем, что здесь мы не можем построить такой прямолинейной лестницы, которую дают периодическая система элементов и ряд порядковых номеров от единицы до 92. Для каждого элемента приходится строить свою „лестницу“. Наиболее полно изучена система углеродистых соединений—органическая химия. Но она представляет неудобство в том отношении, что эволюция органических соединений в природе тесно связана с еще более сложной эволюцией живых организмов. Многие звенья такой лестницы в природе нам неизвестны и может быть никогда не существовали, но могут быть получены искусственно в лаборатории. Это дает нам возможность пополнить недостающие звенья системной лестницы молекул, но совершенно затемняет картину эволюции органических молекул в естественных условиях.

Очень простую и полную лестницу мы имеем для углеводородов жирного ряда. Мы ее можем нарисовать чуть ли не беспредельной от $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, и никаких колебаний в определении того, какой из углеводородов этого ряда надо назвать высшим по отношению к другому, у нас возникнуть не может. И лишь при сопоставлении двух изомеров с одинаковой элементарной формулой мы встретимся с затруднением—считать ли раздвоенные и вообще разветвленные цепи более „высокими“, чем цепь линейную. Но если мы поставим перед собой вопрос, какова была эволюция встречаемых в природе углеводородов—прогрессивная или регрессивная, непрерывная или скачкообразная,—то дать определенный ответ на этот вопрос мы не сможем. Наличие скачков в природе, повидимому, несомненно. С другой стороны, повидимому, не подлежит сомнению, что значительная часть углеводородов нефти возникла в результате регрессивной эволюции, так как нефть считается обычно продуктом распада органических веществ. Но также очевидно, что в организмах происходит прогрессивная эволюция углеводородов или тех веществ, из которых углеводороды нефти образовались, но проследить детально все стадии этой прогрессивной эволюции мы не в состоянии.

Непредельные углеводороды всего естественнее признать за продукты регрессивной эволюции соответствующих предельных. Но как

сравнить углеводороды жирного ряда с углеводородами ароматического ряда? Что сложнее: C_6H_{14} или C_6H_6 ? По числу атомов гексан сложнее бензола, но замкнутость цепи представляет качественное осложнение, которому невозможно дать количественную оценку. Возможно установить лестницу: альдегиды—кетоны—кислоты, но никто не решится сказать, что амид проще или сложнее сульфокислоты с тем же числом углеродов в частице. Что сложнее, что стоит выше на эволюционной лестнице: анилиновые краски, азокраски или полипептиды при одном и том же количестве углеродов? В тех случаях, где лестница возрастающей сложности может быть установлена более или менее точно (как напр. альдегиды—кетоны—кислоты—эфир), в лаборатории можно обычно изготовить те или иные звенья как в порядке прогрессивной, так и регрессивной эволюции¹.

Не подлежит никакому сомнению, что сложные органические соединения появились на земле в связи с развитием живых организмов и их эволюция шла параллельно с эволюцией последних. Поэтому вопрос о прогрессивной и регрессивной эволюции сложных органических соединений приходится оставить открытым до выяснения характера эволюции живых организмов. Однако, если мы, оставив в стороне органические соединения, остановимся только на минералах нашей земной коры, то здесь окажется уже значительно более легким расположить химические соединения для каждого элемента в порядке возрастающей сложности. Мы убедимся, что далеко не всегда простые соединения преобладают в земной коре по сравнению со

¹ Среди неорганических и более простых (т. е. состоящих из небольшого количества атомов) органических молекул мы обычно не встречаем таких, которые мы не могли бы приготовить в лаборатории путем синтеза или путем распада более сложных молекул при обменном разложении. Но дело меняется при переходе к молекулам высокой сложности, состоящим из большого числа радикалов. Возможно, что здесь некоторые синтезы для нас прямо практически неосуществимы, однако не по той причине, по которой мы не можем осуществить синтеза гелия из водорода или кислорода из гелия. Теоретический октокадекапентид, состоящий из 18 различных аминокислот, допускает существование около триллиона изомеров. Если мы получим из природы один из таких изомеров, мы с немой вероятностью определим достаточно точно, на какие аминокислоты распадается его молекула. Но при настоещем состоянии наших биохимических знаний мы не можем разрешить вопроса, в каком порядке эти аминокислотные группы расположены в молекуле этого полипептида, и вряд ли сумеем нанизать синтетически в том же порядке все эти аминокислоты одну вслед за другой. А тем не менее мы знаем, что в нашем организме такой синтез происходит, и каждую минуту нашей жизни в каждой клетке нашего организма синтезируются не только полипептиды, но и гораздо более сложные белки.

Мы называем этот синтез сложнейших соединений в нашем организме ничего не говорящим химиком термином „ассимиляция“—уподобление, обычно не придавая этому термину уточненного смысла. В своих прежних работах я пытался показать, что термин „ассимиляция“ имеет гораздо более глубокое значение, чем кажется с первого взгляда. Мне кажется очень мало вероятным, чтобы клетка или часть клетки, которая не содержит данного белка или белка, очень близкого к нему по своей структуре, могла синтезировать этот белок из аминокислот других обломков белковой молекулы, доставляемых в клетку извне. Но если среди коллоидов протоплазмы встречаются мицеллы состоящие из определенных белковых молекул, то обломки различных белковых молекул, аминокислотные и другие радикалы, омывающие в растворе данную мицеллу, накладываются на нее в той же кристаллической или мицеллярной решетке; мицелла растет и может распадаться, делиться. Отсюда я вывел положение, что каждая сложная белковая молекула в клетке возникает только при наличии уже ранее существовавшей такой же молекулы.

Биохимики еще очень мало занимаются изучением белков и неохотно ставят вопрос об их искусственном синтезе. Но я уверен, что в недалеком будущем этот вопрос будет действительно поставлен на экспериментальную почву и самый вероятный способ его разрешения именно тот, на который я указываю: синтез белков из смеси продуктов их распада в коллоидальном растворе с прибавкой в виде заготовки белковых мицелл того именно состава, какой желательнее получить конечно при соответствующем подобранном физико-химических условиях.

сложными. Некоторые сложные соединения обладают особенно широким распространением и очевидно благодаря своей устойчивости оказываются „победителями в борьбе за существование“ в условиях разных слоев земной коры.

Современные минералоги (у нас акад. Ферсман) производят точные подсчеты относительной распространенности отдельных минералов земной коры, и можно рассчитывать на то, что в будущем окажется возможным установить и здесь точные статистические закономерности, которые регулируют эволюцию химических соединений в различных областях земной коры.

4. Эволюция организмов

Уже для молекул нам трудно с точностью установить степень сложности, хотя по крайней мере один признак—количество входящих в их состав атомов—нам по большей части известен. Еще труднее найти принцип, по которому мы могли бы определенно различать высшие и низшие формы среди живых организмов.

Первый принцип, казалось бы наиболее правильный—оценка физиологической и морфологической сложности. Никто не будет оспаривать, что амеба, бактерия, спирохета или дрожжевая клетка построены с этой точки зрения проще большинства других организмов, во всяком случае проще, чем цветковое растение или позвоночное животное. Сложность последних сказывается вполне определенно в их морфологической и физиологической дифференцировке. Правда, каждый высший организм мы знаем в двух формах: в форме вполне развитого организма, у которого дифференцировка морфы и жизненных функций резко бросается в глаза, и в форме зиготы или отдельных гамет, кажущихся нам с первого взгляда такими же простыми, как амеба или спирохета. Но простота зигот только кажущаяся, потому что самой важной и сложной функцией зиготы является детерминация развития во взрослый организм. Не подлежит никакому сомнению, что в этом отношении зигота мыши бесконечно сложнее, чем паразитирующая в мышце амеба, хотя может быть по внешности между ними и не очень резкая разница. Если бы наши сведения о генотипах разных форм были более полны, то мы имели бы право заменить ряд организмов возрастающей морфо-физиологической сложности соответствующим рядом генотипов.

