Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

М.Ф. Мохнач

ГЕОЛОГИЯ

Тема: **ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ В ГЕОЛОГИИ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

РГГМУ

Санкт-Петербург
2007

УДК 550.3

Мохнач М.Ф. Геология. Тема: Основные этапы развития временных представлений в геологии. Конспект лекций. СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 44 с.

Рецензент: И.А. Одесский, проф. СПбГГИ (технический университет)

Рассмотрена история развития базовых идей в геологии на фоне эволюции взглядов о возрасте Земли и различных геохронологических схем. С привлечением многочисленных примеров кратко изложена история возникновения геологии как исторической науки со своим объектом и методами исследования. Введение исторического элемента в преподавание позволит показать, что геологическая наука не есть только собрание отдельных фактов и описаний наблюдаемых природных процессов, а есть развивающийся плод усилий многих поколений исследователей, часто имеющих различные, а иногда противоположные взгляды на одни и те же явления природы. Показана роль мировоззрения учёного при изучении и интерпретации наблюдаемых явлений. Выделены последовательные этапы становления эволюционной парадигмы науки о Земле.

Конспект лекций предназначен для преподавателей и студентов, обучающихся по специальностям, связанным с изучением наук о Земле

UDC 550.3

Mokhnach M.F. Geology. Subject: The main periods of the development of the time conceptions in geology. Lecture notes. St. Petersburg: RSHU, 2007 – 44 pages.

Reviewer: I.A. Odessky, Professor of St.Petersburg Mining Institute (Technical University).

The book, briefly, with numerous examples, considers the history of the development of the basic ideas in geology against the background of the evolution of the notions on the age of the Earth and various geochronological schemes. With numerous examples these lectures present the history of the beginnings of geology as the historical science with its own object and methods of investigation. The historical element in teaching permits to show that geological science is not only a set of separate facts and descriptions of the observed natural processes, but it is evolving fruit of contributions of many generations of explorers, often with diverse and sometimes with contrary views on the same natural phenomena. The comprehensive perception of the role of the Weltanschauung of the scientist in the investigation and interpretation of the observed phenomena is given. The successive stages of the formation of the evolutionary paradigm of the Earth science are specified.

These lecture notes will be useful for lecturers and students in specializations, connected with the Earth sciences.

© М.Ф. Мохнач
© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2007

Российский государственный гидрометеорологический университет
БИБЛИОТЕКА
195196, СПб, Малоохтинский пр., 98

«Человек создал целую науку – геологию, посвятившую себя истории Земли: шаг за шагом, с огромной детальностью, расшифровал он последовательные фазы этой истории, прочёл иероглифы самых отдалённых геологических эпох, установил последовательные этапы развития органического мира. Но точной хронологии, абсолютных дат времени он долго дать не мог».

А.Е. Ферсман «Пути к науке будущего»

1. Первые временные представления в геологии

Показать развитие Земли в течение геологического времени, раскрыть природу и установить длительность процессов происходящих в недрах Земли и на её поверхности является одной из основных задач науки о Земле. Временной параметр позволяет определять скорости экзогенных геологических процессов. Не зная скорости процессов седиментации, выветривания, переноса продуктов разрушения, нельзя правильно представить течение этих процессов, их роль в преобразовании земной поверхности, в формировании залежей различных сырьевых материалов. Эти знания необходимы как для решения прикладных задач (поиск и разведка месторождений полезных ископаемых, строительство, мелиорация и т.д.), так и для понимания эволюции Земли как космического тела.

Дать ответы на некоторые из этих вопросов уже пытались философы античного мира. Незнание астрономии, химии, основных законов физики, недостаточное количество наблюдений делали их рассуждения и выводы о природных процессах умозрительными, а нередко фантастическими, несмотря на иногда содержащиеся в них совершенно правильные положения. Рационализм и логика рассуждений ставилась выше опытного познания. Поэтому отдельные правильные догадки оставались только догадками, ничем не подтверждёнными. Наука того времени не дала ответы на вопросы о природе процессов, происходящих на Земле и в её недрах, но она их поставила.

Представления об этих процессах, как свои собственные, так и других философов того времени, изложены Аристотелем, оказавшим огромное влияние на последующее развитие научной мысли вплоть до середины XVIII века. Аристотель (384–322 до н. э.) в своих взглядах, признавая рационализм Вселенной и Земли, как её части, ограничивал динамический характер природных процессов, принимал как постулат неизменность окружающего мира, его неограниченность во времени, таким образом, отрицая акт его сотворения. Отдельные изменения поверхности Земли (локальные трансгрессия и регрессия моря, речная эрозия, переотложение осадков и т.д.), по его мнению, слишком незначительны и не могут нарушить статический характер окружающего человека мира.

Учение Аристотеля было принято христианской церковью в качестве философской основы, но с некоторыми дополнениями, основным из которых является представление о сотворении Земли (Ветхий завет: Бытие) и последующим её разрушением (Новый завет: Откровения Иоанна Богослова).

Согласно книги Бытия все виды живых организмов были созданы такими, какие они встречаются сейчас. Было определено, что Земля, вода, растения, животные и человек были последовательно созданы в течение 6-ти дней. Неясно как библия понимает длительность процесса сотворения мира. Ещё святой Августин (Augustinus Sanctus, 354–430), один из основателей христианской догматики, писал, что Бог находится вне материи и вне времени, и к нему не могут быть применимы представления человека о длительности времени. Поэтому каждый из шести дней создания мира мог длиться значительно больше, чем 24 часа.

Не был точно определён возраст Земли, но не более 6000 лет. Это значение, согласно библейской модели, и определило максимальную продолжительность геологического времени.

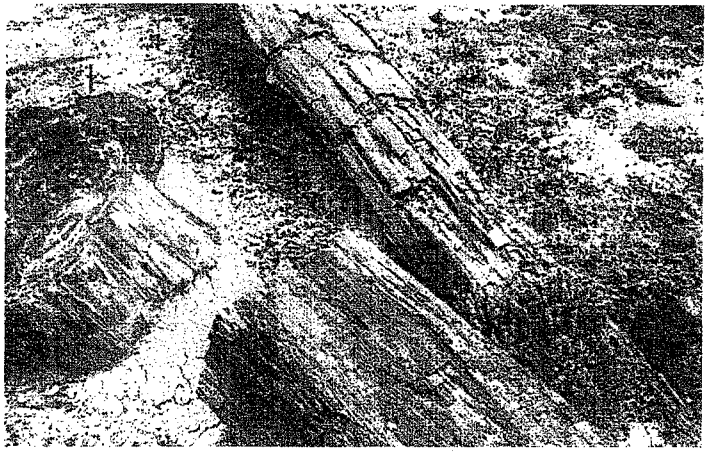
Протестантский богослов Иоганн Брент (Johann Brentius, 1499–1570) полагал, что Мир и Земля была создана за 3600 лет до рождения Аристотеля. В 1650 г. английский теолог Джеймс Ашер (James Usher, 1581–1656), признанный западной церковью как специалист по хронологии Ветхого Завета, рассчитал, что Вселенная была сотворена в 4004 г. до рождения Иисуса Христа. Эта дата была признана западной церковью и считалась неоспоримой до середины XIX века. Но официально только в 1948 г. Папа Пий XII заявил, что первую главу Книги Бытия следует понимать в аллегорическом смысле. В настоящее время

продолжают буквально понимать текст Книги Бытия только крайние ортодоксы.

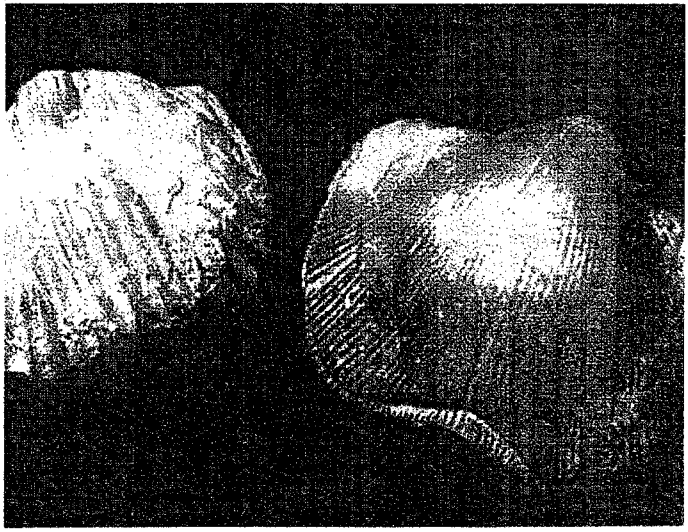
Церковь в средние века рассматривала науку как средство для иллюстрации теологических доктрин, а условия феодального производства практически исключали применение новых технических средств и, следовательно, науки. Соответственно прогресс науки был крайне незначительным. Только в начале 2-го тысячелетия началось постепенное интеллектуальное возрождение общества. Были основаны первые университеты: Парижский (1160), Оксфордский (1167), Кембриджский (1209) и т.д. Студенты помимо философии, теологии, права изучали математику, астрономию, медицину. Появилась прослойка образованных людей. И с началом эпохи Возрождения стала зарождаться современная наука. Первыми развивались медицина, астрономия и навигация, несколько позднее – математика, механика, физика. Появились выдающиеся учёные.

Геология, как современная наука, стала формироваться значительно позже, для чего было необходимо накопление полевого материала и его осмысление. Рост промышленного производства потребовал увеличения добычи полезных ископаемых. Для их доставки к местам переработки строились каналы. При этих работах стали в большом количестве находить окаменелые остатки раковин, рыб и других организмов (рис. 1). Такие находки всегда вызывали интерес. Они получали различные, иногда самые фантастические объяснения. По-видимому, первое вполне научное объяснение принадлежит Ксенофану Колофонскому (Xenophanes of Colophon, 560?–478? до н. э.), полагавшему, что находимые в горных породах окаменелости – это остатки организмов живших в морском бассейне во время затопления данных участков суши.

