

ДНК И ЖИВЫЕ БАКТЕРИИ ВОЗРАСТОМ В «ДЕСЯТКИ — СОТНИ МИЛЛИОНОВ ЛЕТ»

Лунный А.Н.

Доктор биологических наук, Москва

Lunarman@list.ru

В сборнике докладов: «Православное осмысление мира и современная наука». Выпуск 5. Материалы XVII международных рождественских образовательных чтений. Отдел религиозного образования и катехизации Русской Православной Церкви. Миссионерско-Просветительский Центр «Шестоднев». М.: Изд-во «НП МПЦ Шестоднев», 2009. С. 139-182.

ISBN – 978-5-902884-07-1

Лунный А.Н.

Москва

Доктор биологических наук

ДНК и живые бактерии возрастом в «десятки-сотни миллионов лет»

*Это же типичные белые стихи,
а не наука.*

*Б.Диденко. «Хищное
творчество: этические
отношения искусства
к действительности»*

1. Краткое введение в палеогенетику

В 1954–1956 гг. американец норвежского происхождения, физик и исследователь в области атомного оружия Филипп Абельсон (Philip Hauge Abelson), впервые опубликовал данные о выделении палеомолекул – аминокислот из окаменелости девонской рыбы возрастом в «350 млн. лет» [1]. Эти годы и считаются истоком дисциплины молекулярной палеонтологии, занятой поиском в ископаемых останках вымерших животных и в древних геологических пластах биомолекул и биоструктур прошлого. Соответствующие исследования получили свое дальнейшее развитие только с начала 1970-х гг. и, особенно, в 1990-х и 2000-х гг. (см. доступные в Интернете обзоры на английском [2, 3] и на русском [4–10] языках).

Строго говоря, молекулярная палеонтология не занимается изучением сохранившихся остатков генетического материала

(ДНК), хотя иногда ее сферу приложения и трактуют столь широко [4, 5]. Поисками и изучением ископаемых ДНК и РНК занимается палеогенетика, дисциплина значительно моложе других, но развивающаяся более бурно. Последнее связано с открытием и разработкой в начале 1980-х гг. метода полимеразной цепной реакции (PCR)¹, позволяющей «наработать» (амплифицировать) – «умножить») в каком угодно объеме крайне малое исходно число копий (экземпляров) последовательности ДНК. Метод позволяет, в принципе, сделать доступным определению и изучению даже несколько копий исходных ДНК (чаще, конечно, – десятков копий) [11].

Только появилась методика PCR (1983 г.), и почти сразу же (1984 г.) начались поиски сохранившегося генного материала в остатках вымерших животных. Поначалу эти поиски того, что не должно сохраняться геологические периоды времени в принципе (ниже) не являлись абсурдными. В 1984 г. методом PCR впервые была получена ДНК вымершего животного – из сохранившейся шкуры квагги, выбитой, как известно, в XIX в. [4]. Затем попытки восстановить ДНК из ископаемых образцов множились подобно лавине: к 1999 г. соответствующая подборка литературы насчитывала уже более 1400 источников, а к 2004 г. была составлена обширная энциклопедия статей по древним ДНК [45]. Таким образом, наука палеогенетика, можно считать, устоялась. В ее рамках проводятся целые конференции по ископаемым ДНК (например, в 2006 г. была уже восьмая такая конференция [14]) и печатается великое множество обзорных работ (к примеру, [14–20]).

Объять весь массив данных по странному предмету «палеогенетика»² ныне не представляется возможным (да и не нужно), но подавляющее большинство ее достижений связано, все же, с расшифровкой неких коротких последовательностей ДНК из ископаемых останков возрастами максимум в десятки

1 Принцип метода PCR был предложен сотрудником фирмы «Cetus» (США) Кэри Мюллисом в 1983 г.

2 Еще более странному, чем молекулярная палеонтология, поскольку последовательности ДНК сохраняются намного хуже, чем белки и другие биомолекулы.

тысяч лет, типа ДНК мамонта [4, 21], мастодонта [22], «неандертальцев» [23, 24] и т.п. [25]. Затем из этих расшифрованных коротких последовательностей путем наложения их друг на друга пытаются восстановить весь исходный геном (обычно митохондрией [24]) или его некие информационные части. Понятно, что получается подобное только для относительно «молодых» ископаемых останков типа мамонта [21].

2. ДНК и РНК, сохранившиеся «миллионы — сотни миллионов лет»

С начала 1990-х гг., вероятно в связи с появлением кино «Парк Юрского периода», не прекращаются попытки найти последовательности ДНК в ископаемых останках с действительно геологическими возрастами — «**в миллионы и десятки миллионов лет**». Кто ищет, как говорится, «тот всегда найдет». Но библейская истина *Ищите, и найдете* (Мф, 7,7) истинна только применительно к поискам **истины**. Искать же нечто заведомо абсурдное в научном плане (ибо ДНК **в принципе** не может выдержать миллионы лет **ни при каких условиях**, о чем — ниже) отнюдь не является благородным стремлением к истине.

Но Господь, по-видимому, попускает даже подобные абсурдные исследования, так как их результаты, в конечном итоге, служат на пользу. Поскольку нахождение того, что не должно было сохраниться **ни при каких условиях** столь долго, указывает, что это длилось вовсе не «столь долго».

Другое объяснение — это свидетельствует об ошибках экспериментатора. Но таких экспериментаторов по всему миру с 1990-х гг. не так уж и мало. Результаты исследований по нахождению последовательностей ДНК возрастом в «миллионы лет» публиковались и публикуются в весьма авторитетных научных журналах типа «Nature», «Science»¹ и др. (таблица 1).

¹ Число публикаций в «Nature» вкупе со «Science» (только в этой паре) используется для составления рейтинга об успешной деятельности не только той или иной мировой лаборатории или того или иного исследователя, но даже целых институтов и университетов — при оценках «Академического рейтинга университетов мира» [26, 27].

Таблица 1. Данные по идентификации последовательностей ДНК (или рРНК) из источников возрастом в «десятки – сотни миллионов лет»*

Источник последовательности ДНК или РНК	Оцененный возраст, миллионов лет	Страна	Издание, год публикации	Ссылки
Магнолия из участка залегания окаменелых останков <i>Clarkia</i>	17–20	США, Ю. Корея	Nature, 1990; American Journal of Botany, 2004	[28, 29]
Растение <i>Taxodium</i> из участка залегания окаменелых останков <i>Clarkia</i>	17–20	США	Proceedings of the National Academy Science USA, 1992	[30]
Термит в янтаре	25–30	США	Science, 1992	[31]
Долгоносик в янтаре	125–135	США	Nature, 1993	[32]
Боб в янтаре	35–40	США	Nature, 1993	[33]
Кость динозавра	80	США (Мормонский университет)	Science, 1994	[34]
Яйцо динозавра мелового периода	>65	Китай	Журнал пекинского университета, 1995	[35]
Галиты**	11–415	Великобритания	Nature, 2002	[36]
Растение <i>Persea Pseudocarolinensis</i> из участка залегания окаменелых останков <i>Clarkia</i>	17–20	США, Ю. Корея	American Journal of Botany, 2004	[29]
Янтарь	35–40	Испания	Microbiology, 2004	[37]
Вечная мерзлота	До 1,5	Великобритания	Current Biology, 2004	[38]
Вечная мерзлота Антарктиды	8,0	США, Ю. Корея	Proceedings of the National Academy Science USA, 2007	[39]

* Представлены данные о последовательностях ДНК (или рРНК) бактерий, дрожжей, растений и животных.

** Галиты — месторождения поваренной соли.

Из таблицы 1 видно, что «бум» открытия «генов Юрского периода» закончился, все же, в середине 1990-х гг., когда наступило некое отрезвление. Правда, уже в начале 1990-х гг. и расчеты, и оценки устойчивости последовательностей ДНК (вне живых клеток) по лабораторным экспериментам весьма ограничивали максимальный срок ее жизни даже в наилучших условиях — получались не миллионы лет, а гораздо меньшие сроки [40-43]¹.

Нельзя сказать, что в научном мире уже в 1990-х гг. не было серьезных сомнений в том, что опубликованные в «Nature», «Science», междисциплинарном журнале АН США и пр. экспериментальные данные свидетельствуют о действительном получении ископаемых ДНК и РНК. Все сводилось к тому, что авторы имели дело с банальными лабораторными и прочими загрязнениями современными ДНК, которые вездесущи, учитывая высокую чувствительность метода PCR [40, 42, 44, 45].

Досталось в многочисленных комментариях [46-49] исследователям из Мормонского университета, которые выделили последовательность «ДНК динозавра возрастом в 80 млн. лет» [34]. Но эти исследователи, похоже, остались при своем мнении [50].

В последние годы появляются аналитические обзоры, в которых практически все представленные в таблице 1 выше «многомиллионлетние» ДНК относят к сомнительным артефактам [19, 20].

Эти моменты не являются для нас уж очень важными в плане свидетельства о молодости земли. Нахождение не распавшихся полностью последовательностей ДНК возрастом даже в **десятки тысяч лет** является, все же, исключительным событием. В связи с этим, утверждение о том, публиковали ли два ведущих мировых журнала (не считая других, помельче – таблица 1) в 1990-х гг. из года в год некие **заведомо, априори** ошибочные данные, или же эти данные совсем и не ошибочные, строго доказать трудно.

¹ Имеется в виду практически полный распад ДНК на фрагменты малого размера, бесполезные для амплификации PCR.

Дело в том, что все расшифрованные последовательности ископаемых ДНК, несмотря на приписанные им «миллионы – сотни миллионов лет», могли быть легко отнесены к тому или иному известному современному нам виду или роду, и никакие особые отличия, что позволили бы приписать их к неизвестным вымершим видам животных, растений, дрожжей или микробов, обнаружены не были (подробнее ниже). Так что тот генетический материал вновь ничего не предоставил в плане «промежуточных звеньев».

Остаются две равные возможности в аспекте эволюционных временных эпох, если абстрагироваться от факта малой устойчивости ДНК и РНК: древность того генетического материала или вероятность современных загрязнений. Ясно, что авторы оригинальных работ с негодованием отвергают последнее. Более того, применительно, например, к положившему всему начало гену магнолии («17–20 млн. лет») от 1991 г. [28], который позже был раскритикован [19]¹, в 2004 г. пришло независимое подтверждение (вкуче с генами другого растения в геологических пластах того же возраста) [29].

Мы пока не имеем компетенции ни сомневаться в оценках некоторыми исследователями подобных данных как артефактов [19, 20], ни делать оправданную деминацию типа «а-ля 1998 год» возрастам, приписанным представленным в таблице 1 последовательностям нуклеиновых кислот.

Важным, однако, является следующее. Из приведенных соображений ясно, что применительно к ретроспективным естественнонаучным дисциплинам, которые оценивают и исследуют тот или иной факт либо источник фактов прошлого, нельзя во всех случаях подходить с обычными научными подходами. То, что в определенный период нашего времени выглядит как «последнее достижение науки», причем бесспорное достижение вследствие солидности публикаций и соответствующих изданий, спустя некоторое время может стать просто артефактом, обусловленным в том числе простой неаккуратностью исследователей.

1 Отмечалось, что, поскольку получившая эти данные лаборатория занимается молекулярной биологией растений, то и загрязнение произошло именно генами растений.

