

А.Н. Павлов

ГЕОФИЗИКА

Общий курс о природе Земли





Павлов Александр Николаевич (рожд.1933). Доктор геолого-минералогических наук, профессор. Окончил Ленинградский горный институт им. Г.В. Плеханова по специальности инженер-гидрогеолог (1957).

На преподавательской работе в вузах с 1966 года. Ассистент, доцент, профессор, заведующий кафедрой. Автор ряда научных монографий и учебников. Сфера интересов – теоретические проблемы геологии и гидрогеологии, вопросы экологической

культуры и методологии науки.

В настоящее время – заведующий кафедрой гидрогеологии и геодезии Российского государственного гидрометеорологического университета (РГГМУ).

a.n.pavlov@bk.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ К ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Второе издание учебника «ГЕОФИЗИКА. Общий курс о природе Земли» подготовлено по следующим причинам:

1. Тираж первого издания распродан.
2. В 2010 году введены новые Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования (ФГОС ВПО).
3. Данное издание подготовлено в соответствии с кодом ФГОС ВПО 020600 – Гидрометеорология и общероссийской классификацией специальностей (ОКСО):
 - 020 600 – Гидрометеорология
 - 020 601 – Гидрология
 - 020 602 – Метеорология
 - 020 603 – Океанология.
4. Преподавание курса в РГГМУ с учётом подготовленной автором презентации для класса Мульти-Медиа и современных информационных возможностей Интернета показало, что объём учебника может быть уменьшен (без ущерба базовой информации).
5. Кроме того, автор решил изменить стиль изложения, сделав его более сжатым.
6. Появились новые материалы и взгляды, которыми, по мнению автора, необходимо дополнить первое издание. Эти дополнения состоят в следующем:
 - Расширение представлений о принципе актуализма как базового постулата геологии и геофизики (глава 1).
 - Обсуждение возможностей эволюционной изменчивости законов

природы (Глава 1.)

- Введение в главу 2 варианта вывода постоянной Хаббла и нового раздела «Открытия и поиски».
- Включение в главу 3 новейших материалов по глобальной дизъюнктивной сети (строению планетарной линеаментной системы).
- Дополнение главы 4 материалами о развитии взглядов на ноосферу.
- Включение в главу 5 вопросов о временных категориях, связанных с изучением подземных вод, квантованности времени, а также проблемы синхронизации геологических часов.
- Глава 6 – расширена информация о границах.
- Введение в главу 7 новых данных о талассохимии и рудогенезе Мирового океана [по работам ВНИИОкеангеология (2009 г.)].
- Обсуждение проблемы симметрии и дисимметрии речных бассейнов (глава 8).
- Включение в раздел «Приложение» современных разработок по квантовому сознанию.

Расширение основных разделов учебника продиктовано новыми требованиями к самостоятельной работе студентов при существенном уменьшении объёма лекционных часов.

В новом издании изъято приложение I и сокращена информация по биографиям учёных в приложении II, которое дано без цифрового индекса.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

«Геофизика» является одной из общепрофессиональных дисциплин, предусмотренных Стандартом высшего профессионального образования Российской Федерации при подготовке специалистов по направлению – Гидрометеорология

Корневой смысл слова «геофизика» состоит из двух частей – ЗЕМЛЯ (гео – греч.) и ПРИРОДА (физика – греч). Таким образом, в постановке, которая диктуется министерством образования РФ для направления 657200 – Гидрометеорология, под геофизикой следует понимать *науку о природе Земли*.

Земля – это космическое тело. Она является продуктом Космоса и в своем развитии подчинена его законам. Структурные элементы самой Земли также не изолированы друг от друга. Будучи автономными образованиями, они связаны между собой в то *целое*, которое называется планетой Земля. Целостность же формируется как система и проявляется во взаимодействии частей, из которых система состоит.

Таким образом, базовое толкование предмета «Геофизика» является настолько широким, что позволяет строить его изложение практически как угодно. Все зависит от того, для кого этот курс предназначается, и какие задачи ставятся перед ним.

Курс «Геофизика» в рамках направления 657200 Стандарта профессионального образования в различных формах преподается студентам первого курса специальностей гидрология суши, метеорология, океанология и геоэкология. Область деятельности этих будущих специалистов, с одной стороны, привязана к конкретным геосферам, а с другой, – к пограничным областям этих земных оболочек. При этом узловaя проблема, которая их объединяет, связана с вопросами *взаимодействия геосфер*.

Именно поэтому в курс впервые введены самостоятельные главы:

- 6 – «Взаимодействие геосфер»,
- 7 – «Взаимодействие океана и литосферы»,
- 8 – «Взаимодействие атмосферы и суши»,
- 9 – «Общая теория развития поверхности литосферы».

Предшествующие им главы 2,3,4,5 подводят читателя к пониманию того, как возникли геосферы, из чего и как они построены. Геофизические поля впервые рассматриваются тоже как геосферы (полевые геосферы). К ним же автор относит и ноосферу. Поскольку взаимодействие геосфер происходит во времени и пространстве особое внимание уделяется пространственно-временному изоморфизму, геохронологическим шкалам и проблеме прошлого, настоящего и будущего (глава 5).

Опыт автора в преподавании геологических дисциплин и возможность сравнения сегодняшней аудитории слушателей с аудиторией 70-90-х годов ушедшего столетия привел его к пониманию необходимости изменения традиционных форм изложения учебного материала. Основная идея при этом состояла в том, чтобы приблизить ее к *компьютерному диалогу*, на котором воспитывается современная молодежь.

Материал излагается в дозированной форме, разнообразно иллюстрируется, читатель приглашается к его обсуждению.

В конце учебника дается довольно большой раздел «Приложения». Его первая часть называется «Геологическая информация к практическим занятиям». Я решил ввести её в учебник для того, чтобы при работе с каменным материалом, геологическими картами и разрезами студент всегда мог получить дополнительные сведения из лекционного материала.

Во второй части приложения даются справочные данные об основных учёных, имена которых названы в учебнике. Это общеобразовательный раздел культурологического характера, который призван расширить исторические знания студентов в области геофизики как науки о природе Земли. Этот раздел приводится в учебнике впервые. По просьбе автора он написан кандидатом геол.-мин наук доцентом М.Ф. Мохначем при участии

Н.А. Павлова.

В основу учебника положены авторские конспекты лекций по геофизике, изданные через РИО РГГМУ (2004-2006 гг).

Автор искренне признателен рецензентам, а также докторам геол.-мин. наук, профессорам В.В. Антонову, А.И. Короткову, И.А. Одесскому, А.Е. Рыбалко, А.П. Хаустову за конструктивную критику и полезные советы, полученные им в процессе обсуждения и рецензирования как отдельных глав, так и книги в целом, а также Н.А. Павлову за помощь в оформлении оригинал-макета. Особую благодарность автор испытывает к зав. РИО РГГМУ Максимовой Ирине Георгиевне за идею создания этого учебника.

Замечания и рекомендации, которые помогут совершенствовать содержание и форму учебника, автор просит направлять по адресу: 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98. РГГМУ.

Глава 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА

« ...каждый, кто осмеливается взять
на себя роль судьи во всем, что
касается Истины и Знания, терпит
крушение под смех богов».
А. Эйнштейн.

1.1. Смена парадигм.

Основные понятия.

1. **Методология** – учение о научном методе познания: принципах и способах организации теоретической и практической деятельности. [По толковому словарю русского языка. С.И. Ожегов и Н.Ю. Шведова. М., 2000].
2. **Парадигма** – совокупность взглядов, которые определяют направление и характер мышления в науке на данном этапе ее развития [2].
3. **Логистическая функция** – $i = (i_{\max} - i_{\min}) / (1 + e^{a + bt}) + i_{\min}$, где в этой теме i – информация; t – время; a и b – константы (см. рис.1.2) (b – отрицательное число).
4. **Теорема К. Гёделя о неполноте** – для постижения полкой истины необходима трансфинитная серая творческих актов (актов веры), истинность которых мы не доказываем, но угадываем (в интерпретации Ю.И. Манина [1975, доп.]).
5. **Трансфинита** – серия логистических функций (см. рис. 1.3).
6. **Дедукция** – способ рассуждения от общих положений к частным выводам.
7. **Индукция** – способ рассуждения от частных фактов и наблюдений к общим выводам.
8. **Аксиома (постулат)** – исходное положение, принимаемое без доказательств и лежащее в основе доказательств истинности других положений.
9. **Аксиоматика** – совокупность аксиом.
10. **Дедуктика** – формализованная логика.
11. **Логицизм** – направление, в соответствии с которым математика полностью может быть выведена из логики.
12. **Катастрофизм** – учение, согласно которому геологическая история Земли состоит из ряда этапов спокойного развития, разделенных бурными катаклизмами, изменявшими лик нашей планеты.
13. **Эволюционизм** – теория, согласно которой ныне существующие организмы произошли путем длительного изменения и развития от прежде существующих организмов. Эволюционный процесс рассматривается как результат изменения условий существования организмов.
14. **Палеонтология** – наука, изучающая по ископаемым остаткам организмов и следам их жизнедеятельности историю развития растительного и животного мира прошлых геологических эпох.
15. **Стратиграфия** – раздел геологии, занимающийся изучением последовательности залегания слоев и толщ осадочных и вулканогенных пород, а также интрузивных тел и установлением их относительного и абсолютного возраста.

Трансфинитный закон развития в науке.

Анализ истории науки привел к пониманию того, что её развитие определяется и контролируется научными революциями, а сами революции возникают как продукт смены парадигм.

Официальная философия и наука о науке в своих построениях опираются на идею экспоненциального закона развития знаний:

$$i = i_0 e^{\lambda t}$$

где i - научная информация на момент времени t ; i_0 - начальная информация; λ - постоянная, определяющая темп развития, т.е. прирост информации во времени (рис.1.1).

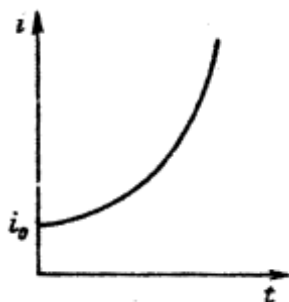


Рис.1.1. Экспоненциальный закон развития науки.

i - информация; t – время.

Эксплуатация этого закона связана с тремя принципиальными трудностями:

1. На экспоненте нет никаких скачков или разрывов, а значит – нет революций.
2. Всё знание (полное знание) выводится из одного начального условия

$$i = i_0, i_0 > 0 \quad (i = i_0 \text{ при } t = 0).$$

Иначе говоря, когда наука еще не возникла, была какая-то начальная информация (i_0). Единственность начала приводит к чистому логицизму, что противоречит известной теореме К.Гёделя о неполноте.

3. Градиент di/dt по мере увеличения t катастрофически быстро растет. На практике может вызвать информационный взрыв. Наука исчезнет.

Стремление снять третью трудность привело к рассмотрению в качестве закона развития науки логистической функции (рис. 1.2). В этом случае возможность информационного взрыва исключается. Однако, «спасая» развитие науки от одной неприятности, мы создаем новую трудность и гораздо более серьезную: *приросту информации, т.е. развитию науки, ставится предел в виде $i_{\max}$, поскольку логистическая функция является функцией асимптотической.*

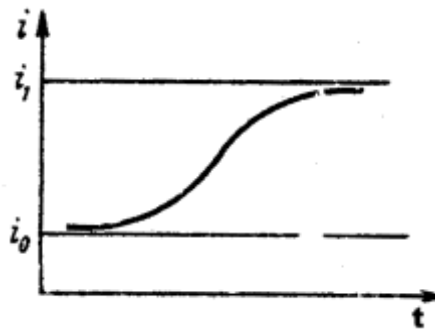


Рис.1.2. Логистический закон развития науки.

i_0 – начальная асимптота;

i_1 – верхняя асимптота.

Мне удалось формализовать процесс развития науки в виде *трансфиниты*. Были сняты рассмотренные трудности, и удалось поставить целый ряд новых для геологии и геофизики вопросов, без решения которых они не могут развиваться как современные науки [Концептуальные основы...,1992].

На рис.1.3. указаны революционные этапы (заштрихованные участки). Характерной их чертой является сосуществование и борьба мировоззрений – старой и новой парадигм.

- Побеждает новая парадигма, поскольку градиенты di/dt в рамках старой функции падают и стремятся к нулю, а градиенты di/dt новой функции растут.
- Старые и новые идеи непримиримы, так как общая функция развития имеет разрывы. Собственно, это даже разные функции, хотя они и относятся к одному виду.
- Однако сам процесс познания непрерывен, поскольку разрыв функций происходит в бесконечности.
- Любую предшествующую парадигму можно эксплуатировать сколь угодно долго, хотя на практике время это ограничено из-за ограниченности жизни поколения, использующего эту парадигму последним.
- Каждая новая парадигма рождается в недрах старой. Теоретически своими корнями она уходит в очень далекое прошлое, однако на практике появляется как бы внезапно в виде хотя и небольшого, но скачка δ_i , отделяющего функцию $i(t)$ от нижней асимптоты последующей функции.

Предлагаемая схема (рис.1.3) соответствует фундаментальной теореме К.Гёделя о неполноте.

- Акты веры – суть парадигмы (на рис.1.3 – нижние асимптоты). В общей постановке теорема Гёделя говорит о том, что каждый такой

акт конечен.

- Эта конечность на рис.1.3 оформлена в виде верхних асимптот.
- Теорема утверждает бесконечное число самих актов, их смену. На рис.1.3 показаны две такие смены, хотя их можно рисовать сколь угодно много.

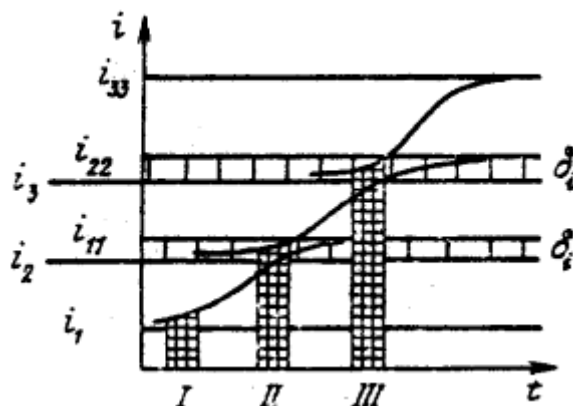


Рис.1.3. Трансфинитный закон развития науки с основными парадигмами. i_1, i_2, i_3 - соответственно первая (начальная), вторая и третья парадигмы; i_{11}, i_{22}, i_{33} - предельное значение информации, которое можно получить соответственно из i_1, i_2, i_3 . Заштрихованные участки - революционные этапы: I - эпоха Возрождения (начало функционирования i_1); II - конец XVIII - начало XIX веков (начало функционирования i_2); III - конец XX в. (начало функционирования i_3).

Геонауки пережили *две парадигмы*. В третью парадигму мы только входим. Рассмотрим вопрос смены парадигм с помощью трансфиниты.

Парадигма 1.

Первая кривая трансфиниты фиксируется в эпоху Возрождения. Её парадигма опиралась на библейские представления. Суть её кратко изложена у А.Б.Вистелиуса [1988, доп.] и позже была расширена А.Н. Павловым [Концептуальные основы...,1992]. Смысл подхода к геологическим исследованиям носил тогда откровенно *дедуктивный характер*. Его *аксиоматика* состояла в следующем:

- божественный разум создал мир по строгим математическим законам;
- людям дана часть этого разума;
- поэтому они способны открывать эти законы и понять устройство мира.

В соответствии с этой парадигмой начинать следовало с создания *непротиворечивой теории формирования Земли как аксиоматики геологии*. Далее в соответствии с идеями логицизма все содержание геологии можно было бы вывести как следствия с помощью существующей тогда *дедуктики (классической логики Аристотеля)*.

Поэтому в период господства первой парадигмы (i_1 на рис.1.3) геологии в сегодняшнем её понимании ещё не было. Ее *аксиоматические и дедуктивные основы* формировались такими титанами, как Н.Коперник, Т.Браге, И.Кеплер, Г.Галилей, Р.Декарт, И.Ньютон, Г.Лейбниц.

В основном эта была физико-математическая и философская ориентация. Она не привела к ожидаемым результатам, но дала многое. Начала геологии и позже геофизики были привязаны к астрономическим проблемам и вопросам происхождения Земли как космического тела.

Парадигма 2.

Наряду с идеями чистого *логицизма* в рамках божественной парадигмы уже существовало и развивалось *индуктивное направление* (Г.Агрикола, Н.Стенон), определившее на рубеже XVIII – XIX веков появление новой парадигмы. Она получила название *описательной*. Её внедрение в мышление геологов связано с именами М.В.Ломоносова в России, Д. Геттона в Шотландии, А.Вернера в Саксонии, В.Смита и Ч.Ляйеля в Англии, Ж.Кювье и А.Броньяра во Франции и др.

Вторая парадигма исключительно плодотворно повлияла на развитие геологии. Но она не могла развиваться без собственных дедуктивных представлений. Индуктивный путь познания начинается со своей аксиоматики. Её становление проходило сложным и болезненным путем. Это естественно, потому что накапливаемый и увеличивающийся в объеме и разнообразии натурный материал мог систематизироваться и интерпретироваться по-разному.

Катастрофизм.

Появление этой теории связано с именем Ж. Кювье, заложившего вместе с Ж.Ламарком, Ад. Броньяром и К. Штенбергом основы палеонтологии. В отличие от своих коллег наблюдаемые изменения состава фауны и флоры на стратиграфических границах Ж.Кювье рассматривал как внезапные и резкие явления и объяснял их геологическими катастрофами. Он не признавал превращения одних видов животных и растений в другие и поэтому после каждой катастрофы появление новых форм он вынужден был связывать с многократными актами божественного творения. Именно это обстоятельство сделало теорию Ж.Кювье несостоятельной, хотя её разделяли и развивали многие крупные исследователи.

Эволюционизм.

Основы этого направления были заложены Ж.Ламарком (ламаркизм), который считал, что изменения организмов носят постепенный характер и связаны они с изменениями окружающей среды. Эти идеи получили

мощную поддержку после выхода в свет трехтомного труда шотландского геолога Ч.Ляйеля «Основы геологии, или попытки объяснить древние изменения поверхности Земли действующими и сейчас процессами» [1830—1833 гг.], в который он ввел в геологию принцип *актуализма*.

Современная аксиоматика второй парадигмы.

Можно сформулировать три утверждения, которые, так или иначе, используются в качестве базовых аксиом:

- Геологическое развитие Земли представляет собой процесс *скачкообразно эволюционный*.
- Этот процесс генерируется за счет *внутренних энергетических источников* – теплового, гравитационного и др.
- Внешним энергетическим источником является лишь *Солнце, контролирующее экзогенные процессы на Земле*.

Логический аппарат описательной парадигмы сегодня весьма сложен. Он опирается на классическую логику, классическую физику и термодинамику.

До недавнего времени названные три аксиомы вполне устраивали геологов. Однако сегодня с их помощью уже невозможно ответить на целый ряд серьезных вопросов, в частности, объяснить цикличность разных масштабов в развитии Земли (магматическую, металлогеническую, биосферную, тектоническую и др.). Иными словами, классический индуктивный подход в наши дни уже тормозит развитие геологии. Возникает *потребность создания новой парадигмы*.

Парадигма 3.

В 80-90-е годы А.Н.Павловым [1990] и А.А.Баренбаумом [Общая и полевая..., 1991] впервые была разработана *новая аксиоматика геологии*:

- Геологическое развитие Земли обусловлено получением энергии извне.
- Эту энергию Земля получает порциями (квантами).
- Энергетические кванты могут появляться при прохождении Солнечной системой струйных потоков Галактики.
- Периодичность получения квантов энергии соответствует периодичности прохождения Солнечной системой струйных галактических потоков.