Весьма вероятно, что сложность генотипов того же порядка, как сложность молекул. Современная генетика устанавливает, что носителями всех расовых, видовых и пр. особенностей организма являются хромосомы, в которых отдельные единицы—гены—помещены в определенном порядке, совершенно так же как в определенном порядке размещаются радикалы в структуре сложной органической молекулы. На этом основании я высказал предположение, что в основе хромосомной структуры лежат сложнейшие огромные—длиной со всю хромосому—белковые молекулы, и с этой точки зрения каждый вид мог бы быть охарактеризован сложностью своей хромосомной молекулы, отвлекаясь от того второстепенного факта, что эта молекула обычно разделяется на несколько частей по числу хромосом. Но этой хромосомной молекулярной структуры мы не знаем и вероятно не скоро ее узнаем. Ни в каком случае сложность ее нельзя охарактеризовать одним числом генов, которое обнаруживает генетический анализ, с одной стороны потому, что этот анализ далеко не полон, а с другой потому, что сами гены могут быть резко различны по своей сложности. И даже в том

случае, если бы мы знали в совершенстве структуру видовой хромосомной молекулы, мы оказались бы перед той же трудностью, как при оценке большей или меньшей сложности молекулы анилиновой краски, азокраски или полипептида, содержащих одно и то же количество атомов.

Таким образом нам приходится ограничиться определением морфологической сложности фенотипа. Некоторые биологи спорят о том, что надо при этом поставить на первый план: физиологию или морфологию. Но это по-моему праздный спор вроде спора о том, что возникло ранее: яйцо или курица. Функция так тесно связана с формой, что их можно рассматривать только совместно. Оценка сложности различных животных и растительных типов производится обычно без определенных числовых критериев „на-глазок“. Вряд ли кто будет оспаривать, что кишечнополостные являются наиболее простым типом среди Metazoa, а хордаты (позвоночные) наиболее сложным: степень сравнительной дифференцировки этих типов настолько различна, что при определении ее больших разногласий не будет. Но я не решился бы также безапелляционно решить, что сложнее: восьминог или муравей, и думаю, что этого вопроса мы не могли бы разрешить даже в том случае, если бы великолепно знали во всех деталях физиологию и морфологию этих животных и даже точную молекулярную структуру их генов. В этом смысле также бесполезно было бы по-моему ставить вопрос о том, кто сложнее: лев, орел или акула. В школьных учебниках считается бесспорным, что классы, к которым принадлежат эти высоко дифференцированные организмы (млекопитающие, птицы, рыбы), занимают ряд последовательных ступеней эволюционной лестницы. Но это заключение выводится из соображений, не имеющих ничего общего с оценкой по сложности. Полагают, что и млекопитающие и птицы в своей эволюции прошли через стадию рыбы. Вряд ли кто будет оспаривать, что предки сухопутных позвоночных не от современных рыбобразных форм (только уже конечной сложности акулы). Но заменять лестницу постепенно возрастающей сложности исторически-эволюционным рядом значит совершать грубую логическую ошибку. Вместо того чтобы решать проблему: прогрессивна или регрессивна эволюция, — мы такой подстановкой всякую эволюцию должны были бы признать прогрессивной.

А между тем нельзя сомневаться в том, что эволюция в некоторых случаях бывает регрессивной — идет в сторону упрощения организации. Достаточно пока указать только на паразитические, сидячие и неотенические формы. Вряд ли кто станет отрицать, что ленточные и неотенические формы. Вряд ли кто станет отрицать, что ленточные и неотенические формы являются упрощенными по сравнению с их свободными предками (вероятно ресничными червями). Они потеряли кишечник и всю ту сложную систему органов, которая стоит в связи со свободным добыванием пищи. Осложнения (и то сопровождаемые упрощениями) в строении кожных покровов, в половых органах и в метаморфозе вряд ли покрывают собой общую упрощенность организма. Точно так же сидячие аннелиды повидимому развились из свободных путем упрощения организации, и такое же упрощение мы находим у усоногих раков в сравнении с свободно подвижными раками, какими были конечно их предки. На наших глазах из амблостом развиваются неотенические аксолотли, выпадает последняя наиболее сложная стадия развития, что конечно является упрощением. Весьма вероятно, что такой же случай неотенического упрощения имел место в эволюции коловраток и аппендикулярий, и их отдаленных предков следует искать среди сложно дифференцированных форм. Надо заранее слишком

твердо уверовать в прогрессивный характер всякой эволюции, чтобы отрицать очевидность регресса у всех этих паразитических, сидячих и неотенических форм, которые как правило являются упрощенными по сравнению с их более сложными предками, результатом потери большого количества генов, не возмещаемой приобретением некоторого числа новых генов¹.

¹ Возможно, что первым шагом к закреплению неотении у аксолотля или коловратки явилось возникновение нового гена, напр. подавляющего развитие щитовидной железы, в результате чего подавляется и метаморфоз. Но с того момента, когда взрослая стадия исчезла из эмбриологического развития, все гены, определяющие развитие утраченных органов взрослых стадий, становятся не ужными для вида, выходят из-под влияния естественного отбора и с течением времени мало-помалу автоматически выключаются из генотипа. Если бы экспериментатору удалось путем инъекции какого-нибудь гормона вызвать метаморфоз у аппендикулярия, то мы могли бы ожидать появления во всех органах претерпевшей метаморфоз личинки разнообразнейших уродств и недочетов вследствие накопления летальных для этой стадии генов и их накопления вследствие накопления летальных для этой стадии генов и их накопления вследствие накопления летальных для этой стадии генов и их накопления вследствие накопления летальных для этой стадии генов. То же следует заключить о генах кишечника ленточного червя и генах нервно-мышечной системы взрослой стадии балануса или саккуллин.

Неотения может ограничиться отдельными органами, остановка которых на ранней недоразвитой стадии происходит иногда в эволюции видов или даже целых отрядов без значительного осложнения генотипа под влиянием одного только гена. Мы имеем основания утверждать, что таково именно первоначальное происхождение антенн, хоботковых лопасти и гальтеров у двукрылых. Для каждого из этих органов у *Drosophila melanogaster* получены мутационные гены: *bithorax I*, *bithorax II*, *aristopedia* и *proboscipedia*, устраняющие эту неотению и возвращающие затронутые ею органы в прежнее состояние. Усики и хоботковые лопасти принимают форму членистых ножек, гальтеры превращаются во вторую пару крыльев. Очевидно, что миллионы лет назад неотения возникла у родоначальников отряда Diptera под влиянием немногих генов, подавивших развитие соответствующих органов, а теперь в опытах Бриджеса, Балкашиной и Астаурова эти гены мутировали обратно или же возникли новые гены, сразу отомкнувшие возникший в давние времена запор. Но за прошедший со времени редукции этих органов огромный период многочисленные гены, редуцированные и частью растерялись. Поэтому вторые крылья, хоботковые и усиковые ножки развиваются у *bithorax I*, *bithorax II*, *aristopedia* и *proboscipedia* неправильно, уродливо и с большими индивидуальными вариациями. Генотип их у мух несомненно сильно упрощен.

