



ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ
МГУ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА

teach-in
ЛЕКЦИИ УЧЕНЫХ МГУ

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ МОСКВЫ И ПОДМОСКОВЬЯ

ТЕСАКОВА
ЕКАТЕРИНА МИХАЙЛОВНА

ГЕОЛФАК МГУ

—
КОНСПЕКТ ПОДГОТОВЛЕН
СТУДЕНТАМИ, НЕ ПРОХОДИЛ
ПРОФ. РЕДАКТУРУ И МОЖЕТ
СОДЕРЖАТЬ ОШИБКИ.
СЛЕДИТЕ ЗА ОБНОВЛЕНИЯМИ
НА VK.COM/TEACHINMSU.

ЕСЛИ ВЫ ОБНАРУЖИЛИ
ОШИБКИ ИЛИ ОПЕЧАТКИ,
ТО СООБЩИТЕ ОБ ЭТОМ,
НАПИСАВ СООБЩЕСТВУ
VK.COM/TEACHINMSU.



БЛАГОДАРИМ ЗА ПОДГОТОВКУ КОНСПЕКТА
СТУДЕНТКУ ФАКУЛЬТЕТА ЖУРНАЛИСТИКИ МГУ
ПРИНДЮК ЕЛИЗАВЕТУ ОЛЕГОВНУ

Оглавление

Лекция 1. Научные факты и основные методы, с помощью которых создана геологическая история Москвы и Подмосковья.....	4
Историческая геология.....	4
Магматические породы	5
Осадочные породы.....	8
Метаморфические породы	9
Геологическое время	11
Лекция 2. Образование Земли. Ранняя Земля. Докембрий (гадей, архей, протерозой) 4,5-0,54 млрд лет назад)	13
Гадей.....	14
Химический составprotoатмосферы	16
Конец гадея. Архей (4,0 – 2,5 млрд лет назад)	16
Последствия кислородной революции	18
Протерозой	19
Лекция 3. Палеозойская эра. От первого хищника до первого динозавра.....	20
Повторение	20
Скелетная фауна.....	21
Москва в эволюционных процессах планеты	23
Лекция 4. Мезозойская и кайнозойская эры. Земля при динозаврах и без них.	26
Меловой период	29
Палеоген.....	29
Неоген	31
Четвертичный период.....	31

Лекция 1. Научные факты и основные методы, с помощью которых создана геологическая история Москвы и Подмосковья

Историческая геология

Историческая геология – отрасль геологической науки, которая реконструирует давно исчезнувшие рельефы и ландшафты древней Земли – менявшиеся климаты, контуры берегов исчезнувших океанов и древних континентов. Исторической геологии интересно – какие же силы двигают литосферные плиты и заставляют блуждать континенты по поверхности планеты. Я поделюсь с вами историей о том, что происходило с одним маленьким кусочком нашей планеты в течении долгой его жизни, т.е. 4,5 млрд лет.

Начнем с той территории, на которой стоит Московский государственный университет, т.е. территорией Москвы и Московской области. Для начала мы должны познакомиться с набором фактов, на базе которых геологи и реконструировали все эти события и распознали древнюю историю. Я покажу вам не только саму историю, но и методы, с помощью которых геологи научились считывать информацию о древних событиях по горным породам.

Когда речь заходит о нашей собственной, человеческой истории, мы очень бережно к ней относимся, мы ее бережем и фиксируем с помощью различных носителей. Сегодня к нашим услугам скоростные и удобные компьютеры. Но работает это пока по проводам течет электричество. С этой точки зрения, книги надежнее. Как минимум, чтение бумажных книг не требует того самого электричества. Но бумага тоже хрупкий носитель – они не могут храниться вечно. Гораздо прочнее металл или камень. И ведь смотрите – послания людей, которые жили за десятки тысяч лет до нас, все-таки до нас дошли. Правильно или неправильно мы их считываем, - это уже вопрос второй.

Когда мы интересуемся событиями, которые происходили миллионы, а то и миллиарды лет назад, - никакой иной носитель, кроме камня, здесь бы не подошел. Поэтому геологи изучают камни, минералы, из которых состоят эти камни, и горные породы, состоящие из этих камней.

Горные породы разделяются на три крупные группы:

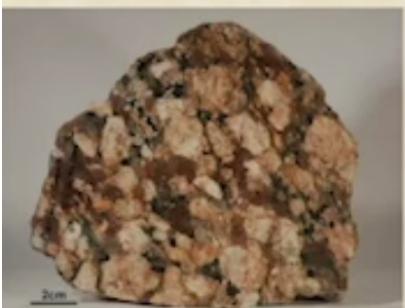
- магматические (пример – гранит);
- осадочные (известняк);
- метаморфические (скарн).

Горные породы и зашифрованная в них информация о прошлом

магматические

осадочные

метаморфические



гранит



известняк



датолит-волластонитовый
скарн

<https://avatars.mds.yandex.net/i?id=bbc97c283cbcb9f1f715f9c067cd8903-4389215-images-thumbs&ref=rim&n=33&w=283&h=209>

<https://autogear.ru/misc/i/gallery/23144/1893385.jpg>

https://ic.pics.livejournal.com/linney28/85127272/59549/59549_2000.jpg

Рис. 1.1 Примеры трех видов горных пород

Магматические породы

Образование магматических пород связано с магмой. Это значит, что расплавленный камень, сама магма, должна застыть либо внутри земной коры, так и добрившись до ее поверхности. Вот тогда и образуются **граниты**. Либо магма прорывается сквозь трещины или жерла вулкана и истекает в виде обширных языков раскаленного жидкого камня. И эти потоки лавы охватывают обширные территории вокруг вулканов. Когда такие истекшие массы лавы застывают, теряя все свои летучие компоненты, которые испаряются в процессе остывания, они, потоки лавы, превращаются в совсем другую горную породу – **базальт**.

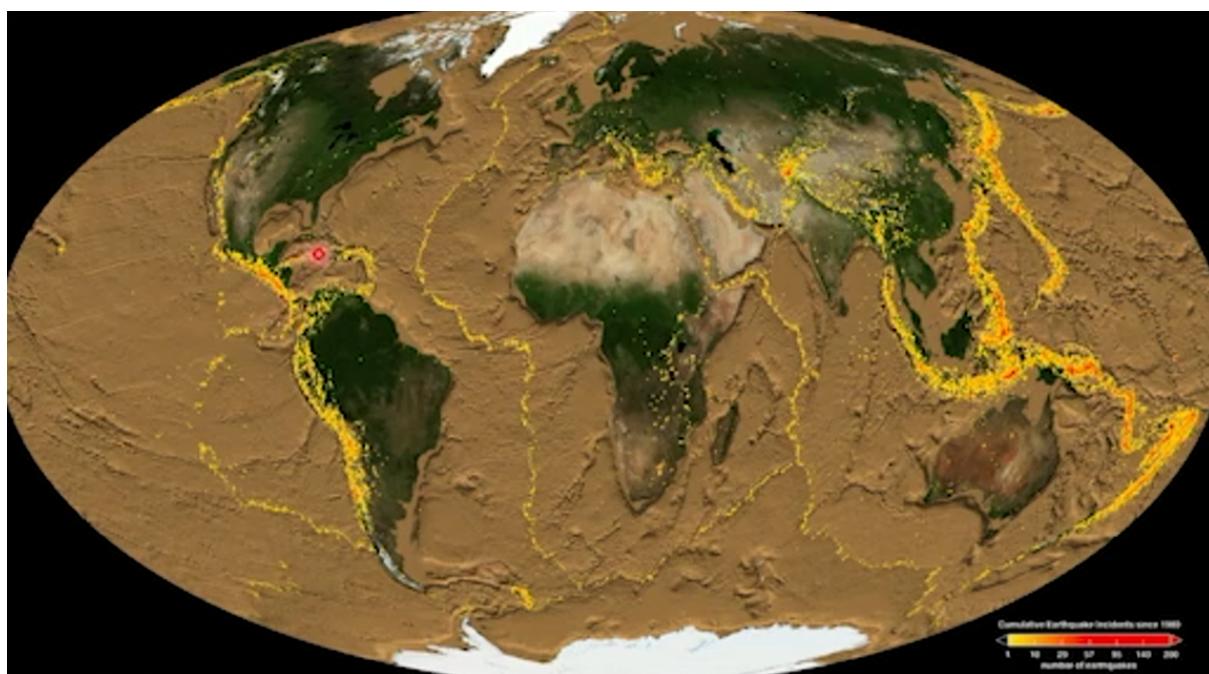


Рис. 1.2 Карта контуров мест извержения магмы из земной коры

Во время извержения вулканов зачастую выбрасываются колоссальные объемы раскаленного пепла, и выпадающие из этих пыльных облаков частицы образуют пористые и очень легкие горные породы – **тефры**.