Эти постулаты являются основой третьей парадигмы геологии, *квантовой*, которая выводит нас из *представлений геоцентризма* о геологическом развитии Земли на идеологию *галацентризма*. Эта идеология опирается на понятие открытых систем как по отношению к Земле и Солнечной системе, так и по отношению к Галактике.

Комментарии.

Не углубляясь далеко в историю, можно сказать, что в рамках описательной парадигмы в геологии с переменным успехом соперничали две взаимоисключающие идеи – катастрофизм Ж. Кювье и эволюционизм Ж.Ламарка и Ч.Ляйеля. Заметим, что Ч.Дарвин считал себя учеником Ч.Ляйеля, и дарвинизм начинался с данных

палеонтологии.

Сегодня геология снова вынуждена вернуться к идеям Ж. Кювье, но очевидно, что этап эволюционизма, из которого она еще полностью не вышла, уже не может быть игнорирован: Кювье теперь невозможен без Лайеля. Больше того, начинать «реставрацию» следует не от них, а от физики, от тех проблем, которые она решила, а геология к ним только подошла. Мы имеем в виду проблемы изменчивости и устойчивости, непрерывного и дискретного.

Пожалуй, эти проблемы наиболее рельефно проявились в представлении о развитии двух геосфер, генетически тесно связанных: *водной – гидросферы* и *осадочной – стратисферы*. Противоречия здесь оформились в виде двух внешне несовместимых концепций.

Одна утверждает постоянство массы воды и осадочных пород на протяжении той части геологической истории Земли, когда эти массы однажды появились. Они участвуют в круговороте веществ, но заметная прибавка или потеря, нарушающие баланс такого круговорота, представителями этой точки зрения отрицается или о возможности таковых просто умалчивается. Очевидно, что данная позиция, какие бы оговорки при этом ни делались, проповедует дискретность процесса возникновения гидросферы и стратисферы и замкнутость происходящих в них процессов, т. е. *устойчивость и изолированность этих геосфер по массе*.

Вторая концепция, наоборот, утверждает, что массы воды и осадочных отложений на протяжении геологической истории Земли (естественно, в доступных для наших наблюдений рамках) увеличиваются непрерывно и, больше того, по линейному закону. Нетрудно понять, что здесь речь идет о *непрерывной изменчивости*.

Обе концепции опираются на один и тот же материал наблюдений, но в качестве проверки их истинности используется лишь логический аппарат, что не может служить надежным критерием для доказательства. Всякая модель получает доверие лишь тогда, когда она позволяет воспроизвести наблюдаемый факт или дает оправдываемый наблюдениями прогноз. Для гидросферы такую процедуру, наверное, выполнить невозможно в силу сложности датировок различных ее структурных элементов. Для стратисферы эта процедура выполнима. Такая работа была сделана Р. Гаррелсом и Ф. Макензи [1974] для осадочных толщ *фанерозоя* в масштабе *международной стратиграфической шкалы* (см. гл.5), т. е. на уровне такого расчленения, которое в современной геологии не вызывает разночтений. Были построены математическая модель линейного накопления массы осадочных пород и модель перераспределения постоянной массы, однажды появившейся на ранней стадии развития Земли. Проверка моделей состояла в том, чтобы с их помощью получить распределение масс осадочных пород во времени (по системам фанерозоя), близкое к наблюдаемому. Оказалось, что обе модели дают приемлемый результат только при задании определенного темпа круговорота, а именно при отношении массы отложенного материала к массе разрушаемых пород, находящейся в движении, как 5:1. Именно при таком условии построенные гистограммы распределения масс по системам фанерозоя хорошо совпадают с натурными измерениями и по двум разным моделям дают практически неразличимые результаты.

Таким образом, Р. Гаррелс и Ф. Макензи, по существу, констатировали парадоксальную ситуацию: тождественность двух концепций, исключаящих друг друга по своим постулатам. В методологической постановке это равносильно утверждениям *изменчивость* $\equiv$ *устойчивость*, *непрерывность* $\equiv$ *дискретность*, катастрофизм

≡ эволюционизм.

В результате, мы подошли к порогу, когда следует найти теорию, снимающую этот парадокс, теорию, в которой нашлось бы место и катастрофизму и эволюционизму, *но уровень этого совмещения уже не может быть элементарно предметным или вещественным*. Он может быть только более высокого и абстрактного порядка, порядка, которым является энергетическая характеристика развития. Несовместимость изменчивости и устойчивости, непрерывного и дискретного сосуществующую в природе, физика объяснила с помощью квантовых представлений.

Постулируя такую возможность для геологического мегамира в масштабе планеты, А.Н. Павлов вышел на предположение, что структурно-вещественная устойчивость различных оболочек Земли, в том числе и стратисферы, обусловлена определенным уровнем их энергетического, и переход на новый устойчивый структурно-вещественный уровень возможен только при получении *геосферной порции энергии*, равной такому энергозапасу. Эта идея и легла в основу третьей парадигмы.

Общий вывод:

в истории развития геологии можно выделить три парадигмы, каждая из которых отвечала современному ей уровню развития науки.

1.2. Принцип актуализма.

Основные понятия.

1. **Актуализм** – форма объяснения процессов геологического прошлого путем сравнения геологических явлений отдаленных эпох истории Земли с современными.
2. **Верификация** – внешнее оправдание, подтверждение фактами
3. **Регрессия моря** – отступление моря с суши. Вызывается поднятием суши, реже – уменьшением количества воды в океане.
4. **Трансгрессия моря** – процесс наступления моря на сушу. Обычно вызывается опусканием суши; реже поднятием уровня океана.
5. **Униформизм** – наиболее простая форма понимания актуализма, предполагающая неизменность геологических процессов в истории развития Земли, их простую повторяемость (uniform – форма, англ).
6. **Шкала энергосодержаний пород** – шкала, выраженная в Джоулях. Рассчитана по феноменологической формуле А.Н. Павлова для основных систем фанерозоя. (См. Гл. 5).
7. **Экзарация** – ледниковое выпаживание. Разрушение ледником горных пород, слагающих их ложе.

Общая характеристика

Принцип актуализма является главным постулатом геологии [Павлов, 2009а,б, доп.]. Его можно записать в виде следующего афоризма:

сегодня, как всегда, и всегда, как сегодня.

Это та аксиоматическая истина, с которой геология начинается и на базе которой она существует по сегодняшний день. Если её «упразднить», то все теории и представления современной геологии, потеряют свой смысл и

их «достоверность» окажется в лучшем случае очень спорной или попросту ложной.

Для иллюстрации этого тезиса приведём один пример. Отложения современных ледников Земли изучены достаточно хорошо и в широком диапазоне параметров. Принцип актуализма позволяет утверждать, что, если ледники существовали и в более древние эпохи истории Земли, то о них могут свидетельствовать древние породы аналогичного типа. Такие породы были найдены на огромных территориях, установлены границы их распространения и получены характерные возрастные датировки. На этих материалах сформировалась так называемая ледниковая теория. Вначале речь шла о четвертичных оледенениях, позже удалось реконструировать и более древние оледенения, начиная с криптозоя. (См. Гл.5) Появилась возможность воссоздать центры похолодания и даже построить шкалу гипотетической последовательности ледниковых и тёплых периодов за последний миллиард лет.

Естественно у этой теории существуют свои внутренние трудности, в основном связанные с датировками и вопросами корреляции различных отложений. Частично их удаётся преодолевать. Однако, у ледниковой теории, несмотря на её кажущуюся очевидность, существуют альтернативные варианты. Одним из оснований для отрицаний ледниковой теории являются многочисленные находки в отложениях ледникового типа остатков морской фауны. Эти находки можно было бы объяснить морскими трансгрессиями, происходящими одновременно с «ледниковыми периодами». Но такие совпадения трудно объяснимы с позиций физической географии (сокращении объёма жидкой фазы океана при переходе значительной её части в лёд должно сопровождаться регрессиями). Существуют и много других данных, которые не укладываются в ледниковую теорию.

Общая и неустранимая трудность её верификации состоит в том, что нам не дано заглянуть в прошлое. Мы можем только интеллектуально воспроизводить варианты, не проверяемые в принципе. В этом смысле прогноз прошлого хуже прогноза будущего, результатов которого, вообще говоря, можно дожидаться.

Тем не менее, ледниковая теория сегодня наиболее полно разработана. Пока для неё нет хорошей замены.

Актуализм далеко не современная концепция. Его идеи появились еще в эпоху Возрождения (XVI—XVII вв.) и в той или иной форме содержались в работах Леонардо да Винчи, Николы Стенона, Ж. Бюффона, Д. Геттона, М. В. Ломоносова. Однако в наиболее полном виде они были сформулированы Чарльзом Лайелем в его работе «Основы геологии, или попытки объяснить древние изменения поверхности Земли действующими и сейчас процессами» [1830-1833 гг.]. Ч. Лайель попытался сделать

историю Земли познаваемой, определив три основных принципа:

1. Все процессы, меняющие облик Земли, постоянны во времени – принцип однообразия.
2. Силы, определяющие развитие Земли, действуют медленно, но непрерывно – принцип непрерывности.
3. Малозаметные изменения за длительный период непрерывного действия приводят к большим переменам без дополнительных катастроф – принцип суммирования.

Это форма понимания актуализма является наиболее простой. Она утверждает повторяемость геологических процессов в истории развития Земли и обычно называется униформизмом ((uniform – форма, англ.).

Несмотря на недостатки и ошибки, которые не только возможны, но и неизбежны в процессе познания явлений природы, униформистские взгляды Ч.Лайеля для геологии сыграли исключительную и прогрессивную роль. Но постепенно стало ясно, что «сегодня не совсем так, как всегда», и принципы Ч. Лайеля были преобразованы в современную формулу:

- ***настоящее есть ключ к познанию прошлого,***

которую сегодня принято считать сутью метода актуализма.

Получаемые с её помощью реконструкции позволяют лишь как-то ориентироваться в геологической истории Земли, но не позволяют воспроизвести её достаточно уверенно, в том смысле, чтобы воссоздать геологические события без исключаящих друг друга вариантов. Хотя, наверное, *правильнее было бы сказать при минимуме вариантов.*

Основная ошибка многих геологов состоит в том, что они не делают различия между актуализмом *как принципом и как методом*. Принцип – это, вообще говоря, постулат. И здесь даже нельзя говорить, принимаем мы его или не принимаем. Мы вынуждены его принимать, потому что отказ от него – это лишь декларация, не дающая ничего взамен. Как только мы обращаемся к геологическим процессам, мы ищем в прошлом аналоги настоящего. И обсуждение актуализма как принципа напоминает дискуссии о параллельных в евклидовой геометрии и о принципе выбора в теории множеств. Актуализм же, как метод – это совсем другое, это уже пропись действий в конкретной геологической работе, это уже некий алгоритм. Наверное, правильней здесь говорить не о методе, а о методах, так как в геологических приложениях такие прописи будут различными, хотя основа любой из них должна быть общей. Существуют многочисленные схемы, описывающие последовательность операций при методической реализации принципа актуализма, но все они крайне несовершенны. Трудности при создании таких схем связаны с тем, что до сих пор не решена *пространственно-временная* проблема геологии. По-

этому основную цель, стоящую перед геологией как наукой, следует рассматривать одновременно и как современную её проблему.

Сегодня можно утверждать, что *принцип актуализма не является очевидной истиной, но у нас нет оснований, чтобы исключить его из обращения в качестве аксиомы.*

Возможная эволюция шкал пространства и времени

Квантовые принципы (третья парадигма) развития Земли привели к пониманию геологической неопределённости [Павлов, 1990, 2009а, доп]. Суть её состоит в том, что шкала энергосодержаний пород, с помощью которой характеризуется геологическое пространство, и шкала времени, связаны между собою таким образом, что устойчивость масштаба одной из шкал определяет изменчивость масштаба другой. *Это свойство геологического пространства-времени приводит к тому, что мы в принципе, не можем сказать, сжимается ли пространство, и это сжатие воспринимается нами как ускорение процессов, с помощью которых измеряется время или ускоряются сами процессы, компенсируя расширение пространства.*

Очевидно, что и то и другое явление можно рассматривать как особенности эволюции. *Меняются ли при этом законы Природы* сказать невозможно, поскольку принцип неопределённости, связывающий время и пространство, не позволяет эти возможные изменения обнаружить в принципе.

Исследования С. М. Базарова [Павлов, 2009а,б, доп.] дают возможность надеяться на установление физической ясности в понятии геологической неопределённости. Для волновой функции, описывающей состояние частицы, он находит второй виртуальный член, который отражает внутреннее свойство пространства, содержащего частицу, – свойство производить и тут же потреблять время, то, что Де-Бройль назвал согласованностью фаз. Анализ нового вида волновой функции привёл С.М. Базарова к раскрытию квантовых свойств вакуума. Изменение уровней его состояния должно сопровождаться выделением или поглощением кванта энергии, управляющим ходом времени. Переход вакуума с одного уровня на другой, вероятно, тождественен изменению пространства, что, как следствие, приводит к изменению скорости процессов, являющихся природным «инструментом» отсчёта времени (естественными часами). Таким образом, изменение состояния вакуума является тем феноменом, который определяет ход всех мировых часов.

Самым замечательным в этих построениях является то обстоятельство, что они поддаются экспериментальной проверке. Суть её основана на известных достижениях астрономии (см. Гл. 2) – установлении нестационарности Вселенной (А.А. Фридман, 1922-1924 гг.), красного

смещения спектра галактик, выводе о их разбегании и изотропности Вселенной (Э.Хаббл, 1929 г.), теории Большого взрыва (Г. Гамов, 40-ые годы XX века), открытии реликтового излучения Вселенной (У. Вильсон, А. Пензиас, 1965 г.), подтверждающим её изотропию и хорошо укладывающимся в теорию Большого взрыва. Таким образом, наиболее разработанная сегодня космогоническая концепция говорит о том, что на протяжении последних $(17-18) \cdot 10^9$ лет Вселенная расширяется, а значит, межгалактический вакуум её растёт, достигнув на сегодня $10^{-31} - 10^{-32}$ г/см³. (См.Гл.2).

Рост вакуума в межгалактическом пространстве Вселенной в соответствии с приведёнными построениями должен приводить к изменению уровней его состояния с выделением определённых квантов энергии. Каждый акт квантования ускоряет ход мировых процессов, воспринимаемый как ускорение хода всех часов или как уменьшение масштаба временной шкалы.

Если же мы воспринимаем скорость процессов и соответственно ход времени неизменными (в геологии это отражено в идее актуализма), то вынуждены утверждать неустойчивость шкалы энергосодержаний. Таким образом, принцип неопределённости в геологии возникает, вообще говоря, на незнании физической сущности времени. Раскрытие этой сущности позволяет уверенно говорить о том, шкала энергосодержаний пород имеет постоянный масштаб, определяемый процессом квантования вакуума Вселенной, а ход времени ускоряется. Однако геологическая неопределённость всё равно сохраняется и не только потому, что неизвестным остаётся начало изменения хода времени, т.е. того момента, когда «пустота» Вселенной стала вакуумом, но и потому, что величина кванта энергии продолжает быть известной лишь приблизительно (нам не дано измерить её непосредственно и независимо от времени).

Таким образом, и ***принцип неопределённости, выявленный в геологии, не делает аксиому актуализма, очевидной.*** Он лишь показывает, что квантовая смена геологических событий, каким-то образом может сопровождаться изменением законов. Но не больше. Достоверность такой возможности по-прежнему остаётся неочевидной.

Общий вывод: Принцип актуализма, эксплуатируемый в геологии в качестве основной аксиомы, является таким же неопределённым, как постулат о параллельных в евклидовой геометрии и аксиома выбора в теории множеств.

- *Можно сделать предположение, что в любой достаточно общей научной теории должен существовать постулат такого неопределённого типа.*
- *Подобный постулат является атрибутом принципа*

неопределённости, показывающего, что всякая теория лишь претендует на выделение частного из принципиально неделимого целого. Тем самым она нарушает закон целостности [Павлов. 2008]. И это формально должно закрепляться хотя бы одной неочевидной аксиомой. Иначе наука развиваться не может.

1.3. Моделирование как метод познания.

Основные понятия.

1. **Мода** – понятие математической статистики, соответствующее среднему значению признака с наибольшей частотой встречаемостью.
2. **Модель** – абстрактное или вещественное отображение объектов или процессов, адекватное исследуемым объектам (процессам) в отношении некоторых заданных критериев (эрзац натуры).
3. **Наблюдение** – процесс получения информации.
4. **Выделение моды** – расчленение информационного сигнала на части и сохранение наиболее сильной его составляющей (то, что обычно называют впечатлением).
5. **Абстрагирование** – превращение моды в некий обобщенный образ. Отрыв от реального объекта, генерирующего сигнал, и переход в новую часть информационного поля, в область неких символов.
6. **Формализация** – придание абстракции определенной конкретной формы. Создание символа.
7. **Моделирование** – построение их символов неких структур, некоего макета наблюдаемого реального объекта, производство эрзаца, отражающего *модальную* часть первичного информационного сигнала.
8. **Контроль** – сравнение модели с натурой и принятие решения: сохранить модель, уточнить или отказаться от нее.

Процедура моделирования.

Механизм моделирования точно не знает никто, но моделировать умеют все. Техника моделирования заложена в нас с нашим появлением на свет. Можно ли эту технику совершенствовать? Да можно. Как и все остальное: форму тела, грацию, ловкость и др. Для этого, в первую очередь, необходимо понять основные правила моделирования, которыми мы пользуемся как некой данностью. Они приблизительно таковы:

*наблюдение $\Rightarrow$ выделение моды $\Rightarrow$ абстрагирование $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ формализация $\Rightarrow$ моделирование $\Rightarrow$ контроль.*

Приведенная схема, естественно, условна, поскольку расчленяет *целое*, которое не делится, хотя бы потому, что не имеет ни начала, ни конца. Ведь для того, чтобы наблюдать и увидеть, необходимы какие-то априорные знания (см. *трансфиниту*, раздел 1.1). Уровень этого знания растёт по мере накопления жизненного опыта, получения образования и т.п. Например, мы подошли к обнажению горных пород на берегу моря или в коренном борту долины реки: обыватель увидит в нём только обрыв,

художник определенный порядок цветных слоев, а геолог – чередование и характер залегания горных пород.

Но чтобы увидеть породы, нужно быть знакомым с понятием «горная порода», с их классификацией, уметь отличить песчаник от глины, известняка, мергеля и т.д. Иными словами, для видения натуры уже необходимы абстракции, в данном случае в виде классификационных символов, и хотя бы примитивные модельные представления в виде таких понятий как слой, граница, мощность и т.п., которые и закладываются в специальных учебных заведениях.

Анализ процесса познания показывает, что обычно мы имеем дело с двумя уровнями моделирования: *концептуальным (понятийным) и рабочим.*

Концептуальная модель представляет собой принципиальную схему, отражающую весьма грубые и, как правило, интуитивные представления об объекте. По-существу, это гипотеза, определяющая характер и направление всей последующей работы. Она определяет круг параметров и тип их связей, которые нам предстоит измерить и оценить ожидаемый результат и форму его выражения. Без такой модели начинать работу невозможно, без неё не ясно, *что измерять, как измерять, зачем это делать, в каком объёме, с какой точностью* и т.д. Поэтому, чем более разработанной является концептуальная модель, тем быстрее и качественней достигается конечный результат. Часто, особенно при научных исследованиях, работа ведётся сразу по нескольким моделям. Здесь можно заметить, что *научная работа* от инженерной деятельности отличается как раз тем, что в первом случае модель отсутствует, и она создается, а во втором – используются готовые и проверенные образцы.