Любопытно, что все пять перечисленных генов дрозофилы помещаются в отдельных локусах на очень коротком участке третьей хромосомы. Так как в наших культурах гены — отмыкатели неотенических заповорозов возникли совершенно самостоятельно, независимо друг от друга, то топологическую связь между ними в хромосоме следует отнести к давно прошедшим периодам эволюции двукрылых. Возможно, что толчком к обособлению этого отряда послужило новообразование одного первоначального гена неотении, останавливавшего развитие первичного насекомого на той стадии эмбриогенеза, когда только начинали дифференцироваться задние крылья, жующие ротовые части и антенны. Но при дальнейшей эволюции отряда этот единый ген-запиратель дифференцировался и распался на отдельные локусы, как ген *scute* распадается по мнению некоторых генетиков на отдельные, но еще связанные между собой центры. В настоящее время вместо единого гена неотении мы имеем целый отрезок, на котором сосредоточены гены, задерживающие развитие отдельных органов и мухе. Обратные мутации, отмыкающие неотенические заповорозы, происходят поэтому в отдельных локусах независимо друг от друга. Таким образом результаты экспериментальных работ по генетике дрозофилы позволяют нам быть может вскрыть природу одного мутационного толчка к неотении, который имел место миллионы лет назад и о котором не сохранилось ясных палеонтологических данных.

Резкая неотения — напр. созревание половых органов на ранней личиночной стадии, под биой трох форе аннелид, — ведет за собой сначала сильное упрощение только фенотипа, в то время как генотип сохраняет свою сложность. При этом большие участки хромосом теряют активность, так как не имеют возможности проявиться в эмбриональном развитии за исключением тех стадий, на которых они обычно проявляются.

У дрозофилы мы устанавливаем действительно довольно большие участки X-хромосомы и почти целиком всю Y-хромосому именно в таком неактивном состоянии. Может быть такое состояние хромосомного аппарата следует признать доказательством того, что в развитии насекомых большую роль играли неотения. С другой стороны запас не проявляющихся в развитии генов, которые могут мутировать в гены, проявляющиеся в развитии уже неотенической формы, влечет за собой вы-

Некоторые биологи, останавливаясь перед трудностью разрешения вопроса о большей и меньшей сложности двух сопоставляемых организмов, заменяют характеристику по сложности характеристикой по приспособленности. Но прежде всего такая замена не приносит нам никакой пользы, так как оценить количественно приспособленность не менее трудно, чем морфо-физиологическую сложность. Притом же приспособленность характеризует в первую очередь изменение внешних условий, в соответствии с которыми изменяется организм. В сущности в каждый данный исторический момент все виды оказываются в равной мере приспособленными к условиям своего существования, и плазмодий малярии является не менее приспособленным, чем человек и анофел, между которыми распределяется его существование. Естественный отбор строго выкидывает все неприспособленные формы.

Но естественный отбор обеспечивает только некоторый минимум приспособленности. Ведь до настоящего времени прекрасно существует класс амфибий, несмотря на все несовершенства его приспособлений, сказывающиеся напр. в том, что здесь артериальная кровь смешивается с венозной, так сказать канализация соединена с водопроводом. Но это отнюдь не мешает амфибиям в течение десятков и сотен миллионов лет занимать свое определенное место в известных условиях земной природы, и к этим условиям они оказываются без сомнения гораздо лучше приспособленными, чем большинство позвоночных, появившихся позднее в эволюционной истории.

Казалось бы вопрос о большей приспособленности решается проще, когда палеонтология открывает ряд форм, сменявших одна другую в исторической эволюции. Сравнивая между собой ряд „предков лошади“, как его рисуют некоторые палеонтологи, мы конечно согласимся с тем, что в нем постепенно усиливаются приспособления к быстрому бегу и к питанию травянистым покровом. В современных условиях какой-нибудь эогиппус не мог бы вероятно выдержать конкуренцию с дикой лошадью Пржевальского, хотя еще вопрос, не сумел ли бы культурный человек использовать и его с большой пользой для себя в таких условиях, когда лошадь менее пригодна.

Но можем ли мы утверждать, что современная лошадь выдержала бы конкуренцию с эогиппусом, если бы попала в его эпоху и в его условия существования? Неуклюжий стегоцефал был без сомнения прекрасно приспособлен к климату, почве, условиям питания, к защите от хищников, паразитов и современных ему бактерий, от которых может быть быстро вымерли бы многие из его потомков, которые кажутся нам более приспособленными, а на самом деле приспособлены к совершенно иным условиям. Приспособление никогда нельзя оценивать отвлеченно, а только по отношению к совершенно определенным условиям, и поскольку о приспособленности заботился естественный отбор, все виды животных и растений, существовавшие в отдаленные эпохи и ныне существующие, оказываются одинаково приспособленными.

Некоторые биологи пытаются оценить прогресс количественно — увеличением числа особей вида и расширением площади его расселения; сужение площади и уменьшение числа особей считают признаком регресса. Однако резко бросающееся в глаза явление

сокую изменчивость последней и позволяет ей иногда обнаружить в дальнейшем пышный расцвет прогрессивной эволюции. Мы наблюдаем такой расцвет у полипов, коловраток и вероятно у первичных костистых рыб, птиц и млекопитающих.

биологических „волн жизни“, столь часто наблюдаемое среди всех животных, растений и в особенности наглядно среди насекомых, которые то появляются в известные годы на огромных пространствах в несметных количествах, то почти совершенно исчезают, вряд ли имеет прямое отношение к прогрессу или регрессу. И если бы мы захотели оценивать прогресс количеством особей и шириной их распространения, то муравьев и бактерий надо было бы поставить наравне с человеком на одну и ту же самую высшую ступень биологической лестницы. А еще несколько сотен тысяч лет назад в ледниковый период человек, отесняемый льдами, разбросанный маленькими группами среди суровой природы, мог бы пожалуй быть принятым за один из регрессивных видов.

Не надо забывать и того, что при всех определениях прогресса и прогрессивных форм огромную роль играет антропоцентризм классификатора, кто бы он ни был — наивный слагатель библейских сказаний или современный биолог. Всегда человеку кажется, что он является венцом прогресса, и ему отводится самая высшая ступень биологической лестницы, а ступени, непосредственно следующие книзу, предоставляются животным, наиболее похожим на человека. Очевидно требуется немало усилий для того, чтобы освободиться от этого ненаучного предрассудка.

Итак, разобрав различные подходы к определению оценки биологического прогресса, мы приходим к заключению, что принципы оценки как по приспособленности, так и по количественному росту, а тем более по близости к человеку должны быть отвергнуты. При эволюции агомов или молекул единственным прочным признаком прогресса является осложнение, морфологическая и физиологическая дифференцировка, а обратно — упрощение и дедифференцировка представляют собою регресс.

По существу правильнее было бы говорить об осложнении и упрощении генотипа, но за невозможностью оценки последнего приходится оценивать сложность фенотипа, что также очень затруднительно и в каждом отдельном случае может вызывать разногласия.

* * *

На первых шагах развития эволюционной идеи в биологии ученые охотно строили по примеру своих предшественников родословное дерево организмов в виде лестницы. Но уже Дарвин указал на частый случай возникновения новых видов путем дихотомического разветвления от прежде единого вида. Мало-помалу родословное дерево приняло форму действительно разветвленного дерева, концевые листочки которого соответствуют ныне существующим видам, а узлы главного ствола и ветвей — вымершим видам и группам видов (рис. 1). Некоторые исследователи предпочитают придавать ветвям форму хвоща с пучковым отхождением веточек от узла (рис. 2).

При таком схематическом изображении родословной прогресс (в смысле морфо-физиологического осложнения) может быть выражен отнесенным расстоянием каждого листочка дерева от основной горизонтальной линии следа рисунка. Расстояние каждого листочка от корневого конца ствола вдоль ветвей во всех случаях почти одинаково, так как эволюционная история каждого ныне существующего вида имеет одинаковую продолжительность, считая от периода появления первых организмов на земле.