Как бы ни выглядела магматическая порода, ее образование неизбежно сопрягается с очень высокими температурами, с совершенно определенными геологическими обстановками, возникающими в результате совершенно определенных геологических процессов.

Если мы хотим понять, что это за обстановки и обстоятельства, нам достаточно всего лишь посмотреть на карту современной Земли. Раз нас интересуют магматические породы, значит, мы должны искать места, где они могут образоваться. Следовательно, нас интересуют вулканы – абсолютно любые, и те, которые расположены на островных дугах, и те, которые находятся в середине и по краям континентов, и те, которые покоятся на дне океанов.

Происхождение всех этих разных вулканов связано с абсолютно разными тектоническими силами и геологическими процессами.

Поверхность планеты состоит из отдельных, довольно крупных фрагментов, которые называют **литосферными плитами**. На стыках этих плит как раз и происходит выход магмы на поверхность, - так и образуются вулканы.

Литосферные плиты движутся по поверхности планеты. Они сдвигаются, очень часто расходятся, и в таких местах происходит настраивание земной коры за счет изливающейся магмы, которая в последствии остывает. Среди примеров таких

образований – **срединно-океанический хребет**. Подобные хребты и есть место, где рождается новая земная кора.

Какой же химический состав магмы, которая просачивается в местах этих хребтов? Ее состав максимально приближен к тому, каким обладает мантия. Ниже земной коры оболочка планеты представлена мощным слоем расплавленного камня, который ведет себя как вязкая, тягучая субстанция. Это и есть **мантия**. Под ней, в самой глубине – **ядро** Земли. Наиболее горячая часть – ядро, наиболее холодная – земная кора.

Из-за этого в мантии неизбежно происходят конвективные потоки, когда нижние слои мантии соприкасаются с горячим ядром, нагреваются, и всплывают ближе к поверхности, т. е. к нижней части земной коры. И там, где поднимающиеся потоки магмы подпирают земную кору, земная кора приподнимается и трескается. Это и есть механизм возникновения срединно-океанического хребта. Излившиеся в этом месте порции магмы ближе всего по химическому составу отражают вещество самой, первозданной магмы.

Если земная кора расширяется за счет этих новых вставок в океанических хребтах, соседние плиты неизбежно разъезжаются по разные стороны от этого хребта. Но это означает, что у раздвигающихся плит возникает конфликт с соседними плитами, которые расположены с противоположной стороны. Из-за этого на стыке происходит столкновение, в ходе которого плита, чья кора тоньше и при этом плотнее, ныряет под другую, соседнюю. Этот процесс называется **субдукция**. За счет субдукции происходит колоссальное трение, в ходе которого вырабатывается тепло, из-за которого начинают плавиться породы вышележащей плиты. Над зоной субдукции по краю верхней плиты возникает множество вулканов. Из них изливается магма уже совершенно другого химического состава, ведь это расплавились континентальные горные породы, а не само вещество мантии. Таким образом, магматические породы, образованные в срединно-океанических хребтах и те, что образовались в зонах субдукции, во-первых, имеют разный химический состав, во вторых, они образовывались в ходе принципиально разных геологических процессов. В первом случае это растяжение земной коры, во втором – сжатие земной коры и ее уничтожение.

А как же те вулканы, которые находятся не на побережье и не на краю литосферных плит, а посередине одной из них? Рассмотрим район восточной Африки. Здесь расположено множество вулканов, и их создание связано с новым, совершенно другим процессом. Под Африканской плитой, под континентом, из мантии поднимаются восходящие струи. Эти струи заставляют континент как бы «приподниматься». Из-за восходящих потоков лавы кора плиты норовит расколоться. И появление сети вулканов считается начальной стадией раскола континента, отправная точка происхождения нового океана.

Это еще не океан. Пока что они представляют собой глубокие, протяженные тектонические каналы и провалы практически с отвесными стенами. Все это обозначается термином **рифтовый континентальный вулканизм**. Мagma, излившаяся в ходе этого процесса, также отлична по составу. Таким образом, магматические породы, образованные в обстановке **рифта**, связаны с попыткой рождения нового океана.

Но существует еще один пример континентального вулканизма. В данном случае мы должны обратить внимание на Альпы, Карпаты, Кавказ и Гималайские горы. В этих горах происходит активный и мощный вулканизм. Но с чем это связано? В этих частях тоже зарождается новый океан? Наоборот, происходит диаметрально противоположный геологический процесс. Дело в том, что сравнительно недавно (несколько десятков миллионов лет назад) Индостанская плита и Африканская вместе с Аравийской добрались до Евразии и столкнулись с ней. И они продолжают двигаться к северу, а Евразийская плита, наоборот, постепенно сдвигается на юг. В результате столкновения всех этих плит исчез океан. Процесс появления на этом стыке вулканов называется **горный вулканизм**. Таким образом, в ходе этого сдвига на месте прежнего океана растут горы, которые, к слову, продолжают свой рост из-за «наплыва» континентов друг на друга. Как раз из-за того, что этот процесс роста не останавливается, внутри образуются свои магматические породы. Они важны тем, что позволяют судить о последней стадии закрытия одного из древнейших океанов Земли.

Магматические породы – это летопись медленных, но невероятно мощных геологических процессов, которые заставляли земную кору разрываться и, наоборот, соединяться в горные цепи.

Осадочные породы

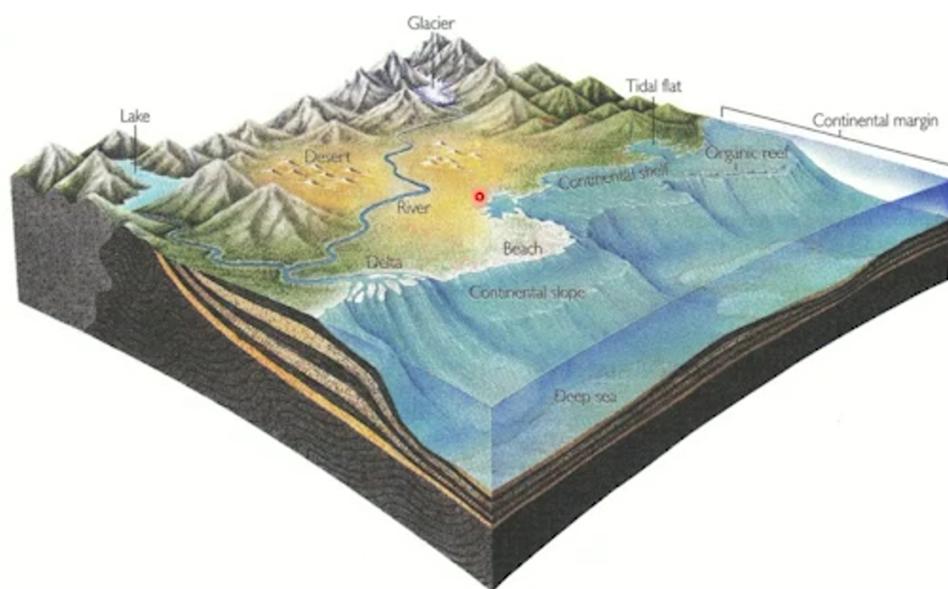


Рис. 1.3 Схема пространств, в которых могут образоваться осадочные породы

Все осадочные породы образовывались в совершенно нормальных температурных условиях и на поверхности Земли. И что еще отличает их от магматических – процесс формирования происходит непрерывно, он не останавливается.