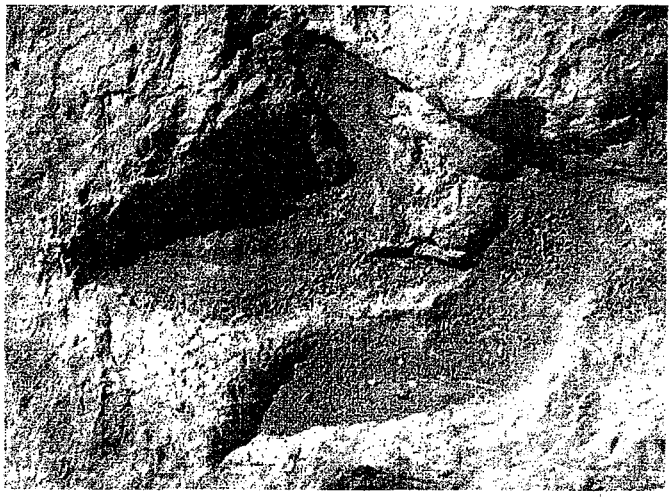
а)



б)



в)



г)

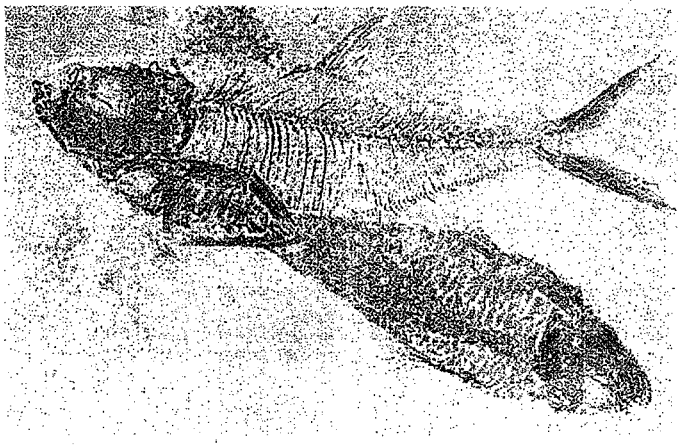


Рис. 1. а – окаменелое дерево, б – остатки створок раковин,
в – сохранившийся в известняке след динозавра,
г – рыба, сохранившаяся в виде тонкой плёнки
(по E. Tarbuck и F. Lutgens, 1996 г.).

В эпоху Возрождения взгляды о морском происхождении окаменелых остатков раковин и рыб впервые были высказаны Леонардо да Винчи (Leonardo da Vinci, 1452–1519). В своих работах по геологии и физической географии – «Об ископаемых животных», «О воде, изменяющей лик Земли», «О солёности моря», – он писал, что раковины, находимые в горах далеко от моря и жившие в существовавших в этих районах в прошлом морских бассейнах, не могли появиться там во время Всемирного Потопа, как он описан в Ветхом Завете, на что указывали его современники и многие последующие учёные. Он справедливо писал, что находимые далеко от моря в горных породах виды раковин живут только в прибрежной полосе, передвигаются они даже медленнее улиток, и за сорок дней, пока прибывала вода во время Всемирного потопа, они не могли покрыть расстояние в сотни километров от морского побережья, а на воде из-за своей тяжести они держаться были не в состоянии. Не отрицая произошедшего Всемирного Потопа, Леонардо да Винчи полагал, что Книга Бытия писалась значительно позже и в ней неточно описано произошедшее событие и считал, что надо больше доверять наблюдаемым в природе фактам.

Однако такие вполне научные высказывания о происхождении окаменелых органических остатков оставались отдельными ничем не подкреплёнными догадками, не способными опровергнуть библейскую парадигму о происхождении и последующем существовании Земли на протяжении почти 6000 лет. Многие учёные-схоласты продолжали рассматривать находимые в горных породах окаменелые остатки фауны как игру природы, предметы магической силы и т.д. Их рассуждения были логичными. Ссылаясь на текст книги Ветхого Завета, они утверждали, что Земля, т. е. горные породы, были созданы на второй день, а живые организмы начали создаваться только на четвёртый день, тогда как живые организмы могли очутиться внутри горных пород.

Но продолжалось изучение горных пород, их минерального состава, условий залегания. Одним из первых учёных нового времени был Георг Агрикола (Georgius Agricola (Bauer), 1494–1555), врач по образованию, чередуя занятия медициной с изучением горного дела в Саксонии, он многое сделал для развития минералогии (предложил метод диагностики минералов по морфологическим признакам и описал 20 новых минералов) и горнорудного производства. В своих работах, он сравнительно мало внимания уделял находимым органическим остаткам, полагая, что содержащиеся в пластах горных пород рыбы и

другие морские организмы могли быть привнесены подземными реками и погибли окаменевая, тем не менее дал подробное описание аммонитов и некоторых других органических окаменелостей (рис 2).

Значительный вклад в создание новой парадигмы был внесён 100 лет спустя в XVII веке выдающимся датским врачом и анатомом Николаусом Стено (Nikolaus Steno или Niels Steensen, 1638–1686). В 1669 г. он опубликовал работу под названием "De solido intra solidum naturaliter contento" ("О твёрдом, естественно содержащемся в твёрдом"), где кратко изложил, впервые в геологии применяя индуктивный метод рассуждений, свои выводы из геологических наблюдений во время экскурсий по долинам Тосканы в окрестностях Флоренции. В своей работе Стено отводил ведущую роль морской воде в формировании горных пород, установил относительную последовательность отложения пластов горных пород (принцип суперпозиции), признавал возможность нарушения первоначально горизонтального залегания пластов горных пород вследствие обвала над пустотами, напора воды, искривления пластов из-за высокой температуры, дал подробное описание некоторым видам органических окаменелостей. По находимым в горных породах остаткам фауны и флоры он определял условия осадконакопления: морские или континентальные. Николаус Стено по своим взглядам был нептунистом, как все его современники верил во Всемирный потоп и пытался согласовать свои геологические выводы с данными теологии. Однако выводы, сделанные им из геологических наблюдений, были в явном противоречии с принятым церковью возрастом Земли – не более 6000 лет. Стено, будучи религиозным человеком, оставил свои геологические исследования, никак не подтверждавшие библейскую парадигму, принял католичество (до этого он был лютеранином) и вскоре занял высокий пост в иерархии католической церкви.

Выводы Николауса Стено не были поняты современниками и полностью были оценены значительно позже, в конце XVIII века. Ещё в начале XVIII века швейцарский естествоиспытатель Иоганн Шейхцер (Johan Jacob Scheuchzer, 1672–1733), исследователь геологии Альп, один из первых указавший на растительное происхождение каменного угля, в 1700 г. нашел окаменелые остатки крупной саламандры и принял находку за остатки человека, погибшего во время Всемирного потопа. Шейхцер все находимые в горных породах окаменелости раковин, рыб также считал погибшими во время Всемирного потопа. В 1708 г. он написал, что дислокации пластов горных

пород произведены Богом специально для отвода вод Всемирного потопа в подземные резервуары.

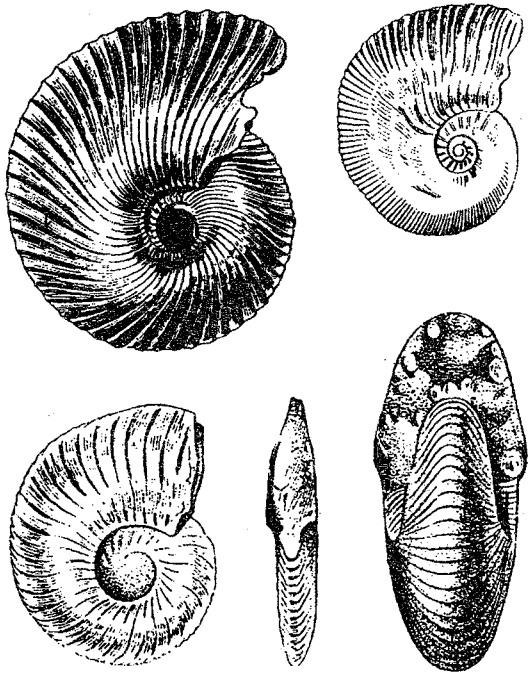


Рис. 2. Аммониты юрского периода (по С.С. Кузнецову, 1962 г.).

Однако уже в конце XVII века благодаря работам Стено, Гука (Robert Hooke, 1935–1703) и ряда других исследователей положение теологии о том, что Земля сохраняет свой первоначальный облик, было опровергнуто (рис. 3). Многими учёными приняты представления о первоначально горизонтальном залегании пластов осадочных горных пород и о существовании в прошлом морских бассейнов на участках суши, сложенных горными породами, содержащими окаменелые остатки морской фауны, обычно раковины. Однако креационистское положение библейской парадигмы о сотворении мира не оспаривалось и признавалось, что все процессы, изменявшие в прошлом поверхность Земли, происходили на протяжении не более 6000 лет.

