

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования

«Пензенский государственный университет»

Медицинский институт

Кафедра «Биология»

**«Гипотезы происхождения эукариотических
клеток. Возникновения многоклеточности»**

М.В. Ларина

Введение

Все живые организмы на Земле обычно делят на прокариот и эукариот. Главной особенностью прокариот в отличие от эукариот является отсутствие у них полноценного клеточного ядра, покрытого мембраной. Клетки прокариот имеют очень небольшие размеры порядка 1 мкм. Объем эукариотических клеток, содержащих полноценное ядро, в 800 – 1000 раз больше объема клеток прокариот. В связи с этим клеткам – эукариотам необходим для выполнения жизненных функций гораздо больший мембранный аппарат. Действительно, в эукариотической клетке выявлены субклеточные структуры, окруженные независимыми от плазмалеммы и друг от друга мембранами. Эти структуры называются органеллами. Каждой органелле: митохондрии, хлоропласту, ядру, лизосомам, аппарату Гольджи и т. д. присущи свои специфические функции в жизни клетки.

С помощью молекулярно – биологических подходов получены убедительные доказательства того, что все живые существа должны быть разделены на 3 надцарства: бактерии, археи и эукариоты. Бактерии и археи возникли на Земле от общего предка - так называемого прогенота - около 4 млрд. лет назад, а эукариоты по данным палеонтологов появились на Земле через 500 млн. лет после прокариот. Наиболее популярной и достаточно обоснованной идеей происхождения эукариотических клеток, в настоящее время является идея многократного эндосимбиоза различных прокариот. По представлениям известных микробиологов А. Клюйвера и К. Ван Ниля, именно у древних прокариот произошел отбор клеток с наиболее экономичными и зачастую полифункциональными биохимическими реакциями, ставшими основой важнейших путей метаболизма.

1. Несколько прокариот образуют одну эукариоту.

Клетки - это ограниченные мембранами системы, наименьшие из биологических единиц, способных к саморепродукции. Даже мельчайшие клетки содержат гены в форме молекул ДНК (одной или нескольких) и белоксинтезирующий аппарат, состоящий из нескольких типов РНК и множества белков. Все клетки содержат рибосомы – тельца диаметром около 0,02 мкм, состоящие из РНК по меньшей мере трех типов, и примерно пятидесяти различных белков. Прокариотические организмы – наименьшие биологические единицы, которые удовлетворяют этому определению клетки. У них нет ядер. С другой стороны, одиночные эукариотические (имеющие ядро) клетки в известном смысле вообще не являются единицами. Это комплексы различных белоксинтезирующих единиц (нуклеоцитоплазмы, митохондрий и пластид), тип и число которых варьирует в зависимости от видовой принадлежности. Таким образом, согласно этой теории, эукариотические клетки возникли в результате кооперации первоначально независимых элементов, объединившихся в определенном порядке. Тэйлор назвал такое представление о раздельном происхождении и развитии частей эукариотической клетки и их последующем объединении - теорией последовательных эндосимбиозов. Условия высокой температуры и кислотности привели к выработке в нуклеоцитоплазме особого класса белков - гистонов - для защиты ее ДНК. Митохондрии были способны расщеплять трехуглеродные соединения до углекислоты и воды. Симбиотическая ассоциация нуклеоцитоплазмы и митохондрий начала изменяться в сторону усиления их взаимной зависимости. Этот комплекс включил в себя двигательные органеллы - реснички и жгутики. За этой трансформацией последовало морфогенетическое преобразование, которое состояло в развитии выраженных клеточных асимметрий. С интеграцией взаимозависимых нуклеоцитоплазмы, митохондрий, ундулиподий - завершилось создание полигеномной структуры эукариотической клетки. Первая эукариотическая клетка была гетеротрофной. Она питалась готовыми

органическими соединениями. У этих эукариот возникли процессы митоза, а затем и мейоза. И, наконец, приобретение эукариотами способности к фотосинтезу, имело место в процессе становления основной эукариотической организации и после его завершения - последнее событие в этой эпохе. Симбиозы становились более и более интегрированными. В настоящее время зависимость каждой органеллы от продуктов метаболизма других органелл стала настолько полной, что только современные методы анализа позволяют проследить метаболические пути исходных партнеров. Эукариоты разнообразны по своему строению, но метаболически они остаются единообразными. Метаболические ухищрения эукариот были разработаны различными бактериями еще до того времени, когда они объединились, превратившись в хозяина и его органеллы. Прокариоты достигли большого разнообразия в способах получения энергии и в тонкостях биосинтеза. Они оставили след своего существования задолго до того, как на основе эукариотической клетки сформировались такие крупные организмы.

Предшественники жизни

Предки нынешних организмов возникли более трех миллиардов лет назад из органических соединений, образовавшихся на поверхности Земли. Привлекательность этой концепции отчасти связана с ее доступностью для проверки.