Концептуальные модели могут быть как качественными, так и количественными. Для большинства задач, связанных с материальным миром, принципиальным является физическая ясность концептуальных моделей и чёткая проработка их аксиоматики. Для задач такого рода можно принять совет Дж. Тьюкки (1962 г.):

«Лучше приблизительно ответить на правильно поставленный вопрос, чем дать точный ответ на вопрос, поставленный неверно».

Эта рекомендация говорит, что эффективность познания мира вообще и конкретных исследований, в частности, заложена в самой постановке задачи. Постановка же задачи состоит не только и не столько из её формулировки, сколько из выбираемой схемы решения, т.е. *из концептуальной модели, разработка которой и представляет постановку задачи.*

Рабочие модели являются результатом детальной проработки выбранной концепции. Они позволяют получить конкретное решение либо в форме тех или иных утверждений, либо в форме числа. Например, на вопрос о том, *является ли данный район сейсмически опасным*, может быть получен качественный ответ: «Да». При этом доказательством могут служить результаты комплексных геофизических и геологических исследований этой территории и построенные на их основе карты сейсмической опасности, или реальные факты. Если же при этом удастся выделить участки различной сейсмичности, то такое решение уже можно рассматривать как количественное, поскольку оно определено числами – географическими координатами, площадью и т.д.

Концептуальные и рабочие модели могут быть классифицированы. В качестве иллюстрации приведём классификацию У. Крамбейна (с авторскими дополнениями и сокращениями).

Модель-диаграмма. Это таблица, схема, графики. В геологических задачах модели этого типа используются довольно широко. По-существу, к ним относятся различного рода карты, разрезы, профили, зарисовки и т.п.

Детерминированные модели. Описывают причинно-следственную связь между параметрами, когда заданным или измеренным значениям аргументов приписываются определённые значения функций. При этом обычно говорят, что это модели, описывающие *события с абсолютной памятью*.

Статистические модели. Предполагают полное отсутствие причинно-следственных связей и создают эрзац, который основан на идеологии существования *процессов без памяти*.

Стохастические модели. Описывают объект или процесс в терминах вероятности, т.е. не само событие, а вероятность его появления.

Алгоритмические модели. Это особый вид моделей, подразумевающий любое, но, как правило, достаточно сложное описание объекта или процесса. Обычно оно состоит из многих последовательных операций, часто включающих другие типы моделей.

Таким образом, можно утверждать, что одна и та же задача, вообще говоря, решается как угодно – с помощью различных моделей и в различных терминах. Здесь уместно напомнить известное утверждение Н.Бора, что *применительно к одной и той же группе объектов может быть создано бесконечное множество одинаково истинных теорий*. Остаётся только ***договориться, как оценивать их истинность***.

Мир познается человеком через процедуру моделирования. Сегодня она достаточно хорошо отрегулирована. Наилучшие результаты даёт такая схема:

1. Формулировка задачи. Определяется, что мы собственно хотим.
2. Постановка задачи. Построение концептуальной модели. Одной или нескольких.
3. Построение параметрической базы выбранной модели. Что измерять, как это делать и т.п.
4. Натурные исследования. Наблюдения, измерения.

5. Уточнение концептуальной модели по результатам натурных исследований. Создание рабочей модели.
6. Использование модели (контроль) и принятие решения.
7. В случае положительных результатов модель пускается в производство. В случае отрицательного решения процедура моделирования повторяется. Именно поэтому в практике исследований обычно работают сразу над несколькими концептуальными вариантами.

Замкнутость процедуры моделирования исключительно важна. Именно *замкнутость* как повторение, как процесс с обратной связью позволяет постоянно наращивать информацию на количественном и качественном уровнях. Всякий цикл, от постановки задачи до контроля, информацию нарабатывает, а от цикла к циклу возрастает её качество, поскольку каждый повтор происходит с учётом приобретённого опыта и ошибок.

Следует заметить, что масштабы таких циклов могут быть различными: от решения частной задачи до уровня парадигмы. *Информацию человек пускает в оборот для того, чтобы увеличивать её постоянно.*

***Живое создает живое, деньги делают деньги,
информация делает информацию.***

Все это похоже на круговорот, *круговорот процедуры.*

Общий вывод:

моделирование – это механизм круговорота и наращивания информации.

1.4. Объективность и истинность.

Основные понятия.

1. **Объективность** – независимость от чьей-либо воли или чьего-то влияния.
2. **Субъективность** – зависимость от воли отдельного лица (субъекта).
3. **Верификация** – внешнее оправдание, подтверждение фактами, наблюдениями.
4. **Внутреннее совершенство** – красота. В науке – условие максимума следствий при минимуме посылок.
5. **Фальсифицируемость** – условие научности теории. Формальное требование, которое делает теорию принципиально не завершённой в результате появления новых вопросов и проблем, до этой теории неизвестных.
6. **Целакант (латимерия)** – современная кистеперая рыба. Кистеперые рыбы – подкласс вымерших рыб. Широко были распространены в палеозое (см.гл.5).
7. **Легислативные истины** – истины, выведенные из принятых постулатов и принятых правил (логики). Истины по конвенции. Изобретенные истины.

Условия объективности и научности.

Создание модели и тем более теории – процедура исключительно субъективная. Само *понятие объективности является неким идеалом не*

достижимым в принципе, в силу самой сущности идеала. Реальность всегда преломляется через аппарат конкретного параметрического восприятия и для любого наблюдателя по этой причине она иллюзорна. Этот тезис полностью согласуется с фундаментальным принципом Гейзенберга, утверждающего, что *невозможно увидеть или измерить что-то без воздействия на это что-то. Наблюдатель и объект взаимодействуют*. Разные приборы действуют на объект по-разному. И это взаимодействие вносит искажение в реальность, существующую вне нас. В этом смысле объективности как таковой просто нет.

Крупнейший американский физик Карл Дарроу так охарактеризовал теорию:

- *Теория – это интеллектуальный собор, воздвигнутый, если хотите, во славу божью и приносящий глубокое удовлетворение, как архитектору, так и зрителю. Я не стану называть теорию отражением действительности. Слово «действительность» пугает меня, поскольку я подозреваю, что философы знают точно, что оно значит, а я не знаю и могу сказать что-нибудь такое, что их обидит. Но сказать, что теория – вещь красивая, я не постесняюсь, поскольку красота – дело вкуса, и тут я философов не боюсь.*

Всё сказанное, безусловно, относится и к моделям, поскольку они тоже интеллектуальные конструкции и, если не соборы, то, по крайней мере, здания для производства и жизни.

К. Дарроу глубоко понимал действительную сложность реального мира и именно потому так строго отнёсся к определению теории, хотя и придал ему шутливый оттенок. Трудно сказать лучше или не согласиться с тем, что *теория – это культовое сооружение для отправления интеллектуальных потребностей жизни*. Это определение эзоповым языком передаёт современные требования к любой теории или модели, сформулированные ещё А.Эйнштейном в виде двух принципов: *внутреннего совершенства и внешнего оправдания*.

Внутреннее совершенство. Это требование позволяет провести довольно чёткую грань между гипотезами и теорией. И те, и другие должны согласовываться с наблюдениями и экспериментами, что позволяет прогнозировать будущее и реконструировать прошлое. Однако, количество посылок и следствий у них различно. Только та гипотеза, которая минимизирована по посылкам и максимизирована по следствиям, может быть названа теорией. Конечно, не на все времена и не навечно. А только до тех пор, пока не появится ещё более красивая интеллектуальная конструкция.

Верификация. Требование внешнего оправдания является довольно сложным. Если эксперимент (наблюдение) согласуется с теорией, это даёт ей право на жизнь. Но не больше. Согласованность не означает, что теория верна. Нет гарантии, что завтра не обнаружится новый факт, который эту теорию опровергнет. По замечанию Р.Фейнмана, наука только и занимается тем, что опровергает самую себя. И это нормально. Но, развивая эту тему, тот же Р.Фейнман подчеркивает, что эксперимент должен быть чистым. Иначе говоря, ставится вопрос об *истинности самого эксперимента*. Вопрос – а судьи кто?

Фальсифицируемость. Это требование к оценке теорий стало применяться во второй половине XX века. Его соблюдение делает теорию научной. Оказывается что, *научная теория может быть научной и ненаучной*.

Понимать этот парадокс следует довольно просто. Если теория объясняет всё, что на сегодня известно и только, она мертва. Она формально закрывает идею поиска и наращивания знания, а значит и опыта. Если же, объясняя все известные факты и наблюдения, теория позволяет делать рискованные прогнозы, шагнуть в неизвестное, хотя бы этот шаг и стоил ей жизни, если, объясняя известное, *теория провоцирует новые вопросы и проблемы, значит – она научна*. Она формально делает процесс познания продолжающимся.

Примеры.

1. Все люди видят, что солнце всходит и заходит. Луна тоже появляется на горизонте и, пройдя по небосводу свой путь, исчезает. Разве это не свидетельство тому, что Небо движется вокруг Земли. Ведь это, вроде бы, следует из наблюдений. В чём было сомневаться людям? Следуя этой теории, корабли прокладывали свой путь и точно приходили из пункта А в пункт В. Лишь потом люди узнали, что «очевидная» теория *геоцентризма* является кинематической и потому её согласие с наблюдениями и экспериментами может и не отражать реальной схемы движения тел в Солнечной системе. Кинематическая теория не опиралась на механизм движения. Закон всемирного тяготения ещё не был сформулирован и записан.
2. На рис.1.4. приведен график, показывающий возможное распределение в почве нефтепродуктов (С) в направлении X, скажем, от нефтебазы. Расстояния по оси X измерены, в каждой точке взята проба почвы и проанализированы в хорошей лаборатории по стандартной методике на суммарное содержание нефтепродуктов. Можно сказать, что точки на графике точно соответствуют результатам наблюдений. А дальше? *Дальше приходится переходить к допущениям*, т.е. что-то принимать, заведомо понимая, что допущение это уже не факт. *Допуская что-то, мы внедряемся в область веры*. В данном случае мы сделали допущение, что между точками связь параметров С и X носит линейный характер. Что же есть на самом деле, мы не знаем. Вообще говоря, это может быть что угодно: кривая вогнутая или выпуклая, какой-то причудливый зигзаг, не исключено, что между какими-то точками нефтепродукты не накапливались и

там $C = 0$ и т.д.

В чем же истина? Бог его знает. Мы можем быть уверены лишь в одном. Если всё сделано тщательно, то точки на графике отражают какие-то реалии с точностью топографической привязки и аналитики в рамках принятой технологии опробования: случайная проба или средняя (полученная по какой-то конкретной методике осреднения) и т.д. Иначе говоря, истина как некий идеал, и здесь остается неуловимой.



Рис.1.4. Иллюстрация линейной интерпретации результатов измерений.
1,2,3,4 – точки наблюдения.

Проблема доказательности.

В науке есть понятие *легислативной истины*, или *истины по конвенции*. Речь идёт об *изобретении истины*. Это изобретение происходит по конкретной и чёткой схеме, которая в математике обозначается термином *доказательство*. В математике это самое главное понятие. В специальной литературе есть довольно строгое его описание. Не претендуя на такую строгость, можно сказать, что процедура доказательства обязательно включает в себя такие элементы как аксиоматика и дедуктика.

Смысл получения *легислативных истин* довольно точно отражает современное понятие алгоритма как некоего процедурного предписания. Для каждого алгоритма следует указать:

- некоторый алфавит исходных данных, так что все возможные исходные данные являются словами в этом алфавите;
- некоторый алфавит результатов, так что все результаты являются словами этого алфавита.

И далее все происходит по схеме: *аксиоматика* → *дедуктика* → *результат*. Таким образом, если вы оговорили с оппонентами свою мировоззренческую доктрину и дедуктику, и они с ними согласились, то какой бы вывод вы не получили *они уже не могут капризничать*. Можно только проверять всё ли чисто вы вывели. Ваш вывод будет являться *новой истиной*, хотя и изобретенной. И это будет *истина*, даже если она кому-то не нравится или непонятна и звучит как «этого не может быть». Это *истина по конвенции*.

В бытовых ситуациях или в ситуациях похожих на бытовые внешне идеология доказательности выглядит другой: я ему доказал, т.е. убедил его в чём-то, а другому — не доказал, т.е. не сумел убедить. Доводы в

обоих случаях вы приводили одни и те же. Почему же разный результат? Дело не в вас, а в том *совпадают ли у вас и ваших оппонентов мировоззрения и дедуктики*. Когда они совпадают, доказательство является делом довольно простым, как говорится, вы понимаете друг друга с полуслова. Если не совпадают, то вы напрасно тратите силы или тратите их не в том направлении. ***Вначале надо изменить веру оппонента.*** Хорошей иллюстрацией истины по конвенции может служить цитата из одной монографии по геологии:

... значительная часть геологии является плодом воображения. Когда мы говорим: «Наблюдения показывают, что Земля имеет плотное ядро радиусом 3400 км», мы имеем в виду, что на основании большого числа наблюдений, и преимущественно данных о времени распространения сейсмических волн, мы делаем вывод, что Земля имеет ядро, хотя никто его ещё не видел, также как никто и никогда не видел электрон.

Собственно точно также никто не видел тропопаузы, стратопаузы и многое, многое другое. Здесь уместно привести высказывание Петра Капицы:

- Трактровка эксперимента – это дело вкуса.

Общий вывод:

наши истины это именно наши истины; по существу, это наши интерпретации, выполненные с помощью определённых аксиоматик и дедуктик.

1.5. Системы и законы.

Основные понятия.

- 1. Системы** – упорядоченность, определенная логика связей между телами, явлениями или элементами множества.
- 2. Законы** – общее название основных принципов и идей, свода правил, определяющих наши представления об устройстве мира.
- 3. Детерминизм** – учение о причинной обусловленности явлений природы и общества.
- 4. Целостность** – нераздельность, внутреннее единство.
- 5. Энтропия** – мера беспорядка и неопределенности в системе.
- 6. Информация** – мера порядка, структурной определенности. Возрастание информации соответствует уменьшению энтропии, и наоборот, – уменьшение информации отвечает увеличению энтропии. По Н. Винеру *информация – это отрицательная энтропия*
- 7. Негэнтропия** $\equiv$ отрицательная энтропия $\equiv$ информация. Термин предложен Л. Бриллюэном.
- 8. Дифференцирование** – расчленение, различение отдельного, частного при изучении или рассмотрении чего-либо.
- 9. Дискретный** – раздельный, состоящий из отдельных частей. Дискретный поток – поток, состоящий из отдельных струек. Дискретное пространство – пространство с

дырками.

Примеры и объяснение систем.

В качестве классического примера можно назвать известную со школьной скамьи Периодическую систему химических элементов Д.И.Менделеева.

В силу особенностей ума и стремления к гармонии человек склонен к системному восприятию окружающего мира. Он опирается на какие-то подсознательные причинно-следственные постулаты. Это тот детерминизм, который и лежит в основе любой религии – представлении Бога как первопричины всего сущего. Даже разрабатывая идеологию случайного и вероятного, человек создал математическую статистику и теорию вероятностей, построил уравнения, придумал критерии и т.п. А это уже определенная логика и правила, т.е. то, что и представляет собою атрибутику систем.

К этой же категории относится и бесчисленное множество всякого рода классификаций объектов природы, часто называемых систематикой. Одни и те же объекты могут систематизироваться по-разному, в зависимости от поставленных целей и задач. Достаточно яркий пример этому можно найти в подходе к классификации горных пород. Наиболее известный подход опирается на так называемые генетические признаки (обратиться к лабораторным работам):

- магматические породы,
- осадочные и
- метаморфические.

Каждый из этих типов имеет многочисленные разветвления по химическому и минералогическому составу, структуре и другим признакам, которые могут быть названы мерами различия и сходства. Но вот сменились задачи от поисково-разведочных к инженерным. Произошла смена параметров и появилась совершенно другая классификация:

- породы скальные,
- полускальные,
- рыхлые,
- мягкие связные и т.п.

Здесь уже нет никакого упоминания о генезисе, нет ни гранитов, ни известняков, ни глин, ни сланцев, ни гнейсов. Здесь «работают» другие интересы – прочность, характер деформаций, водопроницаемость и т.д. Поэтому в скальные породы попадают и свежие граниты и песчаники с крепким цементом и некоторые известняки и т.д., т.е. породы совершенно различного происхождения, находящиеся в первой классификации как бы по разные стороны «баррикад».

Я привел этот пример, чтобы легче было осознать вопрос:

- Существуют ли системы в природе, и человек их открывает?

- Или в природе нет никаких систем, и человек их просто выдумывает для той процедуры, которую он называет познанием мира?

Посмотрите на рис.1.5. Это фотография. На ней просто пятна: белые – снег, черные – земля (наверное, пашня в черноземной зоне). Но, если вы сосредоточитесь, то сумеете увидеть лицо Христа – так назвал его автор статьи, где помещена эта фотография.



Рис. 1.5. Фотография тающего снега (из книги «Модели в географии» [1971, доп.])

Вы найдёте это лицо потому, что будете его искать. Искать в хаосе пятен, где ничего наперёд не было задано. Но самое любопытное состоит в том, что после того как вы отыщите порядок, а точнее построите его в своей голове, назад в хаос вы уже не сможете вернуться, особенно, после того как на «найденное» лицо Христа будете смотреть ещё, ещё и ещё ... много раз. Даже усилие воли, даже поворот «картины» на 90^0 или на 180^0 вам не поможет. Образ окажется закрепленным в вашей памяти, он станет навязчивым и вам не избавиться от него.

Теперь вспомните себя. Наверное, вам приходилось смотреть на облака в небе, разглядывать узорчатые обои на стенах, какие-нибудь подтеки на потолке, плохо окрашенные стекла или двери, морозные узоры на окнах, да мало ли ещё что. И вы находили там зверей, травы, деревья, фигуры людей, лица и т.д. и т.п. Но ведь их же специально никто не рисовал. Это всё придумали вы сами. Но почему вы видите только знакомые предметы? Конечно потому, что ничего другого вы не можете придумать. Вы не можете придумать того, чего нет или, точнее, того, чего не было никогда, не записано в вашей хромосомной памяти или где-то ещё.

Человек всё строит по памяти, своей или своих пращуров, и ничего другого ему не дано.

Система воплощает в себе идею целостности. Когда мы говорим о природных системах, то имеем в виду *целостность, реализуемую через взаимодействие*. Однако такая целостность всё равно строится в нашей голове и лишь отражает какие-то черты реальности. Причём качество такого отражения мы периодически устанавливаем сами, поскольку представления о каком-то реальном абсолюте у нас весьма смутные. Ведь

достижение абсолюта – это копия, которую нам сделать не дано. Кто-то может сделать копию полотна Шишкина или Репина, Ребрандта или Сезанна, но никакой самый великий художник не может создать абсолют пейзажа или лица человека. Он всего лишь копиист, хотя может быть и самый, самый великий среди людей. Человек не совершенней Бога. Вот в чём истина.

Вспомните модели атома. Вначале атом был неделим, и это всех устраивало на протяжении многих веков и казалось истиной. Далее ...модели Д.Томсона, Э.Резерфорда, Н.Бора. Всё это процедура усложнения. Но будет ли конец? Да и так ли безупречна и совершенна сама идея атома, которая правит развитием науки?

В настоящее время существует довольно много понятийных определений системы, но в методологическом смысле все они, так или иначе, сводятся к тождеству:

системность $\equiv$ целостность.

Процесс познания является противоречивым по своей сути, так как процедурно связан с кажущейся неразрешимостью альтернативы: познавать – значит расчленять, расчленять и ... расчленять до ... (?). Непонятно, до какого предела, и потом расчленять – значит отказаться от идеи целого, потерять его.