Происходит образование в удивительно разных обстановках: это и континенты, и моря с океанами. Если говорим о континентах, то это происходит и в горных хребтах, и в пустынях. Воздействуют на это и потоки рек, и ветра, и усыхающие озера. В следствие всех этих процессов и многих других образуются осадочные породы. Таким образом, если знать минеральный состав мест, где образованы породы, и форму этих пород, то геолог может до мельчайших деталей рассказать историю этих древних ландшафтов.

Рассказ об осадочных породах мы начнем с песков. Они образовываются в самых разных геологических обстановках. Тогда как геологу определить, какой песок перед ним – морской или континентальный, если их так много и они везде? Для континентального песка характерна яркая окраска – чаще всего это бурый, красный, желтый или даже малиновый цвет. Такой цвет песка связан со многими факторами – например, с окислившимся железом, т.е. ржавчиной. Черный или зеленовато-синий цвет с закисным железом, которое можно встретить в болотах. Отличить же «водные» пески помогает их форма и текстура. Увидеть их можно в «разрезе». Например, речным пескам свойственна **косая слоистость** – песок накапливался слой за слоем, и каждый из них идет как бы немного под наклоном – отсюда и слово «косая».

Морские пески серые. Если он формировался на глубине нескольких метров, то на дне образуются небольшие «валики». Эти валики – след волновой ряби. Этот рисунок может сохраниться в ископаемом состоянии.

Перейдем к другой породе – **глине**. Она тоже относится к группе осадочных. Морские пески и глины – это осадочные породы, которые образуются в морях, расположенных в умеренных широтах. Но если мы говорим о карбонатных горных породах (известняк, мел), они образуются в условиях тропиков или субтропиков.

Свойство осадочных пород: в них встречаются ископаемые организмы. Последние – это неиссякаемый источник информации о палеоусловиях.

Метаморфические породы



Рис. 1.4 Фотографии примеров метаморфических горных пород

Это любые горные породы – и магматические, и осадочные, но претерпевшие сильнейший нагрев и действие мощнейшего давления. Чтобы эти породы подверглись такой специфической обработке, их нужно погрузить на колоссальную глубину. Добиться этого можно только одним путем – их нужно смять в складки, что происходит только во время образования гор. Таким образом, работая с метаморфическими породами, мы можем изучить процесс образования гор. Мы помним, что горы образуются при закрытии океанов и столкновении двух континентов.



Рис. 1.5 Карта месторождений Подмосковья, по которым можно реконструировать геологическую историю местности

Где в Подмосковье можно найти такие горные породы, на основе которых геологи реконструировали прошлое этих земель? Для этого подойдут любые канавы, обрывы рек или искусственные выработки.

На этой карте как раз отмечены места искусственных карьеров. Я должна предупредить: там, где находятся работающие карьеры, опасно находиться.

Карьер «Домодедово» - пример заброшенного карьера. Рассмотрим на картинке срез. Дно карьера и верхние уступы выложены светло-серым известняком. В нем, если приглядеться, можно увидеть раковинки двустворчатых плеченогих животных (морские обитатели). Также можно найти колонии окаменевших кораллов. Тут же срез, на котором видны следы пребывания морских червей, которые ползали в толще глины. Все это свидетельствует о том, что на этих местах, в Подмосковье, было тропическое море. На картинке ниже мы увидим, как выглядели земли Москвы миллионы лет назад.

Геологическое время

Вы уже знаете, что осадочные породы обязательно залегают слоями. Причем тот слой, который лежит ниже, формировался раньше тех, которые лежат на нем.

Для слоев, которые образовывались в разные периоды времени, характерны свои наборы ископаемых форм. И эти находки отличаются от слоя к слою. Этот набор и позволяет понять, какой слой более ранний, а какой совсем древний.

На этой картинке отмечены отдельные периоды, которые в последствии объединяются в более крупные группы (эры).

Лекция 2. Образование Земли. Ранняя Земля. Докембрий (гадей, архей, протерозой) 4,5-0,54 млрд лет назад)

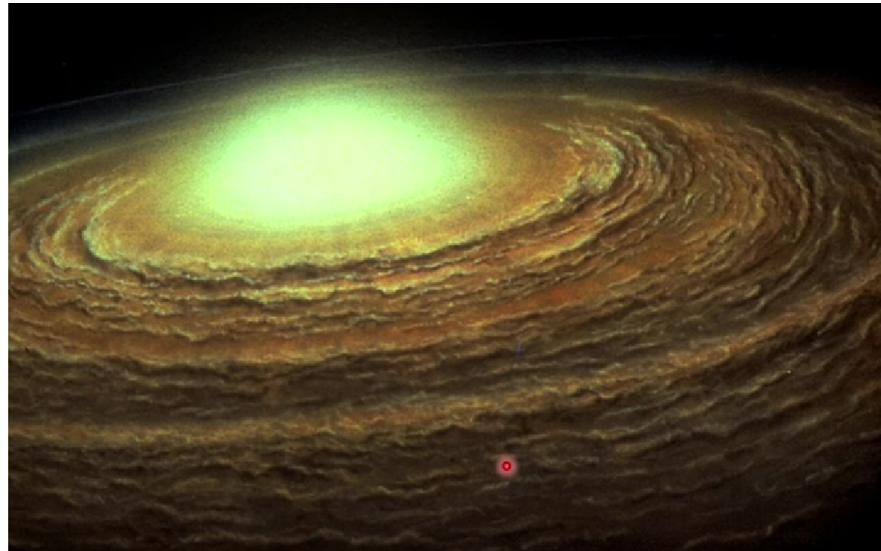


Рис. 2.1 Изображение возникновения Солнечной системы из газопылевого облака.

5 млрд лет назад возникла Солнечная система и возникла она из-за колоссального газопылевого облака, которое в силу своей беспрецедентной массы и того, что масса этих пылинок неоднородна (где-то плотнее, где-то нет), - эти два фактора привели к тому, что массы пыли начали вращательные движения. Это привело к возникновению центростремительных и центробежных сил. Львиная доля веществ в этой пыли сконцентрировалась в центре. Масса веществ была такова, что смогла привести к термоядерной реакции. Т.е. звезда разгорелась и вспыхнула. Меньшая часть веществ, которая была центробежными силами выдвинута за пределы вращающегося облака, так и продолжила крутиться вокруг этого центра.

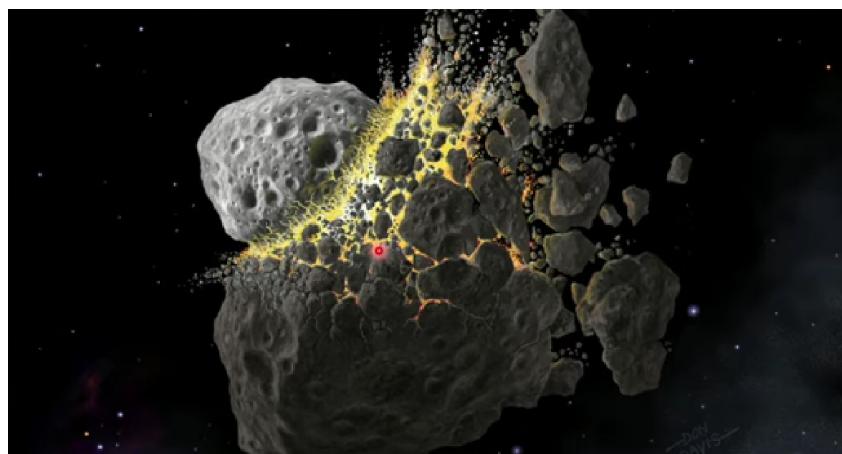


Рис. 2.2 Изображения столкновения материй, в ходе которого появляются протопланеты.

В зависимости от того, на каком расстоянии от горячего солнца вращалось то или иное пыльное кольцо, происходила сепарация химического вещества. Например, летучие вещества. Вода испарялась и ее частицы сносились потоком газа от солнца на периферию Солнечной системы. Поэтому на определенном расстоянии от Солнца рождались планеты, лишенные воды. Т.е. в пределах черты, определявшейся температурой Солнца, формировались планеты первоначально лишенные воды. Т.е. это самые первые 4 планеты, они же **планеты каменной группы**.