С. Миллер и Х.. Юри показали, что при атмосферных условиях, имевших место на юной Земле, могут образовываться аминокислоты и другие органические молекулы. Различные типы органических молекул образовывались спонтанно в течение первого миллиарда лет существования Земли. Многие органические молекулы были обнаружены в межзвездном пространстве и в метеоритах. Значит, органические соединения возникают при взаимодействии легких элементов, в присутствии источников энергии. Универсальность химического механизма биорепродукции означает, что все живое на Земле происходит от общих предков: вся нынешняя жизнь произошла от клеток с информационными системами, основанными на репликации ДНК, и на синтезе белков, направляемом информационной РНК.

Ферментирующие организмы

Возможно, что нуклеиновые кислоты с самого начала были отделены от окружающей среды липопротеидными мембранами. Информация стала кодироваться последовательностью нуклеотидов в молекулах ДНК. Древнейшие клетки использовали АТФ и аминокислоты, входящие в состав белков, как прямые источники энергии, и как структурные компоненты. Итак - древнейшая жизнь существовала в форме гетеротрофных бактерий, получавших пищу и энергию из органического материала абиотического происхождения. Воспроизведение - это неперемное условие биологической эволюции. При достаточно точной репродукции - мутации и естественный отбор неизбежны. Объяснить происхождение такой репродукции - значит понять происхождение самой

жизни. Мутирование - первичный источник изменчивости в эволюции, ведет к наследуемым изменениям в самовоспроизводящейся системе. Древнейшими автотрофами, то есть организмами способными удовлетворять свои потребности в энергии и органических веществах за счет неорганических источников, были анаэробные метанообразующие бактерии. Способность к фотосинтезу впервые выработалась у бактерий, чувствительных к кислороду. Поглощая солнечный свет с помощью бактериального хлорофилла, они превращали углекислоту атмосферы в органические вещества. Появление анаэробного фотосинтеза необратимо изменило поверхность и атмосферу Земли.

Углекислота удалялась из атмосферы и превращалась в органическое вещество в соответствии с общим уравнением фотосинтеза: $2\text{H}_2\text{X} + \text{CO}_2 = \text{CH}_2\text{O} + 2\text{X} + \text{H}_2\text{O}$. Фотосинтезирующие бактерии, которые использовали для восстановления CO_2 сероводород, откладывали элементарную серу. Они дали начало бактериям, способным к фотосинтезу с выделением кислорода. Вероятно, этот тип фотосинтеза зародился в результате накопления мутаций у фотосинтезирующих серных бактерий. Этот путь привел к возникновению сине-зеленых водорослей или цианобактерий. Недавно была открыта и изучена новая группа фотосинтезирующих прокариот, выделяющих O_2 - хлороксибактерии. Можно предполагать, что именно циано- и хлорооксибактерии были предками пластид, находящихся в клетках водорослей и растений. По мере накопления O_2 в результате микробного фотосинтеза земная атмосфера становилась окислительной, что вызвало кризис всей жизни – до этого времени мир был заселен анаэробными бактериями.

Взгляд на эволюцию клетки.

Симбиотическая теория происхождения и эволюции клеток основана на двух концепциях, новых для биологии. Согласно первой из этих концепций, самое фундаментальное разграничение в живой природе - это разграничение между прокариотами и эукариотами, т.е. между бактериями и организмами, состоящими из клеток с истинными ядрами - протистами, животными, грибами и растениями. Вторая концепция состоит в том, что источником некоторых частей эукариотических клеток была эволюция симбиозов, т.е. формирование постоянных ассоциаций между организмами разных видов. Предполагается, что три класса органелл - митохондрии, реснички и фотосинтезирующие пластиды – произошли от свободно живущих бактерий, которые в результате симбиоза были в определенной последовательности включены в состав клеток прокариот - хозяев. Эта теория в большой мере опирается на неodarвинистские представления, развитые генетиками, экологами, цитологами и другими учеными, которые связали Менделевскую генетику с дарвиновской идеей естественного отбора. Она опирается также на совершенно новые или недавно возрожденные научные направления: на молекулярную биологию, особенно на данные о структуре белков и последовательности аминокислот, на микропалеонтологию, изучающую наиболее ранние следы жизни на Земле, и даже на физику и химию атмосферы, поскольку эти науки имеют отношение к газам биологического происхождения. Все организмы, состоящие из клеток, могут быть сгруппированы в пять царств: царство прокариот (*Monera*, куда относятся бактерии) и четыре царства эукариот (*Protoctista*, *Animalia*, *Fungi*, *Plantae*). Протоктисты - это эукариотические организмы, не относящиеся к животным, грибам или растениям. В царство протоктистов входят водоросли, простои, слизевики и другие эукариотические организмы неясной принадлежности. Протисты определены более ограничительно - как одноклеточные эукариоты. Согласно традиционному представлению о

прямой филциации, такие клеточные органеллы, как митохондрии и пластиды, возникли путем компарментализации самой клетки.