Реальная глубина этого парадокса кроется, по-видимому, в законе самопроизвольного роста *негэнтропии*, т.е. информации. Процесс этот идёт как бы сам по себе и никаких специальных усилий не требует.

А чтобы собрать расползающееся знание, требуются специальные усилия, большие энергетические затраты и даже жертвы. Идея единого Бога (не главного как Ра, Зевс, Один и т.д., а именно единого) прививалась долго и сложно. Новые Физики и Математики, пытающиеся включить в себя все, что было до них, интегрировать достигнутое в частностях, тоже имели сложную историю становления.

Системная методология возникла как идея создать принципы и, по возможности, аппарат, которые бы разрешили существующую противоречивость процесса познания:

*как можно расчленять, не разрушая целого,
как можно управлять процессом естественной
дифференциации, сохраняя целое.*

Системный подход – это методологический принцип, который предполагает стремление к раскрытию внутренней сущности объекта, но не даёт какого-то единственного формального аппарата для его изучения. В каждом конкретном случае средства формализации и решения могут существенно отличаться и зависеть от того, на чём акцентируется внимание

исследователя.

СИСТЕМЫ ПРИДУМЫВАЕТ ЧЕЛОВЕК.
ЧЕЛОВЕК НЕ МОЖЕТ ПРИДУМАТЬ ТОГО, ЧЕГО НЕТ.
ПРИДУМЫВАЕТ ЕГО ПАМЯТЬ.

Примеры и объяснение законов.

Р.Грегори, исследуя особенности восприятия и изображения окружающего нас мира, пришел к выводу, что

*мы не только верим тому, что видим,
но до некоторой степени и видим то, во что верим.*

Насколько велика эта степень веры? Вопрос затрагивает глубинные пласты в изучении взаимоотношений человека и природы. Мы упираемся в понятия *объективное* и *субъективное*. И здесь я хочу высказать своё согласие с позицией Сатпрема [1989] считающего, что подобное противопоставление является ложным, что *субъективность* — это более высокая и в тоже время лишь

- «подготовительная стадия объективности и наш блестящий двадцатый век в отношении психологии является веком каменным, ... что перед нами открываются горизонты совершенства, гармонии и красоты, в сравнении с которыми наши самые великолепные открытия подобны грубой заготовке подмастерья».

*Ум – это не орудие познания, а лишь организатор знания.
Знание приходит из другого источника. ([Сатпрем.1989], с.54)*

Из этого фундаментального положения следует парадоксальный, на первый взгляд, вывод, что вмешательство ума неизбежно приводит к ошибкам. Наверное, поэтому

история науки – это история заблуждений и уточнений.

Здесь уместно напомнить принцип неопределенности Гейзенберга (см. выше). И если наш разум это лишь инструмент, организующий информацию, то принцип Гейзенберга в этой процедуре нельзя игнорировать.

*Наш разум не может не исказить действительность.
Наш разум – величайший обманщик.*

Этот Обманщик достаточно ловок. Незнание он умеет выдавать за знание, подменяя истину ложью, к которой мы быстро привыкаем. При

этом такая ложь бывает откровенной. Вот пример.

Подземные воды, нефть, газ двигаются в горных породах по порам и трещинам, формируя так называемый *дискретный* поток. Реальная структура такого потока нам неизвестна, мы не можем её измерить и геометрически построить. Но мы способны измерить общее сечение горных пород (пласта) (ω), в которых движется подземный поток как совокупность разрозненных струек. И можем измерить расход такого потока (Q), т.е. количество, например, воды протекающее через сечение в единицу времени (см.рис.1.6).

Разделив расход (Q) на общее сечение, мы получим скорость некоего сплошного потока (V). Такой поток называется *фильтрационным потоком*, а скорость V – *скоростью фильтрации*.

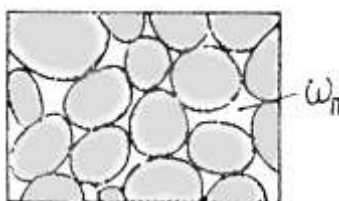


Рис.1.6. Схема, поясняющая понятие фильтрационного потока.

$\omega_{\text{п}}$ – площадь пор, через которые движется вода.

ω – общая площадь сечения (пор и минеральных зёрен вместе).

$\omega_{\text{п}} < \omega$. Затенена площадь минеральных зёрен (водонепроницаемая часть).

Но такого потока в действительности нет, это фикция. Реальное дырчатое сечение мы заменили сплошным, реальный поток, состоящий из отдельных струек, мы тоже подменили сплошным потоком в выдуманной фильтрационной среде с выдуманным гидравлическим сопротивлением (K).

Французский гидравлик Анри Дарси более 200 лет (1856 г.) назад экспериментально установил линейную связь между скоростью такого потока и градиентом напора ($\Delta H / \Delta X$, где ΔH – разница напоров на отрезке длиной ΔX):

$$V = K \cdot \Delta H / \Delta X$$

Эта формула получила название закона Дарси или закона фильтрации. И вся современная теория движения подземных вод, так или иначе, построена на этом законе, т.е. *на понятии фиктивного несуществующего потока*. Таким образом, законы фильтрации можно назвать фикцией, потрясающим блефом.

Но самое удивительное состоит в том, что этот блеф позволяет решать

многие реальные задачи, что он хорошо согласуется с результатами наблюдений, с экспериментом, хотя это согласие и не абсолютно, а имеет определенные рамки по величине скоростей.

Так что, наш великий Обманщик – Ум, наш Тартюф оказался действительно довольно ловким.

Эволюционируют ли законы природы.

Эта задача была рассмотрена Анри Пуанкаре в его книге «Последние мысли» [Павлов, 2009б доп.]. Из текстовой ссылки следует, что до А.Пуанкаре вопрос об эволюции законов природы был поставлен в науке уже в конце XIX века французским философом Эмилем Бутру. Суть его выглядела почти очевидной. Если весь мир непрерывно эволюционирует, то могут ли оставаться неизменными правила (законы), по которым эволюция совершается.

А. Пуанкаре рассмотрел эту задачу несколько иначе. Можем ли мы установить, меняются законы природы или не меняются?

Вначале он подошёл к этому вопросу с позиций математика, поставив одним из условий геологические темпы таких изменений. Ожидая получить ответ на языке математики, он исходил из того, что

- *«совокупность законов равносильна системе дифференциальных уравнений, которые связывают скорости изменения различных элементов Вселенной с их величинами в данный момент времени» (Пуанкаре, 1983, с. 408).*

Известно, что такая система имеет бесконечное множество решений. Для получения же определённости необходимо задать начальные условия. Последнее означает, что мы вынуждены опираться на известные законы. Достаточно простые умозаключения привели Пуанкаре к выводу, что *именно неизменность законов является предпосылкой для наших аналитических решений*. Именно поэтому, математик не может ответить на вопрос, изменялись ли законы. Он вынужден *постулировать* их неизменность.

Дело в том, что законы выводятся из опыта, который ограничивает их использование. В рамках опыта не может быть принципиальных ошибок. Это интерполяция. За границами же опыта мы входим в область экстраполяции. И здесь наши фантазии не имеют принципиальных ограничений.

Поскольку предметно обсуждать предполагаемое изменение законов можно только на основании фактов из прошлого, Анри Пуанкаре вынужден обращаться *к методам геологических реконструкций*. Опираясь на простые примеры, он показывает, что геолог имеет возможность делать выводы тогда, когда математик права на это не имеет. Но беда заключается в том, что ошибочность выводов геолога очень высока и связана она с тем, что объём его заключений больше объёма предпосылок. Иными словами,

математик из одного факта может вывести только один факт, а геолог, наблюдаемый им факт, превращает как бы в центр излучения, создавая, по мнению А. Пуанкаре, что-то вроде светящегося кружка. Два таких кружка могут давать пересечение, создавая тем самым возможность противоречия. Таким образом, *метод аналогий*, который находится на вооружении геолога, не позволяет корректно ответить на вопрос об изменяемости или постоянстве законов природы. Для подтверждения такого вывода А. Пуанкаре даёт несколько примеров, которые я не буду здесь приводить. Читатель легко может найти их сам в книге Пуанкаре [1983].

Далее в поисках ответа на вопрос о том, можем ли мы обнаружить изменяемость законов Природы в процессе эволюции, Анри Пуанкаре обсуждает несколько мысленных экспериментов физического содержания. Он рассматривает закон Мариотта, как пример только результирующего правила, молекулярные законы как истинные законы, возможности теплового равновесия, вопрос изменения скоростей тел, которые

- *«должны стремиться убывать, так как их живая сила стремится превратиться в тепло, и что, возвращаясь к достаточно удалённому прошлому, мы дошли бы до эпохи, когда скорости, сравнимые со скоростью света, не были исключением, так что законы классической динамики не были верны» (Пуанкаре, 1983, с. 417).*

В итоге своего анализа возможности обнаружения современной наукой изменяемости законов в процессе эволюции Пуанкаре приходит к следующему выводу:

- *«...нет ни одного закона, о котором мы могли бы с уверенностью сказать, что в прошлом он был верен с той же степенью приближения, что и сейчас. Больше того, не существует ни одного закона, про который мы могли бы с уверенностью сказать, что невозможно доказать его несправедливость в прошлом» (Пуанкаре, 1983, с. 418).*

1.6. Неразделимость и неслиянность [Павлов, 2009б].

Воля и необходимость

Заканчивая свой великий труд о войне и мире, Лев Николаевич Толстой попытался осмыслить исторические основы движения народных масс, в частности, возникновение в Европе человеческого потока с запада на восток и потом обратной волны – с востока на запад. Теперь мы знаем, что такие потоки были многократными, и до наполеоновских войн и позже и охватывали не только Европу, но и Евразию. Стремление понять и как-то смоделировать их возникновение оказалось тщетным. Историки вязли в частности. Толстой же приходил к пониманию огромного множества причин, доходя до уровня отдельной личности, её судьбы, связей каждого

человека с другими людьми, внешними обстоятельствами и временем бытия. (Толстой, 1984). В конце своего эпилога к роману он делает вывод, что случайные (волевые) поступки неотделимы от поступков и событий причинно-следственных, которые он назвал необходимостью. Но эти исторически важные неразделимые сущности всё же неслиянны.

Для иллюстрации этого факта в естественных науках часто обращаются к диаграмме фазового состояния воды, на которой за пределами критической точки существует поле, где вода обладает свойствами пара, а пар – свойствами воды.]. С формальной точки зрения уравнение, описывающее границу между жидкой фазой и паром, в этой области даёт бесчисленное множество корней. Иначе говоря, фазовая граница вдруг исчезает. Заметим, что диаграмма была получена экспериментально, а её математическое оформление явилось актом вторичным. *Поле за пределами критической точки можно смело назвать состоянием неразделимости и неслиянности.*

Наличие воли как случайного выбора можно видеть и в явлении, получившем в науке название бифуркаций, когда при естественных флуктуациях происходит «выбор», определяющий дальнейшее существование и характер развития системы. Приведём иллюстрацию этого явления в виде модели формирования гидросети (рис.1.7). В модели всё начинается с зарождающихся ручейков, расположенных в ряд на одинаковом расстоянии друг от друга на верхнем краю наклонённой плоскости.

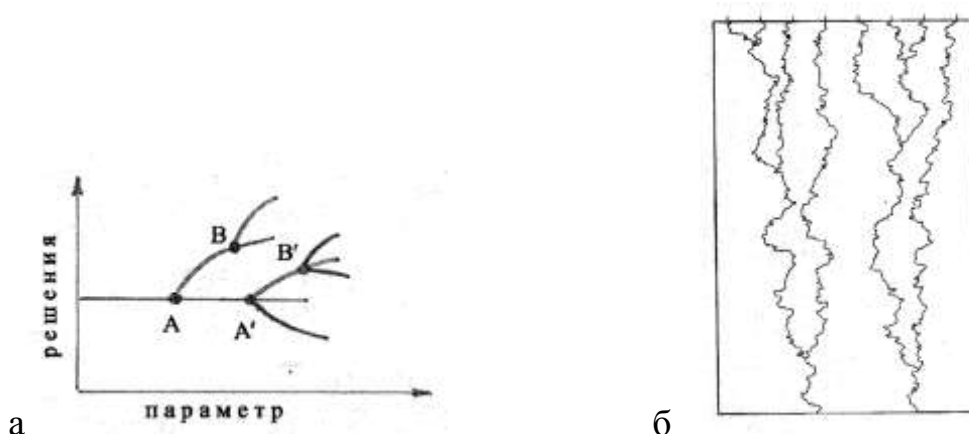


Рис.1.7. Иллюстрация понятия бифуркации по И. Пригожину (1985) (а)) и моделирование речной сети на основе случайного блуждания (б) (Харбух. Бонем-Картер, 1974). Плоскость, по которой текут ручьи, слабо наклонена сверху вниз.

- За каждый шаг времени каждый отдельный ручеек передвигается от точки к точке на единицу расстояния.
- Это перемещение имеет ограничения. Можно вперёд, вправо или влево, но нельзя назад. Направление движения выражается в терминах

вероятности. Новый ручей, возникающий от слияния двух других, подчиняется в своем движении общим правилам.

- Ячейки модели на площади квадратные.
- В каждую клетку может втекать несколько ручьев, но ... вытекать разрешается только одному.

Гидросеть самоорганизуется: возникают водоразделы, долины, русла, притоки. Происходит это в соответствии с названными принципами.

Каждая струйка и ручеек флуктуирует в силу турбулентного характера движения водных потоков. В каждой точке своего движения этим флуктуациям «приходится принимать решения» – куда дальше? Шероховатость плоскости стока помогает это решение принять. В итоге струя блуждает. Каждое новое направление – это маленькая катастрофа, это «измена» прошлому. Наверное, если эту процедуру повторить особенно в физическом воплощении модели, то картина гидросети будет другой. В тоже время, исключать в этом процессе причинность, т. е. какую-то необходимость, наверное, было бы неверным. Но такая причина не определяет конкретный «выбор» в направлении движения, она только определяет само явление блуждания. Такой причиной является турбулентность.

Попытки разделить неразделимое в науке существуют в силу внутренних психологических потребностей человека, но оформляются они по-разному как некие аналитические приёмы. Вот лишь один пример:

- Тренд-анализ в виде полинома при картировании. Неделимая причинно-вероятностная связь (Z_{xy}) условно делится на задаваемую функцию под названием тренд (τ_{xy}) и случайный остаток (Δ_{xy}), который неизбежно появляется при сравнении решений полинома (как заданной теории) и реальных значений параметра, получаемых в результате натурных измерений:

$$Z_{xy} = \tau_{xy} + \Delta_{xy}$$

При этом, как бы мы не увеличивали степень полинома (τ_{xy}), остатка (Δ_{xy}) нам не избежать, потому, что в природе не бывает чистого причинно-следственного результата.

Подход к общему описанию неразделимости и неслиянности, воли и необходимости, был разработан авторами статистической механики. Считается, что статистическая механика – это механика больших коллективов. В её основе не заложены какие-то специальные аксиомы. Она построена на постулатах механики и основных положениях теории вероятности и начинается с изучения проблем распределения. Для молекулярных систем приходится описывать распределение молекул между различными состояниями, которые заключаются в детальной характеристике всех молекул как механических систем. Это

многопараметрические структуры и всякие решения с ними связанные являются сложными и громоздкими. К тому же, понятно, что учёт всего мыслимого многообразия связей недостижим в принципе и в каждом конкретном случае приходится прибегать ко всякого рода ограничениям и условиям.

В этой ситуации полезно искать другие подходы. Трудно сказать какие они получатся, но обсуждать их полезно. К этому побуждает, хотя бы мысль Пуанкаре, что наука должна развиваться в направлении к общности и к простоте.

Направление к общности и к простоте

Общность различного

Как-то мне рассказали историю о том, когда при фольклорных исследованиях наших северных народных хоров попытки переложить их звучание на ноты оказались тщетными. Эти мелодии представляли такую звуковую вязь, которая не подчинялась правилам нотной грамоты и существующим канонам музыкальной композиции. В тоже время, было ясно, что звучание каждого такого хора являлось произведением. Но оно не укладывалось в наперёд заданные формальные структуры и подчинялось каким-то своим правилам мысли и чувств.

Позже описание особенностей такого хора я встретил у Павла Александровича Флоренского – большого знатока музыки. Он описал это удивительное многоголосие в своей работе «У водоразделов мысли» (2006). По его мнению, оно предшествовало полифонии с взаимоподчинением всех голосов друг другу и могло быть названо гетерофонией – полной свободой всех голосов, которую он обозначил как ««сочинение» их друг с другом, в противоположность подчинению» (Флоренский, 2006, с. 18). Всё построено на импровизации. Но такая импровизация вяжется каждым исполнителем многократно и многообразно в соответствии с общим делом многоголосия. Такие мелодии были построены не на формальных требованиях музыкальной грамоты, которой певцы, скорей всего и не знали, а, по выражению Флоренского, на неиссякаемом океане возникающих чувств. Здесь нет явно выраженной причинной связи. Причин много и они остаются скрытыми. Следствия, из которых построено звучание хора, как бы причин не имеют, но в тоже время они не случайны. Следствия без видимых и не понятных причин. *Причина может пониматься как нечто целое – будущее произведение.*

Размышления о происхождении русской народной песни нужны были Павлу Александровичу для иллюстрации того мысленного процесса, который отражает существо научного поиска и его механизм. Мышление можно уподобить некой беспорядочной паутине со своими направлениями нитей и узлов пересечений, с прямыми, обратными и обходными

направлениями движения каких-то невидимых траекторий. Однако кажущийся беспорядок в этом плетении подчинён целостному мотиву поиска.

Я думаю, что *целое следует рассматривать как причину всего, потому что внешнее и внутреннее должно гармонизировать и неслиянно быть неразделимыми.*

Разговор Флоренского о невидимых траекториях паутины мышления приводит к соблазну обратиться к разработкам Ричарда Фейнмана в области квантовой механики.

Речь идёт о толковании известного дуализма волна-частица в поведении электрона. Классический эксперимент с прохождением электрона через одну (правую или левую) щель экрана, подтверждающий его поведение как частицы (масса электрона измерена), и поведение его как волны при наличии двух щелей получил несколько вариантов интерпретаций. Одна из них принадлежит Ричарду Фейнману. Она состоит в том, что *при возникновении необходимости выбора электрон отказывается выбирать и проходит через две щели сразу.* Такая, парадоксальная на первый взгляд, возможность возникает потому, что электрон перемещается одновременно по всем допустимым траекториям. Такой подход получил название фейнмановского суммирования по путям. Стивен Хокинг (2005 г.) называет эти траектории историями. Для нашего общего разговора такой термин ближе, поскольку он созвучен и размышлениям Л. Толстого и идеям П. Флоренского. Представления Р. Фейнмана не укладываются в наши бытовые ощущения, но Брайан Грин (2005 г.) рекомендует такого рода сомнения держать при себе, поскольку квантовая механика их принимает и подтверждает теоретически и экспериментально, а электрон это не камень и не пуля.

В фейнмановской модели каждой траектории ставится в соответствие некоторое число, и среднее из этих чисел представляет собой вероятность появления электрона ту же, что получается с помощью волновой функции Луи де Бройля (1986 г.).

Из всего сказанного я предлагаю три вывода:

1. Фейнмановские траектории можно поставить в соответствие с беспорядочной паутиной мысленного процесса П. Флоренского и народным хоровым пением в океане чувств людских.
2. Вероятностные волны – это второе скрытое свойство частицы, которое она **вынуждена** показывать и реализовывать, когда ей необходимо сделать выбор в своей истории. Если делать выбора не нужно (в случае одной щели) волновые свойства не проявляются, и мы видим только частицу.
3. *Дуализм волна-частица есть ничто иное, как проявление более общего свойства материи – её неразделимости и неслиянности.*

Наблюдать же нам дано только что-то одно: либо вероятностную волну (случайное), либо частицу – причинно-следственное.