3. Плохая сохранность молекулы ДНК, ее лабильность и уязвимость без систем защиты и репарации живой клетки

Молекула ДНК является одной из наиболее лабильных (неустойчивых) среди биомакромолекул. Эта сложная многоуровневая структура подвергается, во-первых, спонтанным флуктуациям, повреждающим последовательность нуклеотидов, а во-вторых — повреждениям под влиянием внешних воздействий — ультрафиолета, фоновой ионизирующей радиации, термодинамическим нарушениям, окислением под влиянием кислорода и его активных продуктов. На основе специального исследования оценено, что под влиянием указанных агентов обыденной жизни на нашей планете в каждой клетке эукариот потенциально может образоваться 10^9 повреждений ДНК в течение одного дня. И если бы такие повреждения фиксировались, то жизнь на Земле была бы, ясно, невозможна, так как геном подвергался бы очень быстрому разрушению¹. Поэтому геном любого живого организма защищен эффективными и сложными системами защиты от повреждений ДНК (антиоксиданты), репарации (починки) таких повреждений и механизмами элиминации все же возникших нарушений структуры ДНК вместе с несущими их клетками (апоптоз; система

¹ Это к вопросу о накоплении матричных молекул в первичном бульоне на праземле, что якобы предшествовало возникновению остальных этапов метаболизма биологических объектов. Никакой «мир ДНК» или «мир РНК» невозможен без параллельного наличия, во-первых, сложной системы защиты нуклеиновых кислот от окислительных и радиационных воздействий, и, во-вторых, без системы точного восстановления (репарации) повреждений ее структуры. В то время как первая система может, в принципе, работать даже на основе относительно несложных биомолекул (антиоксидантов типа витаминов), вторая система (репарации ДНК) гораздо сложнее и включает координированную работу множества белков и ферментов. Гипотеза абиогенеза, основанная на «первичном мире РНК», выдвинута уже давно, и ее можно видеть, к примеру, в пособиях по биохимии 1970-х гг. [51]. Ныне с данной гипотезой продолжают носиться, развивая ее в частности по мере прогресса в методиках молекулярной биологии и органической химии [52], но отнюдь не в плане ответа на принципиальный вопрос о невозможности матричным молекулам выжить на земле с ее радиацией, ультрафиолетом, озоном космоса и пр. без систем защиты/репарации.

иммунитета). В результате, по оценкам, количество повреждений генома снижается с 10^9 потенциально возможных до **одного** на клетку в день [53].

Наша жизнь обусловлена в первую очередь тем, что особая мощная система «починки» – репарации ДНК постоянно отслеживает и устраняет повреждения этой матричной молекулы. Репарация ДНК – основное по эффективности звено указанной выше системы защиты/репарации/элиминации повреждений генома.

Но понятно, что подобные системы могут иметь место только в живой клетке, как результат ее жизнедеятельности, метаболизма. Если организм и его клетки умирают, то очень скоро замирают все биохимические процессы, и даже антиоксидантная защита (наиболее простое звено недопущения повреждений генома) становится невозможной.

ДНК и белки в мертвой клетке – все равно, что не биологические, а химические препараты, и даже хуже, поскольку в мертвой клетке в первичный момент вследствие разрушения лизосом активируются ферменты распада, гидролиза макромолекул – протеазы (разлагающие белки) и нуклеазы (разлагающие нуклеиновые кислоты). Сохранность структуры ДНК и белков в мертвой клетке может быть даже хуже, чем в виде чистых биохимических препаратов, хранящихся в «пузырьках на полке холодильника» [5, 19, 54].

Факторы, приводящие к распаду ДНК как таковой, даже вне клетки, следующие [5, 16, 17, 19, 20, 42, 45, 53, 55, 56]:

- Окисление свободными радикалами кислорода и другими продуктами окислительных реакций окружающей среды.
- Термодинамические флуктуации (температурные эффекты), как во всякой сложной органической молекуле с достаточно высокой энергией связей.
- Влияние химических соединений, повреждающих структуру (может наблюдаться даже для слабых химических агентов, если они действуют на протяжении длительного времени).

Сюда же можно отнести и диагенетические изменения¹ под влиянием химических веществ в условиях залегания последовательностей ДНК – посмертные вставки, делеции, транзиции и трансверсии оснований, которые приводят к отчетливо выраженному «мутагенному эффекту» и «эволюционным» изменениям генома, но – к посмертным, артефактным изменениям [54, 57–60].

- Воздействие ионизирующего излучения за счет радиационного фона земли (космическая радиация, излучение породами земли, радон и пр.).
- Влияние ультрафиолета.
- Бактериальный фактор.

В результате образуется целый спектр повреждений ДНК (разрывов цепи, сшивок между цепями, аномальных оснований и пр.) [53], на подробностях которого мы останавливаться не станем. Скажем только, что эти повреждения, во-первых (самое слабое) отражаются на точности амплификации ДНК методом РСР либо вообще на возможности амплификации и, во-вторых, ведут к полному распаду на некие фрагменты ничтожного размера (поскольку не имеется метаболической возможности к репарации повреждений, как в живой клетке).

При теоретических расчетах и в модельных экспериментах по изучению возможного периода устойчивости ДНК в наших земных условиях нет способа учесть влияние всех перечисленных выше факторов, и его не учитывают. Скажем, поскольку нельзя определить точно, насколько сказалось влияние микробов, то его и не учитывают, предполагая пребывание все «биллиарды лет» в стерильных условиях. Сходным образом отбрасывается и солнечный ультрафиолет, и эффекты неких окислителей, и факторы диагенеза, учесть которые невозможно, поскольку они разные, а соответствующие реакции – непредсказуемы.

Применительно к радиационному фону земли, который состоит из различных компонент, ситуация сложнее. В таблице 2 представлен количественный вклад той или иной компоненты в естественный радиационный фон Земли.

¹ Диагенез – долговременные изменения осадков и веществ в ископаемых источниках.

Таблица 2. Средние годовые дозы за счет естественного радиационного фона на поверхности Земли [61]

Источник излучения	Доза (диапазон на Земле), мЗв*
Космическое излучение	0,39 (0,3–1,0)
γ -Излучение земли	0,48 (0,3–0,6)
Ингаляционное облучение от α -частиц: Уран и торий + радон + торон	1,26 (0,2–10)
Внутреннее облучение: Калий-40 + уран и торий	0,29 (0,2–0,8)
Итого	2,42 (1–10)

* Зиверты (Зв) — единицы эквивалентной дозы для излучений различной природы, приводящие к «общему знаменателю» биологические эффекты разных типов радиации — α -частиц, рентгеновского, γ -излучения, электронов и др. (с неодинаковой «относительной биологической эффективностью»). Но, в отличие от структур живых клеток, при облучении сухих неживых биомолекул и биоструктур разница в эффектах различных видов излучений отсутствует; все зависит только от поглощенной дозы (поглощенной энергии) [62–65]. Поэтому для неживых биомолекул зиверты (Зв; Sv) всегда соответствуют греям (Гр; Gy), отображающим рентгеновское или γ -излучение. $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад} = 1 \text{ Дж}$ поглощенной энергии в 1 кг массы ткани. 1 рад (поглощенная доза) соответствует 1,14 всем известным рентген экспозиционной дозы.

Поскольку α -частицы радона и торона земных пород и почвы не проникают через препятствия (и имеют малый пробег в воздухе), то применительно к неким запечатанным в кристаллах соли (галиты), в янтаре и т.п. ископаемым остаткам трудно сказать, какое на них будет воздействие данной компоненты радиационного фона. Оно наверняка будет, так как радон и торон легко проникают через любые поры и накапливаются в недрах, подвалах, пещерах [66], шахтах (не только урановых) [67–69] и норах грызунов [70, 71]. Даже в характеризующихся крайне низким радиационным фоном соляных коях — галитах [72], радоновый фон все же имеется (согласно [73], например, 5 Беккерель на 1 м³).

Тем не менее, как и в случае бактериального и химического (диагенетического) фактора, при расчете периода устойчивости ДНК радоновым фоном приходится пренебрегать (не ясно, сколько его проникло в «запечатанный» в недрах образец). Сходным образом – и с космическим излучением (см. таблицу 2), поскольку в недрах оно явно отсутствует. Остается γ -компонента радиационного воздействия от горных пород, от которой защититься без специальных средств трудно. При пребывании в недрах земли можно принять в качестве годовой дозы диапазон значений из таблицы 2 в 0,3–0,5 мЗв (мГр) для γ -компоненты радиационного фона (здесь мы пренебрегаем, помимо прочего, тем, что в прошлом радиационный фон должен был быть выше за счет еще не распавшихся тогда изотопов).

Следует иметь в виду, что для сухих мертвых структур, где репарация ДНК отсутствует, мощность (интенсивность) облучения не имеет значения. Важна только накопленная доза (поглощенная энергия), а за какой период она накоплена – «остро» (кратко) или же за миллионы лет, неживым структурам все равно (в отличие от живых).

Итак, приняв за годовую поглощенную дозу 0,3–0,5 мЗв γ -излучения, можно рассчитать дозы радиации за оцененные для тех последовательностей ДНК и РНК (см. таблицу 1) «многие миллионы лет»:

За 1 млн. лет – 0,3–0,5 миллизивертов \times 1.000.000 = 300–500 Зв = 30.000–50.000 рад = 0,03–0,05 Мегарада (Мрад).

За 20 млн. лет – 0,6–1 Мрад.

За 100 млн. лет – 3–5 Мрад.

За 250 млн. лет – 7,5–12,5 Мрад.

(Полученные расчетные значения следует запомнить для дальнейшей оценки проблемы палеомикробов, и мы к ним еще вернемся.)

Применительно к молекулам ДНК в сухом мертвом виде подобный уровень доз радиации не кажется слишком великим. Так, в судебной медицине проводят радиостерилизацию образцов

перед извлечением ДНК и проведением РСР (для установления, скажем, личности и родства посмертно, как в случае с Романовыми). Ясно, что судебная медицина имеет дело преимущественно с неживыми объектами.

Обнаружено, что после облучения образцов в дозах 3 и 5,2 Мрада, ДНК хотя и сильно распалась, но все еще была годна для полной реконструкции генетического профиля ткани [74]. При облучении бактерии кишечной палочки ее ДНК восстанавливалась после дозы в 2 Мрад; выхода ДНК не было только после 20 Мрад [75]. Сходные значения (десятки Мрад) для полной деструкции ДНК в сухом виде представлены в старом фундаментальном пособии подобного рода [76].

Надо отметить, что применительно к выделениям последовательностей ископаемой ДНК речь не идет о полной деструкции. Для представленных выше в таблице 1 ДНК и РНК были извлечены порой весьма небольшие фрагменты, которые вполне способны выдержать оцененное нами воздействие γ -компоненты радиационного фона земли (понятно, что в отсутствии радонового вклада, которым мы пренебрегли, но избежать которого, повторим, весьма проблематично).

Поэтому радиационный фактор применительно к креационному отрицанию возможности ископаемых ДНК и РНК выдержать «десятки – сотни миллионов лет» не работает (как и применительно к малым остаткам сухих белков в ископаемых костях, что было оценено нами ранее [10]). Снизить возраст таких образцов на порядки в соответствии с представлениями о молодости Земли не удастся.

Как ни покажется странным, но это – **наш** вывод (причем обоснованный расчетами и биофизикой облученных препаратов ДНК), но не вывод рассмотревших данный вопрос специалистов-эволюционистов. Якобы неспособность ДНК [19, 20, 55] и даже фрагментов белков [77] выдержать радиационный фон в течение многих миллионов лет является одним из официальных аргументов против того, что представленные выше в таблице 1 данные – истинные, а не обусловленные некими современными артефактами-загрязнениями. Что делать, вероятно, не все

те молекулярные палеонтологи и даже некоторые геохимики-астробиологи¹ подошли к оценкам радиационного воздействия основательно.

Например, на официальном сайте Тюбингемского университета (Германия) в статье автора по фамилии К. Vlin, которая посвящена аспектам ископаемых ДНК [55], сделан вывод, что из-за радиации данная макромолекула неспособна выдержать более 100 тыс. лет. Автор, однако, принимает «с потолка» за дозу полного разрушения ДНК всего 0,1 Мрад, которой на самом деле недостаточно даже для того, чтобы убить живую плесень [78, 79], а не то, чтобы **полностью уничтожить** сухую молекулу ДНК.

Реалии не позволяют нам согласиться с указанными утверждениями о фатальности радиационного воздействия, пусть даже в течение длительного времени. Чтобы накопить те несколько десятков мегарад γ -излучения, способных полностью порушить сухой препарат ДНК, необходимы (по крайней мере при нынешнем уровне радиационного фона) несколько сотен миллионов лет, чего для выделенных в 1990-х гг. ДНК мы, конечно, практически не встречаем (таблица 1 выше).

Но помимо радиационного фактора остается фактор термодинамики, присущий такой сложной биологической макромолекуле, как ДНК, и эффект зависит от температуры хранения. Термодинамика абстрагируется от прочих воздействий и становится как бы «вещью в себе». Существуют расчеты и модельные опыты с последующей временной экстраполяцией, которые дают однозначные периоды времени для возможности ДНК просто «вылежать» в нашем мире. Соответствующие данные (оценка по скорости депуринизации молекулы) опубликованы в статьях ведущих молекулярных палеонтологов начала 2000-х гг. [80, 81]. При 0°С лимит сохранности ДНК составляет 125 тыс. лет. При 10°С – 17,5 тыс. лет, а при 20°С – всего 2,5 тыс. лет, и последнее наиболее похоже на правду для того, кто имел дело с хранением препаратов ДНК в лабораториях.