Однако ни один из современных биологов не согласится признать такое родословное дерево действительным изображением эволюции органического мира. Прежде всего основные типы животного или растительного царства гораздо больше обособлены друг от друга, чем главные ветви этого дерева. Правда, большинство биологов

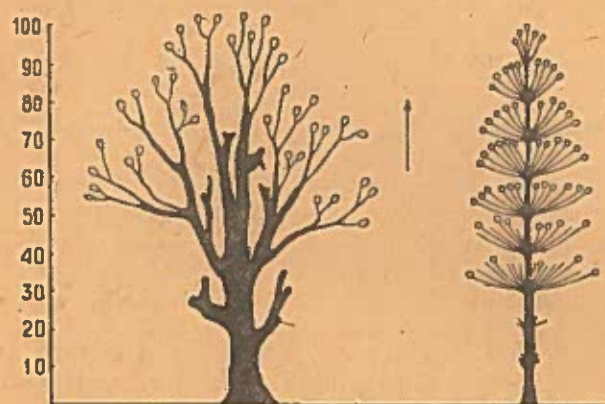


Рис. 1. Тип „дерева“

Рис. 2. Тип „хвоща“

(но не все) склонно приписывать миру организмов монофилетическое происхождение. Но основные типы отделились друг от друга так давно, что при самом широком полете сравнительно-морфологической фантазии связать их между собой, отвести от одного корня не представляется возможным, тем более что палеонтологические находки в этом отношении не могут нам дать положительного материала.

Вспоминая знаменитый спор между Кювье и Жоффруа Сент-Иллером, и современный биолог не может не встать на сторону Кювье в смысле отсутствия прямой связи между морфологией типов, конечно, вполне согласуя это отрицание с идеей единства эволюции организмов.

Второй крупный недостаток схемы родословного дерева заключается в том, что она очень мало учитывает явление регресса в эволюции.

Разветвления дерева поднимаются почти исключительно кверху, а легкие понижения некоторых концевых веточек по своему размеру совершенно не соответствуют размеру действительно наблюдающихся случаев регресса. Ниже я постараюсь на конкретных примерах показать, какую относительно очень большую роль играет регресс в эволюции организмов, что совершенно соответствует и теоретическим представлениям о роли регресса в эволюции других элементов природы, напр. атомов. Необходимо поэтому в родословную схему ввести принцип частого опускания побегов книзу при сохранении за ними способности давать молодые побеги снова вверх.

Мы избежим обоих недостатков родословной схемы, если вместо одинокого ветвистого дуба будем рисовать мангровую заросль, развившуюся за много тысячелетий от общего корня, т. е. целую группу стволов, растущих кверху с бесчисленными спускающимися книзу отростками, отходящие побеги которых могут снова подниматься вверх (рис. 3). Весьма частым в этой схеме будет образование стволов с обратным по сравнению с хвощом расположением мутовок

стебель идет вверх и от него с некоторыми промежутками отходит кольца спускающихся вниз веточек. Такая схема изображает очень часто по-моему встречающийся случай неуклонно прогрессивной эволюции типа отдельных форм, сопровождающейся однако взрывами гораздо более многочисленных регрессивных мутаций.

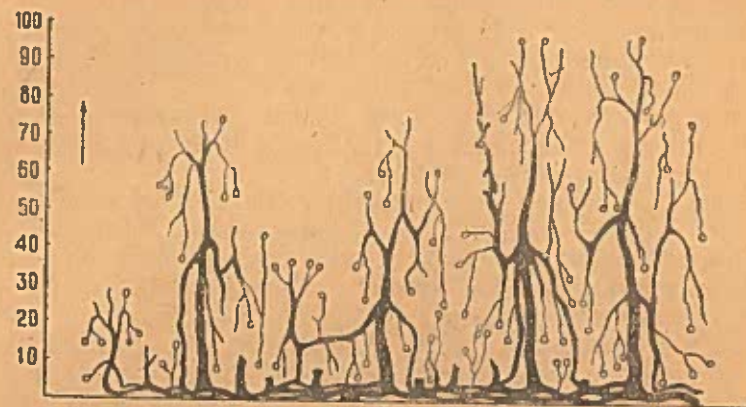


Рис. 3. Тип „мангровой заросли“

Для любителей родословных „деревьев“ такая схема может показаться чрезмерно сложной и запутанной. На самом деле и она далеко не передает всей сложности, имевшей, действительно место в естественной эволюции организмов. В огромном большинстве случаев каждый эволюционный скачок бывает одновременно и прогрессивным и регрессивным, т. е. упрощение морфологической и физиологической организации сопровождается большим или меньшим ее осложнением, дифференцировкой некоторых отдельных особенностей. Но это явление уже не может быть изображено на схеме: придается лишь приблизительно оценивать перевес регрессивных особенностей над прогрессивными и наоборот.

* * *

Переходя к конкретному рассмотрению отдельных частей нашей мангровой заросли, я остановлюсь прежде всего на частях ее, всего ближе расположенных к первоначальному ростку.

Если не говорить о таинственных бактериофагах и других фильтрующихся вирусах (последние может быть правильнее было бы называть не организмами, а „проорганизмами“), то есть среди существующих протистов ряд форм, которые могут претендовать на звание действительно простейших организмов, положивших начало эволюции органического мира: это — бактерии, дрожжевые грибки, амёбы, спирохеты. Однако из этой группы мы прежде всего должны развенчать спирохет, так как несмотря на общую простоту организации этих лишенных ядра и твердой оболочки одноклеточных они тесно связаны в своей паразитической жизни с высшими животными и являются не простыми, а несомненно упрощенными организмами. Некоторые протистологи развивают гипотезу, что спирохеты произошли от трипаносом и вторично утратили свое ядро. Последняя гипотеза отнюдь не может считаться доказанной, но сомневаться в том, что это — спускающийся книзу воздушный корень мангрового дерева, не приходится.

Все популярные книги, рисующие эволюцию животного мира, начинаются обычно с описания амёбы. Однако не может быть ни-

какого сомнения в том, что амёба—очень сложный организм с прекрасно развитым ядром, которое делится митотически. Амёба питается другими мелкими организмами или паразитирует у многоклеточных форм, и мы не можем представить себе, что жизнь началась на земле в форме амёбы. Некоторые выдающиеся ботаники (Pascher) настаивают на том, что амёбы являются результатом длительного регрессивного процесса и их предки были зеленые жгутиковые формы, обладавшие способностью питаться за счет углекислоты и минеральных солей, утилизируя энергию солнечного света. Наследием от этих предков остались у некоторых амёб жгуты, развивающиеся на определенных стадиях жизненного цикла. Таким образом и амёба является результатом регрессивной эволюции.

Бактерии, по крайней мере некоторые из них, ведущие свободный образ жизни вроде почвенных нитрифицирующих бактерий, могут в своем обмене веществ обходиться без содействия каких бы то ни было других организмов. Им нужен только источник азота в виде аммиака, сжигая который за счет кислорода, они могут синтезировать углеводы и белки в соответствующем растворе минеральных солей. В вулканических областях и теперь имеются условия, в которых налицо все необходимые для нитрифицирующих бактерий элементы—неорганического происхождения. И все же большинство ботаников не склонно признавать за бактериями такого первенствующего значения в эволюции органического мира. Бактерии связаны промежуточными формами с сине-зелеными водорослями, тоже безъядерными, но получающими свою энергию из солнечных лучей, задерживаемых пигментом. Значит и бактерий можно рассматривать как результат регресса, и притом довольно сложного, так как и сине-зеленые водоросли тоже вероятно не простые, а упрощенные организмы.

Дрожжевые грибки живут за счет сахара, который в природе вырабатывается выше их стоящими организмами: это конечно тоже спускающийся книзу воздушный корень мангрового дерева.