Зарождение новой эволюционной парадигмы, согласно которой сама Земля и населяющие её организмы имеют длительную эволюционную историю, началось во второй половине XVIII века. В 1749 г. выдающийся французский естествоиспытатель Жорж Луи Леклерк де Бюффон (Georges Louis Leclerc Buffon, 1707–1788) в своей первой геологической работе «Теория Земли» (1749), развивая представления Готфрида Лейбница (Gottfried Leibniz, 1646–1716) о Земле, как первоначально раскалённом шаре, предложил первую естественнонаучную, не связанную с библейской парадигмой, модель происхождения планет, в том числе и Земли. Согласно предложенной им модели, Земля, как и другие планеты Солнечной системы, это затвердевший осколок Солнца, оторванный от Солнца падением на него кометы.

Рис. 3. Южные Анды. 65 миллионов лет назад динозавр прошёл по горизонтальной влажной песчаной поверхности. (National Geographic, 1993 г.).

В настоящее время Земля, сохраняя внутри себя значительное количество первоначального тепла, медленно остывает. Гипотеза Бюффона, вскоре оставленная в пользу гипотезы Канта–Лапласа, в XX веке вновь вызвала к себе интерес у ряда астрофизиков (Джинс, 1932; Рейн, 1936). Развитие рельефа Земли Бюффон объяснял движением вод морских и континентальных, при этом справедливо указывал, что нельзя ссылаться на Всемирный потоп, так как, согласно тексту Книги Бытия, лик Земли не изменился, после того как воды покинули сушу. Бюффон считал, что содержащиеся в горных породах остатки раковин, рыб указывают, что многие участки Земли в течение длительного времени были дном моря. Горные породы он рассматривал как морские осадки. Таким образом, Бюффон, как большинство исследователей того времени, придерживался нептунистических взглядов.

В своей следующей геологической работе «Эпохи природы» (Les époques de la nature, 1778) Бюффон с логической последовательностью и на уровне знаний того времени изложил геологическую истории Земли. По-видимому, по аналогии с библейской парадигмой (Земля была создана в течение 6 дней), историю Земли он разделил на 6 эпох. Седьмая эпоха – эта эпоха деятельности человека. Впервые в истории науки была, без ссылок на Библию, предложена цельная последовательная модель эволюции Земли от её возникновения до настоящего времени, что явилось первым изложением исторической геологии. Бюффон понял значение времени в эволюции Земли и её органического мира. Оценивая время, необходимое для остывания Земли, после того как её масса была оторвана от Солнца, и время, требуемое для накопления толщи горных пород, он заключил, что возраст Земли должен быть не менее 75 тыс. лет, что для XVIII века было совершенно революционным.

Бюффон справедливо полагал, что геологические процессы, происходившие в прошлом, аналогичны современным, что было позже доказано Чарлзом Лайелем и названо униформизмом. На основании изучения остатков флоры и фауны Бюффон пришёл к выводу, что существующие виды организмов не всегда были такими, как утверждает теология. На протяжении длительной истории Земли одни виды животных и растений вымирали и возникали новые более сложные и прогрессивные формы, причём наземные организмы появились после морских. Причину изменчивости организмов Бюффон связывал с изменением среды обитания: изменение климата, уровня моря и т.д. Изменением климата он объяснял и присутствие в приполярных облас-

тях остатков теплолюбивых животных (Бюффон ошибочно принимал мамонтов за слонов).

Однако Бюффон в своих рассуждениях рассматривал вопросы изменчивости органических форм достаточно фрагментарно и целостной эволюционной концепции не развил.

К сходным выводам об изменчивости организмов во времени пришёл немного позже и английский врач, естествоиспытатель, поэт Эразм Дарвин (Erasmus Darwin, 1731–1802), также полагавший, что организмы изменяются для выживания в соответствии с изменением окружающей среды.

Бюффон считал, что в научных исследованиях, можно делать обобщения только на основании опыта и наблюдений. Но его гипотезы оставались в значительной степени умозрительными и не были в должной степени подкреплены фактическим материалом. Тем не менее они были прогрессивными и совершенно новыми для своего времени. По-видимому, достаточно несправедливо Кювье (Georges Cuvier, 1769–1832) в 1788 г. писал, что Бюффон слишком отдаётся своему воображению и вместо изучения предмета с хладнокровием философа строит гипотезы на гипотезах, которые, в сущности, ни к чему не приводят ни его, ни читателя.

Выдающаяся заслуга Бюффона в том, что он заложил основы современной науки о Земле. Им были впервые в истории науки поставлены и рассмотрены не с позиций креационизма такие проблемы, как:

1) возникновение планет и Земли,
2) формирование горных пород и рельефа,
3) эволюционное развитие организмов,
4) проблема геологического времени.

После работ Бюффона постепенно начали понимать, что геология в отличие от других естественных наук (физики, химии и т.д.) является наукой исторической. Причём от собственно истории, истории человечества, она отличается не только объектом исследования – Земля, но и временем её развития. Но Жорж Бюффон только предположил, что сама Земля и населяющие её организмы имеют длительную историю на протяжении всего геологического времени, значительно превышающего 6000 лет.

Как признание научных заслуг Бюффону при жизни в Парижском ботаническом саду был поставлен памятник с надписью “Гений, равный по величине природе” (Majestati naturae par ingenium).

Изучение каждой из поставленных Бюффоном проблем потребовало не умозрительных рассуждений, а сбора и критического анализа полевого материала. С этого времени геология стала развиваться как современная наука. В 1779 г. Орас Соссюр (Horace Bénédict de Saussure, 1740–1799), швейцарский естествоиспытатель, исследователь геологического строения Альп и один из основоположников структурной геологии, ввёл в научную номенклатуру новое название науки о Земле – геология. До этого наука о Земле называлась теорией Земли, геогнозией, космогонией, наукой о слоях земных.

2. Нептунизм и плутонизм

К концу XVIII века была доказана возможность различных путей формирования горных пород, и стала разрабатываться генетическая классификация горных пород. До этого формирование облика земной поверхности и происхождение горных пород обычно рассматривалось с позиций нептунизма, т. е. единственная роль отводилась воде. Основателем и главой школы нептунизма стал профессор Фрейбергской горной академии (Bergakademie Freiberg in Sachsen) Абраам Вернер (Abraham Gottlob Werner, 1750–1817), сформулировавший основные постулаты нептунизма. Он утверждал, что все горные породы, в том числе граниты и базальты, образовались в результате выпадения минералов в осадок из морской воды. Различный состав горных пород он объяснял различным составом океанической воды. Вулканизм он не рассматривал как глубинный процесс, а считал, результатом подземных пожаров залежей угля. Никогда не покидавший Саксонию, Вернер полагал, что и в других регионах горные породы и условия их залегания те же, что и в Саксонии. Будучи убеждённым противником идей униформизма Вернер, на основе изучения последовательности напластования пластов горных пород, выделил четыре формации горных пород, отложившихся из вод океана, неоднократно покрывавших всю сушу. Формирование рельефа происходило в периоды таких катастроф.

Нептунистическая концепция Вернера, догматическая, но непротиворечивая и логически правильно составленная, – это индуктивно построенная гипотеза на основе малого региона. Вернер достиг компромисса между накопленными к этому времени знаниями и библейской парадигмой. Нептунисты оставались креационистами и сторон-

никами катастрофического пути развития, что по сути никак не противоречило положениям церкви о возрасте Земли.

Одновременно стала формироваться концепция развития Земли, получившая название плутонизм, установившая основы генетической классификации горных пород. Плутонизм допускал различное происхождение горных пород и, не отрицая роли воды (морской и пресной), рассматривал воду только как один из факторов в формировании топографии и литологического состава земной поверхности. Представители этого направления признавали значительную длительность происходивших геологических процессов, что никак не соответствовало представлениям о возрасте Земли в 6 000 лет.

Основателем школы плутонизма был шотландский учёный Джеймс Хаттон (James Hutton, 1726–1797). В 1785 г. он сделал доклад "О теории Земли, или исследование законов, наблюдаемых при образовании, разрушении и восстановлении суши", опубликованный в1788 г. в журнале "Труды Эдинбургского Королевского общества". На основании полевых наблюдений и проведённых экспериментов по плавлению образцов горных пород он показал, что многие горные породы, получившие затем название магматических, не могли формироваться в результате выпадения в осадок из морской воды, а образовались при затвердевании расплава, поступившего из недр Земли. Изучив базальты в окрестностях Эдинбурга, он обратил внимание, что вмещающие осадочные горные породы носят следы закаливания, и пришёл к выводу, что внедрение базальтового расплава произошло в ранее отложившиеся осадки, причём расплав поступал снизу, что противоречило положениям нептунизма.

В своих рассуждениях Хаттон признавал большую роль внутренней энергии Земли в формировании горных пород и минералов, рассматривал формирование рельефа как следствие действующих циклично процессов эрозии и седиментации, ввёл в геологию принцип униформизма. Полагая, что одни и те же законы физики и химии, определяющие течение геологических процессов, действуют на протяжении всей истории Земли, он предположил, что, изучив современные геологические процессы, можно понять процессы прошлых эпох. Поняв, что скорость процессов эрозии, седиментации и других процессов, изменяющих облик Земли, очень мала, Хаттон пришёл в выводу о значительной продолжительности времени, необходимого для форми-

рования современного облика Земли. О геологическом времени он писал, что «в геологии мы не видим ни начала, ни конца».[1]

Хаттон не рассматривал Землю как статичное тело, периодически подвергающееся всемирным потопам и другим катастрофам и затем восстанавливающееся в результате действия сверхестественных сил. Он считал, что Земля развивается согласно божественному плану, однако не следует ссылаться на Библию или на авторитеты, а надо просто изучать природу, происходящие процессы, являющиеся аналогами процессов, происходивших в прошлом, и только так можно получить ответы на возникающие вопросы. Свои выводы и результаты наблюдений Хаттон опубликовал в 1795 г. в двухтомном труде «Теория Земли», третий том он закончить не успел.