1 К примеру, Джеффри Бада (Jeffrey L. Bada) из Института океанографии в Сан-Диего. Геохимик и астробиолог, а также специалист по молекулярной палеонтологии [16, 77].

Оценка *in vitro* скорости спонтанного гидролиза также показывает, что при положительных температурах не должно оставаться интактной ДНК максимум через 10.000 лет [41].

В результате в настоящее время утвердилось мнение, что древняя ДНК будет полностью разрушена в течение промежутков времени, значительно меньших миллионов лет. Конкретным лимитом называют 100 тыс. лет для коротких последовательностей амплифицируемой ДНК (~100 пар оснований). Генетическая же информация не должна нормально воспроизводиться уже через 10.000 лет. А при самых благоприятных условиях хранения – при низких температурах и в полностью безводном состоянии, последовательности ДНК не должны детектироваться максимум через 1 млн. лет [3, 19, 20, 40, 42, 43, 45, 82].

Итак, установленные периоды сохранности ДНК и РНК в аспекте «эволюционных» промежутков времени:

- Получение удовлетворительной генетической информации – до 10 тыс. лет при хранении в условиях менее 20°С .
- Принципиальная возможность амплификации ДНК (короткие последовательности размером около 100 пар оснований) – 100 тыс. лет.
- Максимальный теоретические лимит при наилучших вообразимых условиях хранения – 1 млн. лет.

4. Восставшие из чудовищных глубин времени бактерии

Оказывается, «многие миллионы лет» могут выдержать не только ДНК, но и бактерии, причем не как некие потомки каких-то предков, от кого они доэволюционировали до наших дней, а именно как древние индивидуумы. Если верить в тех бактерий, то приходится допускать мысль о земных существах, живущих десятки – сотни миллионов лет.

Как уже говорилось выше, исследования по идентификации различных древних ДНК и РНК возрастами в «миллионы лет» (таблица 1) подвергаются в последние несколько лет критике за

их «априорную невозможность». Но подобная критика и «невозможность» касается ископаемых бактерий в меньшей степени.

Начало исследованию палеобактерий было положено публикацией в 1995 г. в «Science» сообщения о восстановлении культуры бактерий из пчелы в янтаре возрастом в «25–40 млн. лет». Были извлечены жизнеспособные споры¹, а выведенные из них бактерии по биохимическим показателям и консервативному участку 16S рРНК² были «наиболее родственны» современной *Bacillus sphaericus* (точнее сказать – ими и являлись) [84].

Авторы [84] специально отметили тщательное соблюдение асептики для устранения современных загрязнений, указали, что по всем признакам обнаруженные ими споры — действительно древние (т.е., «выдержали 25–40 млн. лет»). Но сразу же в том же «Science» появился ряд комментариев [85–87], авторы которых выражали сильные сомнения, что покоящиеся споры бактерий способны выжить столь долго вследствие факторов окружающей среды и что необходимы независимые подтверждения результатов [85].

Через три года появилось другое аналогичное исследование, где в янтаре столь же крутого возраста («25–35 млн. лет») обнаружили уже не споры, но сами жизнеспособные бактерии вида, споры не образующего, а, значит, вовсе не такие стойкие бактерии [88]. Эти бактерии однозначно относились к роду стафилококков, что показал анализ ДНК: 38% сходства с *S. equorum*, 23% – с *S. xylosus* и 6% – со *S. saprophyticus*. Поскольку

1 Некоторые виды бактерий (не все) обладают способностью к спорообразованию: при наступлении неблагоприятных условий клетка теряет воду, объем и форму, а под внешней мембраной образуется плотная сферическая оболочка. Споры бактерий выдерживают большие механические, температурные и химические нагрузки (некоторые споры устойчивы к трехчасовому кипячению или к температуре жидкого азота). Дозы облучения для радиостерилизации от неспорообразующих микроорганизмов меньше, чем для спорообразующих в несколько раз [78, 79].

2 16S рРНК – один из типов рРНК, образующих основу рибосом микроорганизмов. Последовательность в генах рибосомных РНК консервативна и мутации там накапливаются медленно, поэтому исследование 16S рРНК является основой геносистематики, позволяя оценить степень родства микроорганизмов [83].

палеостафилококк несколько отличался, как показалось, биохимически от известных ранее видов внутри рода, то его отнесли к новому виду стафилококков – **Staphylococcus succinus sp. nov** («стафилококк янтарный»). Никто не обсуждал вопрос о том, как же прожил тот стафилококк внутри янтаря «десятки миллионов лет», если это те самые бактериальные индивидуумы, что и в седой древности. Как он выдержал радиацию, термодинамические флуктуации, окислительные воздействия и пр. И, если это была размножающаяся культура, чем же там, в янтаре, она питалась миллионы лет.

В 1999 г. из янтаря получили еще и неспорообразующего микрококка (развили же это исследование недавно – в 2004 г.). Вот только тот янтарь имел возраст совсем уж невероятный – «120 млн. лет». Когда сравнили последовательности 16S рРНК с показателями современных бактерий, то оказался – **Micrococcus luteus** [89, 90].

В данном случае (тем более в 2004 г.) все же задались вопросом, как культура бактерий, не способных к пребыванию в состоянии спор, выжила «120 млн. лет». В результате предположили, что эти бактерии способны существовать, во-первых, в условиях недостатка питательных веществ, и, во-вторых, использовать в качестве таковых сукцинат (органическую янтарную кислоту) и терпеновые компоненты, входящие в состав янтаря [89, 90]. В самом деле, бактерии рода **Micrococcus** могут расти на среде из сукцината, такое исследование найти можно [91], вот только понятно, что сукцинат в лаборатории [91] был совсем не в той форме, что в твердом янтаре в «120 млн. лет». И как те бактерии разлагали янтарь, где брали для этого воду и кислород и прочие подобные вопросы вполне можно задавать. Ответов на них, похоже, у авторов [84, 88–90] нет. Хотя гипотеза о питании бактерий твердым сукцинатом вместе с терпенами в течение «120 млн. лет» имеет хоть какое-то эфемерное основание, тем более, что в состав янтаря входят также и сахара [37]¹. Правда, в критических аналитических обзорах последних лет про ДНК и бактерий из ископаемых остатков гипотеза о выживаемости миллионы лет

1 Янтарь представляет собой смесь терпенов, органических кислот, спиртов и сахаров высших растений.

только за счет питания сукцинатом почему-то не рассматривается [19, 20]. Но все равно хорошо, что у авторов [84, 88–90] имелся янтарь, содержащий нечто органическое, поскольку, как будет видно ниже, похожие бактерии в течение «сотен миллионов лет» ничего питательнее крепкого рассола поваренной соли и не имели.

В таблице 3 представлена сводка данных по палеобактериям на настоящий момент (2008 г.).

Таким образом, источников восстановления палеобактерий пока пять:

- Янтарь.
- Глубинные осадки морского дна.
- Включения рассола в монолитные кристаллы галитов (поваренной соли).
- Полярные льды.
- Почва с вечной мерзлотой.
- Понятно, что во всех этих местах и образцах условия сохранения биоорганики максимально благоприятны среди всего, что есть на земле.

Янтарь может снижать эффекты физических факторов: он герметичен, создает безводную среду [16], защищает от света [99] и от радиации, поскольку состоит из компонентов с антиоксидантными свойствами [100].

Но даже устойчивый **хитин** насекомых, обнаруженный в древнем янтаре возрастом «25-30 млн. лет», уже настолько сильно изменен процессами диагенеза (по сравнению с хитином в янтаре возрастом в 2-20 тыс. лет), что **вовсе не определяется** там физико-химическими методами [101]. И что тогда говорить о лабильный ДНК или живых клетках...

Морские осадки являются другим, менее известным, но более обильным источником палеобактерий. Там обитает, по оценкам Дж. Паркеса из Кардиффского университета [96, 98], основная часть бактерий земли (60-70%). Они захоронены в осадках (более 800 м под поверхностью дна), по оценкам, много миллионов лет назад и питаются там компонентами осадочных отложений. Полагают, что одним из источников энергии является водород, выделяющийся из распадающейся органики.

Таблица 3. Палеобактерии, выделенные из геологических формаций возрастaми в «миллионы лет»

Источник	Вид бактерии	Образец	Оцененный возраст млн. лет	Страна	Издание, год публикации	Ссылки
Пчела в янтаре	<i>Bacillus sphaericus</i>	Споры	25–40	США	Science, 1995	[84]
Янтарь	<i>Staphylococcus succinus sp. nov.</i> (родственен <i>Staphylococcus xylosum</i> и <i>Staphylococcus equorum</i>)	Неспорообразующие	25–35	США	International Journal of Systematic Bacteriology, 1998	[88]
Янтарь	<i>Micrococcus luteus</i>	Неспорообразующие	120	Израиль	Microbiology and Ecology, 1999; 2004	[89, 90]
Янтарь	Различные микроорганизмы: бактерии, грибки, водоросли и простейшие	—	220	Германия	Nature, 2006	[92]
Включения солевого раствора в кристаллы галитов (соли)	<i>Bacillus species</i> 2-9-3 (родственен <i>Bacillus marismortui</i>)	Споры	250	США	Nature, 2000; Extremophiles, 2006	[93, 94]
Включения солевого раствора в кристаллы галитов (соли)	Галофильные археобактерии (шесть линий <i>Archaea</i>)	Живые бактерии	112–121	США	Geomicrobiology Journal, 2007	[118]

Осадки морского дна	Спорообразующие бактерии	Споры	1,0	США	Физический факультет Калифорнийского университета	[95]
Осадки морского дна	Донные бактерии*	—	16,0	Великобритания	Кардиффский университет, 2005	[96]
Лед Антарктиды	Вероятно, <i>Actinobacteria</i> , <i>Arthrobacter sp.</i>	Неспорообразующие	До 8,0	США, Корея	Proceedings of the National Academy Science USA, 2007	[39]
Вечная мерзлота Сибири, Канады и Антарктиды	<i>Arthrobacter sp.</i> и др.	Неспорообразующие	До 0,5–0,6 получены признаки живых бактерий; 0,74 и более таких не выявлено	США, Дания, Австралия, Россия, Канада	Proceedings of the National Academy Science USA, 2007	[97]

* Исследования палеобиолога профессора Дж. Паркеса (*John Parkes*), специалиста по анаэробным бактериям [98].

Но главное не в этом – мало ли какие сроки приписаны тем или иным популяциям размножающихся бактерий. Есть мнение, что те бактерии имеют крайне медленный цикл размножения, и время их генерации – порядка сотен тысяч лет [95]. Поэтому за оцененное время отложения тех морских слоев – «16 млн. лет» [96] – те бактерии поделались всего десяток – другой раз. Или вовсе не поделались. Как бы там ни было, бактерии, извлеченные из слоев дна, замурованных, как считается, порядка «16 млн. лет» назад, оказались живыми. Утверждается, что среди них есть

клетки (не популяции!) возраст которых те миллионы лет и насчитывает [95, 96].

В отличие от возможности медленного протекания обмена веществ и медленного цикла питания органикой в осадках, предположение о пребывании неких клеток в анабиозе 16 млн. лет в условиях окружающей среды все же маловероятно.

Дело в том, что любые клетки на нашей планете (в том числе и устойчивые бактериальные) с течением времени накапливают спонтанные повреждения ДНК (генома). Выше в разделе 3 уже приводились оценки для живых клеток эукариот, у которых, несмотря на системы защиты/репарации/элиминации повреждений ДНК, нерепарированные повреждения все равно накапливаются спонтанно (из-за термодинамики, метаболизма, радиационного фона и пр.). Накапливаются, хотя и в малом количестве (по оценкам – одно на клетку за день). Ежедневно – в течение миллионов лет... Если принять, что у бактерий будет формироваться не одно, как у эукариот, а 0,01 повреждения ДНК на клетку за день¹, то за 1 млн. лет накопится $3,65 \cdot 10^6$ повреждений генома (нуклеотидов), что несовместимо ни с каким бактериальным геномом ($3 \cdot 10^6$ нуклеотидов).