* * *

Переходя от типа простейших ко второму типу животного царства, мы у Mesozoa находим также преимущественно упрощенные формы, из которых некоторые спустились возможно с очень высоких ветвей. Это по большей части или сидячие, как губки, или паразитические формы, а сидячий образ жизни подобно паразитическому обычно ведет к многочисленным упрощениям организма. Кто может сказать теперь, как сложно дифференцированы были предки современных диктиемид, которые теперь паразитируют в теле определенных головоногих моллюсков и эволюционировали параллельно с этим чрезвычайно сложно дифференцированным классом животных?

Переходя к Metazoa, мы видим, что наша мангровая заросль не однородна, а распадается на участки с различными типами растительности. Одни из них обособлены от соседних чистыми просеками и полянами, другие связаны более или менее густо заросшими переходами. Некоторые участки представляют собой густую чащу, через которую почти невозможно пробраться; видя перед собой искривленные, перепутанные стволы и ветви, то спускающиеся до самой земли, то поднимающиеся вверх, трудно разобраться, где растущий вверх ствол, а где спускающийся книзу воздушный корень. На других участках стволы растут стройно вверх и между ними легко ходить, наблюдая то здесь то там отдельные свисающие воздушные корни. Высота стволов весьма разнообразна, порой мы входим в высокоствольную рощу, а есть участки, покрытые мелким

кустарником. Кое-где наряду с зеленеющими, покрытыми живой листвой растениями возвышаются мертвые сухие стволы—дошедшие до нас остатки вымерших групп, а в других местах весь сушняк погиб, остались только живые, дошедшие до современной эпохи формы. И все же эта заросль вся развилась от одного корня и связывающее все стволы корневище проходит где-то глубоко под землей, скрытое от наших глаз.

Участок, занятый типом кишечнополостных, резко обособлен прогалинами от соседних, только некоторые отдельные стволы перебегают от него к соседнему участку червей—может быть *Stenoplana*, *Coeloplana* и др. Главным стволом этой заросли является прямой высокий ствол, ведущий к наиболее „совершенным“ гидромедузам с вполне развитыми свободно живущими медузами и с сидячим гидроидным поколением. Большинство отмерших боковых суков на этом стволе отвалилось и об эволюции нашего прогрессивного типа мы знаем поэтому очень мало. Только где-то от середины ствола поднимается боковая ветвь или пучок боковых ветвей к медузам, лишенным гидроидного поколения, по всей вероятности не утратившим своей личиночной прикрепленной стадии, а никогда не имевшим ее. Эта ветвь свидетельствует как будто о том, что гидроидное сидячее поколение является сравнительно поздним приобретением класса гидромедуз, значительно повысившим общую морфо-физиологическую дифференцировку типа: понадобилось возникновение большого числа новых генов, осложняющих генотип, чтобы ствол гидромедуз поднялся до верхушки, до высшей стадии дифференцировки.

Верхушка основного ствола окружена кольцами воздушных корней, спускающихся к формам с упрощенной вторично дифференцировкой, с постепенно исчезающим медузным поколением. Повидимому гидромедузы особенно легко мутировали и продолжают мутировать в направлении неотении. Так как медузное поколение исчезает повидимому совершенно независимо у родственных между собой видов гидромедуз, то отсюда можно вывести заключение, что первым толчком к этому упрощению является самостоятельное возникновение одного или немногих генов, индуцирующих первую стадию неотении—сохранение медузоида на стебельке гидроида или остановку медузоида на эмбриональной стадии. Вслед за тем возникали—также независимо в разных линиях—гены, переносившие созревание зачатковых клеток на все более и более ранние стадии, медузоиды превращались в гонофоры, гонофоры в споросаки. Пресноводная гидра соответствует повидимому воздушному корню, спустившемуся всего ниже: здесь не осталось уже никаких следов медузоидного поколения и за долгий период неотенического состояния гидры из ее генотипа в отсутствие подбора исчезли конечно все гены, когда-то регулировавшие развитие сложных гастроваскулярных каналов, нервной системы и органов чувств. Если стать на такую точку зрения, придется признать, что не только фенотип, но и генотип пресноводной гидры чрезвычайно упрощен по сравнению с генотипом гидромедуз, обладающих правильной сменой поколений.

Любопытно, что такая же склонность к неотении, мутабельность в том же направлении наблюдается и у второй основной группы кишечнополостных—Scyphozoa. Здесь мы также имеем формы со сменой поколений среди сцифомедуз и неотенические формы, у которых бесследно выпало половое поколение (кораллы, актинии). Конечно общая дифференцировка у актинии сложнее, чем у гидрополипа, мангровая заросль здесь повыше и воздушные корни спускаются не так близко к земле.

Тип червей—это самая глухая чаща в центре нашей мангровой заросли,—чаща, через которую не удалось пробраться ни одному зоологу. Лишь немногие стволы поднимают свои верхушки выше верхнего уровня этих перепутавшихся между собой кустов, но и те почти от самой вершины спускают вниз бесчисленные воздушные корни. Несколько более других обособлена группа плоских червей. Ее свободно живущие члены—ресничные черви как-то связаны повидимому с ктенофорами из кишечнополостных и с дициемидами из Mesozoa. Но может быть эти связи—плод фантазии зоологов. Ныне существующие ресничные черви довольно легко располагаются в один ряд: Polyclades, Triclares, Rhabdocoela, Allocoela, Acoela; но невозможно решить, представляет ли вертикальная ветвь, внизу которой сидит веточка Acoela, а вверху веточка Polyclades, поднимающийся вверх ствол прогрессивной эволюции (мнение Графа) или же спускающийся вниз воздушный корень регрессивной эволюции (мнение Ланга). Однако если даже не становиться всецело на весьма остроумную точку зрения Ланга, все же нельзя не признать, что в группе ресничных червей много случаев очевидного регрессивного метаморфоза. И уже во всяком случае основной ствол ресничных червей окружен различными воздушными корнями, спускающимися далеко книзу и изображающими регрессивную эволюцию в группах паразитических сосальщиков и ленточных червей. Как бы высоко мы ни расценивали дифференцировку кожных покровов, прикрепительных аппаратов и сложность жизненного цикла у этих форм, во всяком случае здесь налицо и признаки явного регресса. У ленточных червей бесследно пропал отличительный признак всех Metazoa—кишечный канал, и они возвратились к тому способу питания, которой характерен для Mesozoa и для паразитических простейших.

Подтип кольчатых червей возглавляется также стройным высоким стволом свободноживущих полихет, для роста которого понадобился ряд сложных прогрессивных мутаций. Но и от него во все стороны рассыпались многочисленные спускающиеся книзу воздушные корни—линии регрессивных мутаций. Достигнув „высокого“ развития, генотипы свободноживущих кольчатых червей получили способность мутировать в самых различных направлениях, но преимущественно в сторону упрощения. И мы видим, что кольчатые черви дали начало многочисленным в значительной степени упрощенным формам, легко приспособившимся к полусидячему или сидячему образу жизни, к жизни в пресной воде и на земле и в особенности к жизни в мокром песке, остающемся на берегах океана после отлива. Именно в этих последних условиях развились своеобразные гефиреи и Prosoprocta, у которых от дифференцировки аннелид остались только полость тела и брюшная нервная цепочка, утратившая в большей или меньшей степени сегментацию. Конечно организация Sipunculus и тем более Priapulius в морфо-физиологическом отношении гораздо более проста, чем организация какой-нибудь Nereis, что не мешает однако и этим формам быть прекрасно приспособленными к своим условиям обитания. Не исключена возможность, что и здесь сыграла известную роль неотения, т. е. перенесение половой зрелости на более раннюю стадию и постепенное выкидывание всех генов, которые проявляются фенотипически на более поздних стадиях,—генов, управляющих сегментацией, расчленением нервной системы, развитием нефридиев.

Еще более вероятно, что неотения сыграла существенную роль при развитии мишанок, которых можно сравнить с сидячими трох-

форами, а в особенности в эволюции Коловраток, сходство которых с трохофорой так поразительно. Вокруг одинокого мощного ствола свободных аннелид разместились пятнами густые поросли низких кустарников, каждая из своего спустившегося далеко вниз воздушного корня.