Все планеты начинались с пыли и песчинок!



Рис. 2.3 Изображение планеты Земля в гадейский период

Гадей

Гадей притягивала на себя все оставшиеся вещества внутри своего кольца, не давала всему разрушиться. С точки зрения независимого наблюдателя, который находился бы на этой планете, сбор этой космической пыли выглядел бы примерно так: это ежедневная массированная космическая бомбардировка. Падение каждого нового метеорита продуцирует энергию, которая еще сильнее бы плавила Земной шар.

Этот период постоянного столкновения и плавления – **гадей (интервал 4,6 – 4,0 млрд лет назад)**.

В этот период происходит полное расплавление планеты. После, соприкасаясь все время с холодным Космосом, планета пытается остывть, на ней образовывается тоненькая корочка застывшего шлака, но очередной падающий метеорит уничтожал нарощенную корочку, топил ее и она снова переплавлялась. Поэтому земная кора, которая постоянно образовывалась на поверхности, не сохранилась – она снова и снова уничтожалась в период гадея. Поэтому от гадейского периода не осталось никаких горных пород, которые мы могли бы изучать.

Важно отметить, что во время космической бомбардировки метеориты и кометы, которые постоянно падали на поверхность планеты, не только уничтожали молоденькую, тонкую корочку, но и приносили воду, которая вместе с телом метеоритов падала в толщу магмы и насыщали ее. До сих пор породы мантии содержат в себе колоссальное количество воды, и эта самая вода испаряется из мантийных пород, которые в виде лавы изливаются на поверхность Земли.

Стоит сказать, что в пределах Солнечной системы воды очень много. В разных состояниях: пар, лед и т.д. Таким образом она присутствует на всех планетах. Газовые гиганты при своем формировании сразу получили воду, во время становления Солнечной системы. Четверка каменных планет, образовавшихся без воды, заполучили воду во время гадея. Когда на них падали метеориты, которые возвращали воду, вызывая дожди.



Рис. 2.4 Изображение метеоритного удара по поверхности Земли в гадейский период

В период гадея поверхность в основном представляла собой бурлящую магму с небольшими отвердевшими участками, **кратонами**. Москва находится как раз на одном из таких **кратонов**. Сейчас мы не можем точно определить, где на глобусе находился этот кратон.

В гадейский период, образование земной коры шло наперегонки с ее уничтожением. Параллельно с этим шло формированиеprotoатмосферы и первичного океана. Откуда появлялись жидкие и газообразные компоненты? Из самой магмы. Они выпаривались из нее, испарялись, и те, кто конденсировался, выпадали в виде дождей на уже имевшиеся берега. Газообразные компоненты частично улетучивались в открытый космос, частично (за счет земной гравитации), задерживались вокруг нее, образуя газообразную оболочку.

Химический составprotoатмосферы

Первичная атмосфера содержала в себе очень много водного пара, а оттого была очень плотной. Более того, давление на поверхности Земли было значительно выше, чем сейчас. Кроме влажной тяжелой атмосферы, она была насыщена углекислым газом, метаном, угарным газом, сернистым газом. Для нас это просто яды. Кроме того, было большое количество газов, которые появляются в ходе дегазации мантии. Это кислые дымы.

Совокупность такого состава атмосферы определяет не только ее плотность, но и высокую температуру. Метан – очень сильный парниковый газ. Метана в первичной атмосфере было очень много. Газовая оболочка планеты, даже сейчас, имеет парниковый эффект, тем самым поднимая температуру на Земле до тех значений, с которыми мы имеем дело сейчас.

Метановый щит делал температуру на Земле гораздо более высокой. Тем не менее, метановый щит создавал такой сильный парниковый эффект, что температура была намного выше, но не до такой степени, чтобы с нее испарялась конденсированная вода.

Текущая вода в гаде уже существовала, первичный океан в том числе. Его химический состав был волшебный: за счет растворения в воде колоссального количества кислых дымов, океан был кислым. Но кроме кислого океана были кислые дожди, которые выпадали на кратоны и активно размывали магматические горные породы, из-за чего в кислый океан поступали сода, магнезит. Они вступали в реакцию с кислотами, нейтрализовали и образовывали соли. Так он стал нейтральным. Но кислые дожди продолжали работать и с континентов древних поступало большое количество карбонатов, что привело к образованию содовых океанов. В них в большом количестве был растворен и углекислый газ. Баланс соды и углекислого газа не давал формироваться известняковым осадкам. Вместо известняка оседали **магнезит и доломит**.

Конец гадея. Архей (4,0 – 2,5 млрд лет назад)

На этом этапе земная кора начинает полностью сохраняться, так как бомбардировка метеоритами останавливается. Соответственно, после архея остались толщи серых, полосатых гнейсов и других метаморфических пород. Эти породы образовались из магматических и осадочных.

Архейские гнейсы в Подмосковье очень глубоко, до них добраться сложно. Но изучить все же можно – например, благодаря Балтийскому щиту в Карелии. Более того, частички балтийских гнейсов есть в Москве и Подмосковье в виде фрагментов, которые были принесены сюда с ледниками.

Тем не менее, помимо гнейсов были открыты и другие находки, характерные для архейского периода. И это гальки, которые сформировались в приливно-отливной или

волно-прибойной зоне прибрежного моря. Они обкатаны волнами, причем эти волны были насыщены атмосферными газами. В атмосфере тогда не было кислорода. Откуда мы это знаем? Дело в том, что среди галек были перитовые, уранинитовые, седеритовые. Это такие минералы, которые легко разрушаются под действием кислорода. Если же они находились в непосредственном контакте, под воздействием атмосферы и не разрушились, значит, кислород в архейской атмосфере отсутствовал совсем.

Мы знаем, что кислород в современной атмосфере накопился в ходе фотосинтеза. Так вот, такого же кислородного фотосинтеза в архейском периоде вообще не было. Но был другой фотосинтез, бескислородный, в ходе которого окислить что-то можно, но выбросить чистый кислород нельзя. Производился этот фотосинтез благодаря анаэробным организмом. Итог – появление полосатых железистых руд **джеспилитов**. Они образовывались в океанах или в морях, но при одном условии – на большой глубине – от 1 км.



Рис. 2.5 и 2.6. Слева – изображение железобактерий, справа – метаногенов (археобактерий)

За бескислородный фотосинтез отвечали **метаногены** (археобактерии) и **железобактерии**. Метаногены выделяли метан в ходе жизнедеятельности, отсюда большое количество метана в первичной атмосфере.

Кроме того, следы жизнедеятельности древних организмов выражены не только в большом количестве метана и формировании полосатых джеспилитов, но и в формировании строматолитов – полосатых камней.

Строматолиты характерны для любого интервала геологической истории планеты. Даже сегодня формируются и растут похожие на ископаемые строматолиты. Строятся они за счет бактерий, - бактерии выкладывают слоями, **матами**. Маты состояли из разных бактерий, исключение – сине-зеленые.

В течение архейского времени условия на поверхности Земли несколько изменились. Во первых, львиная доля железа, циркулирующая в мантии, сконцентрировалась в ядре. Во вторых, земная кора довольно сильно уплотнилась, стала толще, а это значит тепловой поток через нее снизился. Следовательно, активность гидротерм на дне моря тоже снизилась. Гидротермы – проникновение через трещины на дне океана большого количества перегретой воды, обогащенной различными компонентами, в том числе закисным железом.

За счет гидротерм в океан поступало железо. После архея это значительно снизилось. Так возник дефицит источников энергии. Стали появляться новые бактерии, которые проводят новый фотосинтез, уже кислородный.

Кислород сначала насытил воду мирового океана, окислил в толще воды все, что там было, и только после этого начал выходить в атмосферу. Важно сказать, что единственные живые существа, которые производят оксигенный фотосинтез – это **сине-зеленые бактерии**. Те, кого мы считаем способными к фотосинтезу, - высшие растения и т.д. – это те организмы, которые вступили в симбиоз с сине-зелеными бактериями. То есть сами по себе они не были бы способны к фотосинтезу.