Галиты, уже упоминавшиеся в разделе 2, – второй за донными осадками источник палеобактерий абсолютно невероятного возраста. Галиты – это кристаллы месторождений соли, ранее бывшие, как считается, океанами или соляными озерами. Из жидких «запечатанных» включений в кристаллы галитов (из концентрированных рассолов) в 2000 г. впервые были выделены споры бактерий ***Bacillus species***, давшие живые культуры [93, 94]. Эти галиты принадлежали к пермской формации и имели оцененный возраст в «250 млн. лет», что кажется несколько чересчур даже для такого рода исследований...

Работа проведена группой из Вестчестерского университета (West Chester University) США во главе с автором с говорящей фамилией Вриланд (**R.H. Vreeland**) [93, 94], хотя в данном случае, вероятнее всего, его фамилия ничего такого и не говорит.

¹ На самом деле, конечно, больше, особенно если те бактерии имеют крайне медленный метаболизм, а, значит, и столь же «медленную» ферментативную репарацию ДНК.

Исследователи в 2000 г. [93] уже хорошо знали о критических замечаниях прошлых лет и постарались все их учесть. Отмечается, что структура кристаллов соли показывала, что они не подвергались перекристаллизации с начала формирования в Пермском периоде, а потому запечатанные там споры бактерий восстали именно оттуда. В методической части отмечено, что образцы кристаллов тщательно отбирались на предмет какого-либо отсутствия исходных повреждений, а их поверхность столь же тщательно стерилизовалась так, что «вероятность постороннего загрязнения менее 1 на 10^9 » [93]. И в последующем, в работе 2004 г. [94], отрицалась возможность посторонних артефактов.

Были получены споры микроорганизмов в «250 млн. лет», восстановлена их живая культура и изучены свойства, в том числе последовательность генома. По 16S рРНК было обнаружено, что микроорганизм – это линия **Bacillus marismortui** и близкой к ней (98%-е сходство [102]) **Virgibacillus pantothenicus** [93]. Но, поскольку были обнаружены некоторые отличия штаммов (вероятно, все же накопили сколько-то мутаций и повреждений ДНК на протяжении столь «длинных лет»), то для указанных палеобактерий был установлен новый вид в роду **Bacillus**, а именно – «**Bacillus species 2-9-3**». Отмечено, что на уровне профиля жирных кислот отличия имелись, но – не до статуса нового вида. На молекулярном уровне вариации в геноме тоже были, но – не в высококонсервативной 16S рРНК, по которой и определяют виды и роды бактерий (см. выше)...

Словом, получили «слишком современные бактерии» возрастом в «250 млн. лет», что делает малопонятным, куда же делась вся эволюция и мутагенез аналогичных бактерий **Bacillus**, протянувших с Пермского периода до наших дней (уже вне спор в галитах). А раз эволюция и мутагенез почему-то не наблюдались, то авторам [93, 94] были высказаны серьезные критические замечания на предмет того, что столь древние палеобактерии не могут быть столь похожи на современных. Об этом моменте – в следующем разделе.

В 2007 г. та же группа авторов описала получение из месторождения галитов шести штаммов живых археобактерий

(древний вид микроорганизмов). Несмотря на то, что оцененный возраст галитов составлял «112–121 млн. лет» (Меловой период), и эти бактерии **тоже** ничем не отличались от современных [118]. Р. Бриланд и соавторы заключают, что доказательства наличия живых микроорганизмов столь чудовищных геологических возрастов в 2007 г. «становятся окончательными» [118].

Лед в некоторых долинах Антарктиды, как полагают – самый древний на Земле. Его возраст вплоть до «8 млн. лет» [39]. В 2007 г. были опубликованы результаты исследования образцов льда из пяти таких долин возрастaми от порядка 100 тыс. лет до «8 млн. лет». Реконструировали как 16S рРНК бактерий, так и пытались выделить живые культуры или исследовать их возможное присутствие по показателям метаболизма – по включению меченых субстратов синтеза ДНК, белков и пр. Было обнаружено, что в образцах в «8 млн. лет» живые культуры бактерий воспроизводятся очень нестабильно, а размер амплифицируемых последовательностей ДНК относительно мал [39] (рисунок 1).

Таким образом, детекция живых бактерий во льду возрастom «в 8 млн. лет» хоть и на грани, но все же была реальной, а размер амплифицируемых последовательностей ДНК (210 пар оснований) был больше, чем предел исследования методом PCR (до 100 пар оснований; см. выше).

Вероятно, лишним будет упоминание, что по 16S рРНК бактерии легко определялись, хотя и отмечалось некое «дивергирование ортологов» (гомологичных генов). Но авторы [39] здесь разумно предполагают в том числе диагенетическое влияние на выделенные ими из льда последовательности ДНК¹, которое и проявилось в посмертных мутациях (см. выше раздел 3).

В [39] приводится достаточно методических подробностей соблюдения корректных подходов и стерильности. Отмечено, что захороненный лед не имел плавления (таяния) после своего исходного формирования или размораживания на поверхности.

Идентифицированные микробы являлись неспорообразующими, и в [39] разбирается вопрос о механизмах их столь долгой

1 Для древнейших образцов, напомним, результаты культивирования живых бактерий были нестабильными, поэтому получить от них «живые» ДНК и РНК возможности не было. Поэтому исследовали выделенные фрагменты рРНК.

Средний размер амплифицируемой ДНК, пар оснований

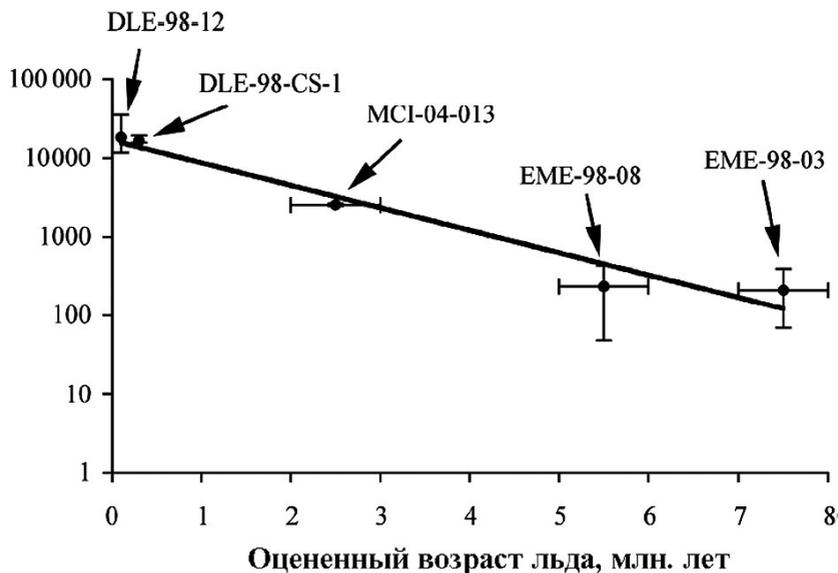


Рисунок 1. Размер амплифицируемых последовательностей бактериальной ДНК в зависимости от оцененного возраста образцов льда Антарктиды. Аббревиатуры на рисунке отображают наименование долин со льдами [39].

сохранности. Сделано предположение о наличии активного метаболизма, который позволил культурам просуществовать сотни тысяч – «миллионы лет». Чем питались культуры тех бактерий, сказать трудно, но вода там могла иметься вследствие локального подтаивания или же вокруг ионных включений в ледяные кристаллы [39].

Здесь мы, возможно, имеем дело не с выжившими «миллионы лет» индивидуальными бактериальными клетками, а с пережившими подобные сроки их культурами (что, впрочем, тоже странно, ибо вечно живого одного и того же в одном и том же месте на земле найти, наверное, и нельзя).

Вечная мерзлота кажется наиболее подходящим источником при поиске ископаемых останков не только мамонтов, но и

палеобактерий. Ведь в почве, несмотря на низкую температуру, вполне можно найти и воду (при локальном подтаивании – см. выше [39]), и питательные вещества. Почвы вечной мерзлоты сходны в данном плане с морскими осадками. Но только в прошлом, 2007 г. были проведены соответствующие исследования широкого профиля: в Антарктиде, Сибири и на севере Канады [97]. Насколько можно понять, российские и канадские исследователи были включены в группу для обеспечения доступа в места отбора проб – в Сибирь и на Северо-Запад Канады. Образцы извлекали путем глубинного бурения; все возможные предосторожности и методические тонкости соблюдались, в том числе независимое воспроизведение результатов в различных лабораториях.

Культуры бактерий как таковые не выделяли, но изучали их дыхание, экстракцию больших фрагментов ДНК (в 4000 пар оснований) и, по косвенному показателю, интенсивность репарации ДНК (т.е., признаки наличия живых бактерий). Ничего особо сенсационного получено не было: указанные признаки имели место в образцах мерзлоты возрастом до 500 тыс. лет, а в образце в «740 тыс. лет» ничего не обнаружили [97].

Бактерии были, как и в Антарктиде, неспорообразующими, и их отнесли в том числе к *Actinobacteria*. Авторы [97] выявили активную репарацию ДНК бактерий (напомним – до возраста в «0,5 млн. лет») и считают, что устойчивость палеобактериальных культур к воздействию повреждающих ДНК агентов (и к спонтанным нарушениям ее структуры) обусловлена не тем, что они где-то покоятся в виде практически неживых спор [93, 94], а тем, что бактерии имеют некоторый метаболизм и возможность энзиматически устранить повреждения генома. Но надо подчеркнуть, что, несмотря на всю репарацию ДНК и возможность питания в почвах вечной мерзлоты (а не во льду, не в янтаре и не в соли) никаких неспорообразующих бактерий возрастaми более «500 тыс. лет» обнаружено не было. Поэтому рассуждения авторов [97] об активной репарации ДНК в течение геологических периодов времени применительно к прочим представленным в таблице 3 выше бактериям отношения имеют мало. Так как сроки в

«десятки – сотни миллионов лет» несоизмеримы с «500 тыс. лет». Равно как и возможность питаться в почвах несоизмерима с возможностью питаться во льду, внутри янтаря или в рассоле.

В конце статьи [97], как это часто бывает для подобного рода исследований, разбирается вопрос о том, могут ли такие «метаболически активные» микробы выживать в мерзлоте и во льду на Марсе и Юпитере. Но вывод типа «есть ли жизнь на Марсе» все же отсутствует, хотя таковая и не отрицается [97].

5. Эволюционный подход: палеобактерии не могут быть такими древними, поскольку они не отличаются от современных бактерий

В аналитических обзорах последних лет по ископаемым ДНК и палеобактериям [19, 20] представлена совокупность разработанных критериев, которая позволяет оценить достоверность «палео» в исследованиях подобного рода. Что это, де, не современные загрязнения. Фигурируют и полнота стерилизации образца и необходимость независимого воспроизведения результатов в разных лабораториях. Но самыми главными являются так называемые «молекулярный филогенетический тест» и «тест на относительную скорость эволюции». Говоря просто, ископаемые геномы (и их фрагменты) **обязаны** отличаться от современных, причем на столько мутаций, чтобы отличия соответствовали неким расчетным «молекулярным часам мутагенеза» и «стандартной скорости мутагенеза» (придуманным генетиками, исходя из модельных опытов на дрозофиле, мышах и пр. [103]).

Молекулярный филогенетический метод [19, 20, 82, 104, 105] основан на расчете времени расхождения между геологической древней ДНК и современными последовательностями от общего предка. Оценки проводятся с помощью «молекулярных часов»: по теоретически рассчитанной скорости замещения реперных генов. Понимается, однако, что тест по скорости молекулярно-генетического «отдаления» имеет недостатки. В частности, установленная ранее стандартная скорость мутагенеза может не быть репрезентативной для исследуемого таксона или же для группы тестируемых генов внутри таксона [19].

Лучшим, де, является «тест по относительной скорости эволюции» [19, 20, 82, 104]. В этом случае определяется как бы дистанция между исследуемым древним геномом и современным родственным ему геномом (генами). Коротко говоря, различия древнего и современного геномов **обязаны** соответствовать соотношению некоей стандартной «скорости эволюции генома» (мутагенеза) и оцененного возраста древнего образца. За столько-то миллионов лет **обязано** накопиться столько-то изменений (мутаций).