Не буду останавливаться на одиноком невысоком стволе круглых червей, происхождение которого остается загадочным. Но вряд ли кто будет оспаривать, что организация этой группы сильно вторично упрощена, что она поднялась от спустившегося книзу воздушного корня какого-то другого хорошо дифференцированного ствола и что в генотипе этой группы затерялись многочисленные когда-то существовавшие гены.

Плато, занятое иглокожими, лежит обособленно, окруженное со всех сторон чистыми прогалинами. Вряд ли можно сомневаться, что сюда зашел один из воздушных корней, спустившийся с какого-то ствола червей, обладавших личиночной стадией трохофоры: слишком велико сходство между последней и личинками иглокожих. На этом плато выдвигается несколько прямых стволов, представляющих отдельные классы иглокожих, ныне существующих и вымерших. В противоположность густой чаще червей промежутки между отдельными стволами чисты, каждый из них можно обойти вокруг, не запнувшись даже о связующее их скрытое в земле корневище. Конечно и здесь есть воздушные корни, но они не бросаются в глаза. Ветвь одного из оголенных засохших стволов загнута книзу: это—голотурии, вторично утратившие или почти утратившие свой скелет. Есть что-то в генотипе иглокожих, затрудняющее регрессивный метаморфоз в больших размерах, может быть какие-либо особенности хромосомального аппарата. А с точки зрения фенотипа личинка иглокожих казалась бы столь же легко, как трохофора, могла бы достигнуть половой зрелости без метаморфоза.

Плато, занятое типом моллюсков, похоже на только что описанное: здесь те же одинокие стволы—классы, связь между которыми нам не ясна. И здесь наличие трохофорообразной личинки указывает на какую-то связь с центральной зарослью червей, но отсутствие сегментации и брюшной нервной цепочки свидетельствует о том, что связь эта очень древняя, может быть через какие-нибудь неотенические формы. Но в заросли моллюсков почти на каждом стволе ясно видны спускающиеся книзу воздушные корни, соответствующие столь широко распространенной среди моллюсков утрате раковины—частичной или полной.

Роскошное плато членистоногих покрыто великолепной зеленью, за которой скрываются отдельные скелеты вымерших классов. В генотипе членистоногих есть какие-то своеобразные особенности, затрудняющие крупные изменения фенотипа и в то же время способствующие возникновению разнообразных мелких особенностей. В настоящее время нет типа, более богатого видами, чем членистоногие, и в то же время их главные классы построены каждый по строго определенному плану, который во всех существенных подробностях—вплоть до числа сегментов—повторяется почти в каждом виде этого класса. Даже паразитические формы—несомненные воздушные корни—в этом отношении по большей части слабо отличаются от дашних им начало поднимающихся вверх прогрессивных стволов: по крайней мере личинки большинства паразитических ракообразных построены по типу свободноживущих членистоногих. Огромное число несомненно регрессировавших видов, как напр. бескрылые насекомые или слепые пещерные обитатели, отличается

от крылатых и зрячих вероятно лишь небольшими упрощениями генотипа вроде того, которое описано выше (стр. 485 и след.) для дрозофилы. Самое значительное упрощение наблюдается у усоногих раков, в особенности у паразитических форм среди этой группы; оно может быть также связано со своеобразной неотенией.

Заросль членистоногих более, чем в других типах, на которых мы останавливались, похожа на рошу обычных деревьев с поднимающимися вверх ветвями и относительно короткими воздушными корнями. Некоторые деревья этой роши очень высоки, принадлежат к наиболее высоким стволам всей плантации животного царства. В особенности перепончатокрылые и среди них в первую очередь муравьи по высоте своей своеобразной морфологической и физиологической дифференцировки могут поспорить с наиболее сложными представителями типа позвоночных, не исключая пожалуй даже человека. Кажется на земной поверхности нет дерева, нет удобного камня, которые не составляли бы собственности той или иной колонии муравьев. А по сложности врожденных безусловных рефлексов—инстинктов—у них нет соперников в живой природе.

Плато типа хордовых заросло уже не рошей, а целым лесом. Этот лес соединяется где-то с зарослью типа червей: к нему подходит повидимому корневище от ствола кольчатых червей, но оно скрыто под почвой, и биолог только приписывает этому корневищу некоторые стоящие в промежуточной области побегои вроде *Valanoglossus*. Лес позвоночных хорошо расчищен, всюду видны поднимающиеся вверх прямые ветвистые стволы и связующие их горизонтальные корневища часто заметны вполне определенно. Отмершие деревья и ветки сохранились в довольно хорошем состоянии, так как ископаемые формы дошли до нас в лучшем виде и в большем количестве, чем в других типах, и в некоторых случаях дают возможность строить выводы об исторических связях между отдельными группами. Каждый класс позвоночных представлен и мелким подлеском и более высокими стволами, в каждом есть великаны, достигающие предельной для позвоночных величины, так как при сравнении акулы, орла и льва нельзя ни одной из этих форм отдать преимущество перед другими по сложности морфо-физиологической дифференцировки. Повидимому к таким гигантам следует отнести и некоторые из вымерших групп амфибий и рептилий, которые были конечно не менее сложно организованы, чем ныне существующие травоядные и хищные млекопитающие.

При входе в лес позвоночных со стороны заросли аннелид мы сталкиваемся со своеобразной группой первичных хордат. Здесь центральное место занимает одинокая веточка ланцетника с одним или немногими зелеными листочками. Обычно личинка ланцетника с примитивным устройством хорды и нервной системы, чрезвычайно простой кровеносной системой, с многочисленными жаберными щелями и в особенности с интересной системой сегментальных органов считается наиболее близко стоящей к прародительскому типу всех хордат. Но с другой стороны не подлежит сомнению, что ланцетник несет на себе самые явные следы упрощения, связанного с приспособлением к жизни в песке. Значит этот зеленый росток вырос где-то на воздушном корне, низко спустившемся от своего первоначального ствола, и носит на себе признаки неотении (*Amphioxides* Гольдшмидта).

Но отдав веточку к ланцетнику, этот воздушный корень продолжает спускаться и дает целый венец воздушных корней, от каждого из которых отходят зеленые веточки современных оболочников. Личинка асцидий еще более упрощена, чем личинка амфиокса, так как

взрослая асцидия приспособилась к сидячему образу жизни и целый ряд важнейших органов типа хордат ей оказался ненужным. В результате соответствующие гены могли совершенно выпасть из генотипа асцидий. Сложные асцидии возникли конечно путем усложнения генотипа, но и это усложнение сопровождалось различными упрощениями как фенотипа, так и генотипа. Вторичный возврат к планктонному образу жизни у пиросом и сальп повлек за собой с одной стороны упрощение организации, пропажу хвостатой личиночной стадии, а с другой—значительные усложнения благодаря выработке органов движения, органов чувств, свечения и других приспособлений к планктонному образу жизни. В особенности осложненным представляется генотип *Doliolum* с его характерной сменой поколений, стоящей много выше по сравнению со сменой поколений в других типах животного царства. Поэтому *Susclomyaria* заслуживают того, чтобы им отвести довольно высокий ствол в лесу хордат, хотя этот ствол начинается от воздушного корня, спустившегося далеко вниз.

Группа аппендикулярий—типичная неотеническая группа: здесь исчез весь фенотип взрослого, вероятно сидячего животного, и половые органы достигают зрелости на стадии личинки весьма упрощенного строения. Конечно при этом вследствие отсутствия отбора из генотипа мало-помалу пропало большое количество генов, проявлявшихся только на взрослой стадии, хотя с другой стороны возникли многочисленные новые гены, так как аппендикулярии довольно богаты вилами.