Теперь немножко об аристотелевском законе исключённого третьего, прекрасно сформулированном в библии:

Есть истина и ложь, остальное от лукавого.

Этот закон рассматривался как детерминистический. Но вот в 1922 г. появились многозначные логики Яна Лукасевича (Слупецкий, 1974 г., Павлов, 1981 г.), в которых он предлагает новый взгляд на детерминизм, как на вероятностную причинность. *Кроме существования истинных и ложных фактов в прошлом, настоящем и будущем появилась трактовка их возможности в прошлом, настоящем и будущем.*

В конце прошлого и начале нашего века уже вошли в практику вероятностная логика (ВЛ) и логико-вероятностное исчисление (ЛВИ), в котором удалось соединить булеву алгебру с теорией вероятности и использовать этот «симбиоз» как аппарат исследований в области надёжности и безопасности структурно-сложных систем (Рябинин, 2000, 2007 г.г., Соложенцев, 2004 г.).

Появление многозначных логик, ВЛ и ЛВИ показывает, что *неразделимость и неслиянность как скрытая от глаз двуликость мира уже находит себя не только как, кажущийся вначале парадоксальным символ, но и как реальность, доступная для практики.*

Полученные выводы довольно просты для понимания, хотя за ними стоят сложные математические конструкции. Но надежды вселяет именно простота принципа устройства Мира: скрытая неслиянность неразделимого, которое проявляется не только внутри материального, но и внутри духовного и информационного (Павлов, 2006 г.).

Стремление к простоте.

Известно, что М.Фарадей результаты своих экспериментов математически не интерпретировал. Во-первых, потому, что он не очень хорошо владел математическим методом, а во-вторых, считал, что даже самое сложное можно изложить без языка «иероглифов». По выражению А.Эйнштейна его «ум никогда не погрязал в формулах». Наверное, здесь можно угадать интуитивное стремление М. Фарадея к простоте.

Однако математические интерпретации работ М.Фарадея существовали. Любопытно, что Д. Максвелл в своих разработках опирался на опыты М. Фарадея и тщательно их изучал, но он не читал ни одного математического труда в этой области и в этом смысле держал свой ум в чистоте. Возможно, поэтому и результат у него получился выдающимся. Д.Максвелл вышел за рамки тогдашней науки.

Принципы, на которых устроен Мир, просты и ограничены. В основном они *могут быть сведены к известным законам сохранения и цикличности природных процессов.*

Математики, претендующие на создание и оформление базовых теорий устройства всего, могут предложить веские аргументы против возможностей достижения «простоты» в науке. Но те из них, которые озабочены поисками оснований математики (Манин, 1979 г., Клайн, 1984 г. и др.), знают, что претензии на исключительность рушатся при признании ограниченных возможностей нашего разума. Анри Пуанкаре называет это *естественной немощностью ума* (Пуанкаре, 1983г.). Говоря о классификации фактов и их отборе исследователем, он пишет, что малые *«факты мы считаем сложными потому, что запутанная связь влияющих обстоятельств превосходит пределы нашего ума»* (Пуанкаре, 1983 г., с.402). Метод открытия истины он видел *«в восхождении от факта к закону и разыскиванию фактов, способных вести к закону»* (Пуанкаре, 1983 г., с.402). И главную роль в этом восхождении Анри Пуанкаре отводит интуиции и обобщающему уму.

Научный поиск имеет две составляющие:

- 1. Интуитивное начало, представляющее собою некую иногда смутную догадку, опирающуюся на здравый смысл.***
- 2. Доказательство истинности этой догадки.***

Понятие доказательности часто выдвигается как главный элемент истинности. Но это далеко не так. Всякое доказательство не может быть полным и всех удовлетворяющим. Каким бы изящным и «строгим», на первый взгляд, оно ни казалось, если его результат интуитивно не понятен, оно отвергается. Ищутся новые доказательства, или уточняются прежние. Но при этом и новые доказательства не могут считаться окончательными и безупречными. Кроме того, известно, что доказательная система опирается на свою аксиоматику и логику. А они по определению являются продуктом интуиции. Круг замыкается. От интуиции никуда не деться. Иногда даже такие математики как Ферма и Ньютон не считали нужным приводить какие-либо доказательства своих теорем (Клайн, 1984 г.). Доказательства приводятся в основном для создания иллюзию проверки нашей интуиции, чтобы реальность увидеть в миражах.

В заключение хочется привести одну мысль Бертрانا Рассела о строгости доказательства:

- Элемент неопределённости должен оставаться всегда,.... Со временем он может существенно уменьшиться, но смертным свойственно ошибаться (по Клайну, 1984 г.).*

Интуицию, как основу научного поиска можно расценивать в качестве вероятностной составляющей человеческой мысли, связанной с непостижимым «началом» пространственно-временных координат, спрятанных, возможно, в полевого представлении сущности ноосферы (Павлов, 2006 г.). Эта та воля, о которой писал Лев Николаевич Толстой.

Доказательство же – это причинно-следственный продукт нашего разума, выдуманный с целью придать интуитивным миражам реальности виртуальную уверенность.

Интуиция и доказательства неслиянны и неразделимы.

Остаётся вспомнить символ Святой Веры в православии:

- Ибо три свидетельствуют на небе: Отец, Слово и Святой дух; и сии три суть едино.
- Лица Троицы неслиянны, но составляют единое Божество, в котором каждая Ипостась имеет одинаковое Божеское достоинство с каждой другой. Ипостаси св. Троицы не являют собой трёх Богов, но единого Бога.

Общий вывод:

- *Ум – организатор информации; системы и законы наиболее общие продукты этой организации.*
- *Мир, частью которого является человек, можно понять, если воспринимать его цельным, неразделимым и неслианным во всех его проявлениях.*

Все, что вы узнали в этой главе, поможет Вам правильно осознать и усвоить материал не только по курсу «Геофизика», но и по другим дисциплинам вашей будущей специальности.

Контрольные вопросы.

1. Объясните смысл теоремы К.Гёделя.
2. Что такое трансфинита?
3. Охарактеризуйте основные этапы развития геологии.
4. В чем заключается смысл квантовой парадигмы для курса «Геофизика»?
5. В чем отличие принципов униформизма и актуализма?
6. Разъясните смысл круговорота информации.
7. Что такое системы. Существуют ли они в природе?
8. Чем отличаются законы от догм? Что в них общего?
9. Сформулируйте и раскройте смысл основных требований к объективности моделей (по А.Эйнштейну).
10. В чем заключается принцип фальсифицируемости для научных теорий?
11. Что такое легислативные истины?

Литература

Основная

1. Концептуальные основы геологии. Зап. ЛГИ, т.134. – Л.: ЛГИ, 1992. – 156 с.
2. Кун Т. Структура научных революций, 2-ое изд. – М.: Прогресс, 1977. – 300с.
3. Сатпрем. Шри Ауробиндо или путешествие сознания. – Л.: ЛГУ, 1989. – 334 с.

Дополнительная

1. Вистелиус А.Б. Основы математической геологии. – Л.: Недра, 1988. – 389 с.
2. Гаррелс Р., Маккензи Ф. Эволюция осадочных пород. – М.: Мир, 1974. – 272 с.
3. Манин Ю.И. Теорема Гёделя // Природа, 1975, № 12, с. 80-87.
4. Модели в географии. М.,1971. – 380 с.
5. Общая и полевая геология. Учебник для вузов. Под ред. А.Н. Павлова. Коллектив авторов. – Ленинград. Недра, 1991. – 463 с.
6. Павлов А.Н. Квантовые принципы развития Земли – новая парадигма геологии // Принципы развития и историзма в геологии и палеобиологии. – Новосибирск: Наука, 1990. – с.115–122.
7. Павлов А.Н. Квантовая закономерность геологического развития Земли // Уч. Записки РГГМУ, 2006, №2, с.213-228.
8. Павлов А.Н. Временные категории в гидрогеологии. – СПб.:РГГМУ, 2008. – 103 с. (Гл.6. принцип целостности, с. 86-95).
9. Павлов А.Н. Проблемы актуализма в геологии // Уч. Записки РГГМУ, 2009 а. №11, с.154 -160.
10. Павлов А.Н. Методологические основания современной геологии. СПб.: РГГМУ, 2009 б. – 112 с.

Глава 2. ЗЕМЛЯ В СТРУКТУРЕ ВСЕЛЕННОЙ

Громадность, бесконечность
этих пространств совершенно
подавляет ум...

М.А. Антонович

2.1. Вселенная.

Основные понятия.

1. **Вселенная (космос)** – весь мир, безграничный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по тем формам, которые принимает материя в процессе своего развития (БСЭ, том 5. М., 1971, с.1315). По этому канонизированному определению Вселенная *актуально бесконечна*.
2. **Актуальная бесконечность** не имеет начала. Если Вселенная существовала всегда, то её возраст в любой зафиксированный момент актуально бесконечен.
3. **Потенциальная бесконечность**. Если у Вселенной было начало, то в любой фиксированный момент её возраст конечен. Но если она будет существовать вечно, то общий её возраст потенциально бесконечен, так как, продолжая увеличиваться, он всегда превзойдет любое наперед заданное число.
4. **Метагалактика** – часть Вселенной, доступная для изучения, весь инструментально обозримый для человека космос.
5. **Галактики** – гигантские звездные скопления.
6. **Невидимые короны галактик (скрытая масса)** – разница в оценке масс галактик по их движению и по их светимости. Оценки по движению дают существенно большие величины, чем оценки по светимости. Этот факт показывает, что вокруг видимого тела галактики имеется невидимая корона, содержащая огромные массы. Считается, что еще большие скрытые массы имеются в межгалактическом пространстве.
7. **Тёмная материя** – то же, что скрытая масса. Считается, что она может составлять 95% массы вселенной.
8. **Парсек (пк)** – единица длины в астрономии. Термин произошел от сокращения двух слов: параллакс и секунда (см. рис 2.1). $1 \text{ пк} = \alpha / \sin 1'' = 206265 \alpha = 3,08 \cdot 10^{16} \text{ м}$. Световой луч проходит этот путь за 3,26 года. Поэтому 1 пк равен 3, 26 световым годам. 1 кпк. (килопарсек) = 10^3 пк, 1 Мпк (мегапарсек) = 10^6 пк.

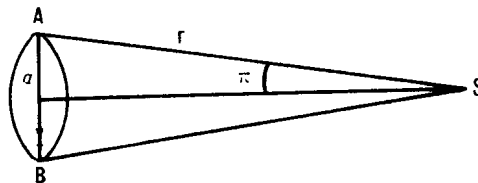


Рис. 2.1. К понятию «парсек».

α – радиус земной орбиты $\cong 149,6 \cdot 10^6$ км, называется астрономической единицей; π – угол, равный половине годового смещения видимого с Земли положения наблюдаемой звезды, называется параллаксом; r – расстояние от Земли до звезды; A, B – положение Земли в моменты наблюдения с неё звезды S.

9. **Эффект Доплера** – в соответствии с этим эффектом у приближающегося источника света все линии волн, измеренные наблюдателем смещены к фиолетовому концу спектра, а для удаляющегося источника – увеличены,

смещены к красному концу спектра. Этот эффект справедлив при скоростях движения источников много меньше скорости света (когда применима механика Ньютона). См рис. 2.2.

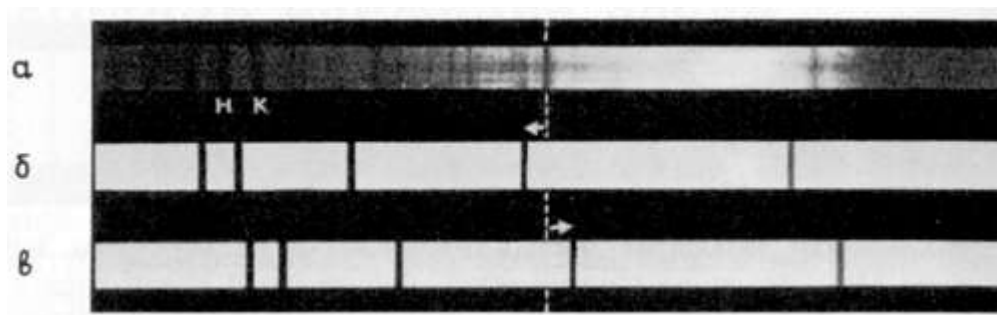


Рис.2.2. Доплеровский спектральный сдвиг (по Р. Киппенхану, 1990).

а – спектр излучения звезды (полученный в лабораторных условиях).

б – сдвиг спектральных линий в случае, когда звезда движется по направлению к наблюдателю.

в – сдвиг спектральных линий, когда звезда удаляется от наблюдателя; при этом все линии смещены к красному спектру.

Направления доплеровского сдвига указаны стрелками.

10. Квазары (quasar – сокращенное от англ. quasi star) – как будто бы звезда.

11. Сингулярность – место перехода нуля в бесконечность и бесконечности в нуль. Исходная сингулярность не поддается описанию.

12. Изотропность – тождественность физических свойств в любых направлениях.

Общая характеристика Метагалактики.

На современном этапе эволюции Вселенной её вещество сосредоточено главным образом в звёздах, которые занимают лишь около 10^{-25} всего объема Вселенной (без учёта ядер галактик).

Для астрономов XVIII-XIX веков межзвёздная среда была абсолютно пустым пространством. В начале XX века немецкий астроном И. Гартман доказал, что оно *заполнено газом*, хотя и очень разреженным. Современные достижения внеатмосферной астрономии позволили получить довольно полное представление о плотности и составе межзвёздного газа. Распределён газ неравномерно. Области с повышенной плотностью (в десятки раз выше средней) получили название облаков, есть и очень разреженные участки. Кроме того, наблюдаются и глобальные закономерности изменения средней его плотности. Около плоскости нашей Галактики она достигает $(5\div 8)10^{-25}$ г/см³ и быстро уменьшается в направлении к периферии. Несмотря на столь низкую плотность газа, межзвездная среда не считается вакуумом.

Говорить о вакууме можно лишь тогда, когда длина свободного пробега частиц больше размера объема, в котором они находятся. Средняя плотность $(5-8) 10^{-25}$ г/см³ относится к слою толщиной около 200 пк и длина свободного пробега в нем оценивается величиной приблизительно

10^{15} см ($3 \cdot 10^{-4}$ пк). Эти условия не соответствуют вакууму, и межзвездный газ рассматривается как сжимаемая среда, к которой полностью применимы законы газовой динамики. По ней могут передаваться волны, она охвачена сложным турбулентным движением, по ней идёт «зыбь» и т.д.

Преобладающими элементами межзвездного газа являются водород и гелий, что напоминает химический состав атмосферы Солнца и звёзд. Однако существуют и отличия, в основном по содержанию магния, марганца, хлора, соединений углерода и др. Химические элементы в межзвездном газе присутствуют главным образом в виде атомов и ионов. Но есть и молекулы, хотя обычно в ничтожно малом количестве, около 10^{-7} от содержания атомов водорода. Среди них обнаружены соединения углерода – CH , CH^+ , CN , а также молекулы водорода, доля которых от атома водорода меняется в широком диапазоне (от нескольких десятков до 10^{-7} и меньше).

Помимо газа межзвёздная среда содержит так называемую *межзвёздную пыль*. Распределена она в межзвёздном пространстве также крайне неравномерно. Это твёрдые микроскопические частицы размером менее 1 мкм. Представлены они графитом, силикатами, загрязненными льдинками и другими веществами, имеют вытянутую форму и более или менее ориентированы в одном направлении в очень слабом магнитном поле. Температура межзвёздной среды очень низка и составляет всего несколько градусов по Кельвину.

Однако межзвёздная среда это ещё не всё «пустое» пространство Вселенной. Большая его часть приходится на межгалактическую среду. Средняя плотность всей Вселенной с учётом *невидимых корон галактик* оценивается величиной 10^{-26} г/см³, т.е. более чем на порядок ниже *средней плотности межзвёздной среды*. В литературе приводятся и другие цифры, например, 10^{-29} г/см³.

По современным оценкам эта среда прозрачна настолько, что практически не ослабляет блеска разбросанных в ней галактик. Для этого плотность вещества в ней не должна превосходить 10^{-31} – 10^{-32} г/см³.

Теория Большого взрыва.

До появления общей теории относительности (ОТО) представления о Вселенной как некотором целостном объекте сводилось к стационарной картине. В соответствии с ней Вселенная была вечна и неизменна. Любые происходящие в ней события носили локальный и частный характер и не приводили к каким-либо общим изменениям. Речь шла о Вселенной как о скоплении актуальных миров. Эта была сфера с центром, находящимся везде и поверхностью – нигде.

В 1922-24 г.г. выдающийся советский ученый А.А.Фридман построил модель, описывающую геометрию и поведение вещества Вселенной в

целом. Оказалось, что в соответствии с этой моделью Вселенная является *нестационарной системой*: она может либо сжиматься, либо расширяться.

Через пять лет, в 1929 г., американский астроном Э.Хаббл обнаружил, что линии спектров почти всех наблюдаемых им галактик, кроме самых близких к нам, смещены в красную сторону. Он объяснил это явление *эффектом Доплера*. Другого разумного и простого объяснения наблюдаемому красному смещению найдено не было, хотя наряду с эффектом Доплера обсуждались и другие варианты.

$L_0 = C \cdot \Delta t$ – расстояние между наблюдателем и объектом в момент подачи объектом сигнала. Сигнал передаётся со скоростью C и через время Δt достигает наблюдателя.

$(L_0 + \Delta L)$ – расстояние между объектом и наблюдателем к моменту принятия сигнала.

$\Delta L = V \cdot \Delta t$, $n = L_0 / \lambda = (L_0 + \Delta L) / (\lambda + \Delta \lambda)$, где n – количество волн между объектом и наблюдателем.

$$(L_0 + \Delta L) / L_0 = (\lambda + \Delta \lambda) / \lambda,$$

а из него

$$V / C = \Delta \lambda / \lambda, \quad V = C \cdot (\Delta \lambda / \lambda) = H \cdot r,$$

$$V = H \cdot r$$

где H – коэффициент пропорциональности – *постоянная Хаббла*,

V – скорость удаления галактик, r – расстояние до галактики.

Это выражение рассматривается в астрономии как закон, многократно проверенный наблюдениями. Он останется верным, если красному смещению не будет найдено другого объяснения, кроме эффекта Доплера.

Из закона Э.Хаббла следует поразительный результат: чем дальше от нас расположена галактика, тем быстрее она удаляется. С момента открытия Хаббла значение постоянной H неоднократно менялось. В настоящее время специалисты используют различные значения H , чаще всего 55 км/(с·Мпк) и 75 км/(с·Мпк). Они означают, что на каждый мегапарсек (Мпк) скорость удаления галактики возрастает соответственно на 55 и 75 км/с.

Из принятия закона Хаббла последовал вывод о том, что причиной разбегания галактик мог явиться «*Большой взрыв*». Он положил начало современной Вселенной, возникшей из некоторого первоначального состояния, называемого *сингулярностью*. Постоянная Хаббла является одной из основных мировых констант – она характеризует скорость расширения мирового пространства. Пространство расширяется изотропно, и закон Хаббла верен при наблюдениях из любой точки Вселенной. Из постоянной Хаббла следует и возраст такой Вселенной (Метагалактики).

Если на каждый мегапарсек ($3,08 \cdot 10^{19}$ км) скорость разбегания составляет 55 км/с, то для этого потребуется времени

$$t = 3,08 \cdot 10^{19} / 55 = 5,6 \cdot 10^{17} \text{ с} = 17 \cdot 10^9 \text{ лет (17 млрд. лет)}.$$

Нетрудно увидеть, что вычисляемый возраст Вселенной «зависит» от значения постоянной Хаббла. Её увеличение этот возраст уменьшает. (Первое значение постоянной Хаббла было $H = 540 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$ и, соответственно, возраст Вселенной оценивался Хабблом в 2,5 млрд. лет).