К концу архея все реже встречаются отложения по типу пиритовой гальки, на их место встают морские отложения марганца. Эти соединения могли сформироваться только в присутствии свободного кислорода, но свидетельства свободного кислорода не только в воде, но и в атмосфере, встречаются в летописи чуть позже. Рубеж 2,5 млрд лет назад ознаменовывается появлением морских оксидов марганца. Это точное свидетельство того, что кислород есть в воде. Свидетельства о кислороде в атмосфере возникли позже, примерно через 200 миллионов лет. С этого момента в геологической летописи появляются наземные отложения с красной окраской. Она говорит о том, что наземные породы стали окисляться атмосферным кислородом. Тогда же прекратили накапливаться глубоководные джеспелиты (2,4 млрд лет назад).

Мы видим каскад событий, который показывает нам процесс, связанный с постепенной трансформацией биосфера на фоне поступления в нее кислорода. Постановки менялись постепенно: сначала морские, потом континентальные. Событие, связанное с перестройкой, принято называть «кислородной революцией».

Последствия кислородной революции

Во-первых, появляются фотосинтетики. Появляются аэробные организмы, а они выдыхают углекислый газ – его количество, что логично, начало расти.

В атмосфере окислился метан и разрушился. Концентрация углекислого газа при этом не достигло такого содержания, которое есть сейчас. Свободный кислород убил один парниковый газ, а другой не успел накопиться в достаточной концентрации. В связи с этим температура на Земле резко снизилась – наступило **гуронское оледенение**.



Рис. 2.7 Карта континентов в период протерозоя со схематическим обозначением места расположения будущей Москвы

Протерозой

В этот период происходит «ядерная революция» - возникают ядерные организмы (эвкариоты) (организмы, у которых есть ядро, ядерные клетки). Вызвана эта революция как раз появлением свободного кислорода в атмосфере.

2 млрд лет назад – появляются многоклеточные организмы.

540 млн лет назад – появляются скелетные организмы, скелетная революция.

Лекция 3. Палеозойская эра. От первого хищника до первого динозавра

Повторение

Все мы состоим из клеток. Каждая бактерия – одна клетка. Но мы знаем, что в каждой клеточке нашего тела есть ядро, а у бактерий такой структуры внутри клеток нет. Так вот 2 млрд лет назад появились первые организмы с ядром внутри клетки. Что это значит с точки зрения бионоваций?

Давайте представим бактерий. Они очень маленькие и у них короткая жизнь. Что же такое ядерные организмы, эвкариоты по сравнению с бактерией, например, в размерном соотношении? Их сравнение аналогично тому, если бы мы сравнивали метеорит с планетой – настолько они разные. Следовательно, если у эвкариотов размер больше, то и ресурс веществ выше, а вместе с этим и длительность жизни.

Чем жизнь длиннее, тем больше событий в этой жизни и тем больше типов реакций на происходящее вокруг. Таким образом, усложняется поведение организмов, их «повадки».

1 млрд лет назад появляются многоклеточные организмы. Спустя еще полмиллиарда лет происходит еще одно важнейшее событие в эволюционной истории – скелетная революция.

В протерозое, в доскелетную эпоху, организмы вели либо планктонный образ жизни, либо бентосный (проживали на твердой поверхности дна). Протерозойский планктон – это в большинстве своем водоросли в оболочке из органики. Отсюда и название – **органикостенный планктон**. Львиная доля планктона обитала тогда в обильно освещенной Солнцем толще воды (так как они отвечают за фотосинтез). Эта освещенная толща воды, как не странно, была очень узкой. Дело в том, что поверхность континентов тогда была практически голая, на континентах никто не жил и никто не рос. Это значит, что поверхность континентов спокойно подвергалась разрушению за счет перепада температур и химических воздействий. По итогу разрушившиеся породы смывались дождями и ручьями в моря. Крупные частицы быстро оседали на дно, а пыль застrevала в толще воды, наполняя ее и делая ее мутной. В мутной воде свет проникает на небольшую глубину. Более того, тот узкий слой толщи воды, который достаточно освещается Солнцем, сильно нагревается за счет того, что скопившаяся пыль имеет свойство удерживать тепло. Таким образом, этот тонкий верхний слой воды был очень теплым, а все остальное, под ним – холодным и темным.

В итоге для тех, кто обитал на дне, наиболее благоприятное место было вдоль берега (так как глубина не такая большая (не больше 35 метров) и туда проникает солнечный свет). Здесь и разрастались целый коврами цианобактерии.

Свободно передвигающихся, ползающих жителей дна в тот период было не так много, больше все таки было прикрепленных и никуда не сдвигающихся с мест

организмов. Чем последние питались – загадка до сих пор. Возможно, они имели в своих телах симбиотов или фильтровали водоросли из толщи воды.

Подытоживая, обозначим, что собой представляла планета до скелетной революции:

- Не было активных хищников (кроме медуз);
- Нет активных пловцов ни у дна, ни в толще воды (быстро вообще никто не двигался, многие и вовсе не двигались);
- Нет возможности противостоять силе тяжести – т.е. организмы не могут выбраться на сушу;
- Голые берега и, как следствие, мутная вода в океанах и морях;
- Разнообразие жизни не богатое, эволюция идет медленно.

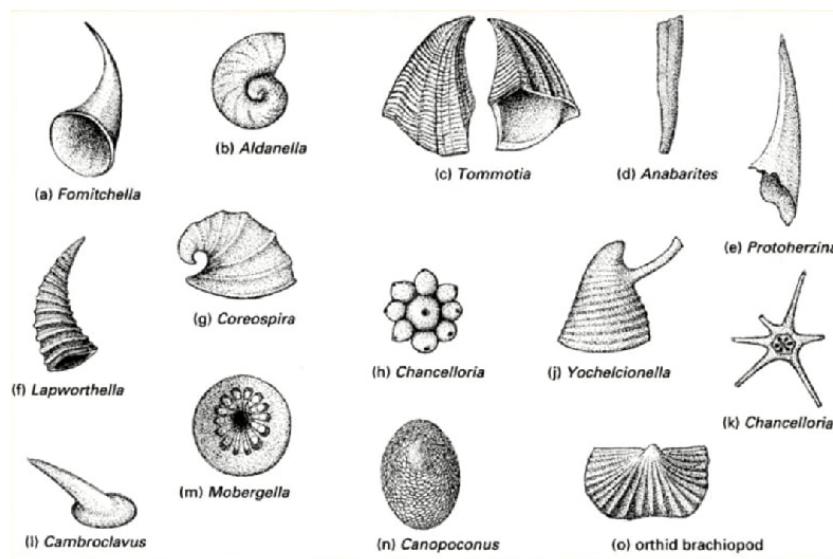


Рис. 3.1 Изображения представителей первой скелетной фауны

Скелетная фауна

В самом раннем кембрии появилась первая **скелетная фауна**. Первые скелеты были очень мелкими, так как сами животные были небольших размеров: это были раковинки, трубочки, а также не вполне понятные образования (например, агрегат в виде шарообразных, минеральных колбочек – их предназначение в теле организма не понятно). Эти минеральные скелеты строились из абсолютно разных минералов: кальцита, кремния, фосфатов и т.д.

К чему привела такая скелетная инновация?

- У животных появляются челюсти (у некоторых минерализованные зубы). За счет них животное может нападать на крупную добычу, т.е. появляются первые активные хищники;

• С этих пор началась и не заканчивается «гонка вооружений» с изобретением новых, все более изощренных и эффективных методов нападения и защиты.

Важно, что скелет – это не только твое оружие, но и опора для мускулатуры, и как только мышцы получают опору, они способны делать чудеса.