Эволюционные взгляды Хаттона на развитие Земли подверглись резкой критике со стороны нептунистов, а также других исследователей, считавших, что возраст Земли не может быть более 6000 лет. В 1802 г. английский учёный Джон Плейфейр (John Playfair, 1748–1819) опубликовал «Иллюстрации к теории Хаттона», где, отражая все нападки, на основании собственных наблюдений подтверждал выводы Хаттона о Земле как развивающейся по общим законам природы. Однако только геологических доказательств справедливости утверждения Хаттона о громадной продолжительности геологического времени было недостаточно. Не был не только изучен, но и понят палеонтологический материал, его роль в геологии. Диагностика пластов, крайне несовершенная в то время, производилась только на основании литологических признаков. Так, многими исследователями глина считалась скоплением растительных остатков. Палеонтологический материал изучался отдельно без привязки к содержащим его пластам горных пород.

Необходимо отметить, что ранее идеи об эволюционном медленном развитии Земли в течение очень длительного времени, о применимости результатов изучения современных геологических процессов к изучению процессов прошлых эпох, о делении геологических процессов на внутренние (эндогенные) и внешние (экзогенные), о чередовании трансгрессий и регрессий моря вследствие вековых колебаний уровня моря были высказаны М.В. Ломоносовым (1711–1765) в его работе «О слоях земных, написанной в 1755 г. (опубликована в 1763).

[1] Вернадский В.И., Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – Наука, 1965; стр. 93.

Взгляды М.В. Ломоносова, передовые для своего времени, не были в должной мере поняты его современниками.

3. Палеонтологический метод в геологии

В конце 90-х годов XVIII века Уильям Смит (William Smith, 1769–1839), работавший на строительстве каналов для транспортировки угля, обратил внимание, что различные пласты, вскрываемые при проведении горных работ, содержали различные виды окаменелых органических остатков, но в то же время пласты горных пород, находившиеся на значительном расстоянии друг от друга, иногда содержат одинаковый органический материал. В 1799 г. Смит построил литолого-стратиграфическую колонку для отложений региона окрестностей Бата (юго-западная Англия), в 1815 г. публикует сводную геологическую карту Англии и Шотландии с разделением пород по возрасту и в 1816 г. – приложение к карте с изображением для каждого пласта содержащихся в них органических остатков.

Смит впервые стал определять относительный возраст пластов горных пород, используя содержащиеся в них остатки ископаемых организмов. Позже его стали называть отцом стратиграфии. Применённый им метод построения геологической карты стал называться геологическим картированием и сразу получил широкое распространение. Применив идеи Смита, Кювье и Броньяр (Alexandre Brongniart, 1770–1847), выполнивший геологическую часть работы, на основании содержащихся в пластах органических остатков построили литолого-стратиграфическую колонку для отложений Парижского бассейна, установили физико-географическую обстановку образования горных пород. Геология получила новый метод исследования – биостратиграфический. Изучение в горных породах остатков фауны и флоры и их сравнение дало возможность выделять одновозрастные слои и определять относительный возраст осадочных отложений из различных регионов (рис. 4).

92 И. 1276

Российский государственный
гидрометеорологический университет
БИБЛИОТЕКА
195196, СПб, Малоохтинский пр., 98

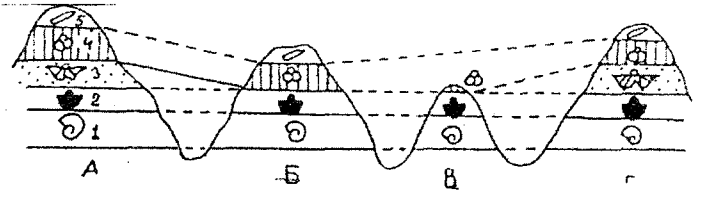


Рис. 4. Сопоставление разрезов палеонтологическим методом. Слой 3 отсутствует в разрезах Б и В (по Н.В. Короновскому, 2002 г.).

Уильям Смит не имел специального образования и не изучал эволюцию по разрезу находимых им органических остатков. Его выдающиеся работы по определению относительного возраста пластов, в том числе и находящихся на значительном расстоянии друг от друга, не могли дать четкого ответа о продолжительности геологического времени. Он только показал роль палеонтологического материала для геологии и необходимость его изучения, что подняло геологические исследования на новый уровень и привело к созданию относительной геохронологии фанерозоя.

К концу XVIII века уже был накоплен фактический материал, геологический и биологический, достаточный для формирования новой науки – палеонтологии, развитие которой происходило по двум направлениям: стратиграфической и биологической палеонтологии. Отдельные мысли о том, что окаменелые органические остатки могут указывать на относительный возраст горных пород, высказывались ещё в XVII веке (Стенон, Гук и др.). Но окончательно это было установлено столетие спустя работами Хаттона, Смита и их последователей, что и привело к созданию стратиграфии в результате введения в геологию палеонтологического метода. Это позволило устанавливать одновозрастные отложения, расположенные на значительных расстояниях друг от друга, и восстанавливать в хронологическом порядке всю последовательность накопления осадочных толщ. При дальнейшем изучении изменчивости по разрезу органических остатков были выделены так называемые руководящие ископаемые животные и растительные организмы, существовавшие на обширных территориях в течение сравнительно короткого времени, которые являются своеобразными реперами геологического времени. На основании изучения палеонтологических остатков этих организмов в первой половине

XIX века была построена геохронологическая шкала для определения относительного возраста пластов горных пород.

Формирование биологической палеонтологии произошло несколько позже. В течение XVIII века были собраны коллекции окаменелостей, установлено их большое разнообразие и показано, что не все из них имеют соответствующие живые формы (рис. 5). Тем не менее, накопленный материал оставался неполным, был недостаточно изучен и не был систематизирован. Биологическая палеонтология окончательно сформировалась в результате работ Ламарка (Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet Lamarck, 1744–1829) и Кювье (Georges Cuvier, 1769–1832). Термин «биология» был введён Ламарком в 1802 г. одновременно и независимо от немецкого учёного Готфрида Тревирануса (Gottfried Treviranus, 1776–1837). Ламарка принято считать основателем палеонтологии беспозвоночных, а Кювье – основателем палеонтологии позвоночных. Ламарк и Кювье, выдающиеся учёные биологи, не были геологами и собственных геологических исследований не проводили. Свои рассуждения об изменении органического мира они оба строили на основе нептунической модели формирования горных пород, давая при этом противоположные оценки длительности геологического времени.

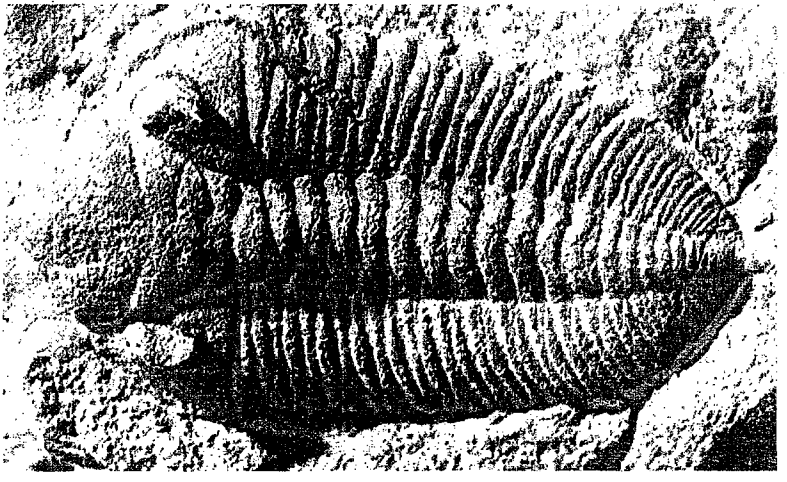


Рис. 5. Четырёхсантиметровый трилобит, погребённый в отложениях одного из озёр Чехии 500 миллионов лет назад. По мере того как он разлагался, из продуктов гниения и ила образовывался пирит (по Louis Vaczek, 1977 г.).

Ламарк, придерживающийся нептунистических взглядов на формирование топографии и состава земной поверхности, тем не менее не был креационистом, а был убеждённым сторонником эволюционного развития Земли в течение длительного времени. В своей работе «Гидрогеология» (1802) он выступил против учения о катастрофах, как противоречащему господствующим в природе естественным закономерностям, и рассматривал формирование земной поверхности как длительный временной процесс под действием естественных факторов, продолжающих действовать и в настоящее время. Будучи нептунистом, решающую роль в формировании земной поверхности он отводил воде. В 3-й главе «Гидрогеологии» он писал: «... как ограничены представления тех, кто исчисляет возраст Земли с момента её возникновения и до наших дней в 6 тысяч лет» и далее « ... древность Земли настолько велика, что попытки определения её каким бы то ни было способом выходят за пределы возможностей человека».

В 1809 г. Ламарк опубликовал «Философию зоологии», где впервые была изложена эволюционная теория развития органического мира. Ламарк считал, что всё многообразие форм организмов природа могла произвести только последовательно, от простых форм к сложным, на протяжении длительного времени, а не одновременно как следует из Книги Бытия. Он утверждал, что формы организмов обладают относительным постоянством и их неизменность носит только временный характер. Главными причинами изменения видов, по мнению Ламарка, было изменение органов организмов под воздействием внешней среды и наследуемость приобретаемых признаков. Ламарк не смог объяснить механизм воздействия внешних условий на изменение признаков биологических организмов. Эволюцию он объяснял стремлением организмов к совершенствованию. На борьбу за существование, естественный отбор он не обратил внимания.