Инвагинационная гипотеза происхождения эукариотической клетки исходит из того, что предковой формой был аэробный прокариот. Он содержал несколько геномов, каждый из которых прикреплялся к клеточной оболочке. Корпускулярные органеллы, имеющие ДНК, а также ядро, возникли в результате впячивания и отшнуровки фрагментов оболочки вместе с геномом с последующей функциональной специализацией в ядро, митохондрий, хлоропласты, усложнением ядерного генома, развитием цитоплазматических мембран. Эта гипотеза удовлетворительно объясняет наличие 2 мембран в оболочке ядра, митохондрий и хлоропластов. Она встречается с трудностями в объяснении различий в деталях процесса биосинтеза белка в корпускулярных органеллах и цитоплазме эукариотической клетки. В митохондриях и хлоропластах этот процесс в точности соответствует таковому в современных прокариотических клетках.

Симбиотическая и инвагинационная гипотезы не исчерпывают все точки зрения на происхождение эукариотического типа клеточной организации.

Эволюционные возможности эукариотического типа клеточной организации превосходят таковые у прокариот. Указанную особенность объясняют прежде всего увеличением размеров ядерного генома. Количество генов в геноме бактерии и клетки человека соотносится как 1:100—1000. Известное значение могли иметь наличие в клетке двух аллелей каждого гена (диплоидность), многократное повторение некоторых генов. Все это расширяет масштабы мутационной изменчивости, совместимой с выживанием, и способствует образованию резерва наследственной изменчивости. При переходе к эукариотическому типу усложнился также механизм регуляции жизнедеятельности клетки. На уровне генетического материала - это проявилось в увеличении относительного числа регуляторных генов, замене единичных «голых» молекул ДНК множественными хромосомами, в которых ДНК комплексируется с белками. В итоге оказалось возможным считывать

информацию по частям с разных блоков генов в разных клетках и в разное время. В бактериальной клетке, например, одновременно транскрибируется 80—100% информации генома. В клетках человека в зависимости от органа считывается от 8—10% (печень, почка, селезенка) до 44% (головной мозг). Использованию информации по частям принадлежит исключительная роль в образовании многоклеточных живых форм. Определенное значение для перехода к многоклеточности имело, по-видимому, и приобретение клетками эукариотического типа эластичной оболочки, что позволяет образовывать стабильные комплексы клеток. В условиях усложнения генетического аппарата эукариот важным эволюционным приобретением стал митоз как механизм воспроизведения в поколениях генетически сходных клеток. Возникший путем эволюции митоза мейотический процесс интенсифицировал комбинативную изменчивость. Благодаря отмеченным особенностям за 1 млрд. лет своего существования эукариотическая клетка обеспечила развитие разнообразных живых форм от простейших до млекопитающих и человека.

Прямая филиация.

Традиционный взгляд на происхождение и эволюцию эукариотических клеток заключается в том, что все живые организмы произошли прямым путем от единственной предковой популяции в результате накопления мутаций под действием естественного отбора.

Точечные мутации, дупликации, делеции и другие наследственные изменения, как известно игравшие роль в эволюции животных и растений, ответственны и за дифференцировку эукариотических клеток из прокариотических- теория прямой филиации. т.е. представление о несимбиотическом происхождении клеток. Возможно, зеленые водоросли являются потомками родоначальников всех растений. Многие особенности этих водорослей наводят на мысль, что они и растения имеют общего предка. Филогения животных сложнее, но концепция прямой филиации вероятно приложила также и к их путям эволюции. Губки очевидно

произошли от протистов, независимо от остальных групп животных. Итак, по крайней мере для животных и растений гипотеза, по которой сложные эукариотические организмы развились из более просто устроенных эукариот путем накопления отдельных мутаций под действием естественного отбора, вполне правомерна. Эволюционные новшества опираются на сохранение высокосовершенных благоприятных генов. Итак, новые организмы с повышенной способностью контролировать свою среду обитания развивались больше благодаря сохранению дубликации и рекомбинации высокоадаптированных генов, чем путем приобретения новых свойств в результате простых, случайных точечных мутаций. Гипотеза прямой филлиации не позволяет объяснить происхождение эукариот от прокариот. Например, хиатус между неспособными к митозу цианобактериями, и такими формами с вполне развитым митозом, как красные водоросли, трудно понять с позиций прямой филлиации, но он естественно вытекает из симбиотической теории.