Таким образом, абсолютизируются оцененные молекулярными генетиками скорости накопления мутационных изменений, которым приписывается постоянство «всегда, всюду, одинаково и у всех». Но данный показатель, понятно, зависит и от вида организма (мутагенез у дрозофилы быстрее, чем у человека), и от наличия мутагенных факторов и от других внешних/внутренних причин. Здесь не место разбирать данное построение молекулярных генетиков-эволюционистов, которое своей априорной приблизительностью способно ввести в ступор любого специалиста другого профиля. Здесь мы только приведем вывод, согласно которому древность геномов и их носителей, а также корректность соответствующих исследований поверяют не некими радиоизотопными диагностиками образцов и прочими геологическими и физико-химическими методами материального характера. Нет:

Достоверность экспериментальных палеогенетических исследований поверяется в первую очередь идеалистическим соответствием теории эволюции.

Такие у генетиков-эволюционистов принципы. Далекое от научности, поскольку постоянство скорости эволюции и мутагенеза, тем более при погружении в столь ретроспективные седые глубины времени, не только не доказано, **но прямо неверно.**

Однако дело даже не в этом – приняли принципы, значит, имели некие основания. Всегда приятно видеть, как кто-то придерживается своих принципов. Но принципы не должны вопиюще противоречить реальности. Следование неадекватным принципам является схоластикой, начетничеством и мракобесием.

Именно такая история и произошла с палеобактериями. Выше уже говорилось, что их реальность отрицается в первую

очередь потому, что они не отличаются от современных бактерий на уровне вида, в крайнем случае – рода (скорее даже «полуро-да»), если говорить образно). Получается, что никакой макроэволюции нет даже в течение «сотен миллионов лет», а есть только – микроэволюция внутри барамина (те авторы-палеомикробиологи, Впрочем, подобными мыслями не задаются; это не их стезя).

Некоторые русскоязычные ученые эволюционисты выдумывают объяснения отсутствию макроэволюции у микробов **в принципе**, по их, так сказать, глубинной микробной природе [106], но таковые объяснения не выдерживают критики даже по форме их изложения (см. в [107]).

* * *

За отсутствие отличий от современности особо досталось живым спорам бактерий вида **Bacillus species** из пермских галитов возрастом в «250 млн. лет», которые (бактерии), как считается, и пережили все то время в виде спор [93, 94].

Кругом вздымались и рушились горы, накатывались и осушались океаны, били в землю метеоры, да так, что иной раз половина фауны сразу вымирала (см. кратер на п-ове Юкатан), возникали и уходили в небытие динозавры как класс, бегали с дубинами волосатые люди в шкурах, а бактерии все ждали и ждали исследователей группы Руссела Вриланда, пребывая в рассоле (не в огуречном) в состоянии анабиоза. И никакие катаклизмы и радиации им оказались не страшны.

Так получается по общей логике, но не получается по логике эволюционной. Вот обзор авторов из США, который называется: «Парадокс: «древние» бактерии, содержащие «современные» гены» [108]. Рассматриваются упомянутые пермские бактерии и сказано, что те **Bacillus** по генам практически идентичны современной **Salibacillus marismortui** из солей Мертвого моря (которая была выделена в 1936 г.). Для тестируемого гена только один из 619 нуклеотидов в палеобактерии отличался по замещению от **Salibacillus marismortui** – идентичность таксонов на аминокислотном уровне [108].

Тем не менее, был проведен тест на относительную скорость эволюции обоих видов бактерий (палео и современной), и

«250 млн. лет оказались невероятны» (ничего не отличалось). Не было обнаружено отличий и по «молекулярному филогенетическому тесту» эволюционной скорости расхождения генов тех и других микроорганизмов от некоего общего источника-предка. Сравнивали «эволюционную скорость» для разных генов, и всюду было одно и то же [82, 105, 108].

Какой бы мы сделали отсюда вывод, даже если бы стояли на эволюционных позициях и не сомневались в тех датировках и в эволюционных «тестах»?

Мы бы, вероятно, сказали, что бактерии в «250 млн. лет»¹ – современный артефакт, и что они занесены откуда-то в образцы грязными руками (кто теперь проверит?). Но не то с эволюционистами: чтобы снять парадокс, была предложена гипотеза, что и **современные бактерии *Salibacillus marismortui***, выделенные из Мертвого моря в 1936 г., являются «палео», т.е., что они бултыхались в Мертвом море **тоже** сотни миллионов лет до 1936 г., никак не развиваясь [93, 108, 109]. Либо – что за «250 млн. лет» скорость эволюции почему-то совсем замедляется [108].

Могут не поверить, но первоисточники [93, 108, 109] вполне доступны, как в виде рефератов, так и (некоторые) в виде свободных электронных версий.

В другом аналитическом исследовании [110], исходя из предполагаемого времени генерации некоторых бактерий в осадках морского дна², попытались рассчитать число генераций микроорганизмов в галитах (как если бы они не были бы в виде спор и не были бы совсем другими бактериями). За основу приняли накопление мутационных изменений в реперных генах (ничтожное по факту; см. выше) от бактерий в галитах до бактерий Мертвого моря. Вследствие такого драконовского умозрительного подхода по расширению времени генерации бактерий ***Bacillus*** на невероятные сроки, получилось, что «250 млн. лет» допустимы, если бактерии более активно росли и делились в своем рассоле, что, учитывая концентрацию там соли, априори невероятно [110].

1 И в «112–121 млн. лет» [118].

2 Выше было рассмотрено, что бактериям морского дна приписана крайне вялая жизнедеятельность и что они, якобы, делятся один раз в сотни тысяч лет [95, 96]. Вопрос о том, насколько это может отвечать действительности, был разобран в предыдущем разделе.

Вернувшись в раздел 4 и к таблице 3, можно видеть, что никаких неидентичных современным бактериям никто не нашел нигде, в том числе в фациях возрастом «в сотни миллионов лет». И не только группа Р. Вриланда в 2000-2004 гг. В обзоре [19] приведена сводная таблица, из которой следует, что за исключением относительно «молодой» **Bacillus** из пчелы в янтаре [84] (см. выше таблицу 3), никакие из этих бактерий не проходят по первому тесту – по «молекулярно-филогенетическому методу» (по данным тестам см. в начале раздела). А по второму тесту, по «относительной скорости эволюции», состояние с его прохождением совсем безнадежно уже для всех описанных ныне палеобактерий.

Поэтому некоторые авторы полностью отрицают, что бактерии в «миллионы лет» – реальность [82, 111], а другие авторы – сомневаются [19, 20, 108].

Но никто не отменяет те публикации в «Nature», «Science» и журнале АН США (вкуче с прочими более специальными – см. выше таблицу 3). И никто не отменяет факта совсем уж недавней идентификации (2007 г.) признаков бактериальной жизни во льду возрастом в «8 млн. лет» [39]. И – в галитах Мелового периода – «112-121 млн. лет» (тоже 2007 г.) [118].

6. Бактерии, живущие 250 млн. лет, как доказанный научный факт в университетском учебнике

Микроорганизмы в «250 млн. лет» (и в «несколько десятков миллионов лет» – тоже) уже фигурируют в российском учебнике по микробиологии для ВУЗов [112]. Любо-дорого посмотреть, что там написано **в целом** про отсутствие каких-либо отличий у палеобактерий от современных **вообще** (выделено нами) [112]:

«В начале 1980-х годов Шопф (J. W. Shopf), Нол (A. H. Knoll) и другие палеомикробиологи провели анализ микрофоссилий на шлифах докембрийских осадочных пород **возрастом 1,5–3,5 миллиарда лет. Как выяснилось, эти микроископаемые почти не отличаются от современных цианобактерий.** В настоящее время для них получены морфометрические данные, характеризующие форму и размер клетки, структуру трихома, строение чехла,

организацию микроколонии и т.д. При сопоставлении ископаемых одноклеточных и нитчатых цианобактерий (соответственно 1400 образцов для 260 геологических формаций и 650 образцов для 160 геологических формаций) с 600 образцами современных цианобактерий выяснилось, что микрофоссилии можно идентифицировать с точностью до рода. Поэтому им присваиваются названия современных цианобактерий с добавлением приставки *palaeo* или *eo*».

Это пример зашоренности эволюционизма. 3,5 миллиарда лет существования живого с его геномом, подверженным разным флуктуациям, и без каких-либо изменений вне рода – весьма похоже на твердое экспериментальное доказательство отсутствия макроэволюции как таковой.

Любопытно также присваивание приставки «палео». Все – то же самое, но – «палео». Как в «Повести о Ходже Насреддине» («Очарованный принц»):

«– Вот, например, видишь – плющ! Тоже – волшебный! И вон тот лопух – тоже! Кругом – волшебная трава! Простой даже и нет, все – волшебная. Здесь был задолго до тебя один чернокнижник, он мне все это и разъяснил. Кроме того, здесь и камни – волшебные».

В цитированный выше учебник по микробиологии А.В. Пиневича от 2006 года [112] попали и бактерии из янтаря и бактерии в «250 млн. лет», вероятно, как «последний писк» палеомоды и как важнейший факт для студентов. На рисунке 2 представлен в графическом виде соответствующий фрагмент из данного учебника для ВУЗов (как подтверждающий документ).

Рисунок 2 (справа). Фрагмент из учебника по микробиологии для ВУЗов от 2006 г. [112], в котором отсутствуют сомнения в возможности бактерий выживать «десятки – сотни миллионов лет». 

А. В. ПИНЕВИЧ

МИКРОБИОЛОГИЯ

БИОЛОГИЯ ПРОКАРИОТОВ

Учебник

Том I



ИЗДАТЕЛЬСТВО С.-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

2006

1.8. ПАЛЕОМИКРОБИОЛОГИЯ



Реанимированные древние бактерии. Некоторые прокариоты сохраняют жизнеспособность на протяжении геологических периодов при условии полного анабиоза. После реанимации их можно изучать с помощью традиционных цитофизиологических методов.

В 1998 г. появилось сообщение о выделении живой культуры *Staphylococcus siccus* — бактерии, вегетативные клетки которой в течение 25–35 млн лет хранились в куске янтаря из Доминиканской республики (Южная Америка). Однако даже такое долголетие выглядит очень скромно по сравнению с фантастическим анабиозом продолжительностью в 250 млн лет. Именно этот возраст имеют вегетативные клетки *Bacillus* sp., которые были замурованы в кристаллах поваренной соли, найденных в 2000 г. в штате Нью-Мехико (США).

В отличие от вегетативных клеток, эндоспores не только полностью приостанавливают свою жизнедеятельность при переходе в анабиотическое состояние (англ. dormancy — сонливость), но и приобретают высочайшую устойчивость к стрессовым воздействиям (англ. resistance — сопротивление). Благодаря этим свойствам они могут прорасти через очень большое время после своего образования. В желудке симбиотической пчелы, найденной в куске янтаря, они сохранялись в интактном виде 25–40 млн лет.

Таким образом, студентам, для которых рассматривание наряду с эволюционной также и альтернативной теории является, вероятно, еще более великим мракобесием и примером ненаучного подхода, чем «Основы православной культуры» для школьников, вполне научно преподносить как данность некую заведомую бредовость, в которой и сами конкретные исследователи, как было видно выше, порой сомневаются. Мы имеем в виду сомнения не том, что кто-то где-то в каких-то пластах обнаружил бактерий, а в том, что бактерии, причем в виде спор, могут выдержать 250 млн. лет.

Кроме того, в учебнике А.В.Пиневиича имеется противоречие с рассмотренными нами выше эволюционными «тестами» на чистоту тех «палео». Чтобы признать бактерий древними, необходимо, чтобы они отличались от современных бактерий на такое-то зависимое от приписанного возраста количество изменений генома (мутаций). И если не отличаются, то – никаких вам «палео». Поэтому все палеоцианобактерии возрастом в миллиарды лет (см. выше цитату из учебника) должны быть современными артефактами (ибо фенотип определяется генотипом, и если морфология и пр. для цианобактерий одинакова от «3,5 млрд. лет» до наших дней, то и генотип – тоже). В результате по эволюционному подходу получается, что и те приписанные формациям «биллиарды» – тоже пустяки и анютины глазки.

Ну, А.В.Пиневиич про все сказанное мог, конечно, и не знать. Или он скрытно симпатизирует идее о молодой Земле (что вряд ли).