Идя далее, мы сталкиваемся с круглоротыми, которые также несут признаки приспособления к полупаразитическому образу жизни. Некоторые из этих признаков могут быть отнесены к приспособительно-прогрессивным (строение рта), но другие—регрессивны (редукция органов чувств). Как всегда в сравнительно-анатомических вопросах, трудно решить, является ли отсутствие парных конечностей, зубов и чешуи примитивным признаком или результатом упрощения. Во всяком случае весьма вероятно, что ветвь круглоротых является отпрыском нисходящего воздушного корня. Наличие личиночной формы у миноги—аммоцета—намекает на возможность, что в развитии круглоротых могла играть некоторую роль неотения.

Палеонтологическая история позвоночных в каждом классе богата примерами полного вымирания наиболее совершенных из существовавших когда-то типов. В особенности изобилуют такими примерами классы рыб, амфибий и рептилий. На этих участках почти самыми высокими мощными стволами являются засохшие, исчезнувшие. Заполняющие в настоящее время фауну океанов и пресных вод костистые рыбы без артериального конуса, без спирального клапана кишки представляют собой эпигонов мощной фауны палеозойских рыб, и их родоначальники—ископаемые *Teleostei* раннего мезозоя—носят на себе следы упрощения, неотении. Точно так же и современные амфибии представляются нам во многих отношениях упрощенными по сравнению с великолепными стегоцефалами, и во всяком случае исчезновение мощного костного панцыря нельзя принять иначе, как за упрощение, связанное с редукцией их генотипа. Среди современных амфибий широко распространена неотения, всегда влекущая за собой редукцию фенотипа. Кроме аксолотля, неотения которого недавнего происхождения и может изучаться экспериментально, к неотеническим формам мы вправе отнести также и протей и сирену и всех вообще *Perennibranchiata*, а может быть и *Derotremata*.

Немногие живые стволы в участке рептилий отступают на второй план по сравнению с мощными засохшими стволами ископаемых

групп. Во всяком случае оба молодых отряда—ящериц и змей—нельзя отнести к наиболее „высоким“ представителям класса. У змей редукция конечностей вряд ли покрывается всецело прогрессивными приспособлениями к скользющему движению. Птицы и млекопитающие находятся в настоящее время в расцвете своей эволюционной истории. Но все же нельзя забывать, что среди *Cursors* исчезли самые мощные представители этой группы, как исчезли и самые крупные формы среди млекопитающих. Если правда, что птицы связаны по своему происхождению с динозаврами, то во всяком случае не с наиболее „совершенными“ огромными представителями этой группы, и развитие птиц началось с процесса некоторой редукции передних конечностей, у *Cursors* совсем или почти совсем исчезнувших.

Точно так же и весь класс млекопитающих возник из ничтожных по своим размерам и мало дифференцированных форм, совершенно терявшихся среди грандиозных представителей фауны рептилий и амфибий на пороге мезозойской эры. У нас нет данных для того, чтобы утверждать, что эти прародичи млекопитающих явились результатом регрессивной эволюции или неотении, но у нас нет и оснований отрицать такую возможность. За то, что предками млекопитающих были неотенические формы, говорит высокая пластичность, мутабельность их генотипа, позволяющая подозревать в их фенотипе большое количество неактивных, т. е. не проявляющихся в нормальном развитии, генов.

В пределах истории каждого отряда млекопитающих у нас нашлось бы также немало примеров регрессивной эволюции, но в настоящей статье нет возможности на них останавливаться.

Наконец человек. С обывательской точки зрения он конечно венчает процесс прогрессивной эволюции, но в этом вопросе человеку трудно быть беспристрастным. Без сомнения на такое самовозвеличение человеку дает право высокое развитие его головного мозга, в особенности в смысле способности к образованию бесконечного числа условных рефлексов, столь резко отличающих *Homo sapiens* от всех других видов животного царства, не исключая так называемых „общественных“ насекомых. Впрочем мир безусловных наследственных рефлексов и инстинктов у человека исключительно беден, упрощен.

Если взять физическую природу человека во всех других отношениях, то могут возникнуть сомнения относительно всестороннего „совершенства“ человеческой природы. Все-таки человек—большоголовый урод, лишенный шерсти, с очень посредственными органами чувств, не могущий использовать передних конечностей при передвижении и потому передвигающийся относительно медленно, лишенный когтей для обороны, со слабыми зубами, без хвоста. Конечно высокое развитие мозга позволило человеку восполнить с избытком все эти недостатки своей природы, и теперь ему не нужно ни шерсти, ни зубов, ни когтей, ни быстрых ног, чтобы во всех отношениях далеко откинуть назад своих соперников в борьбе за существование. И все же по многим генам генотип человека является без сомнения упрощенным по сравнению с генотипом его отдаленных предков, и, схватившись врукопашную, человек не одолел бы ни гориллы, ни орангутана, ни даже пожалуй шимпанзе. Многие анатомы и биологи находят в организации человека целый ряд неотенических признаков. пропали те особенности, которые особенно характерны для взрослого обезьяноподобного предка. С сравнительно-анатомической точки зрения человека приходится сравнивать с детенышами человекообразных обезьян. Как и в других случаях, неотения повлекла за собой

упрощение—по крайней мере частичное—генотипа и вместе с тем перевела в запас большое количество инактивированных генов, обеспечивших высокую мутабельность человеческого типа.

* * *

В своем беглом очерке я счел необходимым особенно подчеркнуть разнообразные этапы регрессивной эволюции, рассеянные по всем группам животного царства. Эта картина приобрела бы еще большую яркость при охвате палеонтологических фактов. Какую бы группу животных, оставивших следы в палеонтологической летописи, мы ни взяли, везде мы встречаем картину гибели целых классов, когда-то процветавших и в свое время достигших высокой степени совершенства. Где те разнообразные гигантские нуммулиты, которые когда-то в огромных количествах заселяли моря и океаны? Современные *Fogaminifera*—их эпигоны!.. Исчезли с лица земли аммониты и белемниты, и огромное количество их сложных раковин составляет значительный процент осадочных отложений мезозойской эры; современные спруты и каракатицы являются конечно результатом регрессивной эволюции и только наутилус благодаря какой-то загадочной прочности своего генотипа дошел до нас. Среди позвоночных животных в каждом классе мы замечаем расцвет крупных прекрасно дифференцированных групп в древних эрах и их дальнейший упадок, приводящий часто к полному исчезновению. Эти достоверные исторические свидетельства весьма углубляют наши знания относительно эволюции организмов, вследствие чего эти знания оказываются гораздо более убедительными, чем наши теории по эволюции атомов, астрономических тел и минералов, основанные исключительно на сравнительном и отчасти экспериментальном методах.

Огромное значение регрессивных процессов в эволюции животного царства не должно удивлять нас, так как это явление вытекает из применения второго закона термодинамики, т. е. общей направленности исторического процесса к переходу из сложного в простое. Милликен остроумно иллюстрировал этот закон шуточной детской песенкой про разбившееся яйцо:

Шалтай болтай на стенке примостился,
Шалтай-болтай упал и разбился,
И все королевские кони и вся королевская рать
Не в силах снова шалтай-болтая поднять.

В научной палеонтологии эта мысль получила название „закона Долло“ о необратимости регрессивной эволюции. Однако не следует понимать этого закона в том смысле, что раз регрессивный процесс начался, он не может остановиться, а непрерывно углубляется и приводит регрессирующую группу к полному исчезновению. Нет никаких теоретических препятствий к признанию того, что на любой стадии регресса эволюционный процесс может переменить свое направление и стать снова прогрессивным, но уже не по прежнему пути, а по более или менее измененному. Ведь вероятность точного повторения прежнего пути в обратном порядке ничтожно мала вследствие огромного числа возможных комбинаций. Однако современная генетика вопреки „закону Долло“ не исключает возможности, что некоторые органы, исчезнувшие в результате неотении, снова восстанавливаются в дальнейшем эволюционном процессе, так как зачатки их сохраняются еще долгое время в генотипе в форме не проявляющихся вследствие торможения генов.