Согласно теории прямой филлиации и теории симбиоза, все организмы на Земле произошли от биохимических однотипных бактериальных предков, а растениям и животным дали начало эукариотические микробы. Фотосинтезирующие бактерии дали начало водорослям, и в конце концов растениям, а некоторые водоросли утратили свои пластиды и превратились в предков грибов и животных. Теоретики прямой филлиации согласны в том, что пластиды и другие органеллы эукариот, включая ядро, сформировались путем дифференциации внутри самих клеток и называют это ботаническим мифом.

2. Возникновение и развитие многоклеточной организации.

Вероятно, 700—900 млн. лет назад на Земле появились первые многоклеточные животные и растения. У растений возникновение

многоклеточного уровня организации, вероятно, произошло на основе дифференциации лентообразных колоний, образовавшихся путем бокового срастания прикрепленных нитчатых форм или благодаря делению клеток последних в двух взаимно перпендикулярных направлениях (в одной плоскости). У колоний, прикрепленных одним концом к субстрату, различные участки находились в разных условиях по отношению к падающему свету, субстрату и водной среде. В связи с этим естественный отбор благоприятствовал возникновению некоторой дифференциации частей колонии. Первым шагом было возникновение полярности колонии; на одном ее конце выделялись клетки, служившие для прикрепления к субстрату (для них характерно ослабление фотосинтеза, потеря способности к делению), на другом же конце — вершущечные клетки, интенсивно делившиеся и образовавшие своего рода «точку роста» колонии. Естественный отбор благоприятствовал приобретению клетками колонии способности делиться в разных направлениях; это приводило к ветвлению, что увеличивало поверхность колонии. Деление клеток вдоль трех взаимно перпендикулярных осей или переплетение отдельных нитей вело к возникновению многослойного «объемного» тела. В процессе его дальнейшей дифференциации сформировались многоклеточные органы, выполнявшие разные функции (фиксация на субстрате, фотосинтез, размножение). Одновременно между разными клетками растения складывалась определенная взаимозависимость, что, собственно говоря, и знаменует достижение многоклеточного уровня организации. Сложность организации многоклеточных животных (Metazoa) и разнообразие ее конкретных форм стимулировали разработку различных гипотез о происхождении Metazoa.

Первая из них берет начало в работах Э. Геккеля, который в разработке своей теории гастреи основывался на сформулированном им *биогенетическом законе*, согласно которому онтогенез данного вида организмов представляет собой сжатое и сокращенное повторение (рекапитуляцию) хода филогенеза его предков. В соответствии с этим Э. Геккель полагал, что филогенез древнейших

Metazoa в определенной степени повторяется в онтогенезе современных низших многоклеточных животных (рис. 1). Согласно Геккелю, предками Metazoa были колониальные простейшие, обладавшие сферическими колониями с однослойной стенкой, подобными бластуле — одной из ранних стадий эмбрионального развития современных многоклеточных животных. Геккель назвал эту гипотетическую предковую форму «бластеей». При направленном плавании сферическая колония — бластеея — ориентировалась одним полюсом вперед, как это наблюдается и у современных колониальных простейших, например у *Volvox*. Согласно Геккелю, на переднем полюсе колонии возникло впячивание ее стенки внутрь, подобно тому, как это происходит при инвагинационной гастрюляции в онтогенезе некоторых современных Metazoa. В результате образовался многоклеточный организм — «гастрея», стенка тела которого состоит из двух слоев, экто- и энтодермы. Энтодерма окружает внутреннюю полость — первичный кишечник, открытый наружу единственным отверстием — первичным ртом. Организация гастреи соответствует принципиальному плану строения кишечнополостных (тип Coelenterata), которых Геккель и рассматривал как наиболее примитивных многоклеточных животных.

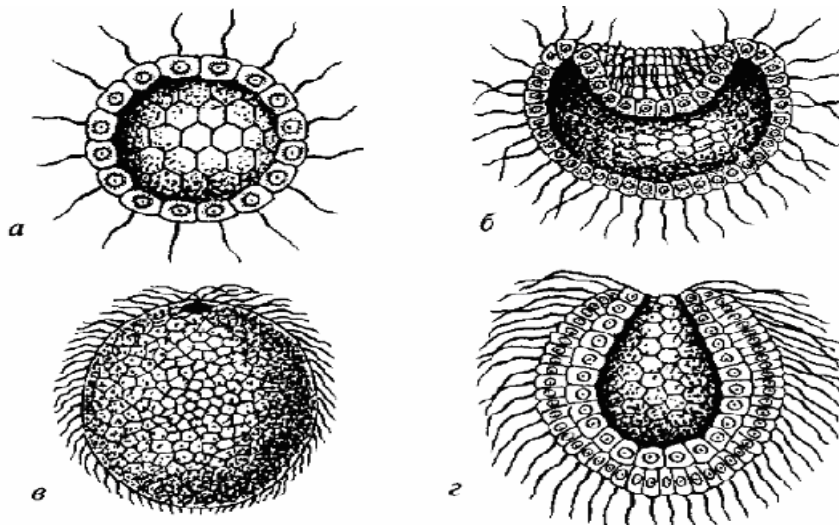


Рис. 1 Ранние стадии онтогенеза кораллового полипа *Monaxonida* (по Э. Геккелю):
a — бластула; *b* — гастрюляция; *c—d* — гастрюла (внешний вид и продольный разрез)