7. Как рассматривать вопрос о палеобактериях

Рассматривать этот вопрос надо, во-первых, с позиции обыденной логики и, во-вторых, с позиции логики научных фактов. В разделе 3 был представлен материал о сохранности ДНК в виде сухого препарата. Оказывается, ДНК не может выдержать в принципе более 1 млн. лет ни при каких мыслимых условиях (безводно, бескислородно, при низкой температуре и пр.). Короткие амплифицируемые фрагменты ДНК (только чтобы можно было провести РСР, т.е., порядка 100 пар оснований), по оценкам с

170

помощью ряда методов, можно выделить спустя 100 тыс. лет. Для получения же некоего генетического материала (фрагментарно-го) ДНК в приличных условиях должна храниться не более 10 тыс. лет. А если условия практически обычны, то через 2,5 тыс. лет при 20°С от ДНК не останется ничего (и это, по нашему, еще слишком долго).

Данные расчеты и оценки касаются, как подчеркивалось выше в разделе 3, только неживой ДНК, поскольку в клетке эта молекула все время защищается и репарируется от спонтанных и внешних повреждений, и без такой системы защиты/репарации/элиминации повреждений ДНК жизнь просто невозможна.

Системы репарации требуют наличия некоего метаболизма, питания, дыхания, обмена веществ. Иначе ферменты и белковые факторы репарации функционировать не будут. В состоянии спор бактерии впадают в анабиоз и обезвоживание, и репаративные процессы в них проходить **не могут** [42, 45, 82]. Надо твердо понимать, что бактериальные споры в покоящемся состоянии **не способны** репарировать повреждения ДНК, репарация в них отсутствует, и этот факт сомнению в последние годы не подвергается, будучи известным в том числе для бактерий *Bacillus sp.* [113, 114], что провели в виде спор «250 млн. лет» [93, 94]. Другое дело, что в виде некоей компенсации в состав бактериальных спор включено обладающее широким спектром защитных свойств соединение дипиколиновая кислота¹ (индикатор наличия спор; в делящихся клетках дипиколиновая кислота отсутствует) [113, 114].

Поэтому для стерилизации облучением от неспорообразующих бактерий необходимы дозы, во много раз меньшие (0,12–0,88 Мрад²), чем от спорообразующих (1–5 Мрад) [78, 79, 115].

Применительно к пережившим геологические периоды времени бактериям (таблица 3 выше) следует определиться, в каком же виде они просуществовали. В солевом растворе галитов в течение «250 млн. лет», как считают авторы [93, 94], бактерии

1 Дипиколиновая кислота – хелатор кальция.

2 О единицах измерения доз радиации (здесь – мегарады) см. в разделе 3.

обитали в анабиозе в виде спор, поскольку питаться там нечем. (Встречаются спекулятивные рассуждения о возможности **питания спорами** водородом [116], но такие умозрения никем всерьез не принимаются [19].)

Трудно сказать также, чем могли питаться неспорообразующие бактерии «миллионы лет», скажем, во льдах Антарктиды [39]. И как другие бактерии пережили запечатанное безводное состояние в янтаре миллионы лет. Плюс — пережили суммарные дозы различных неблагоприятных факторов, таких, как свет, радиация, термодинамические флуктуации и пр. Выше в разделе 4 были приведены наши расчеты минимального уровня **спонтанных повреждений ДНК** у бактерий, поскольку повреждения остаются, хоть и в малом числе, после любой сколь угодно интенсивной репарации (абсолютного нет ничего). Получилось, что за 1 млн. лет в бактериальном геноме будет выбит каждый нуклеотид.

Так что не в форме покоящихся спор бактериальная клетка миллионы лет существовать неспособна в принципе.

Но в покоящихся спорах репарация ДНК отсутствует вообще, и, помимо накопления спонтанных повреждений ДНК, важное значение будут иметь лучевые повреждения этой молекулы за счет радиационного фона земли (предполагается, что в непокоящемся виде живая бактерия способна репарировать почти все подобные повреждения). В разделе 3 были рассчитаны дозы облучения за счет γ -компоненты радиационного фона при допущении, что полностью отсутствует α -компонента радона. (Предполагается полная герметичность для радона «запечатанных» в галитах, янтаре и мерзлоте бактерий, поскольку α -частицы экранируются почти любым материалом.)

Полученные явно заниженные значения только для γ -компоненты радиационного фона составили 3–5 Мрад за 100 млн. лет, что полностью «стирает» любые спорообразующие бактерии (доза при радиостерилизации равна 1–5 Мрад [78, 79, 115]).

Применительно к спорам дело даже не в радиации за десятки – сотни миллионов лет. ДНК в спорах, хоть и защищена дипиколинатом, по своему статусу соответствует не ДНК живой

клетки, а ДНК как препарату, как «неживой» ДНК. Для ДНК вне живой клетки, как было указано в разделе 3 и здесь выше, самый большой мыслимый предел выживаемости составляет не более 100 тыс лет – 1 млн. лет. Даже если защищенная ДНК в спорах увеличит данный предел в 2–3 раза (а более эффективно химические протекторы не работают [117]), все равно ситуация сильно не изменится и до десятков – сотен миллионов лет не дотянет. К тому же следует учитывать, что 1 млн. лет был рассчитан для препарата ДНК в плане его **принципиальной** качественной детекции, для которой достаточно малых фрагментов молекулы, в то время как для выживания спор необходимо сохранить цельную клеточную ДНК и т.п.

Поэтому ситуация с выживанием ДНК в спорах миллионы лет безнадежна. Но не в виде спор бактерии тоже не могут выжить подобное время индивидуально (не как культуры) в принципе, ибо постоянные нарушения структуры ДНК за немислимо гигантские сроки разрушат любой геном даже при любой интенсивности его репарации (абсолютно точной репарации ДНК не бывает).

Остается предположение о каких-то делящихся и живущих «десятки – сотни миллионов лет» культурах бактерий, с чем, во-первых, не согласны авторы оригинальных исследований (например, микроорганизмов в галитах) и, во-вторых, что малопонятно в плане питания и дыхания в герметичных запечатанных условиях.

После всего рассмотренного, с позиции как обыденной, так и научной логики могут иметь место только две возможности:

1) **Все палеобактерии и все ископаемые ДНК** (более двух десятков работ из научных учреждений западных стран) **являются артефактами**, результатом современных загрязнений и неумением палеогенетиков и палеомикробиологов нормально проводить эксперименты. Параллельно все множество соответствующих публикаций на данные темы в «Nature», «Science» и ряде других ведущих журналов **мира следует отнести исключительно к рекламной шумихе и к желто-жареным веяниям в науке.** Университетские учебники по микробиологии, публикующие

желтую туфту, следует изъять для переработки, чтобы они не формировали неверное мировоззрение с сомнениями в геологическом возрасте земли.

2) Как палеобактерии, так и некоторые (возможно) ископаемые ДНК артефактами не являются. Артефактами являются приписанные им «многомиллионлетние» возрасты (и возрасты соответствующих геологических формаций). Такая ситуация имеет место применительно к ряду формаций. И пара десятков миллионов лет миоцена дешевле раз в 30–50, а те «250 млн. лет» и «112–121 млн. лет» для пермских и меловых галитов соответственно – раз в пятьсот. В результате и Пермь с ее звероящерами, и Меловой период с динозаврами «подешевеют» во столько же.

«Третьей разницы» не будет, а если кто и начнет придумывать нечто, то – уже не научное, а – фантастическое. Так как природные механизмы устойчивости ДНК и генома не позволяют им выживать настолько долго.

Выводы

1. Согласно опубликованным расчетам и экстраполяциям из лабораторных исследований с разными методическими подходами (термодинамика, физико-химия, биохимия), последовательности ДНК и РНК вне живых клеток не способны выдержать на Земле более 100 тыс. лет – 1 млн. лет при самых благоприятных условиях хранения, какие только можно представить. Оцененный лимит определения ДНК методом РСР составляет не более 100 тыс. лет, когда от молекулы остаются короткие фрагменты порядка 100 пар оснований. Предел сохранения информационного генетического материала (даже фрагментарного) насчитывает 10 тыс. лет, если температура не слишком высока. При 20°С последовательности нуклеиновых кислот полностью распадаются за 2,5 тыс. лет.

2. Из янтаря и геологических формаций с официальными оцененными возрастными в «миллионы – сотни миллионов лет» (до «135 млн. лет») методом РСР извлекают последовательности ДНК и рРНК, которые, согласно авторам подобных иссле-

дований (12 работ), являются оригинальными ископаемыми нуклеиновыми кислотами указанного возраста, а не современными примесями. Данные опубликованы в 1990–2007 гг. в наиболее авторитетных журналах типа «Nature», «Science», «Proceedings of the National Academy Science USA» и др.

3. Из янтаря, морских осадков, месторождений соли, антарктических льдов и вечной мерзлоты с официальными оцененными возрастaми в «миллионы – сотни миллионов лет» (до «220–250 млн. лет») извлекают споры бактерий и неспорообразующие бактерии, которые дают живые культуры (10 работ). Полагают, что эти бактерии являются конкретными индивидуальными клетками и спорами, пережившими те геологические периоды времени, а не культурой потомков исходной популяции. Данные опубликованы в 1995–2007 гг. в наиболее авторитетных журналах типа «Nature», «Science», «Proceedings of the National Academy Science USA» и др.

4. Все ДНК (и рНК), а также все бактерии подвергались однозначной классификации и с несомненностью были отнесены к современным видам и родам, отличаясь максимум в рамках рода, но в большинстве случаев не отличаясь совсем. Таким образом, за геологические периоды вплоть до сотен миллионов лет, если верить их официальной датировке, никаких макроэволюционных изменений микроорганизмов не произошло.

5. Критика генетиков-эволюционистов корректности выводов о древности ископаемых ДНК (рНК) и палеобактерий сводится, помимо вероятности лабораторных загрязнений (которые отрицаются авторами конкретных исследований), к тому, что геном палеобактерий **не может быть** идентичен современному. Согласно теоретическим эволюционным «молекулярному филогенетическому тесту» и «тесту на относительную скорость эволюции», различия древнего и аналогичного современного геномов обязаны соответствовать соотношению некоей стандартной «скорости эволюции генома» (мутагенеза) и датировке древнего образца. Оцененному возрасту ископаемого генома **обязано** соответствовать рассчитанное по указанным тестам число мутаций. Оба теста основаны на умозрительных предположениях о по-

стоянстве скорости мутагенеза «всегда, всюду, одинаково и у всех организмов», что неверно в молекулярно-биологическом и молекулярно-генетическом аспектах даже априори. Совокупность двух указанных эволюционных тестов не прошли никакие ископаемые ДНК (рРНК) и никакие палеобактерии, что и неудивительно, учитывая их идентичность современным образцам и микроорганизмам.

6. Отнесение всего массива данных по ископаемым нуклеиновым кислотам и бактериям к однозначным артефактам маловероятно, исходя из широкого спектра находок, авторитета соответствующих научных учреждений, весомости и современности публикаций. Палеобактерии возрастом в «десятки – сотни миллионов лет» уже включены в российский университетский учебник по микробиологии 2006 г. В связи с однозначной невозможностью ДНК и геномов (в том числе бактериальных) быть восстановленными спустя максимум 10 тыс. лет – 1 млн. лет, сделан вывод, что приписанные формациям с подобными находками официальные датировки в «десятки – сотни миллионов лет» (миоцен, Пермь и др.) являются завышенными на порядки.