В 1963 г в космосе были открыты новые чрезвычайно мощные источники излучения – *квазары*. Они фиксировались радио-, инфракрасными, ультрафиолетовыми, рентгеновскими и оптическими телескопами. Для этих источников характерны огромные красные смещения. С одной стороны этот факт ещё раз подтверждал явление расширения Вселенной, а с другой – позволял «заглянуть» в её прошлое, поскольку расстояние, например, до самого далёкого квазара в 17 млрд. световых лет (приблизительно $5 \cdot 10^3 \text{ Мпк}$). Информация, получаемая из знаний спектра излучения квазаров, относится к очень раннему периоду жизни Вселенной. При условии $H = 55 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$ скорость удаления такого квазара близка к скорости света (около 275 тыс.км/с). И это при массе превышающей солнечную во много миллиардов раз.

В 1965 г. специалисты из лаборатории «Белл телефон компани» (США), Роберт У. Вильсон и Арно А. Пензиас, экспериментируя с новой антенной для приёма сигналов от спутников связи, обнаружили слабое радиоизлучение, которое шло из всех областей неба с одинаковой интенсивностью. В это же время в Принстоне группа астрономов во главе с Р.Г. Дикке работала над проблемами «Большого взрыва», как горячего начала Вселенной – идеи выдвинутой в 40-ых годах американским физиком Г. Гамовым. Принстонская группа применила важный и простой термодинамический закон:

если что-нибудь (вроде газа) расширяется, то его температура обязательно падает.

В соответствии с этим законом расширение Вселенной при «горячем её начале» должно было сопровождаться снижением температуры. По их оценкам через два часа после «Большого взрыва» температура Вселенной должна была составлять $10^8 \text{ }^\circ\text{К}$, через 100 лет – $<10^6 \text{ }^\circ\text{К}$, а спустя 18 млрд. лет, т.е. сегодня, около $3 \text{ }^\circ\text{К}$.

Объекты с такой температурой должны испускать радиоволны длиной от 1 мм до 100 см. Антенна компании «Белл телефон» была настроена на длину волны 7,53 см. Многочисленные эксперименты и наблюдения привели специалистов к мнению, что зафиксированный антенной «Белл»

всюдный радиосум является реликтовым, что это фоновое излучение Вселенной после «Большого взрыва». Самой удивительной его особенностью является *изотропия*.

Изотропия движения (в данном случае радиоволн) означает изотропию самого пространства, а, следовательно, и его однородность. Таким образом, гипотетическая основа фридмановской модели Вселенной о её максимальной пространственной симметрии подтверждается как изотропией постоянной Хаббла (с погрешностью 20-30%), так и реликтовым излучением (с погрешностью до десятых и даже сотых долей процента).

Несмотря на то, что физика изотропии мира ещё не ясна, на реликтовое излучение всё чаще и чаще начинают смотреть как на новый мировой эфир, т.е. как на идеальную и *всюдную* систему отсчёта. Этому эфиру нет необходимости приписывать какие-то специальные свойства, он не отменяет относительности движения и покоя, — это хорошо известные, но равномерно распространяющиеся электромагнитные волны, представляющие собой самостоятельный вид материи.

Напомним, что в рамках классической физики электромагнитные волны отождествлялись с колебаниями какой-то среды (эфира), по аналогии с колебаниями воздуха, вызываемыми звуковыми импульсами. Теперь же, когда отказ от «классического эфира» привёл к пониманию того, что *электромагнитное поле это новый самостоятельный вид материи*, оказалось, что этот вид материи во Вселенной может выполнять роль эфира для всех остальных форм движения.

Относительно этого нового эфира оцениваются направления и скорости движения различных объектов Вселенной. Открытие реликтового излучения представляет собой событие огромной важности, которое по своим последствиям может быть приравнено к открытию Хабблом красного смещения в спектрах галактик.

Общий вывод:

- *в настоящее время наиболее разработанные и доказательные представления об устройстве Вселенной основаны на идее её нестационарности;*
- *современная Вселенная имела начало и возникла около $(17-18) \cdot 10^9$ лет назад, возможно, в результате «Большого взрыва». Процесс её расширения продолжается и сейчас.*

2.2. Звезды, галактики, сверхсистема галактик.

Основные понятия.

1. **Звезда** – газовый шар, находящийся в состоянии равновесия ... , подавляющее большинство звёзд не меняет своих свойств в течение огромных промежутков времени (И.С. Шкловский, 1984).
2. $m_{\odot}$ – **масса Солнца**, равная $1,98 \cdot 10^{30}$ кг. В астрономии эта величина используется как единица массы звезд.
3. **Нейтронизация** – процесс «вдавливания» электронов в ядро, в результате чего электроны и сливаются с протонами и дают нейтрон. Такие ядра неустойчивы и разваливаются.
4. **Светимость** – количество световой энергии, излучаемое звездой в единицу времени.
5. **Гравитационный коллапс** – сжатие под действием гравитационных сил, которому ничто не может препятствовать. Коллапс – медицинский термин, означающий тяжелое состояние организма, обусловленное резким понижением кровяного давления (collapses – лат. упавший). Причиной гравитационного коллапса является резкое снижение давления внутри звезды.

Общая характеристика звезд.

В отличие от планет звёзды всегда фиксировались как яркие светящиеся на небе точки неподвижные одна относительно другой, точки как бы вмёрзшие в небесный свод. Сегодня благодаря достижениям науки, мы знаем, что это иллюзия и звёзды тоже движутся в пространстве, но из-за их колоссальной удаленности видимые перемещения ничтожны.

Звёзды, как и люди, рождаются, живут и умирают. Их жизненный цикл ещё во многом неясен и мы не ставим целью обсуждать его. Информацию по этому вопросу можно найти в книгах С.Данлопа, Р.Киппенхана, Т.Агеяна, А.Чернина, И.Шкловского и др. (см. список литературы).

Звезда появляется как сгусток сжимающегося под действием гравитационных сил вещества Вселенной. Интенсивное сжатие приводит к разогреву, в результате чего возникает внутреннее давление. Увеличение этого давления постепенно останавливает процесс сжатия. Но за этот период температура и плотность в звездном сгустке достигают таких значений, которые вызывают термоядерные реакции. *Сгусток «зажигает» сам себя.* Эти реакции поддерживают в нём очень высокие температуру и давление и формируют тот газовый шар (находящийся в равновесии по этим параметрам). Его и называют звездой. Внутренняя энергия звезды в основном вырабатывается в результате реакции превращения ядер водорода в ядра гелия. После исчерпания водородного топлива центральная часть звезды сжимается. Это приводит к новому повышению температуры. Внутренняя структура звезды существенно перестраивается. Звезда разбухает, хотя ядро продолжает сжиматься. Внешние слои при этом могут даже отделиться с образованием газовой туманности.

В конце концов, наступает момент, когда ядерное горючее кончается. Звезда начинает остывать. Внутреннее давление в ней падает и ядро испытывает очень быстрое сжатие, что может привести к одному из трех состояний:

- появлению белого карлика,
- нейтронной звезды или
- черной дыры.

Это конечные продукты эволюции звёзд.

Белые карлики. Современной астрономии они хорошо известны. Их размеры соответствуют размерам Земли, масса ядер не превышает $1,4 m_{\odot}$ при средней плотности примерно до 10^9 кг/м^3 .

Нейтронные звёзды. Масса их ядер от $1,4 m_{\odot}$ до $2 m_{\odot}$ [или $3 m_{\odot}$] (Более точной оценки специалисты пока дать не могут). Они сжимаются сильнее, чем у белых карликов, сжатие останавливается при плотности примерно 10^{18} кг/м^3 , что отвечает плотности атомных ядер. Диаметр таких звезд составляет около $20 \div 30 \text{ км}$.

При таких плотностях происходит так называемая *нейтронизация*. Предполагается, что в отличие от обычных звезд и белых карликов, нейтронные звезды представляют собой *не газовый, а жидкий шар*, обладающий сверхтекучестью. Причем нейтронная жидкость ограничена железной сферой как кристаллической корой. Процесс очень сильного и быстрого сжатия приводит к мощному разогреву таких звезд и, как следствие, к колоссальному увеличению светимости – до 10^{10} светимости Солнца. Такая вспышка длится недолго (несколько недель). Затем светимость резко падает, и звезда постепенно становится невидимой. Вещество бывшей звезды, обогащенное тяжелыми элементами, рассеивается под действием сил тяготения в средней плоскости галактики. Из этих остатков звезды могут возникать новые звезды. Они будут содержать больше тяжелых элементов, чем звезды старые. Наблюдения за составом звезд этот вывод подтверждают

Черные дыры. Теория показывает, что если масса ядра при вырождении звезды превышает $3m_{\odot}$, то ничто не может препятствовать его сжатию. Наступает так называемый *гравитационный коллапс*, приводящий к возникновению ядра неограниченно малых размеров и неограниченно высокой плотности. При этом силы тяготения возрастают настолько, что даже свет поглощается возникшей черной дырой. Черные дыры пока не обнаружены. Это гипотетический феномен.

Общее число звёзд в Метагалактике оценивается величиной 10^{20} . Чаше всего это звёзды уступают по массе и светимости Солнцу, но по

устройству напоминают его. Яркие звёзды-гиганты встречаются редко, белые карлики составляют около 1,0%, нейтронные звезды – около 0,01%, чёрных дыр, по-видимому, не должно быть больше 0,1%.

Правда, в начале 1970 годов С. Хоукинг (США) теоретически обосновал возможность появления во Вселенной и частичного сохранения до наших дней так называемых первичных чёрных дыр – продукта «Большого взрыва». Высказывается предположение, что фоновое излучение вызывается испарением этих дыр и возможный верхний предел их числа оценивается величиной 300 первичных чёрных дыр на один кубический световой год (если все дыры находятся внутри галактик).

Общая характеристика Галактик.

Существование галактик стало известно во второй половине XVIII века, благодаря исследованиям английского астронома В.Гершеля. Он впервые выделил на небосводе большой круг, при приближении к которому с любой стороны число звезд возрастает и достигает максимума на самом круге. Речь шла о нашей Галактике. Однако это предположение подтвердилось лишь тогда, когда были обнаружены космические объекты, находящиеся за пределами Галактики.

К пониманию того факта, что во Вселенной наша Галактика не является единственной звездной системой, что таких систем много и что при их принципиальном сходстве существует огромное количество различий, астрономия шла медленным и трудным путем. По аналогии с галактиками, сходными с нашей по звёздному составу, наша звёздная система в плане должна иметь спиралеобразную форму, похожую на ту, что показана на рисунке 2.3.

В 1953 году французский астроном Жераром Вокулер открыл сверхсистему галактик, обнаружив, что существует некий большой круг, перпендикулярный галактическому экватору, в направлении к которому концентрация ярких галактик возрастает. Слабые галактики такую закономерность не проявляют. Таким образом, не все галактики входят в *сверхсистему* и потому *сверхсистема* – это не Метагалактика.

Тем не менее, сверхсистема представляет собой очень важный элемент структуры Вселенной. Число галактик, формирующих её, исчисляется многими десятками тысяч и, возможно, даже достигает сотни тысяч. Сверхсистема сильно сжата, примерно 1:5, в направлении нормальном к её плоскости, что указывает на её вращение. Здесь важно отметить, что обычных скоплений галактик с заметным сжатием не наблюдается. Центр сверхсистемы находится в созвездии Девы, которое рассматривается как ядро. Диаметр этого диска оценивается в 30 Мпк. Наша Галактика находится ближе к его краю и отстоит от него на $(2 \div 4)$ Мпк.

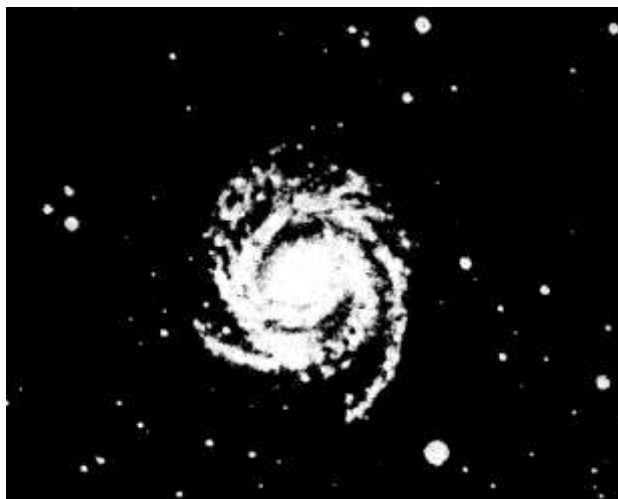


Рис. 2.3. Галактика NGC 6814 (в плане), сходная с нашей галактикой [Агекян, 1981].

Развитие представлений о сверхсистеме привело Вокулера к предположению, что слабые галактики, не входящие в неё, формируют свою соседнюю сверхсистему.

Созвездие Девы, рассматриваемое Вокулером как центр сверхсистемы ярких галактик, привлекло внимание астрономов в связи с эффектом так называемой «гравитационной линзы». Этот эффект был предсказан еще А.Эйнштейном. Он состоит в том, что мощные гравитационные поля могут настолько сильно изменять направление светового луча, что создают некий мираж – двойное или даже многократное изображение одного объекта. Впервые это явление было зафиксировано в 1979 г. Позже число таких «гравитационных линз» увеличилось еще на пять. В марте 1986 г. вблизи созвездия Девы с помощью четырехметрового оптического телескопа астрономы Принстонского университета обнаружили присутствие совершенно гигантской невидимой массы, гравитация которой равна *гравитации тысячи больших галактик*. Свидетельством существования такого объекта является двойное изображение очень далекого квазара, находящегося на самом краю Метагалактики. Угловое расстояние между этими изображениями около 2,5 минут, что почти в 30 раз больше, чем гравитационный эффект во всех ранее наблюдаемых случаях (рис.2.4). Специалисты считают, что это открытие может перевернуть все наши представления о Вселенной.

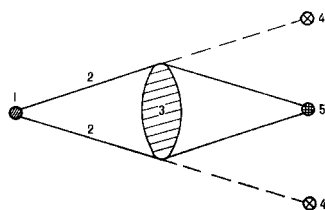


Рис. 2.4. Иллюстрация эффекта «гравитационной линзы»

1 – Земля; 2 – траектория световых лучей; 3 – «гравитационная линза»; 4 – кажущееся положения квазара; 5 – действительное положение квазара.

Общий вывод:

- Структура Вселенной представлена комбинациями разного рода групп.
- Звезды образуют многочисленные коллективные члены, входящие в состав галактик и формируют звездные скопления.
- Галактики объединены в сверхсистемы. Из них построена Метагалактика.
- Если окажется, что Метагалактика не единственна, то она будет какое-то время рассматриваться как наиболее крупная структурная ячейка Вселенной.
- Не исключено, что одно из фундаментальных свойств природы – это свойство формировать группы из объектов близкого масштаба с определенным родственным набором качеств. Если это так, то подобного типа структуризацию вещества мы увидим и на таком небольшом космическом теле как Земля.

2.3. Строение нашей Галактики.

Основные понятия.

1. **Спираль Архимеда** – кривая, описываемая точкой, движущейся с постоянной скоростью V по лучу, вращающемуся около полюса O с постоянной угловой скоростью ω . Кривая состоит из двух лучей, расположенных симметрично относительно оси Ox (см. Справочник по математике).
2. **Логарифмическая спираль** – кривая, пересекающая все лучи, выходящие из одной точки O под одним и тем же углом α (см. Справочник по математике).
3. **Квази** – как будто бы, почти, близко (лат. quasi).

Общая структура.

Наша Галактика представляет собой типичную звездную систему с массой около 10^{12} масс Солнца. Она находится в состоянии *квазидинамического равновесия*. Её эволюционная устойчивость поддерживается процессами перемешивания звезд при их движении в общем гравитационном поле системы.

Галактика напоминает сильно сжатый диск, имеющий экваториальную плоскость симметрии и ось симметрии, проходящую через ее центр нормально к плоскости. Чёткой резко очерченной границы у Галактики нет. В известной мере она условна и её поведение, а значит и размеры, зависят от принимаемых условий. Представление о нашей Галактике может дать рис.2.5.

Наибольшая звездная плотность (число звезд на 1 пк^3) приходится на центральные области Галактики. Здесь она достигает нескольких единиц. Если границу проводить по плотности $1 \cdot 10^{-3}$ звезд/ пк^3 (условие, принятое в современной астрономии), то диаметр Галактики составит около 30 кпк, а

толщина – 2,5 кпк. Солнце находится почти точно на плоскости симметрии и отстоит от центра приблизительно на 10 кпк, т.е. на расстоянии около $2/3$ радиуса Галактики. Число звезд в нашей Галактике оценивается примерно в 10^{11} (100 млрд. самых разных «солнц»).

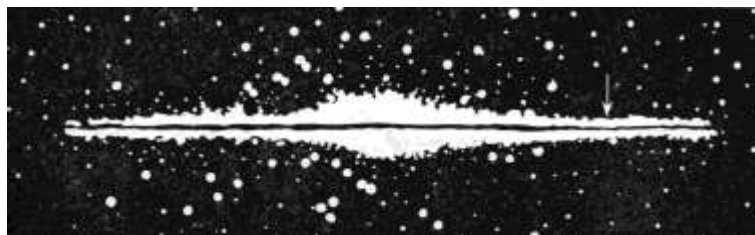


Рис.2.5. Современные представления о галактической системе.

Галактика показана с ребра; черная полоса соответствует галактической плоскости; стрелкой показано положение Солнца (по Лукасу Плауту)

Галактика имеет сложную внутреннюю структуру. В ней существуют различного рода коллективные члены, например, двойные звезды, рассеянные звездные скопления, содержащие от нескольких десятков до нескольких сот и даже до 2000 звёзд (см. рис.2.6).

Очень крупными коллективными членами Галактики являются шаровые звёздные скопления, объединяющие сотни тысяч, иногда миллионы звезд. Совокупность этих скоплений образует что-то наподобие сферической системы, которая проникает в Галактику и окружает её. Сами шаровые скопления располагаются симметрично по отношению к центру Галактики.



Рис. 2.6. Скопление Плеяды (семь звезд). Старинное русское название Стожары – семь сестёр. Находится в созвездии тельца.

Светлые круги вокруг звёзд обусловлены несовершенством фотографической системы. Кроме ярких звезд, видимых невооруженным глазом, к этому скоплению относятся более 100 звезд (Из книги Р. Киппенхана [1990])

К коллективным членам относятся ещё звёздные ассоциации, открытые советским академиком В.А. Амбарцумяном. Это гнёзда звёзд-гигантов, состоящие из двух-трех десятков таких звёзд. Подобные ассоциации занимают огромные объёмы – в несколько десятков и сотен парсек. В них включены и звезды-карлики и звезды средней светимости, но именно гиганты составляют суть этих коллективных членов.

Звездная эволюция Галактики.

Эволюция галактик стимулирует процессы разрушения старых звезд в области их ядра, где плотность звезд наиболее высока. Газопылевые структуры этого разрушения накапливаются в центре и образуют быстро вращающийся ядерный диск. Когда накопившееся в диске вещество перестает удерживаться гравитационным полем ядра, оно отрывается от диска и распространяется в галактике. С этого момента у галактик формируется выделенная плоскость, и они из эллиптических звездных систем преобразуются в спиральные.