Ламарк стал создателем первой эволюционной теории развития органического мира, получившей название ламаркизм. По своим убеждениям он был деистом и признавал бога только как первопричину мира. Последующее развитие мира происходило по законам природы без вмешательства свыше.

Предложенная Ламарком эволюционная теория развития биологических организмов в результате влияния среды и наследования приобретённых признаков, в сущности остававшаяся только гипотезой, не получила признания современников. Его главными критиками были Кювье и его последователи. Кювье, признавая работы Ламарка по

зоологии беспозвоночных как выдающиеся, принимал его эволюционную теорию и признание огромной длительности геологического времени за заблуждения, которые даже не стоит оспаривать.

Жорж Кювье установил принцип «корреляции органов», согласно которому каждый животный организм представляет собой замкнутую систему, в которой все органы и их функции строго коррелированы, т. е. взаимозависимы. На практике это позволило по найденным остаткам позвоночных реконструировать несохранившиеся органы. По мнению Кювье, на протяжении всего времени не было необходимости изменяться анатомическому строению организмов, настолько совершенными они были созданы изначально. При этом все органы строго взаимосвязаны, и всякое изменение органов только нарушало бы их корреляцию.

Кювье, сопоставляя фауну по разрезу в пластах осадочных пород, так же как и Ламарк, заметил, что органические остатки в более молодых пластах имеют более сложное строение. Пытаясь устранить несоответствие между наблюдениями и данными церкви о длительности существования Земли, Кювье отрицал возможность эволюционного развития органического мира, объясняя смену состава фауны в смежных пластах массовой гибелью организмов в результате происходивших катастроф. Присутствие в разрезах немых пластов, осадочных горных пород, не содержащих органических остатков, по его мнению, также подтверждает гипотезу о произошедших в прошлом катастрофах. В 1825 г. Кювье писал: «Итак, жизнь не раз потрясалась на нашей Земле страшными событиями. Бесчисленные живые существа становились жертвами катастроф: одни обитатели суши были поглощены потопами, другие, населявшие недра вод, оказывались на суше вместе с поднявшимся дном моря».

Работы Ламарка и Кювье не дали и не могли дать однозначного ответа на вопрос о протяжённости геологического времени. Их представления об истории органического мира были основаны на модели нептунизма о формировании горных пород и рельефа земной поверхности, модели, близкой к религиозным представлениям. Прогрессивные идеи Хаттона о различном происхождении горных пород, не только при выпадении в осадок из воды, и о том, что процессы, происходившие в прошлом, аналогичны современным (идеи актуализма), из чего следует необходимость огромной длительности геологического времени, ими не были приняты.

Из модели нептунизма, главным идеологом которой в это время был популярный Абраам Вернер, необходимо следовали выводы о происходивших на протяжении всей истории Земли глобальных катастрофах, что с точки зрения нептунистов и объясняло перерывы в осадконакоплении, наличие немых толщ, резкую смену органических форм в соседних пластах и т.д. К такому выводу пришёл Кювье, отрицавший прогрессивное развитие органического мира и признававший его изначальную неизменность, а смену органических форм в геологических пластах только результатом, происходивших в прошлом катастрофах.

Ламарк на основании того же фактического материала сделал противоположные выводы. Представления Ламарка об эволюционном развитии Земли и органического мира логически не следовали из принятой им геологической модели, противоречили ей и не были поняты его современниками. Необходимо также отметить, что геологические рассуждения Ламарка были достаточно путанными. Так, Ламарк справедливо утверждал, что море и суша на протяжении существования Земли постоянно менялись местами, но при этом он отрицал возможность вертикальных движений Земли, или, если употребить современный язык, земной коры. Периодические затопления суши он объяснял следствием притяжения Луны и Солнца. Глину он считал сильно изменёнными под действием различных кислот растительными остатками.

После работ Ламарка, Кювье и их последователей оставалось много неясного. Об этом свидетельствовало и то, что на основе одного фактического материала делались разные, нередко противоположные выводы. Нерешённые вопросы (стратиграфическое несогласие, механизм эволюции, перерывы в осадконакоплении, резкая смена фауны или её отсутствие в пластах) не позволяли однозначно ответить на вопрос о длительности геологического времени. Эти и другие вопросы получили своё объяснение только после того, как были окончательно оставлены представления о происходивших в прошлом катастрофах, и в геологии стал общепринятым исторический подход к изучению геологических процессов.

Тем не менее теория катастроф продолжала оставаться господствующей ещё в 20–30-х годах XIX века. Так, Дж. Холл (James Hall, 1761–1832) объяснял крупные водные потоки внезапными поднятиями земных блоков под действием внутреннего жара Земли. Леопольд фон Бух (Leopold von Buch, 1774–1853) также писал, что Альпы образова-

лись в результате внезапного толчка при внедрении магматического расплава.

Состоявшаяся в начале 1830-х годов в Парижской Академии Наук дискуссия между Кювье и последователем Ламарка Этьенном Жоффруа де Сент-Илером (Etienne Geoffroy de Saint-Hilaire, 1772–1844), минералогом, зоологом, отстаивающим эволюционное развитие органического мира и полагавшим, что формирование новых видов происходит в результате наследственных изменений, вызванных воздействием внешней среды, закончилась убедительной победой Кювье и его сторонников. Среди последователей доктрины Кювье о чередовании периодов катастроф следует назвать Альсида Д'Орбиньи (Alcide d' Orbigny, 1802–1857), крупного геолога и палеонтолога, проводившего исследования в Южной Америке в то же время, когда там работал Чарлз Дарвин (Charles Robert Darwin, 1809–1882), но сделавшего противоположные выводы. По-видимому, выводы учёных определило их мировоззрение. Д'Орбиньи был даже большим креационистом, чем Кювье. Если Кювье полагал, что катастрофы распространяются не на весь земной шар, а только на определённые территории, где и гибнут все органические формы, и затем сюда мигрируют новые формы из участков, не затронутых катастрофами, то Д'Орбиньи полагал, что катастрофы распространяются на весь земной шар, гибнет всё живое и затем создаётся снова.

Идеи Хаттона и его последователя Плейфейера об изменении земной поверхности в результате действия в течение длительного времени обычных природных процессов, какие наблюдаются в настоящее время, не были достаточно обоснованы и подтверждены наблюдениями, поэтому их рассуждения казались неубедительными, и они не рассматривались современниками.

4. Униформизм и актуализм

В 1830–1833 гг. в Лондоне был опубликован 3-томный труд «Основы геологии». Полное название в оригинале "Principles of Geology being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation". Автором был Чарлз Лайель (Sir Charles Lyell, 1797–1875), шотландский адвокат, не получивший систематического естественнонаучного образования и, как часто отмечают, родившийся в год смерти Хаттона. Появление этой книги изменило представление о длительности геологического времени.

В 1859 г. Чарлз Дарвин писал: «Тот, кто, прочтя великое произведение Чарлза Лайеля об основах геологии, – в котором будущий историк признает творение, совершившее переворот в естествознании, – не захочет представить себе всю громадность истекших периодов времени, пусть тотчас же закроет эту книгу... Нужно видеть собственными глазами огромные толщи нагромождённых один на другой слоёв, наблюдать ручейки, несущие вниз мутный ил, волны, подтачивающие обрывы морского берега, если мы хотим составить себе какое-нибудь понятие о продолжительности минувших времён, памятники которых мы видим повсюду вокруг нас».

Лайель на основе собственных полевых наблюдений во время путешествий во французских и итальянских Альпах, на Пиренеях и по Сицилии с восхождением на вулкан Этна развил представления Хаттона и убедительно показал, что для формирования топографии земной поверхности, накопления толщ осадочных горных пород не требуется глобальных катастроф. Протекающие с малой скоростью незначительные природные процессы, наблюдаемые в настоящее время, аналогичны процессам прошлых эпох и могут приводить в течение достаточно большого промежутка времени к значительным изменениям. За основу своей концепции Лайель принял три принципа: однообразие процессов на протяжении всей истории Земли, их непрерывность и суммируемость, т. е. за длительный период медленно протекающие процессы создают значительные изменения.

Предложенный Лайелем эвристический метод изучения истории Земли опирался на принцип единообразия (principle of uniformity), согласно которому природные силы по своей энергии и скорости в прошлом были такими же, как и в настоящее время. У. Уевелл (William Whewell, 1794–1866) в 1832 г. назвал концепцию Лайеля униформитарианизмом (uniformitarianism), а в 1862 г. Томас Гексли (Thomas Henry Huxley, 1825–1895) назвал её униформизмом.

Применение в геологической практике доктрины Лайеля позволило изучать историю Земли на протяжении всего геологического времени по данным анализа геологических разрезов. Логическая последовательность при простоте и ясности, основанная на строгом анализе фактического материала, исключала необходимость вмешательства неведомых, таинственных, сверхестественных сил для преобразования земной поверхности. В результате был нанесён сёрьёзный удар по религиозным представлениям о длительности геологического времени.

На фактическом материале Лайель показал, что в существующих явлениях природы надо искать ключ к познанию прошлого, так как «сегодня как всегда, а всегда как сегодня». Необходимо отметить, что во времена Лайеля не были достаточно изучены докембрийские отложения. И без каких-либо оснований результаты изучения фанерозойских отложений экстраполировались на криптозой.

Лайель рассматривал Землю как сбалансированную систему, в которой процессы эрозии, седиментации, переноса, аккумуляции происходят с неизменной интенсивностью на протяжении всей её истории, и эти процессы не имеют ни начала, ни конца. Позже Рамсей (Andrew Crombie Ramsay, 1814–1891) скажет: "Мы собираем факты, и Лайель учит нас понимать их значение".