Может возникнуть вопрос: как так, ведь и сейчас в океанах и морях есть подвижные хищники, которые прекрасно обходятся без скелета? Например, осьминоги. У них нет костей. Да, они действительно могут передвигаться быстро. Но здесь важно вспомнить, что они передвигаются быстро не за счет своих ног, а с помощью реактивной струи воды, которую они выбрасывают из воронки. Когда же осьминоги передвигаются с помощью ног, то двигаются они очень медленно и плавно. Щупальцами также невозможно резко схватить жертву. Обратим внимание на раков (сегодня их называют криль). У них очень подвижные лапки, за счет которых они быстро перемещаются с места на место. При этом они могут вести планктонный образ жизни. Таким образом, скелет позволил начать вести планктонный образ жизни не за счет того, что ты снижаешь удельный вес своего тела до такой степени, что ведешь себя пассивно, находясь во взвешенном состоянии, а за счет того, что они могут самостоятельно удерживать себя в толще воды с помощью активной гребли лапками. Этими же лапками организм как бы «вычесывает» воду и достает себе пищу. Такая инновация в мире планктонов сформировала в толще воды биофильтр. Благодаря нему пылевая взвесь в морях и океанах исчезла, - с ней справились раки. Как следствие, вода стала прозрачнее, а значит солнечные лучи смогли проникать на большую глубину. С тех пор, с начала кембрия и до сегодняшнего дня, верхняя, прогреваемая солнцем толща воды, - это уже 200 метров.

В результате таких процессов разнообразие жизни на планете начинает расти, ускоряется эволюция. Более того, с появлением скелета появилась сама возможность противостоять силе тяжести на суше и в море. С этих пор начинаются попытки выйти на суши.

Эта драматическая история со скелетной революцией происходила везде, и в том числе она не обошла те территории, на которых сейчас стоит Москва.

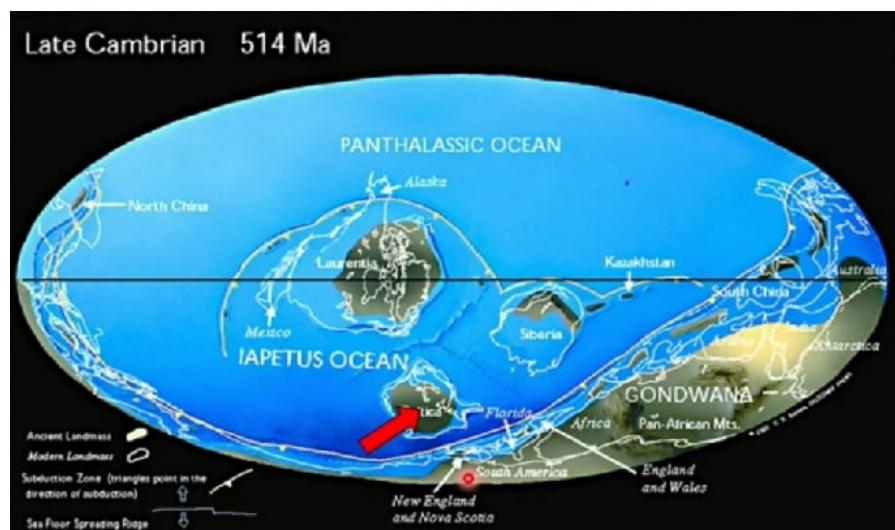


Рис. 3.2 Местонахождение современной Москвы на карте позднего кембра

Москва в эволюционных процессах планеты

Москва находилась примерно в середине небольшого континента под названием **Балтика**. Он откололся от Радинии (древняя платформа, от которой произошла Северная Америка). В венское время практически вся Балтика была покрыта мелким морем. На его дне мы увидели бы покров из цианобактерий, а также множество многоклеточных организмов без скелета и одноклеточных водорослей. Другое дело, что горные породы, которые накопились на дне этого венского подмосковного моря, находятся на очень большой глубине, и добраться до них можно только с помощью буровых скважин. Благодаря скважинам мы знаем, что глины, скопившиеся на дне этого моря, местами достигают мощности полкилометра. И это после того, как эти венские глины в ходе долгих лет разрушались с приходом следующих морей. Из этих глин было выделено богатое разнообразие одноклеточных выдорослей, планктонных водорослей и цианобактерий. Многоклеточных здесь найти не удалось. Скорее всего, они здесь жили, но точного знания об этом нет.

В кембрийское время в Подмосковье уже ползали небольшие **трилобиты** и **брахиоподы**.



Рис. 3.3 окаменелые отложения трилобитов (слева) и брахиоподов (справа)

В кембрии подмосковное море сильно обмелело. Постепенно оно ушло совсем. В следствии, отложения кембрия с полным уходом моря разрушались дождями и ветром. Поэтому эти отложения почти не сохранились.

Вернемся к истории материка Балтика. Со временем он начал дрейфовать и переместился ближе к экватору. Это **ордовикский** период. Тогда материк снова залило море, но не в пример кембрийскому теплее. Ордовикское море стало раем для иглокожих. В этот период их становилось все больше и больше, т.е. шла их активная эволюция.

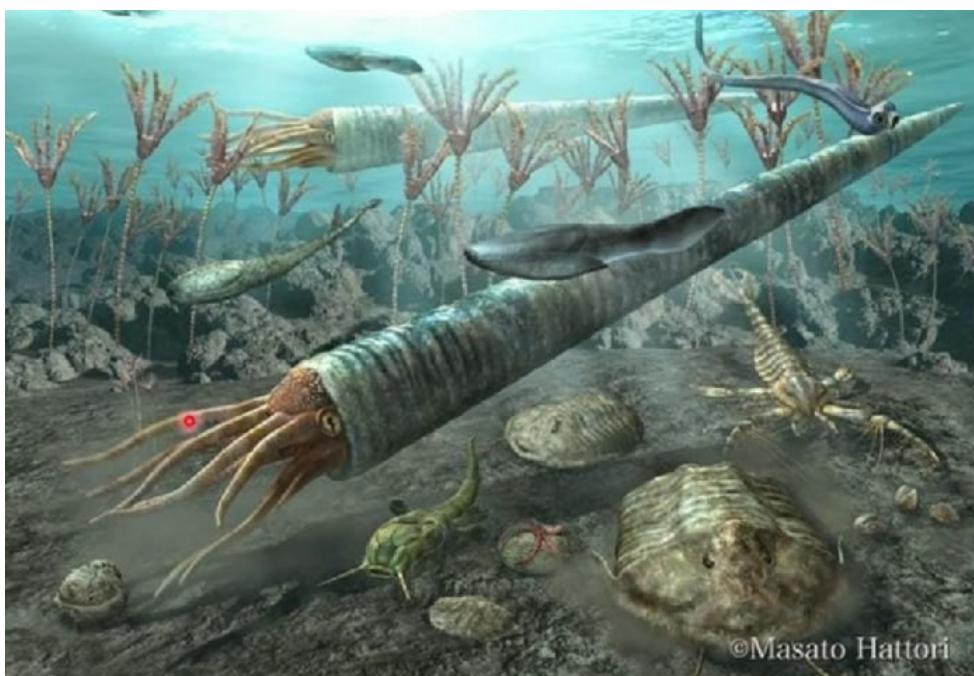


Рис. 3.4 Художественное изображение фауны ордовикского моря

Отложения от ордовикского моря сохранились плохо, так как горные породы этого периода, как и кембрийского, отсутствуют. Связано это со следующими преобразованиями материка Балтика. После ордовика произошло столкновение Балтики и Лаврентии. По итогу оба материка приподнялись, и благодаря этому территория, на которой сейчас стоит Москва, поднялась над уровнем моря. Суша оголилась, а значит стала подвергаться воздействию ветра и дождя. Наступило **силурийское время**.

В этот период организмы не просто вышли на сушу, но по-настоящему ее колонизировали. Тогда же появляются первые наземные растения, или сосудистые. Такое название они получили не случайно: растению нужно чем-то поить стебельки и ветки, но так как растение больше не погружено полностью в воду, как предшественники, нужно эту воду как-то «раздавать» по всему «телу». Так внутри растений появилась сосудистая система, с помощью которой они вбирают в себя влагу.

Тогда же у растений формируются корни – они становятся своеобразным якорем, с помощью которого растение держится, не падает и стоит вертикально.

Лекция 4. Мезозойская и кайнозойская эры. Земля при динозаврах и без них.

Мезозойская эра протекала под эгидой динозавров, а кайнозойская – все то же самое, только без них. В конце палеозоя и начале мезозоя Пангея, на территории которой находились сегодняшняя Москва и Подмосковья, была приподнята над уровнем воды. Как следствие, здесь не накапливались горные породы. На Пангеи текли реки, но очень короткие и их было очень мало. Также здесь были озера, но они не были крупными и обширными, поэтому те фрагменты континентальных осадочных пород, которые успели сформироваться в палеозое на территории Московской области, настолько маломощные, что попросту не сохранились. Тогда же, на границе палеозоя и мезозоя, появляются предки динозавров. Это все – характерные черты пограничной эпохи.