Истечение газа и пыли из ядер галактик происходит в отдельных точках, число которых не превышает четырех. Выброшенное вещество образует систему струйных потоков, которые вращением диска закручиваются в *спирали Архимеда* [Баренбаум, 2002].

Выброс вещества из ядра нашей Галактики начался более 5 млрд. лет назад. В настоящее время газопылевая материя непрерывно истекает из двух, вероятно, диаметральных точек ядерного диска. Темп истечения этого вещества на протяжении последних 3,6 млрд. лет в среднем составлял около 8,8 масс Солнца в год.

Наряду со струйными потоками, закрученными в спираль архимедова типа, у галактик имеется еще одна система ветвей, отвечающая уравнению *логарифмических спиралей*. Эти спиральные ветви обязаны своим существованием электромагнитному полю галактик [Баренбаум, 2002].

Наша Галактика обладает четырьмя такими ветвями. Они наклонены к плоскости струйных потоков архимедова типа под углом около 20° , одинаково закручены и берут начало из четырех диаметрально противоположных точек центрального кольца.

Выброшенное из центра Галактики вещество близко по составу к солнечному. Двумя расходящимися веерообразными потоками оно распространяется в галактической плоскости, где конденсируется в газопылевые облака, кометы и звезды. Процессы газоконденсации и звездообразования наиболее интенсивно протекают в местах пересечения струйных потоков с логарифмическими спиралями. Это происходит благодаря электромагнитному полю, которое частично задерживает и

увлекает за собой ионизированный газ и пылевые частицы струйных потоков. Такие места являются в спиральных галактиках основными областями звездообразования [Баренбаум, 2002].

При вращении Галактики области звездообразования меняют своё положение, перемещаясь по спиральным ветвям.

Рождающиеся в местах звездообразования объекты ведут себя по-разному. Те, которые возникают главным образом из вещества галактических струй, продолжают свое движение в радиальном направлении и за время приблизительно 10^8 лет покидают видимые пределы Галактики. Другие образуются в основном из газа и пыли, которые накоплены в логарифмических спиралях. Они наследуют тангенциальную скорость вещества этих ветвей и после конденсации остаются в Галактике, со временем приобретая самостоятельные орбиты. К таким объектам относится и наше Солнце.

Общий вывод:

развитие Галактики связано с истечением вещества из её центра и определяется особенностями её структуры по спиралям архимедова и логарифмического типов

2.4. Солнечная система.

Основные понятия.

1. **Солнечная система** – включает в себя Солнце и всё, что находится в поле его тяготения (9 планет, их спутники, астероиды, метеориты, метеоритная пыль и кометы). См. рис. 2.7 и табл.2.1
2. **Планеты** – небесные тела, движущиеся вокруг Солнца и светящиеся его отраженным светом.
3. **Спутники планет** – небесные тела, движущиеся вокруг планет и сопровождающие их в движении вокруг Солнца. Спутник Земли – Луна.
4. **Астероиды** – название происходит от двух греческих слов: aster – звезда и eidos – вид и трактуется как малая планета.
5. **Альbedo** – характеристика отражательной способности поверхности тела: отношение потока излучения, рассеиваемого поверхностью, к потоку, падающему на нее. Альbedo Земли составляет около 0,4.
6. **Метеориты** – тела, падающие на Землю из космического пространства. В качестве синонимов существуют термины «аэролиты», «метеорные камни», «болиды», «падающие звезды».
7. **Метеоритная пыль** – микрометеориты, падающие на Землю частицы размером около 3-4 мк (1 мк = 0,0001 см). Проходят через земную атмосферу без заметного испарения. См. рис. 2.9.
8. **Кометы** – небесные тела, состоящие из туманного пятна, называемого головой и имеющего обычно яркое ядро и одного или нескольких хвостов в виде серебристой полосы света. В переводе с греческого, слово комета означает – «звезда с хвостом». См. рис 2.10.

9. **Аккреция** – процесс падения вещества на космическое тело из окружающего пространства (от лат. *accrētio* – приращение, увеличение).
10. **Сублимация** – возгонка, переход вещества из кристаллического состояния непосредственно (без плавления) в газообразное.

Общая характеристика.

Все планеты вращаются вокруг Солнца в одном направлении и, кроме Меркурия и Плутона, по орбитам близким к круговым. При этом плоскости их орбит практически совпадают (с точностью до нескольких градусов). Достаточно тонкие измерения показывают, что орбиты планет фактически являются эллипсами. Орбиты Меркурия и Плутона имеют более выраженную, чем у остальных планет, эллиптическую форму и к средней плоскости других орбит заметно наклонены.

Большинство планет вращается вокруг своих осей в направлении, совпадающем с их движением вокруг Солнца. Исключениями являются Венера и Уран. Венера вращается в противоположную сторону, а ось вращения Урана почти лежит в плоскости его орбиты. Основная информация по Солнечной системе даётся в табл.2.1.

Приведённые в таблице цифры не являются константами, а лишь характеризуют с закономерно построенный, но *вечно меняющийся мир*. Количественная же оценка этой изменчивости чрезвычайно сложна не только в техническом, но и в теоретическом отношении. Например, скорость современного удаления Луны от Земли, равную 3,8 см/год, удалось измерить только с помощью лазерной локации, анализ же наблюдений по затмениям за исторический период даёт цифру 4 см/год. Прогноз этой величины в будущее и реконструкция в прошлое уже опирается на ряд теоретических допущений и во многом зависит от того, какие взгляды положены в основу представлений о происхождении Луны, её возраста и т.д.



Рис. 2.7. Схема Солнечной системы [Интернет]

Таким образом, Солнечная система в своих параметрах подвижна,

однако общие закономерности в её структуре и функционировании всё же прослеживаются довольно чётко. И здесь уместно подчеркнуть принципиальную особенность раскрытия тайн мироздания. Классики науки сознательно идеализировали мир и поэтому находили его фундаментальные законы. Они избавлялись от частных, а иногда просто их не знали, и потому видели лишь главное. По современной терминологии они строили *фундаментальные модели* мировых явлений и процессов.

Сегодня известно, что чем сложнее реальная система, тем серьезнее она упрощается в моделях. Эту особенность познания ярко изобразил один из крупнейших советских физиков Я.И. Френкель (1894-1952), который писал, что исследователь

«...подобен художнику-карикатуристу... Хорошая теория сложных систем должна представлять лишь хорошую «карикатуру» на эти системы, утрирующую те свойства их, которые являются наиболее типическими, и умышленно игнорирующую все остальные – несущественные свойства».

Таким образом, гениальность классиков науки заключалась в их умении выделять в сложных природных явлениях наиболее характерные черты.

Таблица 2.1
Общая характеристика Солнечной системы

Солнце Планеты Луна	Средний радиус км	Среднее расстояние от Солнца млн. км	Период обращения по орбите	Число спутников	Масса кг
Солнце	695000	–	275млн. лет	9 планет	$1,98 \cdot 10^{30}$
Внутренняя группа планет					
Меркурий	2440	57,9	88 сут	0	$3,28 \cdot 10^{23}$
Венера	6129	108,2	224,7 сут	0	$4,83 \cdot 10^{24}$
Земля	6378	149,6	365,26 сут	1	$5,98 \cdot 10^{24}$
Марс	3387	227,9	687 сут	2	$6,37 \cdot 10^{23}$
Внешняя группа планет					
Юпитер	71400	778,3	11,86 лет	17	$1,90 \cdot 10^{27}$
Сатурн	60000	1427	29,46 лет	17	$5,67 \cdot 10^{26}$
Уран	25900	2870	84,01 лет	15	$8,80 \cdot 10^{25}$
Нептун	24750	4497	164,8 лет	2	$1,03 \cdot 10^{26}$
Плутон*	2900	5900	247,7 лет	1	$6 \cdot 10^{22}$
Луна	1740	–	29,5 сут	–	$7,34 \cdot 10^{22}$

*Плутон – наименее изученная из всех планет Солнечной системы. Открыта в 1930 году американским астрономом Клайдом Томбо на основании расчётов Персиваля Ловела. Считался планетой с 1930 по 2006 годы. Позже его статус стал дискуссионным. Это карликовая планета. По последним данным её размеры меньше Земли в 4 раза.

Основные законы строения и функционирования.

Они получены на эмпирических материалах и, по существу, являются индуктивными правилами.

Правило Титуса-Бодде.

$$r = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n, \quad (2.1)$$

где r – расстояние планет от Солнца, а. е. (астрономическая единица, равная расстоянию от Земли до Солнца – $149,6 \cdot 10^6$ км) Показатель степени n для каждой планеты имеет свое значение.

Планета	n
Меркурий	$-\infty$
Венера	0
Земля	1
Марс	2
Юпитер	4
Сатурн	5
Уран	6
Плутон	7

Нетрудно видеть, что у правила Титуса–Бодде есть некоторые исключения:

- $n = 3$ не даёт планеты, хотя на определяемом им расстоянии $r = 0,4 + 0,3 \cdot 2^3 = 2,8$ обнаружен пояс астероидов, представляющих собой частицы и тела до нескольких сотен километров, с общей массой около 0,1 % от земной;
- для планеты Нептун, расположенной между Ураном и Плутоном, параметр n является не целым, а дробным числом. При $r = 30,06$ а.е. (фактическое значение для Нептуна) значение $n \cong 6,63$

Пояс астероидов не является исключением категорическим, поскольку рассматривается либо как скопление вещества, ещё не сформировавшегося в планету (если предполагать ее «холодное начало» по модели аккреции), либо как продукт распада некогда существовавшего планетарного тела (может быть, нескольких тел).

Нептун же является серьезным исключением. Но зададим себе вопрос: исключением из чего? Из правила, что n – целые положительные числа. Но тогда планета Меркурий тоже попадает в исключение, да еще более сильное, чем Нептун, так как для Меркурия n – вообще не число, да еще и со знаком минус.

Очевидно, что если пронумеровать планеты: Венера – 1, Земля – 2, Марс – 3 и т. д., то без Меркурия и Нептуна закон Титуса–Бодде может быть записан в форме

$$r = 0,4 + 0,3 \cdot 2^{n-1}, \quad (2.2)$$

в которой второй член правой части есть выражение для геометрической прогрессии.

И тогда начало отсчета n резонно сместить на величину 0,4 а. е. от Солнца, т. е. правило Титуса–Бодде использовать от планеты Меркурий, а. е.

$$r_m = 0,3 \cdot 2^{n-1} \quad (2.3)$$

Но это уже будет закон геометрической прогрессии, который может претендовать на фундаментальность в описании структуры Солнечной системы, на фундаментальность с исключениями. Сочетание понятий фундаментального и исключений не должно смущать, так как мы уже знаем, что степень «карикатурности» правила, растёт по мере увеличения сложности системы, для которой оно записывается. Вспомним только что упоминавшиеся исключения в направлении вращения планет, в наклоне их орбит и осей, в форме орбит. Это ведь тоже характеристики (хотя и качественные) пространственной структуры Солнечной системы.

Таким образом, в устройстве Солнечной системы есть некоторые закономерности, определяющие относительный порядок в размещении планет и их ориентации. Однако в этом порядке всегда существуют исключения. Наверное, лучше говорить не о том, что закономерность существует, а о том, что она как будто бы существует, что закономерность есть, и в то же время ее нет.

Законы Кеплера. Все элементы Солнечной системы находятся в движении. Поэтому её изучение естественным образом привело к открытию *кинематических законов*. Они носят имя Иоганна Кеплера, превратившего астрономические наблюдения Тихо Браге в ясную и строгую математическую конструкцию. Здесь хочется подчеркнуть одно обстоятельство методологического плана, иллюстрирующее логику научного поиска. Теория Н. Коперника, его гелиоцентрическая система, вызвала много возражений и вопросов, поскольку с позиций современных ей требований она была действительно научной теорией, отвечая условию фальсифицируемости (см. гл.1). Именно этот факт оказался причиной тщательнейших астрономических наблюдений Тихо Браге, не принявшего систему Н. Коперника и пытавшегося её опровергнуть, но давшего в итоге тот материал, который эту систему подтвердил и привел к законам И. Кеплера.

Первый закон. Каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.

Второй закон. Радиус-вектор между Солнцем и планетой описывает равные площади ΔS в равные промежутки времени Δt . По существу, речь идет об установлении для Солнечной системы некой кинематической константы

$$\Delta S / \Delta t = \text{const.} \quad (2.4)$$

Иногда этот закон называют законом равных площадей (рис. 2.8)

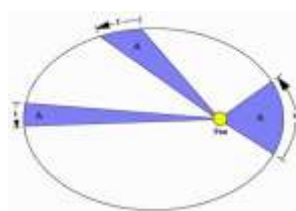


Рис. 2.8. Иллюстрация ко второму закону Кеплера (Интернет).

Третий закон.

$$R^3/T^2 = \text{const}, \quad (2.5)$$

где R – радиус орбиты как половина суммы самого короткого и самого большого расстояний от Солнца до планеты; T – период вращения.

Современные измерения орбит и периодов дают $R^3/T^2 = 3,35 \cdot 10^{18} \text{ м}^3/\text{с}^2 = K$ – постоянная Кеплера (с точностью до второго знака, в третьем знаке уже заметны отличия).

В силу правила «карикатурности» два первых закона вступают в противоречие с третьим, в котором орбиты планет упрощаются до окружностей. Тем не менее, законы И. Кеплера являются основой кинематики Солнечной системы. Но они потому и являются *кинематическими законами, что описывают движение планет, не объясняя его причин*. С их помощью можно предсказать, где находится планета в то или иное время. И не более. В этом смысле кинематические методы И. Кеплера, основанные на *гелиоцентрической концепции* Н. Коперника, мало чем отличаются от схемы Птолемея, опиравшейся на *геоцентрическую идеологию*, тем более, что обе схемы достаточно точны. Для задач кинематики они правомерны, так как у них различна только система координат. Я специально обращаю внимание на последнее обстоятельство, чтобы еще раз *подчеркнуть, что факт хорошей верификации теории, факт совпадения теоретического предсказания с наблюдением, вообще говоря, не является доказательством безупречности положенной в основу научной идеологии*. Он свидетельствует лишь об объективности разработанной модели и её правомерности для прикладных задач. Но, как видно на этом примере, *объективность ещё не означает физической истинности*, во всяком случае, в кинематике, где выбор системы координат диктуется соображениями удобства, и только.

А вот законы динамики не безразличны к выбору системы отсчёта и в этом смысле ограждают нас от произвола в принятии космогонической идеологии. И потому для закона Всемирного тяготения И. Ньютона приемлемыми оказались лишь гелиоцентризм Н. Коперника и законы Кеплера.

Напомним, что первый закон инерции, по которому тело без воздействия на него силы движется равномерно и прямолинейно, хотя формально и выводится из второго закона (*при силе $F = 0$ ускорение $a = dv/dt = 0$*), все же был сформулирован И. Ньютоном отдельно в качестве постулата существования *инерциальной системы*. К тому же этот закон как частный случай закона сохранения импульса подразумевает однородность пространства (равноправие всех его точек) в любой инерциальной системе отсчета. Законы сохранения импульса, момента импульса, энергии для замкнутых систем, являющиеся следствием второго закона. Кроме того, они предполагают изотропность пространства и однородность

времени.

Таким образом, я напоминаю вам известный факт, что

законы динамики справедливы только для такой системы отсчета, в которой пространство является однородным и изотропным, а время – однородным. Такие системы называются инерциальными.

С помощью различных простых опытов (маятник Фуко, отклонение движения свободно падающего по вертикали тела и др.) доказано, что *геоцентрическая система* (система отсчета, координатные оси которой жестко связаны с Землей – вращаются с ней) *является в строгом понимании системой неинерциальной*, хотя ее отклонения от инерциальности для большинства прикладных задач невелики. Для небесной же механики использование геоцентрической системы отсчета является уже криминалом. *Требованиям инерциальности полностью отвечает гелиоцентрическая система:*

- *ее центр – Солнце, а координатные оси направлены на звезды, жестко перемещающиеся с так называемой небесной сферой, т. е. как бы «вмороженные» в нее и потому неподвижные относительно Солнца (координатные оси не участвуют во вращении Солнца).*

Закон всемирного тяготения, найденный И. Ньютоном, не только опирался на гелиоцентризм Н. Коперника, но оказался тесно связанным с третьим законом И. Кеплера. Полезно показать возможный вариант выводов Ньютона.

1. Планета, двигающаяся равномерно по круговой орбите вокруг Солнца, развивает центростремительное ускорение

$$a = 4\pi^2 R / T^2. \quad (2.6)$$

2. Центростремительная сила, действующая на планету, в соответствии со вторым законом

$$F = ma = 4\pi^2 Rm / T^2, \quad (2.7)$$

где m – инерционная масса планеты.

3. Из третьего закона И. Кеплера

$$T^2 = R^3 / K, \quad (2.8)$$

где K – постоянная Кеплера.

$$F = 4\pi^2 Km / R^2 \quad (2.9)$$

4. Множитель K , по И. Кеплеру, является постоянным для любой планеты, с любой массой и любым радиусом орбиты. Отсюда следует, что в *Солнечной системе эта константа зависит только от свойств Солнца как источника силы F* . Предположив (**первым!**), что эта сила является гравитационной и

потому зависит от количества вещества в данном источнике, И. Ньютон мог записать

$$4\pi^2 K = Gm_c, \quad (2.10)$$

где G – коэффициент пропорциональности между массой Солнца m_c и величиной $4\pi^2 K$, определяемой константой Кеплера.

5. Далее следует формула закона тяготения

$$F = Gm_c m / R^2. \quad (2.11)$$

Из формулы (2.10) нетрудно найти значение величины G , называемой *постоянной тяготения*, при $K = 3,35 \cdot 10^{18} \text{ м}^3/\text{с}^2$; $m_c = 1,98 \cdot 10^{30} \text{ кг}$.

$$G = 4\pi^2 K / m_c \cong 0,667 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3/(\text{с}^2 \cdot \text{кг}). \quad (2.12)$$

Закон всемирного тяготения может быть получен и другими способами. Приведенной схемой я лишь хотел проиллюстрировать его связь с законами И. Кеплера, связь, которая была доказана ещё И. Ньютоном.

Для Солнечной системы закон тяготения работает почти безупречно. Единственная планета, расчетная орбита которой, хотя и незначительно, но всё же заметно отличается от наблюдений, это Меркурий. Общая теория относительности, разработанная А. Эйнштейном, позволила это исключение ликвидировать. Она была построена на механике Ньютона, так же как механика Ньютона на работах Н. Коперника, Г. Галилея и И. Кеплера.

При решении своих задач геология чаще всего сталкивается с действием сил гравитации, причем не только земного, но и космического происхождения. Роль последних в геологической истории Земли мы только начинаем осознавать. Лишь постепенно приходит понимание того, что наблюдаемые геологические процессы, такие как землетрясения, вулканическая деятельность, работа рек, морей и т. д., это лишь следствия каких-то общих и фундаментальных законов, управляющих развитием Вселенной, что геологическую историю Земли творят не эти процессы, что они лишь следствие тех изменений, которые происходят во Вселенной. А это означает, что механика Ньютона, на которую, по существу, и опирается геология, вообще говоря, не исчерпывает её задачи. И здесь мы вынуждены обратиться к проблеме пространства-времени.

У И. Ньютона пространство и время независимы и абсолютны. В теории тяготения А. Эйнштейна свойства пространства и времени не есть субстанции, заданные раз и навсегда, они определяются находящимися в них телами. Поэтому, чтобы развивать свою науку, геолог и геофизик

должны не только представлять устройство Солнечной системы, Галактики, Метагалактики, но и вникать в суть законов, управляющих развитием Вселенной, ясно понимать, какие из них они использует в геологических исследованиях, представлять себе границы и правомерность этого использования.