Допущение однообразия природных процессов и их непрерывности отвергало представления о последовательности катастроф в истории Земли. Это соответствовало взглядам Лейбница, что природа не делает скачков. Принятие Лайелем принципа однообразия приводило и к отказу от эволюционного пути развития Земли. Это было почти сразу отмечено многими геологами, утверждавшими, что не может быть бесконечного повторения одних и тех же факторов, так как процессы не могут не иметь ни начала, ни конца. Менялась интенсивность факторов, химический состав среды. Уже позже стало ясно, что современные процессы могут являться только моделью процессов прошлого. В этом суть современного понятия метода актуализма.

Уже к концу 1830-х годов "Основы геологии" стали в Англии крайне популярны и несколько позже в континентальной Европе, тем не менее критические высказывания продолжались. Униформизм Лайеля понимал историю Земли как постоянное чередование одних и тех же процессов на протяжении неограниченного по протяжённости времени, при этом Лайель не давал даже самых приблизительных оценок возраста Земли. Этот униформизм Лайеля, признающий огромную длительность геологического мира и отрицающий его эволюцию, не соответствовал ни взглядам катастрофистов, ни взглядам эволюционистов.

Во втором томе «Основ геологии» Лайель критикует гипотезу Ламарка об эволюции органического мира, игнорируя данные палеонтологической летописи и признавая неизменность органических видов. Изучая в геологических разрезах литологический состав пластов горных пород и заключённые в них органические остатки, Лайель делает разные заключения. Доказывая на основе смены по разрезу лито-

логического состава постоянную смену природных условий вследствие изменяющихся геологических процессов, он отрицал возможность влияния новых условий на изменчивость организмов, оставаясь, таким образом, последовательным креационистом при изучении органического мира. В этом проявился двойной подход Лайеля к изучению истории геологической и биологической. Поэтому прогрессивные выводы Лайеля о длительности геологического времени, сделанные на основе геологического материала, при игнорировании данных палеонтологии многим представителям геологической науки казались не убедительными, и они продолжали оставаться сторонниками теории катастроф.

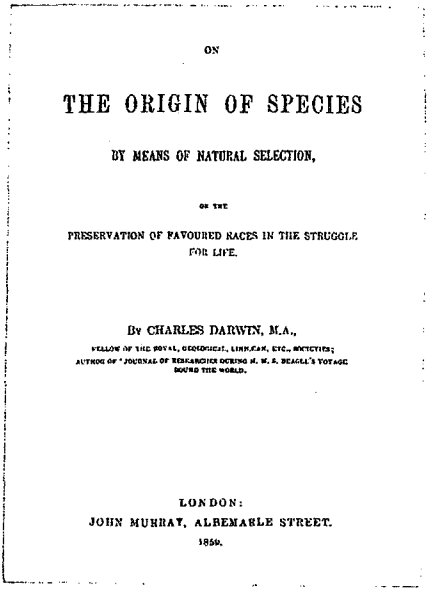
5. Становление эволюционной парадигмы науки о Земле

Окончательное крушение теории катастроф произошло только после работ Чарлза Дарвина, открывшего законы органической эволюции и показавшего, что действие естественного отбора можно понять, только допустив длительное время развития в геологической и биологической истории. Рассуждения Дарвина подтвердили тезис о существовании длительного времени в геологической и биологической истории. А. Гейки (Archibald Geikie, 1835–1924) писал, что Лайель подготовил почву для принятия длительности геологического времени, а переворот в мировоззрении совершил Дарвин.

В 1859 г. Чарлз Дарвин опубликовал свой основной труд «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» (рис. 6). Это был результат более чем двадцати лет геологических и биологических наблюдений, начавшихся во время пятилетнего кругосветного путешествия на «Бигле» (1831–1836 гг.), куда Дарвин взял с собой только что вышедший из печати первый том «Основ геологии». Позже в своей автобиографии Дарвин напишет, что эта книга «... принесла мне величайшую пользу во многих отношениях. Уже самое первое исследование, произведённое мною в Сант-Яго на островах Зелёного мыса, ясно показало мне изумительное превосходство метода, применённого Лайелем в трактовке геологии, по сравнению с методами всех других авторов, работы которых я взял с собой или прочитал когда-либо впоследствии».

Дарвин впервые раскрыл взаимосвязь двух различных последовательностей – геологической и палеонтологической летописей. Он при-

знал униформистскую концепцию Лайеля, исключающую катастрофы и все изменения в неживой природе, рассматривающую как результат непрерывного действия естественных природных сил, и применил её при изучении изменчивости живых организмов. Он показал, что непрерывно меняющиеся природные условия среды обитания вызывают незначительные, постоянные и накапливающиеся изменения в строении населяющих её организмов, вызывая их эволюцию. Применив к органической природе униформистский метод Лайеля, Дарвин установил механизм эволюции, определив видоизменяющие факторы – изменчивость, наследственность и естественный отбор. Естественный отбор предполагает, что в борьбе за существование полезные изменения сохраняются, а вредные уничтожаются. Можно с полным правом утверждать, что появление «Происхождения видов» ознаменовало отказ от идей креационизма и окончательный переход к новой эволюционной парадигме науки о Земле.



ON

THE ORIGIN OF SPECIES

BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

OR THE

PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE FOR LIFE.

By CHARLES DARWIN, M.A.,

FELLOW OF THE ROYAL, GEOLOGICAL, LINNÆAN, ETC., SOCIETIES;
AUTHOR OF 'JOURNAL OF RESEARCHES DURING H. M. S. BEAGLE'S VOYAGE ROUND THE WORLD.'

LONDON:
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.
1859.

Рис. 6. Титульный лист первого издания «Происхождения видов», вышедшего 24 ноября 1859 г. тиражом 1250 экземпляров и полностью распроданного в один день.

В «Происхождении видов» были две геологические главы: глава X – "О неполноте геологической летописи" и глава XI – "О геологической последовательности организмов". А. Гейки позже напишет, что только за эти две главы, произведшие переворот в геологической мысли, Дарвина можно поставить в ряды творцов геологии. В этих главах Дарвин впервые показал, насколько велика продолжительность геологического времени и насколько сложна геологическая история Земли.

Противники эволюционного пути развития органической природы указывали, как на аргумент, на неполноту палеонтологических данных по разрезу, т. е. на отсутствие в геологических отложениях переходных форм организмов. Дарвин признаёт, что "число промежуточных и переходных звеньев между всеми живущими ныне и угасшими видами должно быть непостижимо велико. И, конечно, если только эта теория верна, все они существовали на земле". Далее он, ссылаясь на видных палеонтологов, пишет, что «очень многие ископаемые виды были установлены и названы по единственному и нередко неполному экземпляру или по немногим экземплярам, собранным на небольшом пространстве». Отсутствие переходных и промежуточных форм не нарушает основного следствия эволюционной теории, а именно вверх по разрезу органические формы сменяются более сложными.

Неполноту палеонтологической летописи, её фрагментарность, Дарвин на фактическом материале объясняет недостаточной изученностью геологии обширных регионов, частым отсутствием при седиментации условий для сохранения органических остатков, процессами последующей денудации, длительными перерывами в осадконакоплении. Всё это подтверждает современная палеонтология. Причём было показано, что длительность перерывов в осадконакоплении может существенно превышать время, необходимое для накопления осадочных толщ. Так, в окрестностях Санкт-Петербурга на осадочных породах девонского возраста залегают четвертичные отложения, что объясняется длительным перерывом в осадконакоплении, сопровождавшимся денудацией и сносом ранее отложившихся осадков.

Если Хаттон и Лайель при изучении геологических процессов отмечали «отсутствие следов их начала» и писали только о крайней длительности геологического времени, то Дарвин стал рассчитывать оценки возраста Земли и соответственно длительности эволюции органической природы. Позже Томас Гексли напишет о необходимости сверки биологических часов с геологическими так: «Биология заимст-

вует представление о времени из геологии. Единственной причиной, заставляющей нас верить в медленные темпы изменения форм органического мира, служит тот факт, что они сохраняются в толщах осадков, для образования которых, как утверждает геология, требовалось длительное время. Если геологические часы окажутся неверны, всё, что останется сделать натуралисту, – это соответственно пересмотреть свои представления о скорости изменений».

Вычисления Дарвина оценок времени, необходимого для накопления осадочных горных пород позволяли устанавливать первичные пространственно-временные соотношения геологических толщ, а также получать очень приблизительный возраст Земли. На основе замеров мощности отложений в юго-восточной Англии и оценок скоростей осадконакопления и денудации Дарвин получил оценку возраста Земли порядка. 300 млн лет. Это означало, в сравнении с оценкой Бюффона в 75 тыс. лет, переворот в представлении о длительности геологического времени. Одновременно Джон Филлипс (John Phillips, 1800–1874) для региона долины р. Ганг по соотношению мощностей осадочной толщи и средней скорости осадконакопления рассчитал возраст Земли около 96 млн лет.

В 1850 г. Клаузиусом (Rudolf Clausius, 1822–1888) и Кельвиным (William Thomson, later Lord Kelvin, 1824–1907) был открыт второй закон термодинамики, утверждавший, что теплота самопроизвольно переходит от более нагретого тела к менее нагретому, а для передачи теплоты от менее нагретого к более нагретому необходимо совершить работу. Некритически применив этот закон, Кельвин на основе теории теплопроводности Фурье рассчитал связь между возрастом Земли и температурой в её недрах и получил как наиболее вероятную оценку в 98 млн лет. В лекции на заседании Геологического общества Глазго в 1868 г. Кельвин отметил, что геологи вырвались из оков библейской хронологии, но зашли слишком далеко в своих оценках возраста Земли.