И.И.Мечников обратил внимание на то, что у примитивных кишечнополостных гастрюляция происходит не путем инвагинации (впячивания одного полюса однослойного зародыша — бластулы), что характерно для более высокоорганизованных групп, а посредством миграции некоторых клеток из однослойной стенки тела внутрь (рис. 2). Там они образуют рыхлое скопление, позднее организующееся в виде стенок гастральной полости, которая прорывается наружу ротовым отверстием. Такой способ гастрюляции гораздо проще, чем инвагинация, так как не требует сложного направленного и координированного смещения целого пласта клеток, и, вероятно, примитивнее инвагинации. В связи с этим Мечников модифицировал гипотезу Геккеля следующим образом. В сфероидной колонии простейших — жгутиконосцев клетки ее однослойной стенки, захватывавшие (фагоцитировавшие) пищу, мигрировали для ее переваривания внутрь, в полость колонии (подобно миграции клеток будущей энтодермы в процессе гастрюляции кишечнополостных). Эти клетки образовали рыхлое внутреннее скопление — фагоцитобласт, функцией которого стало обеспечение всего организма пищей, включая ее переваривание и распределение, тогда как поверхностный слой клеток — кинобласт — осуществлял функции защиты и движения организма. Для захвата новых пищевых частиц клеткам фагоцитобласта, по мысли Мечникова, не было необходимости возвращаться в поверхностный слой: располагаясь непосредственно под кинобластом, клетки фагоцитобласта захватывали пищевые частицы псевдоподиями, выдвигаемыми наружу в промежутках между клетками фагоцитобласта. Эта гипотетическая стадия эволюции Metazoa была названа Мечниковым *фагоцителлой* (или паренхимеллой); ее строение соответствует таковому паренхимулы, личинки некоторых кишечнополостных и губок. В дальнейшем как приспособление к повышению активности питания у потомков фагоцителлы произошла эпителизация фагоцитобласта с образованием первичного кишечника и возникновением ротового отверстия в том месте, где происходила преимущественная миграция клеток внутрь. По мнению некоторых ученых, это место, вероятно, соответствовало заднему по направлению движения

полюсу тела, где при плавании возникают завихрения водяного потока, и поэтому условия наиболее благоприятны для захвата пищевых частиц. Гипотеза Мечникова, как и гипотеза Геккеля, рассматривает в качестве наиболее примитивных многоклеточных животных кишечноротовых и губок.

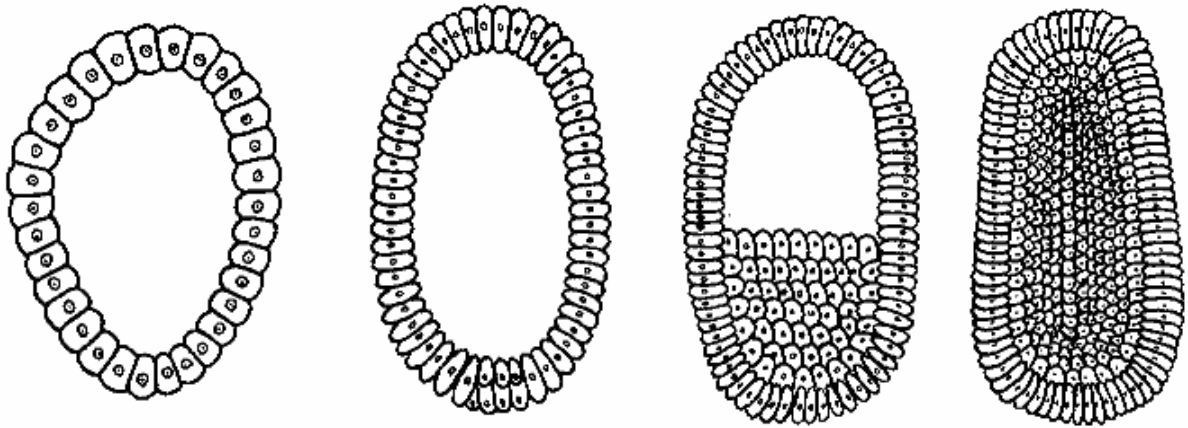


Рис. 2 Гастрюляция зародыша гидроидного полипа *Stomateca* (из И. А. Иоффа)

Следующая после возникновения одноклеточных ступень эволюции заключалась в образовании и прогрессивном развитии многоклеточного организма. Эта ступень отличается большой усложненностью переходных стадий, из которых выделяются колониальная одноклеточная, первично - дифференцированная, централизованно - дифференцированная.