Литература:

1. *Abelson P.H.* Paleobiochemistry // *Carnegie Inst. Washington Yearb.* 1954. V. 53. P. 97–101; *Scient. Amer.* 1956. V. 195. P. 83–92. (См. также (http://ucnuclearfree.org/articles/2004/08/09_schudel_atom-bomb-scientist-dies.htm))
2. *Schweitzer M.H.* The future of Molecular Paleontology // *Palaeontologia Electronica.* 2003. V. 5. № 2. (<http://palaeo-electronica.org>)
3. *Smejkal G.B., Schweitzer M.H.* Will current technologies enable dinosaur proteomics? // *Expert Rev. Proteomics.* 2007. V. 4. № 6. P. 695–699. (Есть сетевая версия.)
4. *Розанов А.Ю.* Современная палеонтология // *Соросовский образовательный журнал.* 1999. № 1. С. 47–55. (Есть сетевая версия.)
5. *Стоник В.А.* Молекулы свидетельствуют о прошлом // *Соросовский образовательный журнал.* 2001. Т. 7. № 3. С. 18–24. (Есть сетевая версия.)
6. *Кизильштейн Л.Я.* Молекулярная палеонтология и молекулярные ископаемые // *Наука и жизнь.* 2007. № 10. <http://elementy.ru/lib/430520>.
7. *Луныный А.Н.* Противоречие между данными молекулярной палеонтологии и эволюционным представлением о возрасте ископаемых останков. Обзор последних научных исследований. В кн.: «Православное осмысление творения мира». Материалы XIII международных рождественских образовательных чтений. М.: «Шестоднев». 2005. С. 199–240. (Есть сетевые версии.)

8. *Лунный А.Н.* Вслед за гемоглобином тираннозавра — мягкие ткани с эластичными сосудами и ядерными клетками из костей четырех динозавров. И вновь — фрагменты белков. В кн.: «Православное осмысление творения мира». Выпуск 2. М.: Отдел религиозного образования и катехизации Русской Православной Церкви-Миссионерско – Просветительский Центр «Шестодневъ». 2006. С. 179–202. (Есть сетевые версии.)
9. *Лунный А.Н.* Костный мозг, хранившийся «10 миллионов лет», еще кости динозавров с сосудами и эритроцитами, запах от останков возрастом «около 70 миллионов лет», мумии динозавров и прочее. Находки становятся обыденностью. В кн.: «Православное осмысление творения мира». Выпуск 3. М.: Отдел религиозного образования и катехизации Русской Православной Церкви – Миссионерско-Просветительский Центр «Шестодневъ». 2007. С. 156–201. (Есть сетевые версии.)
10. *Лунный А.Н.* Молекулярно-клеточная палеонтология на 2007 год: свидетельства о малом возрасте земли // Православный сайт «Слово отеческое». Сотворение мира – данные современной науки ([http:// www.slovotech.nm.ru/](http://www.slovotech.nm.ru/)). В печати.
11. *Newton C.R., Graham A.* PCR. Oxford: Bios Scientific Publishers; 1996. P. 18–19.
12. *Loreille O., Kiesslich J.* Ancient DNA references. 1999. (<http://www.comic.sbg.ac.at/staff/jan/ancient/aDNA%20library.html>.) Ancient Genome Encyclopedia (Ancient DNA DataBase). 2004. (<http://www.ddbj.nig.ac.jp/aDNA/index.html>.)
13. The 8th International Conference on Ancient DNA & Associated Biomolecules. October 16–19, 2006 Lodz, Poland. http://csk.umed.lodz.pl/~dmb/DNA8/doc/?plik=dna8_report
14. *Tuross N.* The biochemistry of ancient DNA in bone // *Experientia*. 1994. V. 50. № 6. P. 530–535.
15. *Cano R.J.* Analysing ancient DNA // *Endeavour*. 1996. V. 20. № 4. P. 162–167.
16. *Bada J.L., Wang X.S., Hamilton H.* Preservation of key biomolecules record: current knowledge and future challenges // *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 1999. V. 354. № 1379. P. 77–87. (Есть сетевая версия.)
17. *Hofreiter M., Serre D., Poinar H.N. et al.* Ancient DNA // *Nat. Rev. Genet.* 2001. V. 2. № 5. P. 353–359.
18. *Poinar H.N.* The genetic secrets some fossils hold // *Acc. Chem. Res.* 2002. V. 35. № 8. P. 676–684.
19. *Hebsgaard M.B., Phillips M.J., Willerslev E.* Geologically ancient DNA: fact or artefact? // *Trends Microbiology*. 2005. V. 13. № 5. P. 212–220. (Есть сетевая версия.)
20. *Willerslev E. Cooper A.* Ancient DNA // *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 2005. V. 272. № 1558. P. 3–16. (Есть сетевая версия.)
21. *Rogaev E.I., Moliaka Y.K., Mal'yarchuk B.A. et al.* Complete Mitochondrial Genome and Phylogeny of Pleistocene Mammoth *Mammuthus primigenius* // *PLoS Biology*. 2004. V. 4. № 3. P. 403–410. (Есть сетевая версия.)
22. *Yang H., Golenberg E.M., Shoshani J.* Phylogenetic resolution within the Elephantidae using fossil DNA sequence from the American mastodon (*Mammot americanum*) as an out-group (systematics/molecular evolution/ancient DNA/mitochondrial DNA) // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. V. 93. P. 1190–1194.
23. *Excoffier L.* Neandertal genetic diversity: a fresh look from old samples // *Curr. Biol.* 2006. V. 16. № 16. P. R650–R652. (Есть сетевая версия.)

24. *Лунный А.Н.* О ДНК «неандертальца»: все больше данных и все меньше корректных выводов. Обзор с рецензией и полемикой. В кн.: «Православное осмысление мира и современная наука». Выпуск 4. Материалы XVI международных рождественских образовательных чтений. М.: Отдел религиозного образования и катехизации Русской Православной Церкви – Миссионерско-Просветительский Центр «Шестодневъ». 2008. С. 192–227. (Есть сетевая версия.)
25. *Huynen L., Millar C.D., Scofield R.P., Lambert D.M.* Nuclear DNA sequences detect species limits in ancient moa // *Nature*. 2003. V. 425. № 6954. P. 175–178.
26. Шанхайский рейтинг: результаты получены, а что считали? // <http://career.akzia.ru/subtext/37.html>
27. Академический рейтинг университетов мира (ARWU). 2008 // Сайт «УралБизнесОбразование». <http://www.ubo.ru/analysis/?cat=146&pub=1843>
28. *Golenberg E.M., Giannassi D.E., Clegg M.T. et al.* Chloroplast DNA sequence from a Miocene *Magnolia* species // *Nature*. 1990. V. 344. № 6267. P. 656–658.
29. *Kim S., Soltis D.E., Soltis P.S., Sun Y.* DNA sequences from miocene fossils: an NDHF sequence of *Magnolia latahensis* (*Magnoliaceae*) and rbcL sequence of *Persea Pseudocarolinensis* (*Lauraceae*) // *Am. J. Botany*. 2004. V. 91. № 4. P. 615–620.
30. *Soltis P.S., Soltis D.E., Smiley C.J.* An rbcL sequence from a Miocene *Taxodium* (*bald cypress*) // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 1992. V. 89. № 1. P. 449–451.
31. *DeSalle R., Gatesy J., Wheeler W., Grimaldi D.* DNA Sequences from a fossil termite in Oligo-Miocene amber and their phylogenetic implications // *Science*. 1992. V. 257. № 5078. P. 1933–1936.
32. *Cano R.J., Poinar H.N., Pieniazek N.J. et al.* Enzymatic amplification and nucleotide sequencing of DNA from 120–135 million year old weevil // *Nature*. 1993. V. 363. № 6429. P. 536–538
33. *Poinar H.N., Cano R., Poinar G.O.* DNA from an extinct plant // *Nature*. 1993. V. 363. P. 677.
34. *Woodward S.R., Weyand N.J., Bunnell M.* DNA sequence from Cretaceous period bone fragments // *Science*. 1994. V. 266. № 5188. P. 1229–1232.
35. *Li Y., An C.-C., Zhu Y.-X.* DNA isolation and sequence analysis of dinosaur DNA from Cretaceous dinosaur egg in Xixia Henan, China // *Acta Sci. Nat. Univ. Pekinensis*. 1995. V. 31. P. 148–152.
36. *Fish S.A., Shepherd T.J., McGenity T.J., Grant W.D.* Recovery of 16S ribosomal RNA gene fragments from ancient halite // *Nature*. 2002. V. 417. № 6887. P. 432–436.
37. *Veiga-Crespo P., Poza M., Prieto-Alcedo M., Villa T.G.* Ancient genes of *Saccharomyces cerevisiae* // *Microbiology*. 2004. V. 150. Pt 7. P. 2221–2227.
38. *Willerslev E., Hansen A.J., Brand T.B. et al.* Long-term persistence of bacterial DNA // *Curr. Biol*. 2004. V. 14. № 1. P. R9–R10.
39. *Bidle K.D., Lee S.-H., Marchant D.R., Falkowski P.G.* Fossil genes and microbes in the oldest ice on Earth // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2007. V. 104. № 33. P. 13455–13460.
40. *Paabo S., Wilson A.C.* Miocene DNA sequences – a dream come true? // *Curr. Biol*. 1991. V. 1. № 1. P. 45–46.
41. *Sykes B.* Ancient DNA. The past comes alive // *Nature*. 1991. V. 352. № 6334. P. 381–382.
42. *Lindahl T.* Instability and decay of the primary structure of DNA // *Nature*. 1993. V. 362. № 6422. P. 709–715.
43. *Poinar H.N., Hoss M., Bada J.L., Paabo S.* Amino acid racemization and the preservation of ancient DNA // *Science*. 1996. V. 272. № 5263. P. 864–866.

44. *Austin J.J., Ross A.J., Smith A.B. et al.* Problems of reproducibility. Does geologically ancient DNA survive in amber-preserved insects? // *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* B. 1997. V. 264. № 1381. P. 467–474.
45. *Lindahl T.* Facts and artifacts of ancient DNA // *Cell.* 1997. V. 90. № 1. P. 1–3.
46. *Gibbons A.* Possible dino DNA find is greeted with skepticism // *Science.* 1994. V. 266. № 5188. P. 1159.
47. *Allard M.W., Young D., Huyen Y.* Detecting Dinosaur DNA // *Science.* 1995. V. 268. № 5214. P. 1192.
48. *Henikoff S.* Detecting Dinosaur DNA // *Science.* 1995. V. 268. № 5214. P. 1192.
49. *Hedges S.B., Schweitzer M.H.* Detecting dinosaur DNA. *Science*, 1995. V. 268 № 5214. P. 1191–1192.
50. Восставший из льда – 1 // *Новости науки.* 07.10.99. http://www.znanie-sila.ru/news/issue_6.html
51. *Ленинджер А.* Биохимия. Пер. с англ. под ред. А.А. Баева и Я.М. Варшавского. М.: Мир. 1976. — 960 с.
52. *Copley S.D., Smith E., Morowitz H.J.* The origin of the RNA world: co-evolution of genes and metabolism // *Bioorg. Chem.* 2007. V. 35. № 6. P. 430–443.
53. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR-Report 2000. Annex F. DNA repair and mutagenesis. New York, 2000. P. 1–72. (<http://www.unscear.org/docs/reports/annexf.pdf>)
54. *Ho S.Y., Heupink T.H., Rambaut A., Shapiro B.* Bayesian estimation of sequence damage in ancient DNA // *Mol. Biol. Evol.* 2007. V. 24. № 6. P. 1416–1422.
55. *Blin K.* Paleogenetics. DNA analysis of ancient remains // Institute of Anthropology and Human Genetics. University of Tubingen. Division of Molecular Genetics. 1.08.2003. (<http://www.uni-tuebingen.de/uni/thm/molgen/paleogenetics.html>.)
56. *Hansen A.J., Mitchell D.L., Wuuf C. et al.* Crosslinks Rather Than Strand Breaks Determine Access to Ancient DNA Sequences From Frozen Sediments // *Genetics.* 2006. V. 173. № 2. P. 1175–1179.
57. *Gilbert M.T.P., Hansen A.J., Willerslev E. et al.* Characterization of Genetic Miscoding Lesions Caused by Postmortem Damage // *Am. J. Hum. Genet.* 2003. V. 72. № 1. P. 48–61.
58. *Gutierrez G., Sanchez D., Marin A.* A reanalysis of the ancient mitochondrial DNA sequences recovered from Neandertal bones // *Mol. Biol. Evol.* 2002. V. 19. № 8. P. 1359–1366. (Есть сетевая версия.)
59. *Nicholson G.J., Tomiuk J., Czarnetzki A. et al.* Detection of bone glue treatment as a major source of contamination in ancient DNA analyses // *Am. J. Phys. Anthropol.* 2002. V. 118. № 2. P. 117–120.
60. *Pusch C.M., Bachmann L.* Spiking of Contemporary Human Template DNA with Ancient DNA Extracts Induces Mutations Under PCR and Generates Non-Authentic Mitochondrial Sequences // *Mol. Biol. Evol.* 2004. V. 21. № 5. P. 957–964. (Есть сетевая версия.)
61. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR-Report 2000. Annex B. Exposures from natural radiation sources, New York, 2000. – 74 p. (<http://www.unscear.org/docs/reports/annexf.pdf>)
62. *Butts J.J., Katz R.* Theory of RBE for heavy ion bombardment of dry enzymes and viruses // *Radiat. Res.* 1967. V. 30. № 4. P. 855–871.