Кельвин, как до него Лейбниц и Бюффон, полагал, что сначала Земля представляла собой раскалённое жидкое тело. Постепенно Земля остывала и затвердевала, теряя согласно второму закону термодинамики в огромном количестве тепло. Кельвин не признавал теорию катастроф, но одновременно считал униформизм заблуждением, противоречащим второму закону термодинамики. Он указывал, что Земля со временем остывает, что прямо влияет на интенсивность таких процессов, как вулканизм, эрозия, выпадение осадков и т.д. Со временем

эти процессы должны ослабевать. Поэтому современные процессы не могут быть аналогами процессов прошлого.

Арчибальд Гейки, первоначально поддержавший оценку Дарвина возраста Земли в 300 млн лет, затем полагая, что скорость денудации в прошлом была значительно выше, позже оценивал возраст Земли в 100 млн лет.

Рассуждения Кельвина также в какой-то мере поколебали уверенность Дарвина в правильности своих расчётов оценки возраста Земли в 300 млн лет, и уже во втором издании «Происхождения видов» он пишет, что эту оценку можно уменьшить в два, а то и в три раза. Дарвин писал, предостерегая других геологов «... ни одна наука не требует от своих работников большей необходимости принимать всякого рода предосторожности для достижения точности, ибо фантазии легко разгуляться, когда имеешь дело с массами огромных размеров и с периодами времени почти бесконечными»

Немного позже Джоли (John Joly, 1857–1933) рассчитал возраст Земли по содержанию ионов натрия в океанической воде и получил 90 млн лет, что совпадало с оценкой Кельвина и по мнению многих исследователей подтверждало его концепцию. Джоли исходил из предположения, что первоначально океаническая вода была пресной. Постепенно её солёность повышалась в результате поверхностного и подземного стока вод с континентов. Оценка возраста, полученная Джоли, никак не могла быть близкой к истинной, так как он не знал даже приблизительно ни объёма океанической воды, ни количества солей, как сносимых с континентов, так и возвращаемых на континент ветром, осадками.

Эти и другие многочисленные оценки возраста Земли в десятки и первые сотни миллионов лет, полученные вскоре после выхода из печати «Происхождения видов», были крайне далеки от истинного значения, тем не менее они последовательно указывали на неправомерность ограничения геологического времени 6000 лет, что предлагалось церковной догматикой, и являлись для своего времени прогрессивными.

Точное определение абсолютного возраста Земли стало возможным только после открытия в 1895 г. Анри Беккерелем (Henri Antoine Becquerel, 1852–1908) явления радиоактивности.

В 1902 г. Эрнест Резерфорд (Ernest Rutherford,1871–1937) и Фредерик Содди (Frederick Soddy, 1877–1956) предложили теорию радиоактивного распада. Одновременно эксперименты показали, что радио-

активный распад сопровождается выделением огромного количества энергии. Так, в 1903 г. Пьер Кюри (Pierre Curie, 1859–1906) с сотрудниками установил, что при распаде одного грамма радия, выделяется столько же тепла, сколько при сжигании 500 кг каменного угля. Стратт (Robert John Strutt, 1875–1947), изучив радиоактивность земной коры по содержанию радиоактивных элементов в изверженных горных породах, установил, что концентрация радиоактивных элементов в Земле в 50–60 раз превышает их количество, необходимое для поддержания температуры Земли. Открытие внутреннего источника тепла Земли опровергало гипотезу Кельвина о первоначальном тепле Земли и её постепенном остывании и указывало на ошибочность его оценки возраста Земли.

Несколько позже было установлено, что радиоактивный распад происходит с неизменной скоростью. Отсюда следовало, что, зная период полураспада, т. е. время, за которое распадается половина исходного количества радиоактивного элемента (определяется экспериментально), и соотношение в минерале, входящем в состав горной породы материнских элементов и элементов – конечных продуктов распада, можно определить абсолютный возраст горной породы. Первые же определения абсолютного возраста горных пород дали значения в сотни миллионов лет: от 300 млн лет до 2,4 млрд лет для минерала с о. Цейлона (сейчас о. Шри Ланка). Эти первые, ещё очень приблизительные оценки возраста Земли подтвердили утверждения Хаттона, Лайеля, Дарвина и других исследователей о необходимости признать громадную длительность геологического времени для понимания процессов, происходивших на Земле. В 1913 г. Холмс (Arthur Holmes, 1890–1965) составил первую геохронологическую шкалу фанерозоя. По мере совершенствования методики исследования эта шкала постоянно уточняется. Точность определения возраста древнейших пород уже достигла первых миллионов лет. Международной комиссией по стратиграфии в 2000 г. принята геохронологическая шкала (табл. 1).

Геологическое время начинается с формирования Земли как планеты и образования первых горных пород и заканчивается сегодняшним днём. Самые древние горные породы, обнаруженные на Земле имеют возраст примерно 3,8 млрд лет. Но Земля значительно старше, так как первые горные породы не сохранились, они неоднократно изменялись. Наиболее древние горные породы, найденные на Земле в Гренландии, Австралии, Южной Африке и ряде других мест, только указывают время проявления последнего процесса метаморфизации.

Поэтому за возраст Земли принято считать результат, полученный при определении возраста метеоритов – 4,6 млрд лет, так как метеориты – это осколки того вещества, из которого состояла Солнечная Система, когда происходило формирование планет. По последним уточнённым данным возраст метеоритов составляет 4,56 млрд лет.

Таблица 1.

Геохронологическая шкала

Фанерозой:

Эра	Период	Время, млн. лет назад	Органическая жизнь
Кайнозойская	Четвертичный	1,8	Становление человека Homo erectus
	Неогеновый	23,8	Расцвет приматов
	Палеогеновый	65,0	Появление первых приматов Расцвет млекопитающих
Мезозойская	Меловой	142,0	Динозавры, летающие ящеры и ихтиозавры вымирают. Дальнейшее развитие рептилий, птиц, насекомых и млекопитающих. Появляются первые цветковые растения
	Юрский	205,7	Расцвет динозавров, кораллов, аммонитов. Появление птиц. Появление диатомовых водорослей
	Триасовый	248,2	Развитие пресмыкающихся. Появление динозавров и первых млекопитающих – сумчатых
Палеозойская	Пермский	290,0	Расцвет акул и звероподобных пресмыкающихся. Трилобиты вымирают. Появление современных папоротникообразных.
	Каменноугольный	354,0	Расцвет земноводных Появление пресмыкающихся, насекомых, хвойных деревьев
	Девонский	417,0	Появление земноводных и первых костных рыб Первые леса. Первые папоротникообразные. Вымирает псилофитовая флора
	Силурийский	443,0	Расцвет рифообразующих кишечнополостных. Появляются челюстноротые рыбы. Первые наземные растения – псилофиты

	Ордовикский	495,0	Расцвет брахиопод и головоногих моллюсков
	Кембрийский	545,0	Появление беспозвоночных с твёрдым панцирем. Расцвет трилобитов, водорослей, бактерий

Криптозой (Докембрий):

Эра	Время, млн. лет назад	Органическая жизнь
Протерозойская	2500,0	Морские беспозвоночные, водоросли, бактерии
Архейская	4560,0	

Результаты определения абсолютного возраста древнейших пород докембрия позволили указать время их формирования, и они также стали объектом изучения исторической геологии. До этого историческая геология изучала отложения фанерозоя и верхнего докембрия как содержащие органический материал, и относительная геохронологическая шкала была практически неприменима к раннему докембрию.

Таким образом, длительность геологического времени составляет 4,6, или точнее 4,56 млрд лет. Это возраст Земли. Для сравнения можно добавить, что возраст образцов, доставленных с Луны, 4,5 млрд лет. Это объясняется тем, что до этого практически вся Луна или только её кора на значительную глубину были в расплавленном состоянии. По данным астрономии возраст Солнца 6 миллиардов лет. Возраст нашей галактики, Млечного пути, составляет 11–12 млрд лет. Данные, полученные в 2003 г. с помощью космического телескопа Хаббла, позволили оценить возраст нашей Вселенной в 13–14 млрд лет. По последним данным возраст Вселенной составляет 13,7 млрд лет с точностью до 200 млн лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Всё вышесказанное о становлении в геологии понятия геологического времени подтверждает, что геология – наука историческая, и её объект изучения Земля имеет длительную историю развития. Одной из главных задач геологии, как исторической науки, становится восстановление истории развития Земли во времени и пространстве от её возникновения до настоящего времени. Геологическое время сохраняет признаки, присущие времени как фундаментальному понятию, отражающему свойства действительности. Время неповторяемо и необратимо. Оно конечно для каждого конкретного объекта, любой объект в ходе эволюции имеет начало и конец существования, и одновременно время непрерывно, так как одно возникает из другого.

Геологическое время в эволюции Земли отмечается изменениями, происходящими в неживой и живой природе. Понятие геологического времени начало формироваться в XVIII веке в работах Бюффона, Ломоносова, Хаттона и других исследователей. Происходило накопление знаний о процессах, происходивших и происходящих на Земле. При этом были и крайности. Так, если Бюффон ограничивал геологическое время оценкой в 75 тыс. лет, то Хаттон его вообще не ограничивал. Эти оценки, как и другие, не были в должной мере обоснованы и продолжали оспариваться. Хаттон в «Теории Земли» писал, что «в ходе развития науки истина и заблуждение вынуждены сражаться друг с другом; и лишь в той мере, в какой наука изживает ложные концепции, которые заключены в самой природе человеческого знания, в естественных науках утверждается истина».