Колониальная одноклеточная стадия считается переходной от одноклеточного организма к многоклеточному и является наиболее простой из всех стадий в эволюции многоклеточной организации.

Недавно обнаружены самые примитивные формы колониальных одноклеточных, стоящих как бы на полпути между одноклеточными организмами и низшими многоклеточными (губками и кишечноротовыми). Их выделили в подцарство *Mesozoa*, однако в эволюции на многоклеточную организацию представителей этого подцарства считают тупиковыми линиями. Больше предпочтение при решении вопроса о происхождении многоклеточности отдается колониальным жгутиконосцам (*Gonium*, *Pandorina*, *Volvox*). Так, колония *Gonium*

состоит из 16 объединенных клеток-жгутиконосцев, однако без всякой специализации их функций как членов колонии, т. е. представляет собой механический конгломерат клеток.

Первично-дифференцированная стадия в эволюции многоклеточной организации характеризуется началом специализации по принцип «разделения труда» у членов колонии. Элементы первичной специализации наблюдаются у колоний *Pandorina morum* (16 клеток), *Eudorina elegans* (32 клетки), *Volvox globator* (тысячи клеток). Специализация у названных организмов сводится к разделению клеток на соматические, осуществляющие функции питания и движения (жгутики), и генеративные (гонидии), служащие для размножения. Здесь наблюдается и выраженная анизогамия. На первично-дифференцированной стадии происходит специализация функций на тканевом, органном и системно-органном уровне. Так, у кишечнополостных уже сформировалась простая нервная система, которая, распространяя импульсы, координирует деятельность двигательных, железистых, стрекательных, репродуктивных клеток. Нервного центра как такового еще нет, но центр координации имеется.

С кишечнополостных начинается развитие централизованно-дифференцированной стадии в эволюции многоклеточной организации. На этой стадии усложнение морфофизиологической структуры идет через усиление тканевой специализации, начиная с возникновения зародышевых листков, детерминирующих морфогенез пищевой, выделительной, генеративной и других систем органов. Возникает хорошо выраженная централизованная нервная система: у беспозвоночных — ганглиолярная, у позвоночных — с центральным и периферическим отделами. Одновременно совершенствуются способы полового размножения — от наружного оплодотворения к внутреннему, от свободной инкубации яиц вне материнского организма к живорождению.

Финалом в эволюции многоклеточной организации животных было появление организмов с поведением «разумного типа». Сюда относятся животные с высокоразвитой условно-рефлекторной деятельностью, способные передавать информацию следующему поколению не только через наследственность, но и

надгазетным способом (например, передача опыта молодняку посредством обучения). Заключительным этапом в эволюции централизованно-дифференцированной стадии стало возникновение человека.

Рассмотрим основные этапы эволюции многоклеточных организмов в той последовательности, как она происходила в геологической истории Земли. Всех многоклеточных разделяют на три царства: грибы (Fungi), растения (Metaphyta) и животные (Metazoa). Относительно эволюции грибов известно очень мало, так как палеонтологическая летопись их остается скудной. Два других царства намного богаче представлены ископаемыми остатками, дающими возможность довольно подробно восстановить ход их истории.

3. Иерархическая система. Уровни организации жизни.

Элементарные единицы.

Живая природа является целостной, но неоднородной системой, которой свойственна *иерархическая организация*. Под *системой*, в науке понимают единство, или целостность, составленное из множества элементов, которые находятся в закономерных отношениях и связях друг с другом. Главные биологические категории, такие, как геном (генотип), клетка, организм, популяция, биогеоценоз, биосфера, представляют собой системы. *Иерархической* называется система, в которой части, или элементы, расположены в порядке от низшего к высшему. Так, в живой природе биосфера складывается из биогеоценозов, представленных популяциями организмов разных видов, а тела организмов имеют клеточное строение.

Иерархический принцип организации позволяет выделить в живой природе отдельные *уровни*, что удобно с точки зрения изучения жизни как сложного природного явления.

В медико-биологической науке широко используют *классификацию уровней* в соответствии с важнейшими частями, структурами и компонентами

организма, являющимися для исследователей разных специальностей непосредственными объектами изучения. Такими объектами могут быть организм как таковой, органы, ткани, клетки, внутриклеточные структуры, молекулы. Выделение уровней рассматриваемой классификации хорошо согласуется с разрешающей способностью методов, которыми пользуются биологи и врачи: изучение объекта невооруженным глазом, с помощью лупы, светооптического микроскопа, электронного микроскопа, современных физико-химических методов. Очевидна связь этих уровней и с типичными размерами изучаемых биологических объектов (табл. 1).