Теперь мы переходим к мезозойско-кайнозойскому периоду, и начинаем его изучение мы не с самого начала, не с наступления Триаса, а с его конца и шедшего за ним Юрского периода.

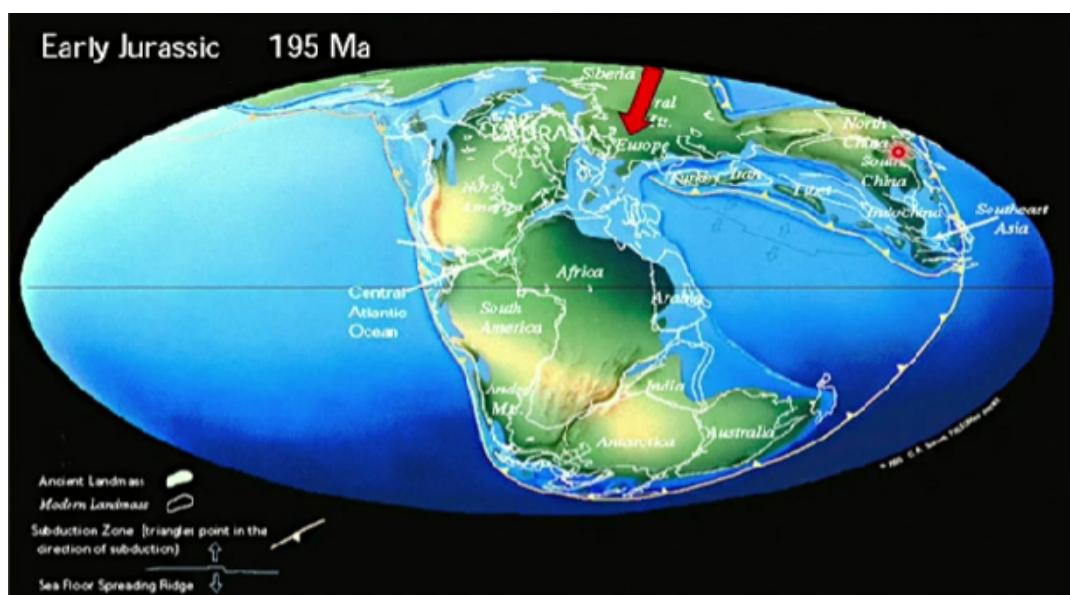


Рис. 4.1 Палеореконструкция карты Юрского периода

Пангея здесь уже начинает распадаться на отдельные мегаконтиненты: северный (Лавразия) и южный (Гандвана). Часть Лавразии затоплена, территория нынешней Западной Европы ушла под воду. Связано это с тем, что между Гандваной и Лавразией открылся крупный океан Тэтис. В средней Юре мы увидим, что на этом месте соединения двух мегаконтинентов появляется еще один океан, Атлантический.

Но вернемся к первому океану Тэтис. Его воды затопили Западную Европу. Восточная Европа с Москвой продолжала сухопутное существование. В это время Подмосковье все таки стояло ниже, чем в Триасе и Перми, - в это время по территории Подмосковья потекли более полноводные и разветвленные реки. В ранней Юре тут начала формироваться полномасштабная и крупная речная сеть, которая существует и в

наши дни. Наряду с крупными реками в Подмосковье появляются обширные озера. Естественно, растительный и животный мир тоже очень сильно меняется.

На континентах бывшей Гандвани распространились рептилии, которых мы знаем под именем динозавры. Они достигают большого разнообразия: существуют и мелкие динозавры, и крупные, и растительноядные, и хищные. Такое разнообразие имелось в том числе в Западной Европе. В ранней Юре Западная Европа представляла собой крупный архипелаг с морскими проливами. В этих морских проливах водились морские ящеры. Восточная Европа в это время пока еще была суходутная, и мы можем сделать вывод, что западноевропейские и восточноевропейские динозавры были, в сущности, одинаковыми.



Рис. 4.2 Карта местонахождения останков разных видов динозавров

На этой карте показано местонахождение русских динозавров, и их, как мы видим, было достаточно мало. В Подмосковье был найден самый древний российский динозавр, родственник велоцираптора. В Поволжье, например, были найдены останки длинношеего огромного динозавра. Гораздо большее количество находок сконцентрировано в южной части Западной Сибири. Эта часть континента как раз была на суше. Верхояно-Чукотская область и прилегающие в Юре представляли собой открытый океан. Эти территории становились постепенно, кусочек за кусочком. Чукотские и Амурские динозавры, таким образом, считаются последними обитающими на Земле видами.



Рис. 4.3 Изображение одного из представителей «русских динозавров»

Самый древний русский динозавр, как было сказано выше, найден в Подмосковье. Он относится не к раннемеловому, а среднемеловому. Море еще не наступило, но уже идет на эту территорию. Тогда как раз динозавры отступят от Подмосковья, уйдут туда, где в Юре будет продолжаться континентальный режим.

Под Москвой, в карьере Пески, сохранились отложения обширного крупного пресноводного озера, по берегам которого росла богатая растительность, и отпечатки листьев, коры, стеблей и семена этих растений – все это найдено и реконструировано. Помимо растений здесь были найдены скелеты озерных обитателей. Это и рыбы, и пресноводные акулы, и химеры, и плавающие амфибии и, конечно, рептилии. В том числе динозавры и остатки ящериц. Также здесь были найдены скелеты древних млекопитающих.

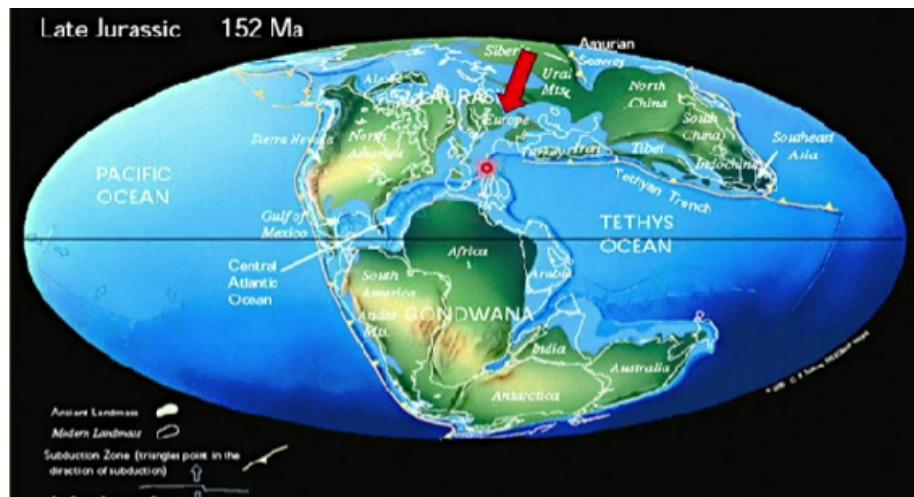


Рис. 4.4 Палеореконструкция Средней и Поздней Юры

Чуть позже, в средней и поздней Юре, там где стоит стрелка, тоже наступил морской режим. Море с территории Западной Европы постепенно уходит на Восток. Положение Подмосковья в этом юрском море было козырным: Москва находилась на

перекрестке трех разных морей. С одной стороны поступали воды западноевропейского моря. С этой водой к нам приплыли или пришли по дну обитатели Западной Европы. Также к нам пожаловали обитатели океана Тэтис через прикаспийскую низменность и Поволжье. Пришли и гости с Севера – они обитали в полярном море, пришли через Печорскую низменность.

Море здесь было волшебное – оно светилось. Мы это знаем точно, так как в геологических образцах, скопившихся на дне этого моря, сохранились скелеты древнейших одноклеточных фотосинтезирующих водорослей. Они светятся и сейчас.