63. *Malinen E., Hult E.A., Hole E.O., Sagstuen E.* Alanine radicals, part 4: relative amounts of radical species in alanine dosimeters after exposure to 6–19 MeV electrons and 10 kV–15 MV photons // *Radiat. Res.* 2003. V. 159. № 2. P. 149–153.
64. *Puchala M., Szweda-Lewandowska Z., Kiefer J.* The influence of radiation quality on radiation-induced hemolysis and hemoglobin oxidation of human erythrocytes // *J. Radiat. Res.* (Tokyo). 2004. V. 45. № 2. P. 275–279.
65. *Dartnell L.R., Desorgher L., Ward J.M., Coates A.J.* Martian sub-surface ionising radiation: biosignatures and geology // *Biogeosciences Discuss.* 2007. V. 4. P. 455–492. (www.biogeosciences-discuss.net/4/455/2007/)
66. *Тихонов М.Н.* Газ – убийца. Радон: источники, дозы и нерешенные вопросы // *Атомная стратегия.* 2006. № 21. С. 14–18. (Есть сетевая версия.)
67. *Somlai J., Jobbagy V., Nemeth C. et al.* Radiation dose from coal slag used as building material in the Transdanubian region of Hungary // *Radiat. Prot. Dosimetry.* 2006. V. 118. № 1. P. 82–87.
68. *Fathabadi N., Ghiassi-Nejad M., Haddadi B., Moradi M.* Miners' exposure to radon and its decay products in some Iranian non-uranium underground mines // *Radiat. Prot. Dosimetry.* 2006. V. 118. № 1. P. 111–116.
69. *Ghiassi-Nejad M., Beitollahi M.M., Fathabadi N., Nasiree P.* Exposure to ²²²Rn in ten underground mines in Iran // *Radiat. Prot. Dosimetry.* 2002. V. 98. № 2. P. 223–225.
70. *Пильников А.Э.* Радон в норах сурков // Тез. докл. 5-й Межд. конфер. по суркам. Ташкент, Узбекистан, 31 августа – 2 сентября 2005. Ташкент, 2005. С. 93. (Есть сетевая версия.)
71. *Macdonald C.R., Laverock M.J.* Radiation exposure and dose to small mammals in radon-rich soils // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 1998. V. 35. № 1. P. 109–120.
72. *El-Bahi S.M.* Radioactivity levels of salt for natural sediments in the northwestern desert and local markets in Egypt // *Appl. Radiat. Isotop.* 2003. V. 58. № 1. P. 143–148.
73. *Murphy A.* The Boulby Underground Laboratory // The University of Sheffield. IDM 2004. www.shef.ac.uk/physics/idm2004/talks/friday/pdfs/murphy_alex-boulby.pdf
74. *Withrow A.G., Sikorsky J., Downs J.C., Fenger T.* Extraction and analysis of human nuclear and mitochondrial DNA from electron beam irradiated envelopes // *J. Forensic Sci.* 2003. V. 48. № 6. P. 1302–1308.
75. *Gold R.S., Maxim J., Halepaska D.J. Jr. et al.* Electron beam irradiation as protection against the environmental release of recombinant molecules for biomaterials applications // *J. Biomater. Sci. Polym. Ed.* 2005. V. 16. № 1. P. 79–89.
76. *Окада Ш.* Радиационная биохимия клетки. Пер с англ. под ред. докт. биол. наук Ю.Б. Кудряшова, докт. биол. наук А.Г. Тарасенко. М.: Мир, 1974. – 408 с.
77. *Yeoman B.* Schweitzer's Dangerous Discovery // *Discover.* 2006. V. 27. № 4. P. 37–41. (<http://www.discover.com/issues/apr-06/features/dinosaur-dna/?page=1>.)
78. *Ковальская Л.П., Гельфанд С.Ю.* Технологические основы радиационной обработки пищевых продуктов. М.: 1973.
79. *Farkas J.* Irradiation as a method for decontaminating food. A review // *Int. J. Food Microbiol.* 1998. V. 44. № 3. P. 189–204.
80. *Nielsen-Marsh C.* Biomolecules in fossil remains. Multidisciplinary approach to endurance // *The Biochemist (Journal of The Biochemical Society).* June 2002. P. 12–14. (Есть сетевая версия.)

81. *Smith C., Chamberlain A., Riley M. et al.* Neanderthal DNA: not just old but old and cold? *Nature* // 2001. V. 410. № 6830. P. 771–772.
82. *Graur D., Pupko T.* The permian bacterium that isn't // *Mol. Biol. Evol.* 2001. V. 18. № 6. P. 1143–1146.
83. *Rudi K., Zimonja M., Trosvik P., Naes T.* Use of multivariate statistics for 16S rRNA gene analysis of microbial communities // *Int. J. Food. Microbiol.* 2007. V. 120. № 1–2. P. 95–99.
84. *Cano R.J., Borucki M.K.* Revival and identification of bacterial spores in 25- to 40-million-year-old Dominican amber // *Science.* 1995. V. 268. № 5213. P. 1060–1064.
85. *Beckenbach A.T.* Age of bacteria from amber // *Science.* 1995. V. 268. № 5213. P. 1060–1064
86. *Priest F.G.* Age of bacteria from amber // *Science.* 1995. V. 268. № 5213. P. 1060–1064
87. *Fischman J.* Have 25-million-year-old bacteria returned to life? // *Science.* 1995. V. 268. № 5213. P. 977.
88. *Lambert L.H., Cox T., Mitchell K. et al.* *Staphylococcus succinus* sp. nov., isolated from Dominican amber // *Int. J. System. Bacteriol.* 1998. V. 48. P. 511–518.
89. *Greenblatt C.L., Davis A., Clement B.G. et al.* Diversity of Microorganisms Isolated from Amber // *Microb. Ecol.* 1999. V. 38. № 1. P. 58–68.
90. *Greenblatt C.L., Baum J., Klein B.Y. et al.* *Micrococcus luteus* – survival in amber // *Microb. Ecol.* 2004. V. 48. № 1. P. 120–127.
91. *Fischer R., Bleichrodt F.S., Gerischer U.C.* Aromatic degradative pathways in *Acinetobacter baylyi* underlie carbon catabolite repression // *Microbiology.* 2008. V. 154. Pt 10. P. 3095–3103.
92. *Schmidt A.R., Ragazzi E., Coppellotti O., Roghi G.* A microworld in Triassic amber // *Nature.* 2006. V. 444. № 7121. P. 835.
93. *Vreeland R.H., Rosenzweig W.D., Powers D.W.* Isolation of a 250 million-year-old halotolerant bacterium from a primary salt crystal // *Nature.* 2000. V. 407. № 6806. P. 897–900.
94. *Vreeland R.H., Rosenzweig W.D., Lowenstein T. et al.* A. Fatty acid and DNA analyses of Permian bacteria isolated from ancient salt crystals reveal differences with their modern relatives // *Extremophiles.* 2006. V. 10. № 1. P. 71–78.
95. *Price P.B.* Life in Solid Ice on Earth and Other Planetary Bodies // Physics Department, University of California, Berkeley . <http://icecube.berkeley.edu/~bprice/publications/5.Life.in.solid.ice.pdf>
96. *Шабанов Д.* Вялое бессмертие // *Компьютера.* 2005. №10. <http://offline.computerra.ru/2005/582/37926/>
97. *Johnson S.S., Hebsgaard M.B., Christensen T.R. et al.* Ancient bacteria show evidence of DNA repair // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2007. V. 104. № 36. P. 14401–14405. (Есть сетевая версия.)
98. *Parkes J.* Cracking anaerobic bacteria // *Nature.* 1999. V. 401. № 6750. P. 217–218.
99. *Surowiecki J., Krowczynski L.* Studies on protection of medicinal substances by amber glass against catalytic effects of light // *Acta Pol. Pharm.* 1972. V. 29. № 4. P. 405–414.
100. *Grinevich Yu.P., Olynyk S.A., Frantsuzova S.B., Simitska I.I.* The investigation of amber acid derivatives antioxidant action // *Biophysical Bulletin. Electronic version* . http://www-biomedphys.univer.kharkov.ua/JOURNAL/abstract/abstract02_1.html

101. *Stankiewicz B.A., Poinar H.N., Briggs D.E.G. et al.* Chemical preservation of plants and insects in natural resins // *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 1998. V. 265. № 1397. P. 641–647.
102. *Arahal D.R., Carmen Marquez M., Volcani B.E. et al.* Reclassification of *Bacillus marismortui* as *Salibacillus marismortui* comb. nov // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2000. V. 50. Pt 4. P. 1501–1503.
103. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR-Report 2001. Annex «Hereditary effects of radiation». United Nations. New York, 2001. P. 5–160. (<http://www.unscear.org>)
104. *Gutierrez G., Marin A.* The most ancient DNA recovered from an amber-preserved specimen may not be as ancient as it seems // *Mol. Biol. Evol.* 1998. V. 15. № 7. P. 926–929
105. *Nickle D.C., Learn G.N., Rain M.W. et al.* 2002. Curiously modern DNA for a «250 Million-Year-Old» bacterium // *J. Mol. Evol.* 2002. V. 54. P. 134–137.
106. *Дзевирин И.И., Пучков П.В., Довгаль И.В.* Эмпирические основы теории макроэволюции // <http://evolution.atheism.ru/polemics/base.html> и macroevolution.narod.ru/paperlist.htm
107. *Лунный А.Н.* Мутации и новые гены. Можно ли утверждать, что они служат материалом макроэволюции? В кн.: «Православное осмысление мира». Материалы XIII международных рождественских образовательных чтений. М.: «Шестодневъ». 2005. с. 174–200. (Есть сетевые версии.)
108. *Maughan H., Birky C.W. Jr, Nicholson W.L. et al.* The paradox of the «ancient» bacterium which contains «modern» protein-coding genes // *Mol. Biol. Evol.* 2002. V. 19. № 9. P. 1637–1639.
109. *Arahal D.R., Marquez M.C., Volcani B.E. et al.* *Bacillus marismortui* sp. nov., a new moderately halophilic species from the Dead Sea // *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1999. V. 49. P. 521–530.
110. *Parkes R.J., Cragg B.A., Wellsbury P.* Recent studies on bacterial populations and processes in subseafloor sediments: a review // *Hydrogeology.* 2000. V. 8. P. 11–28.
111. *Hazen R.M., Roedder E.* How old are the bacteria from the Permian age? // *Nature.* 2001. V. 411. P. 155.
112. *Пиневич А.В.* Микробиология. Биология прокариотов. Учебник для ВУЗов. Том 1. Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2006. – 332 с.
113. *Moeller R., Stackebrandt E., Reitz G. et al.* Role of DNA Repair by Nonhomologous-End Joining in *Bacillus subtilis* Spore Resistance to Extreme Dryness, Mono- and Polychromatic UV, and Ionizing Radiation // *J. Bacteriology.* 2007. V. 189. № 8. P. 3306–3311.
114. *Nicholson W.L., Munakata N., Horneck G. et al.* Resistance of bacterial endospores to extreme terrestrial and extraterrestrial environments // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 2000. V. 64. № 3. P. 548–572.
115. *Frazier W.C., Westhoff D.C.* In: *Food Microbiology* (Fourth edition). Chapter 10. Preservation by radiation. McGraw-Hill. New York, 1988.
116. *Morita R.Y.* Is H₂ the universal energy source for long-term survival? // *Microb. Ecol.* 2000. V. 38. № 4. P. 307–320.
117. Проблемы природной и модифицированной радиочувствительности. Сборник статей. М.: Наука, 1983. – 280 с.
118. *Vreeland R.H., Jones J., Monson A. et al.* Isolation of Live Cretaceous (121–112 Million Years Old) Halophilic *Archaea* from Primary Salt Crystals // *Geomicrobiology J.* 2007. V. 24. № 3–4. P. 275–282.