Таблица 1. Уровни организации (изучения), выделяемые в многоклеточном организме (по Э. Дс. Робертсу и др., 1967, с изменениями)

Размеры объекта	Объект изучения	Уровень организации (по объекту изучения)	Уровень организации (по методу изучения)
0,1 мм (100 мкм) и более	Организм, органы	Организменный, органный	Анатомический
100-10 мкм	Ткани	Тканевый	Гистологический (светооптический)
20-0,2 мкм (200 нм)	Клетки (эукариотические и прокариотические)	Клеточный	Цитологический
200-1 нм	Клеточные компоненты	Субклеточный	Ультраструктурный (электронно- микроскопический)
Менее 1 нм	Молекулы	Макромолекулярный	Физико-химический

Взаимопроникновение идей и методов различных областей естествознания (физики, химии, биологии), возникновение наук на стыке этих

областей (биофизика, биохимия, молекулярная биология) повлекли за собой расширение классификации, вплоть до выделения молекулярного и электронно-атомного уровней. Медико-биологические исследования, проводимые на этих уровнях, уже сейчас дают практический выход в здравоохранение. Так, приборы, основанные на явлениях электронного парамагнитного и ядерного магнитного резонанса, с успехом применяют для диагностики заболеваний и состояний организма.

Возможность исследовать фундаментальные биологические процессы, происходящие в организме, на клеточном, субклеточном и даже молекулярном уровнях является выдающейся, но не единственной отличительной чертой современной биологии. Для нее типичен углубленный интерес к процессам в сообществах организмов, которые определяют планетарную роль жизни.

Таким образом, классификация пополнилась надорганизменными уровнями, такими, как видовой, биогеоценотический, биосферный.

Разобранной выше классификации придерживается большинство конкретных медико-биологических и антропобиологических наук. Это неудивительно, так как она отражает уровни организации живой природы через исторически сложившиеся уровни ее изучения. В задачу курса биологии медицинского вуза входит преподавать наиболее полную характеристику биологического «наследства» людей. Для решения этой задачи целесообразно воспользоваться классификацией, наиболее близко отражающей именно *уровни организации жизни*.

В названной классификации выделяются молекулярно-генетический, клеточный, организменный, или онтогенетический, популяционно-видовой, биогеоценотический уровни. Особенность данной классификации заключается в том, что отдельные уровни иерархической системы жизни определяются в ней на общей основе выделения для каждого уровня *элементарной единицы и элементарного явления*. Элементарная единица - это структура или объект, закономерные изменения, которых, обозначаемые как элементарное явление,

составляют специфический для соответствующего уровня вклад в процесс сохранения и развития жизни. Соответствие выделяемых уровней узловым моментам эволюционного процесса, вне которого не стоит ни одно живое существо, делает их всеобщими, распространяющимися на всю область жизни, включая человека.

Элементарной единицей на *молекулярно-генетическом уровне* служит ген - фрагмент молекулы нуклеиновой кислоты, в котором записан определенный в качественном и количественном отношении объем биологической (генетической) информации. Элементарное явление заключается прежде всего в процессе *конвариантной редупликации*, или самовоспроизведении, с возможностью некоторых изменений в содержании закодированной в гене информации. Путем редупликации ДНК происходит копирование заключенной в генах биологической информации, что обеспечивает преемственность и сохранность (консерватизм) свойств организмов в ряду поколений. Редупликация, таким образом, является основой наследственности.

Биологическая информация, заключающаяся в молекулах ДНК, не участвует непосредственно в процессах жизнедеятельности. Она переходит в действующую форму, будучи перенесена в молекулы белков. Отмеченный перенос осуществляется благодаря механизму *матричного синтеза*, в котором исходная ДНК служит, как и в случае с редупликацией, матрицей (формой), но для образования не дочерней молекулы ДНК, а матричной РНК, контролирующей биосинтез белков. Отмеченное дает основание причислить матричный синтез информационных макромолекул также к элементарному явлению на молекулярно-генетическом уровне организации жизни.

Воплощение биологической информации в конкретные процессы жизнедеятельности требует специальных структур, энергии и разнообразных химических веществ (субстратов). Описанные выше условия в живой природе обеспечивает клетка, служащая элементарной структурой *клеточного уровня*. Элементарное явление представлено *реакциями клеточного метаболизма*,

составляющими основу потоков энергии, веществ и информации. Благодаря деятельности клетки, поступающие извне вещества превращаются в субстраты и энергию, которые используются (в соответствии с имеющейся генетической информацией) в процессе биосинтеза белков и других соединений, необходимых организму. Таким образом, на клеточном уровне сопрягаются механизмы передачи биологической информации и превращения веществ и энергии. Элементарное явление на этом уровне служит энергетической и вещественной основой жизни на всех других уровнях ее организации.