Меловой период

В этот период Гандванский материк развалился на отдельные части. Африка обрела независимость от всех остальных континентов. Тогда же от Африки откололся Мадагаскар и Индия. Мадагаскар сохраняет независимость до сих пор, а Индия, совершив путешествие с юга на север, присоединилась к Евразии. Южноамериканские и австралийские меловые фауны имеют много общего. Это касается сумчатых животных. Тогда же, в меловой период, Антарктида еще была не покрыта льдом. Тогда она еще имела связь с двумя крупными элементами Ганданы, а потому здесь, в Антарктиде, жили те же сумчатые животные, что и, например, в Южной Америке.

В меловое время Москва оказалась на побережье. Море никуда не девается, просто береговая линия сдвинулась южнее. Море это было теплым, так как имело прямую связь с тропическим океаном. Связь была и с полярным морем, но уже опосредованная, так как поток через Печорскую низменность прекратил существование. Потоки холодной северной воды иногда прорывались, и следы этих прорывов сохранились в геологической летописи в виде прослоев горных пород с огромным количеством кремнезема и состоящий из скелетиков кремневых организмов.

Те же теплые воды затопили северную часть Африки. Если глобальный уровень океана приподнимался, Москву затопляло, но в остальном Москва оставалась у берега, на суше. Т.е. существовало два состояния этих территорий: мелкое море и приморская равнина.

Сейчас мы можем найти отложения меловых песков как свидетелей того времени. Это были белоснежные дюны. В них сохранилась знаменитая косая слоистость, которая позволяет нам судить о том, что это были прибрежные, континентальные дюны. Когда Москва опять заливалась морем, в нее возвращались морские ящеры. Когда уровень океана понижался, в Подмосковье снова приходили динозавры.

Палеоген

Главная характеристика пограничного периода между Мелом и Палеогеном – динозавры исчезают из геологической летописи. Но в Палеоген переходят современники динозавров, в том числе многие млекопитающие. И те самые

млекопитающие, то есть все мы, стали новыми динозаврами: мы такие же вездесущие и разнообразные.



Рис. 4.5 Палеореконструкция палеогена

Африка в палеогене, как и Мадагаскар, сохраняет свою независимость. Индия еще не успела добраться до Евразии. Австралия в этот период только получает свою независимость и остается одинокой по сей день. Антарктида почти добралась до Южного полюса. Связь с Южной Америкой у Антарктиды прервалась, теперь между ними не перешеек, а пролив, и теперь уже навсегда. Связи Южной и Северной Америки тогда еще не было. В начала кайнозойской эры здесь скорее был пролив, никакого перешейка. Северная Америка была единым целым с Евразией. Азия с Северной Америкой сохраняла связь за счет перешейка. Начинает открываться Северный ледовитый океан. Атлантический почти полностью сформировался к этому моменту.

Животные, которые обитают на северном континенте, - единая фауна. То есть это одни и те же животные, которые могли спокойно переходить с одной части континента до другой. Животные Южной Америки долгое время жили в полной изоляции, и здесь особое распространение получили сумчатые животные. Были и хищники, но тоже сумчатые – сумчатые волки. Здесь были свои собственные грызуны,копытные. Здесь, по сути, были экологические аналоги плацентарных животных, которые развивались на северном материке.

Когда Африка однажды доберется до Евразии и соприкоснется с ней, африканские обезьянки разбегутся везде по Евразии, где им удобно. Это те самые обезьянки старого света. Когда же люди дойдут до Южной Америки, они столкнутся с новыми, совершенно другими обезьянами. Их назовут обезьянами нового света.

С тех пор, как океан Тэтис сократил свою площадь, распространение этой воды на континент сократилось. Тогда Москва окончательно вышла на сушу.

Климат здесь был теплым, умеренным. В Подмосковье росли леса и водилось много лесных животных. На картинке представлены примерно похожие на реальные прототипы животные, но не в точности такие.

Неоген



Рис. 4.6 Палеореконструкция неогена

В этот период климат на планете сильно меняется. Связано это в том числе с тем, что Антарктида занимает свое место на Южном полюсе, уходит в самое холодное место. Антарктида обледенела, покрылась крупным ледником. Климат холодает. Образование одного только южного ледника привел к тому, что уровень океана достаточно сильно упал. Так как вся эта вода пошла на «постройку» этого ледника. Южная Америка по этой причине оказалась соединенной с Северной. Начинается обмен фауны. Здесь плацентарные и сумчатые животные столкнулись и начали конкурировать за одни и те же экологические ниши. Выиграли плацентарные и заняли большинство видовых ниш. Большая часть эндемичной южноамериканской фауны вымирает. Остались лишь реликты, редкие представители. Они в основном сохранились и закрепились в Северной Америке. В Южной Америке, наоборот, львиная доля обитателей – это представители североамериканской фауны. Австралия, как приобрела в палеогене независимость, так с ней и осталась. Здесь формировались здесь свои, своеобразные животные, т.е. здесь была своя, неповторимая фауна, пока не пришли люди.

В этот период активно растут горы: Карпатские, горы Кавказа и Крыма и т.д. Территория Подмосковья остается сушей, лесной и влажной. Климат становится прохладнее.

Четвертичный период

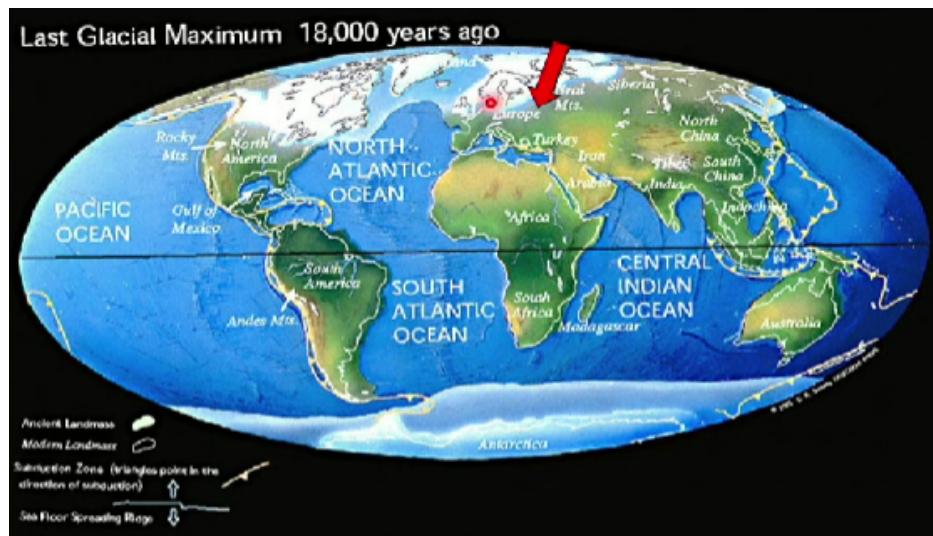


Рис. 4.6 Палеореконструкция Четвертичного периода

В этот период на Земле становится холоднее, формируется еще один ледник. Он лежит до сих пор на поверхности Северного океана. Тогда же ледник Южного полюса покрывает не только Антарктиду, но и часть Южного океана. Северный ледник точно также – он покрывал тогда часть Северной Сибири и Евразии вообще. Под территорию ледника попала Англия и вся Скандинавия. Москва находилась у подножия ледника. Также мы знаем, что за четвертичный период этот ледник дважды разрастался и захватывал больше территории, т. е. покрывал собой и Москву в том числе.

Так как Москва все-таки большую часть времени находилась не под льдом, а рядом с ним, нам интересно увидеть, какая же здесь была жизнь в тот период. С этого ледника дуют крайне холодные ветра. В этой приледниковой территории было слишком холодно для тайги, поэтому здесь была степь. Водилось здесь большое количество травоядных, так как питаться было особо нечем. В частности, в московской степи прекрасно себя чувствовали мамонты и носороги, покрытые шерстью.

22 тысячи лет назад для всех животных, обитавших на Земле, появляется сильный конкурент – древний человек. Раз прия на территорию, он оставался здесь навечно, по сей день. Таким образом, первые люди появились в Москве и Подмосковье 22 тысячи лет и населяют ее вплоть до сегодняшнего дня.



ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ
МГУ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА

teach-in
ЛЕКЦИИ УЧЕНЫХ МГУ