Однако несмотря на широчайшее распространение регрессивных процессов в эволюции организмов никто конечно не станет здесь на точку зрения физика Джинса и не сможет отрицать того, что общее направление эволюции организмов на земле — прогрессивное: от простого к сложному. Правда, начало палеонтологической летописи не дошло до нас, и в древнейших, содержащих уже ископаемые остатки слоев фауна и флора оказываются очень сложными и дифференцированными; правда, еще можно спорить о том, не сложнее ли мезозойская фауна ганоидов и рептилий, чем современная фауна костистых рыб, птиц и млекопитающих. Но все же ни у одного современного эволюциониста не может появиться сомнения в том, что когда-то в докембрийскую эпоху фауна и флора были бесконечно проще.

В палеонтологической истории различных животных, в особенности среди рептилий и млекопитающих, не раз возникала борьба между травоядными и хищниками, причем обе группы состязавшихся оказывались способными к прогрессивному осложнению и специализации. Естественный отбор повышал одновременно способность жертв к обороне и хищников к нападению. Травоядные постепенно увеличивались в размерах, становились сильнее, приобретали специальные орудия обороны, быстроту ног, стадные инстинкты. Но параллельно этому и хищники развивали силу и ловкость движения, могучие зубы и вооруженные лапы. На этой стадии эволюция имела без сомнения ярко выраженный прогрессивный характер. Однако в очень большом числе случаев такой прогресс в смысле морфо-физиологической дифференцировки приводил к гибели высокодифференцированные формы. Очевидно увеличение размеров не могло прогрессировать дальше определенного предела, так же как и остальные специализированные особенности травоядных гигантов, и они вымирали, унося с собой всю богатую фауну и флору паразитов и нахлебников, которые строго на них специализировались, пройдя также прогрессивную эволюцию. Конечно вслед за гигантами-жертвами вымирали и гиганты-хищники, так как не могли же они перейти на мелкую добычу. Высокая дифференцировка в связи с высокой специализацией обычно сопряжена с понижением пластичности и при значительном изменении внешних условий может привести к гибели. Место в природе, освободившееся от вымиравших высокодифференцированных групп животных, занимали пластичные простые или упрощенные формы, и процесс усложнения генотипа жертв и хищников под влиянием естественного отбора начинался сызнова, иногда с тем же конечным результатом.

Таким образом приспособленность, возникшая путем прогрессивной эволюции, часто несла с собой угрозу гибели, и при вновь создавшихся условиях регрессивные или менее специализированные формы оказывались более приспособленными и побеждали в борьбе за существование. Даже те биологи, которые стоят на точке зрения Лотки и верят в то, что все последующие генотипы являются лишь комбинацией генотипов, ранее существовавших, признавая таким образом первоначальную дифференцировку основных элементов морфологических и физиологических особенностей, не станут конечно отрицать, что комбинации этих единиц по мере эволюции постепенно, хотя и скачками, усложнялись. А большинство современных генетиков убеждено, что гены не только комбинируются при скрещивании в более сложные системы, но и мутируют, часто упрощаясь при этом, но иногда и усложняясь.

Возможность и даже неизбежность прогрессивного элемента в эволюции организмов вытекают из следующих соображений. Среди сантильонов теоретически возможных генотипов, т. е. комбинаций постоянно мутирующих наследственных единиц, не все оказываются в одинаковой степени стойкими. Одни гены легко мутируют, как ген белой окраски глаз у дрозофилы и его многочисленные аллеломорфы, другие, наоборот, очень стойки и не дают никаких мутаций. С другой стороны некоторые генотипы настолько прочно уравновешены, что сохраняются почти неизменными в течение миллионов и десятков миллионов лет (*Nautilus*, *Ligula*), а другие непрерывно перекombинируются и мутируют (большинство цветковых растений, насекомые, костистые рыбы, птицы, млекопитающие). В мире атомов этому явлению соответствует различная стойкость разных комбинаций между протонами и электронами: атомы с четным порядковым номером более прочны, чем нечетные, а из первых те, номер которых делится на 4, еще прочнее. Поэтому кислород, кремний, железо и др. оказываются более распространенными в природе, чем более простые атомы, вероятность возникновения которых должна была бы быть выше. Вероятность возникновения сложнейшего генотипа *Nautilus* может быть ничтожно мала в сравнении с вероятностью возникновения какой-нибудь корненожки, и тем не менее генотип *Nautilus* сохранился до настоящего времени, не подвергнувшись регрессивной эволюции, в то время как возникший одновременно с ним генотип корненожки может быть распался и исчез с лица земли миллионы лет назад. А близкие к наutilusу его современники с более изменчивым генотипом изменились как в сторону прогрессивной, так и в сторону регрессивной эволюции и успели создать в мезозойскую эру богатейшую разнородную фауну аммонитов и белемнитов, но почти все их генотипы оказались недостаточно стойкими за исключением немногих, которые дошли до нас, соединяя в себе с одной стороны признаки очень высокой дифференцировки, а с другой признаки упрощения. На основании подобных фактов мы сделаем вывод, что признак стойкости может быть в равной мере свойственен как более простым, так и более сложным генотипам. Но для усложнения генотипа в эволюционном процессе требуется время, а потому естественно, что по мере продвижения вперед эволюционной истории возникает все больше и больше усложненных стойких генотипов, некоторые из которых в дальнейшем упрощаются, а другие являются исходными для дальнейшей прогрессивной эволюции или остаются неизменными.

Не надо забывать, что мир организмов отличается от мертвой природы способностью размножения, в силу которой раз возникший благодаря редкой случайности стойкий генотип получает огромные преимущества и закрепляется на долгий срок. А с другой стороны огромные преимущества в борьбе за существование получают в том случае, если стойкость генотипа сочетается с приспособительными особенностями фенотипа. Во многих случаях приспособление фенотипа достигается и при упрощении — при неотении, переходе к паразитическому образу жизни и т. д. Но чем далее вперед подвигается эволюционная история земных организмов, тем более накапливается число сложных стойких генотипов, которые одновременно оказываются и наилучше приспособленными к окружающим условиям.

Поэтому представляется понятным, что в мире организмов, которые благодаря естественному отбору всегда являлись и продолжают являться в равной мере приспособленными к внешним условиям независимо от степени их сложности или упрощенности, по мере продвижения вперед эволюционного процесса появляется все боль-

ше и больше форм постепенно возрастающей сложности и дифференцировки. Сложность и дифференцировка организмов несмотря на частые отступления в сторону регресса непрерывно прогрессируют. Это есть следствие статистических закономерностей, накопления с течением времени редчайших, маловероятных комбинаций, сочетающих сложную дифференцировку генотипа с его стойкостью и с достаточной приспособленностью фенотипа к внешним условиям.

* *

В своей прекрасной книге „Вселенная вокруг нас“ астроном Джинс утверждает, что нашей земле, которая существует несколько более одного миллиарда лет, более или менее обеспечено существование еще в течение биллиона или даже более лет до охлаждения или падения на солнце. В течение этого периода, в тысячу раз превышающего предшествующий период эволюции земного органического мира, процесс эволюции будет конечно продолжаться как в сторону вероятного регресса, так и в сторону прогресса, менее вероятного, но не менее стойкого. Есть все основания думать, что за этот огромный период органическая жизнь на земле обогатится новыми „высшими“ формами, о сложнейшей морфологической и физиологической дифференцировке которых никакая научная фантазия не может дать нам даже приблизительного представления.