Элементарной единицей *организма того уровня* является *особь* в ее развитии от момента зарождения до прекращения существования в качестве живой системы, что позволяет также назвать этот уровень *онтогенетическим*. Закономерные изменения организма в индивидуальном развитии составляют элементарное явление данного уровня. Эти изменения обеспечивают рост организма, дифференциацию его частей и одновременно интеграцию развития в единое целое, специализацию клеток, органов и тканей. В ходе онтогенеза в определенных условиях внешней среды происходит воплощение наследственной информации в биологические структуры и процессы, на основе генотипа формируется фенотип организмов данного вида.

Элементарной единицей *популяционно-видового уровня* служит *популяция* - совокупность особей одного вида. Объединение особей в популяцию происходит благодаря общности *генофонда*, используемого в процессе полового размножения для создания генотипов особей следующего поколения. Популяция в силу возможности межпопуляционных скрещиваний представляет собой *открытую генетическую систему*. Действие на генофонд популяции элементарных эволюционных факторов, таких, как мутационный процесс, колебания численности особей, естественный отбор, приводит к эволюционно значимым изменениям генофонда, которые представляют элементарные явления на данном уровне.

Организмы одного вида населяют территорию с известными абиотическими показателями (климат, химизм почв, гидрологические условия) и взаимодействуют с организмами других видов. В процессе совместного исторического развития на определенной территории организмов разных систематических групп образуются динамичные, устойчивые во времени сообщества - *биогеоценозы*, которые служат элементарной единицей *биогеоценотического* (экосистемного) *уровня*. Элементарное явление на рассматриваемом уровне представлено потоками энергии и круговоротами веществ. Ведущая роль в этих круговоротах и потоках принадлежит живым организмам. Биогеоценоз - это открытая в вещественном и энергетическом плане система. Биогеоценозы, различаясь по видовому составу и характеристикам абиотической своей части, объединены на планете в единый комплекс - область распространения жизни, или *биосферу*.

Приведенные выше уровни отражают важнейшие биологические явления, без которых невозможны эволюция и, следовательно, само существование жизни. Хотя элементарные единицы и явления на выделяемых уровнях различны, все они тесно взаимосвязаны, решая свою специфическую задачу в рамках единого эволюционного процесса. С конвариантной редупликацией на молекулярно-генетическом уровне связаны элементарные основы этого процесса в виде явлений наследственности и истинной мутационной изменчивости. Особая роль клеточного уровня состоит в энергетическом, вещественном и информационном обеспечении происходящего на всех других уровнях. На онтогенетическом уровне биологическая информация, находящаяся в генах, преобразуется в комплекс признаков и свойств организма. Возникающий таким образом фенотип становится доступным действию естественного отбора. На популяционно-видовом уровне определяется эволюционная ценность изменений, относящихся к молекулярно-генетическому, клеточному и онтогенетическому уровням. Специфическая роль биогеоценотического уровня состоит в образовании сообществ организмов разных видов, приспособленных к совместному

проживанию в определенной среде обитания. Важной отличительной чертой таких сообществ является их устойчивость во времени.

Заключение.

Наиболее популярной и обоснованной гипотезой происхождения эукариотических клеток является в настоящее время представление об их образовании путем многократно происходившего в процессе эволюции в течении первых 1.5 – 2 млрд. лет существования на Земле живых клеток эндосимбиоза различных прокариот, относящихся к бактериям и археям. Решающие доказательства эндосимбиотического происхождения хлоропластов и митохондрий были получены ведущими биологами мира при изучении структуры рибосомальных РНК. Эти данные достаточно ясно свидетельствуют в пользу большой вероятности эндосимбиотического происхождения эукариотических клеток из гораздо меньших по объему (на несколько порядков) клеток прокариот.

Список используемых источников информации:

- 1 Альбертс Б. Молекулярная биология клетки. М. 2004 т.1
- 2 Геннис, Биомембраны. Молекулярная структура и функции. М., 2002 г.
- 3 Маргелис Л. Роль симбиоза в эволюции клетки. М. 2001 г.
- 4 Основы микробиологии. М. “Медицина “ 2001 г.
- 5 Образовательный журнал. Биология, Химия, Науки о земле, Физика, Математика. N 5 2005 г.
- 6 Хахина Л.Н. Концепция А.С. Фаминцына о значении симбиоза в эволюции. М. Наука, 2002, стр. 165 – 181.
- 7 Энциклопедия "Биология" М. 2007 г.
- 8 «Изучение явлений жизни, Биогеохимические очерки». М., 2001 г.
- 9 "В.И.Вернадский. Материалы к биографии" М., 2003 г.
- 10 Л.Гумелевский, Вернадский «Биология», М., 2006 г.