Накопление материала и постепенное формирование нового мировоззрения продолжалось в течение первой половины XIX века. Окончательное крушение старой парадигмы, основанной на библейской догматике, ограничивающей возраст Земли шестью тысячами лет, и становление новой эволюционной парадигмы произошло только после работ Лайеля и Дарвина, когда была установлена огромная длительность времени развития Земли и живой природы, что опровергало положения библейской догматики о возрасте Земли, а значит, и ста-

рую парадигму. Точные оценки возраста Земли, времени формирования различных горных пород и скорости природных процессов были получены уже в XX веке с появлением новой науки – ядерной геохронологии.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Принцип суперпозиции.
2. Принципиальное различие между нептунизмом и плутонизмом.
3. Руководящие ископаемые животные и растительные формы.
4. Понятие актуализма как современная концепция униформизма.
5. Факторы эволюции органической природы.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Короновский Н.В., Ясаманов* Н.А. Геология. – М.: Academia, 2005.
2. *Павлов А.Н.* Геофизика. Темы 1–6. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2004.
3. *Павлов А.Н.* Справочное руководство к практическим занятия по геологии. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2004.

Дополнительная

1. *Гаврилов В.П.* Общая и историческая геология и геология СССР. – М.: Недра, 1989. – 489 с.
2. *Короновский Н.В.* Общая геология. – М., Изд. МГУ, 2002. – 446 с.
3. *Кукал Зденек.* Скорость геологических процессов. – М.: Мир, 1987.
4. *Павлов А.Н.* Геофизика, Темы 7–9. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2006.
5. *Павлов А.Н.* Основы экологической культуры. – СПб.: Политехника, 2004.
6. *Хэллем Э.* Великие геологические споры. – М.: Мир, 1985. – 207 с.

ГЛОССАРИЙ

Аммониты, наружнораковинные головоногие моллюски с раковиной, завёрнутой в спираль с большим числом оборотов. Величина раковин от 1 см до 2 м. Существовали с нижнего девона до конца мезозоя.

Базальт, вулканическая горная порода тёмного цвета основного состава. Залегает в виде потоков, покровов, занимающих обширные территории. Термин впервые в 1546 г. употребил Агрикола для обозначения тёмных столбчатых пород вблизи Дрездена, действительно отвечающих этому термину в его современном понимании.

Геохронология (гр. Geo – земля, chrónos – время) или геологическое летоисчисление, раздел геологии, изучающий проблему геологического времени. Различают относительную и абсолютную геохронологию. Относительная геохронология изучает соотношения между горными породами и устанавливает, какая из них образовалась раньше, а какая позже (относительный возраст). Для определения относительного возраста осадочных пород, залегающих на значительных расстояниях друг от друга, применяется палеонтологический метод. Абсолютная геохронология изучает истинный (абсолютный) возраст горных пород изотопными методами в единицах физического (астрономического) времени (годах, тысячах, миллионах и миллиардах лет).

Гранит (ит. granito от лат granum –зерно), интрузивная полнокристаллическая горная порода, светлоокрашенная, кислого состава. Термин впервые использован в печати в 1596 г. Чезальпино (Cesalpino, 1519–1603) для обозначения зернистых пород вообще. В

более узком близком к современному пониманию термин был впервые применён Кронштедтом (Cronstedt, 1722–1765).

Денудация (лат. denudatio – создание), совокупность процессов сноса и переноса продуктов выветривания горных пород (водой, ветром, льдом, проявлением силы тяжести).

Креационизм (от лат. creatio – сотворение), богословский догмат о сотворении Богом мира из ничего (ex nihilo). В основе научного креационизма лежит отрицание самопроизвольного зарождения жизни и перехода от низших форм материи к высшим, а многообразие форм органического мира трактуется как результат Божественного творения. До работ Ламарка и Дарвина большинство учёных рассматривали библейский креационизм как обязательный принцип исследования природы.

Метеориты, малые тела Солнечной системы, попадающие на поверхность Земли из межпланетного пространства, имевшие первоначально достаточно большие размеры и поэтому не сгоревшие в атмосфере из-за воздушного трения.

Несогласное залегание, залегание более молодых отложений на размытой поверхности подстилающих горных пород, свидетельствующее о перерыве в осадконакоплении. Подстилающие более древние породы могут сохранять первоначальное горизонтальное положение (стратиграфическое или параллельное несогласие) или быть дислоцированы, т. е. иметь другой угол падения, чем перекрывающие их горные породы (угловое несогласие).

Окаменелости или ископаемые органические остатки, любые сохранившиеся в горных породах остатки организмов (раковины, кос-

ти, скорлупа яиц и т. д.) или следы их жизнедеятельности (хождение, ползание и т. д.). Чаще встречаются в осадочных породах морского происхождения, где происходит сравнительно быстрое их захоронение, и органические остатки не успевают полностью разрушиться, реже в континентальных и исключительно редко в метаморфических горных породах. Не все организмы могут сохраняться в ископаемом виде. Животные, лишённые скорлупы, раковины, панциря или скелета, почти не сохраняются в осадочных горных породах; это – черви, медузы, полипы и др. Этим частично объясняется бедность фауны в верхнем протерозое. Организмы с твёрдым скелетом появились только в нижнем кембрии.

Палеонтология (гр. palaiós – древний, óntos – существо, lógos– слово, учение), наука, изучающая органический мир прошлых геологических эпох и закономерности его эволюции в тесной взаимосвязи с историей развития Земли. Делится на палеозоологию и палеоботанику.

Парадигма (гр. paradeigma – пример, образец), совокупность научных достижений, которые в течение некоторого времени научным сообществом признаются господствующими при постановке проблем и методов их решений (геоцентрическая система Птолемея, гелиоцентрическая система Коперника). Парадигмы постоянно развиваются и уточняются. Научная революция есть процесс смены парадигм.

Пирит, сульфид FeS_2. Минерал кубической сингонии. Цвет латунно-, соломенно-жёлтый. Иногда образует псевдоморфозы по марказиту. Встречается в горных породах самого различного происхож-

дения. В осадочных горных породах образуется в результате разложения органических остатков в восстановительной среде.

Регрессия (лат. regressio – обратное движение, возвращение), отступание моря. Происходит в результате поднятия материковой части земной коры или понижения уровня Мирового океана. Последнее может быть связано с опусканием океанического дна или с уменьшением объёма воды в океаническом бассейне (во время ледниковых эпох и т. п.).

Саламандра (Salamandra), представитель семейства хвостатых земноводных. Появились в верхнем девоне. Предположительно произошли от кистепёрых рыб. Длина современных форм первые десятки сантиметров. Вымершие формы имели длину 2 м и более.

Стратиграфия (лат. stratum – слой, гр. gráphō – пишу), раздел геологии, изучающий последовательность формирования горных пород и их первичные пространственные взаимоотношения.

Схоластика (лат. scholastica – школьные диспуты), религиозно-философское учение западноевропейского средневековья и нового времени, сторонники которого видели путь в постижении Бога и его творений в логике и рассуждении по фиксированным правилам мышления с общим подчинением теологии. Теоретическими источниками схоластики были Библия и труды Аристотеля.

Телескоп Хаббла, космический телескоп на околоземной орбите, назван в честь американского астронома Эдвина Хаббла (Edwin Hubble, 1889–1953), открывшего расширение Вселенной и установившего множественность галактик. Выведен на орбиту 22 апреля 1990 г. кораблём «Дискавери». Диаметр зеркала 2,4 м.

Теология (от гр. theos – бог и logos – слово, учение), богословие (русская калька с греческого). Совокупность религиозных доктрин, рассуждений о сущности и действии Бога.

Трансгрессия (лат. transgressio – переход), наступление моря на сушу в результате опускания материковой части земной коры или реже поднятия уровня Мирового океана.

Трилобиты (Trilobita), класс вымерших морских палеозойских членистоногих. Класс трилобитов принадлежит типу членистоногих (Arthropoda). Тело уплощённое, удлинённое, овальное, состоящее из трёх отделов (головного, подвижно-сочленённой средней части и заднего хвостового отдела), покрыто твёрдым спинным панцирем (наружный скелет), разделённым на три части: среднюю и две боковые. Длина тела от 2 до 10 см, реже 50 см. Гигантские формы до 75–80 см. Существовали в мелководных морях с кембрия до перми. Расцвет в верхнем кембрии – ордовике.

Эвристика (от гр. heuriskō – отыскиваю, открываю), это специальные методы решения задач, которые обычно противопоставляются формальным методам решения, опирающимся на точные науки. Эвристические методы, как совокупность процедур, применяются при решении проблемных ситуаций в условиях неопределённости.

Эрозия (от лат. erosio – разъедание), размыв или смыв текущей водой горных пород и почв. Часто термину придают более широкое значение, понимая под эрозией все процессы линейной и плоскостной денудации.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Первые временные представления в геологии 3
2. Нептунизм и плутонизм 14
3. Палеонтологический метод в геологии 17
4. Униформизм и актуализм 23
5. Становление эволюционной парадигмы науки о Земле 26
6. Заключение 34
7. Контрольные вопросы 35
8. Литература 36
9. Глоссарий 37

М.Ф. Мохнач

ГЕОЛОГИЯ

Тема:
ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ
ВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ
В ГЕОЛОГИИ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Редактор
Л.В. Ковель

ЛР № 020309 от 30.12.96

Формат $60\times90^{1}/_{16}$.
Печ. л. 2,8. Тираж 300 экз. Заказ № 202
195196 СПб., Малоохтинский пр., 98, РГГМУ
Отпечатано в ООО «Аспринт»