Я привел самую общую информацию о планетах Солнечной системы (см. табл. 2.1) и более подробно остановился на законах, которыми может быть описана ее структура, кинематика и динамика движения планет. Более подробные сведения о планетах, в том числе о Венере, Марсе, Уране, а также о спутнике Земли – Луне, по которым в последние годы накоплена уникальная информация с помощью советских и американских космических станций и кораблей, вы можете получить самостоятельно, обратившись к рекомендованной по данной теме дополнительной литературе.

Астероиды, метеориты и кометы.

Астероиды. Большая их часть находится в так называемом астероидальном кольце между орбитами Марса и Юпитера на расстояниях 2,3–3,3 а. е. от Солнца (см. рис 2.7). Зону астероидов иногда называют «каменноломней Солнечной системы», желая тем самым подчеркнуть представление о её генезисе. Имеется в виду процесс непрерывного дробления, механического распада и вообще деградации небесных тел в этой области Солнечной системы в результате их соударений. По своим массам, форме и составу астероиды весьма разнообразны, хотя информация по этим параметрам до сих пор основывается лишь на косвенных данных. Большинство астероидов имеет неправильную форму, и лишь наиболее крупные из них – шарообразную. Самые большие астероиды – Церера, Паллада и Веста – достигают в поперечнике соответственно 770, 490, 385 км. По значениям альбедо астероиды делятся на С-астероиды (с характерными альбедо $< 0,05$) и S-астероиды (с характерными альбедо $> 0,09$). Первые близки по составу к углистым метеоритам, вторые – к железокосмохимическим. С-астероиды преобладают во внутренней части астероидального пояса, S-астероиды – во внешней. Таким образом, можно говорить о некоторой космохимической закономерности:

состав астероидов зависит от гелиоцентрического расстояния.

В настоящее время по фотометрическим показателям прослеживается значительное сходство между материалом, из которого построены астероиды и метеориты. Это даёт основание *рассматривать астероиды как источник метеоритов* и реконструировать по метеоритам их минеральные, структурные и химические особенности. В отличие от

астероидов метеориты доступны для прямых исследований.

Метеориты. По метеоритам накоплена огромная и разнообразная информация. Их возраст, за редким исключением, оценивается в 4,6 млрд. лет, т. е. совпадает с оценками по возрасту Земли и Луны.

Это обстоятельство дает основания считать, что в реконструкции истории возникновения Солнечной системы в значительной мере можно рассчитывать на метеориты.

В любом метеорите выделяются три основные фазы:

- силикатная (каменная),
- металлическая (железо-никелевая) и
- сульфидная (троилитовая. Троилит – минерал FeS. На Земле редок).

Другие фазы имеют подчиненное значение. В метеоритах обнаружено до 70 минералов. Среди них присутствуют и важнейшие породообразующие: *оливин, пироксены, плагиоклазы (см. материалы практических занятий)*. Однако средний состав метеоритов по своему разнообразию существенно уступает среднему химическому составу земной коры. Свыше 90 % их массы представлено соединениями лишь из четырех элементов – O, Fe, Si, Mg. В то же время в метеоритах присутствуют минералы, не известные на Земле.

Наиболее часто встречаются каменные метеориты – 92,7 % находок; на втором месте – железные, 5,6%; на третьем – железокаменные, 1,3%. Из каменных, а значит из всех метеоритов, самыми распространенными являются хондриты – 82,4%. Они представляют собой недифференцированное вещество, а потому, по мнению специалистов, наиболее полно отражают первичные процессы, определявшие формирование твердых тел в Солнечной системе. Термин «хондриты» обязан Густаву Розе (1864 г.) и связан с тем, что эти метеориты состоят из *хондр – сферических образований разных размеров (от долей миллиметра до нескольких миллиметров в диаметре) силикатного состава, создающих зернистую и крупчатую структуру*.

Каждый год на Землю падает около 2000 метеоритов со средней массой в 100 кг. Очень крупные метеориты оставляют на поверхности Земли следы в виде огромных кратеров. Пример такого кратера показан на рис.2.9.

Кроме метеоритов Земли получает большое количество *метеоритной пыли* (см. рис. 2.10) около $2 \cdot 10^9$ кг, что превышает вклад в прирост массы Земли от крупных метеоритов почти в 10^4 раза.

По метеоритам, и хондритам в особенности, существует огромная литература.



Рис. 2.9. Метеоритный кратер Барринджера близ Уинслоу.
Аризона [Струве и др., 1967].

Диаметр около 1200 м, глубина – 175 м. Вал возвышается над поверхностью пустыни примерно на 37 м. Внутри и вокруг кратера обнаружены осколки никелистого железа. Считается, что основная часть метеорита находится на 400 м ниже южного вала кратера.



Рис. 2.10. Микрофотография метеоритной пыли [Струве и др., 1967].

Кометы – это космические тела, происхождение, состав и структура которых до сих пор вызывают острые дискуссии.

В 1950 г. голландский астроном Ян Хендрик Оорт предложил гипотезу, по которой существует гигантское кометное облако (облако Оорта),двигающееся вокруг Солнца по орбите со средним радиусом около одного светового года ($\sim 10^{13}$ км). Наблюдаемые кометы – тела этого облака, отделившиеся от него под действием внешних возмущений и попавших в поле тяготения Солнца. Период их обращения обычно меньше 200 лет (например, для кометы Галлея ~ 76 лет), хотя встречаются и кометы с периодом в миллионы лет. К настоящему времени зарегистрировано около 700 комет с диаметром ядра от 0,5 до 75 км. Ежегодно регистрируется около 5 комет.

Предполагается, что их ядра состоят на 75 % из льда и на 25 % из пыли и каменного материала. При этом лёд сосредоточен в центральной части, а пылевое вещество формирует поверхность ядра. При подходе к Солнцу на расстояние в 3 а. е. (около 450 млн. км) нагрев поверхностного слоя становится достаточным для того, чтобы началась *сублимация* подповерхностного слоя льда. Таким образом, формируется хвост кометы (кома). Позже под воздействием солнечной радиации возникает второй плазменный хвост. Изложенные взгляды в основном связаны с работами американского астронома Ф. Уипла и разделяются далеко не всеми учеными. Источником старых комет является протопланетное вещество, новых – зона распадающихся планет. По существу это карликовые планеты, обладающие в отличие от больших планет не внутренней, а внешней активностью, связанной с воздействием Солнца.



Рис. 2.11. Комета Мркоса. 1957 г. [Струве и др. 1967]

Исследованию комет уделяется большое внимание, иллюстрацией чего может служить реализация международной программы по изучению кометы Галлея. В ней принимало участие около 900 астрономов из 47 стран и было запущено 8 специально оборудованных космических кораблей: 2 – СССР, 2 – Японией, 1 – Европейским космическим агентством, 3 – США. Вот блестящий пример мирового сотрудничества.

Общий вывод:

Земля в структуре Солнечной системы «живёт» по законам Кеплера и Ньютона. В её формировании принимают участие метеориты и метеоритная пыль.

2.5. Земля. Планетарная характеристика.

Основные понятия.

1. **Шар** – часть, пространства, ограниченная сферой.
2. **Сфера** – замкнутая поверхность, все точки которой равно удалены от центра.
3. **Эллипсоид вращения (сфероид)** – шар, сжатый у полюсов
4. **Трехосный кардиоидальный эллипсоид** – сфероид, который имеет различные полярные и экваториальные оси (кардиоид – от лат. *kardia* – сердце).
5. **Прецессия Земли** – медленное движение оси вращения Земли по круговому конусу, ось симметрии которого перпендикулярна к плоскости эклиптики, с периодом полного оборота около 26 000 лет.
6. **Эклиптика** – большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое годовое движение Солнца, точнее – его центра. Так как это движение отражает действительное движение Земли вокруг Солнца, то эклиптику можно рассматривать как сечение небесной сферы плоскостью орбиты Земли. *Название «эклиптика» происходит от лат. слова *ecliptica* – затмение.* Плоскость эклиптики пересекает 12 созвездий, которые называются созвездиями зодиака. Она служит основной плоскостью в эклиптической системе небесных координат.
7. **Нутация Земли** – небольшие колебания земной оси, вызываемые некоторыми особенностями притяжения Луной и накладывающиеся на её прецессионное движение.

Геометрические модели.

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий. Например, что значит средняя высота Европы, равная 300 м, или Азии, равная 950 м, или их наибольшие высоты над уровнем моря (Монблан 4807 м, Джомолунгма 8848 м) в сравнении, скажем, с длиной береговой линии этих материков, равной соответственно 38 и 62 тыс. км.

Поэтому при геометризации поверхности Земли в целом эти детали исчезают, мы можем их изобразить лишь в каких-то условных, внемасштабных обозначениях. Обычно это цветовая шкала, наложенная на принципиально упрощенную поверхность, описание которой связано с целым рядом геометрических и физических допущений.

В зависимости от их характера, диктуемого, как правило, задачами, которые предполагается решать, строят различные *геометрические модели Земли*. Подчеркнем только, что если выбирается геометрическая форма, то этот выбор влечет за собой конкретные физические допущения, т. е. происходит обязательное *офизичивание* геометрической модели. Если же первичной является физическая модель, то она обязательно «геометризируется».

Шар. Это простая и самая совершенная форма с точки зрения симметрии. Но чтобы эта форма была гравитационно устойчива, приходится рассматривать её без вращения и допускать изометрию Земли по плотности. Если же «разрешить» этому шару вращаться, то придется постулировать его как абсолютно твёрдое и крепкое тело, во всяком случае, настолько, чтобы центробежные силы, возникающие при вращении, не нарушали бы его формы и внутреннего строения. Все эти допущения приемлемы, скажем, для задач, связанных с построением географической координатной сетки, и оправданы той простотой в решениях, которая в этом случае становится возможной. По современным оценкам радиус такого шара $R_{\text{ш}} = 6371,116$ км, а плотность $\rho = 5,52$ г/см³.

Сфероид. Это более сложная модель – фигура, возникающая при вращении уже не твердого, а вязкопластичного тела с возрастающей к центру плотностью. Такая форма, называемая еще эллипсоидом вращения, имеет два радиуса:

- полярный $R_{\text{п}}$ и
- экваториальный $R_{\text{э}}$.

В СССР в качестве эталона в 1946 г. был принят эллипсоид Ф. Н. Красовского со следующими значениями основных параметров:

- $R_{\text{п}} = 6356,863$ км;
- $R_{\text{э}} = 6378,245$ км;
- полярное сжатие $\alpha = (R_{\text{э}} - R_{\text{п}})/R_{\text{э}} = 1/298,3$.

По этим характеристикам вычисляются площадь поверхности ($5,1008 \cdot 10^8$ км²) и объем ($1,0833 \cdot 10^{12}$ км³), а также определяются длины дуг меридианов и параллелей. Модель используется для расчёта так называемой *стандартной*, или *нормальной*, *силы тяжести* на экваторе и на конкретных географических широтах. Это эталонные величины для оценки аномалий поля силы тяжести Земли (см. Гл. 4).

Наряду с эллипсоидом Ф. Н. Красовского существует стандартный земной эллипсоид Международного астрономического союза, принятый в 1976 г. Его полярное сжатие $\alpha = 1/298,257$ несколько ближе к значению, полученному на основе данных по искусственным спутникам Земли ($\alpha = 1/298,25$), которые по многим причинам значительно представительней данных наземной гравиметрической съемки, использованных Ф. Н. Красовским и А. А. Изотовым.

Работами этих исследователей была установлена *эллиптичность экватора*, выражающаяся в экваториальном сжатии

$$\varepsilon = (R_{\text{эдл}} - R_{\text{экор}})/R_{\text{эдл}} = 1/30000$$

[$R_{\text{эдл}}$ – большой радиус экватора, $R_{\text{экор}}$ – короткий радиус экватора.],

и определена долгота наибольшего меридиана $\lambda = 15^\circ$ к востоку от Гринвича. Современные исследования позволили оценить и различие

полярных полуосей (R_N – северный радиус, R_S – южный радиус):

$$R_N - R_S \cong 100 \text{ м.}$$

Таким образом, в более строгой постановке форма Земли это уже не сфероид и даже не трехосный эллипсоид, а трехосный *кардиоидальный* эллипсоид. Однако для всякого рода эталонных геофизических вычислений, для построения географической координатной сетки эта модель весьма сложна и неудобна. Поэтому ей обычно предпочитают модели сфероидов.

Геоид. Это понятие часто используют при описании формы Земли. Однако геоид – это не материальная по своей сути поверхность, хотя она в основном и совпадает с поверхностью океана и её продолжением под континенты. *Геоид – это одна из эквипотенциальных поверхностей поля силы тяжести Земли, т. е. поверхность, в пределах которой потенциальная энергия этого поля не меняется. Понятие геоида рассматривается в главе 4.*

Некоторые дополнительные характеристики.

1. Среднее расстояние от Земли до Луны – 384 400 км.
2. Длина земной орбиты – 939 120 000 км.
3. Средняя скорость движения Земли по орбите – 29,765 км/с
4. Постоянная нутация (стандартная эпоха 2000) – 9,2109".

Общий вывод:

для решения геофизических задач теории и практики используются различные геометрические модели Земли; наиболее часто при вычислениях прибегают к модели сфероида.

2.6. Открытия и поиски.

Столкновение галактик. (По материалам Натальи Сотниковой, 2007).

В середине XX века астрономы впервые обратили внимание, что галактики, близко расположенные друг к другу, имеют не стандартный вид. Этому факту не придали особого значения, поскольку наблюдательными средствами тогдашней астрономии число этих необычностей оценивалось всего лишь в 5% от нормы. Их тщательное изучение начал крупнейший советский астроном Б.А. Воронцов-Вельяминов, предложивший называть такие галактики *взаимодействующими* (1958 г.). Постепенно интерес к ним возрастал и сегодня таких «сдвоенных» звёздных систем «уродцев» обнаружено довольно много (рис. 2.12).

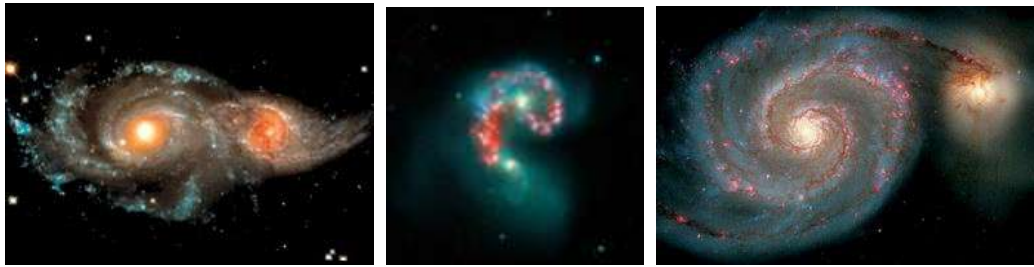


Рис.2.12. Примеры столкновения галактик

Слева: Столкновение галактик NGC 2207 и IC 2163 продолжается уже 40 миллионов лет. *В будущем их ждёт полное слияние.*

В центре: Две галактики Антенны (NGC 4038/39), расположенные на расстоянии 68 миллионов световых лет от Земли. Находятся в процессе взаимопроникновения (ранняя стадия процесса столкновения). Снимок выполнен с помощью орбитального телескопа «Хаббл» [Американское космическое агентство. 21 ноября 2006г.]

Справа: Спиральная галактика Водоворот (M51, NGC 5194/95). Ярко выражена спиральная структура. По-видимому, возникла из-за гравитационного влияния меньшей галактики NGC 5195 (сверху справа). Её свет частично заслоняется пылью на конце спирального рукава M51.

Мысль о том, что столкновение галактик может заканчиваться полным их слиянием, впервые была высказана братьями Аларом и Юри Тумре (Германия, 1972 г.). Они назвали такой результат *мерджингом*. Алар Тумре построил систему из 11 галактик-мержеров, которая отражала разные стадии взаимодействия. Последующие исследования показали, что бо'льшая часть галактик не укладывается в стандартную классификацию Э. Хаббла. Напрашивался вывод, что нормальные галактики в молодости должны были пережить стадию «уродцев». Взаимодействие галактик было признано механизмом их эволюции.

Уже в начале 70-х годов прошлого века стала разрабатываться идея, что галактики кроме звёзд и газа содержат *тёмное гало* (тёмную материю). Проблема тёмной материи ещё далека от разрешения, но считается, что изучение взаимодействия галактик поможет в ней разобраться. Сегодня полагают, что галактики возникают из маленьких звёздных систем и в результате *мерджинга* образуют большие структуры.

Поиски первопричины. Елена Петровна Блаватская, создатель теософии (религии разума) [1991], кажется, впервые поставила вопрос о существовании некой первопричины:

- В основе каждого явления лежит какая-то причина.
- У каждой такой причины должна быть тоже причина.
- Двигаясь в прошлое, мы неминуемо придём к первопричине – причине без причины.

Е.П. Блаватская назвала её *Непознаваемой Сущностью*. Сегодня ведутся

упорные исследования в направлении создания так называемой *окончательной теории* [Грин, 2005]. Любопытное представление о ней высказано Стивеном Вайнбергом [2004, с.10]:

- Представьте себе пространство научных принципов, заполненное стрелками, указывающими на каждый принцип и исходящими из тех принципов, которые объясняют последующие. ...они не направлены хаотично и бесцельно. ...все они связаны так, что если двигаться к началу стрелок, то кажется, что все они выходят из общей точки. *Эта начальная точка, к которой можно свести всё объяснение, и есть то, что я подразумеваю под окончательной теорией.* (Выделено мною).

Я не вижу в этом высказывании принципиальной разницы с идеями Е. Блаватской, хотя оно и сформулировано лауреатом Нобелевской премии по физике 1979 года – практически на 100 лет позже. Но и Е. Блаватская опиралась на древние тибетские рукописи, которые в свою очередь истолковывали *начальные символы архаичного манускрипта из коллекции пальмовых листьев*. (См. Павлов, 2009).

В известной книге Курта Вонегута «Колыбель для кошки» есть прекрасная мысль (кажется, ставшая афоризмом):

- Если учёный не может объяснить восьмилетнему мальчику, чем он занимается – он шарлатан.

Современная наука немыслима без математик. Их много. Построения носят всё более и более изощрённый характер. Часто различным учёным даже становится трудно понимать друг друга [Грин, 2005]. И всё же, когда результаты исследований становятся достаточно понятными, авторам хочется изложить их доступными для всех смертных простыми словами. Примеров тому много. Можно назвать лишь несколько имён: А. Пуанкаре, Морис Клайн, Борис Раушенбах, Стивен Хоукинг, Стивен Вайнберг, Брайн Грин. И тут вдруг оказывается, что истины, о которых они говорят, были известны задолго до них. И эти истины предшественниками «просто» угаданы (без математики).

Возьмём хотя бы Библию.

- Теория Большого взрыва. Сингулярность в вечности. Вся материя (без которой наука себя не мыслит) в этой точке.
- Библия: **2. ...и тьма над бездною.**
- Взрыв сингулярности.
- Библия: **3. И сказал Бог: да будет свет. И стал свет.**
- И далее: появление звёзд: **4. ... и отделил Бог свет от тьмы.**
- Появление косной материи, затем живой и, наконец, человека. Ну и что же наука тут принципиально нового изобрела?

1951 год. Церковь официально приняла модель Большого взрыва, посчитав, что она хорошо согласуется с Библией.

1981 год. В Ватикане прошла конференция по космогонии. В ней участвовали крупнейшие физики. После конференции её участники были удостоены аудиенции Папы, который поддержал учёных:

– *Эволюцию Вселенной после Большого взрыва изучать можно.*

При этом сделал оговорку:

– *Не следует вторгаться в сам Большой взрыв, поскольку это акт Творения (Божественный акт).*

Правда, никто и не знает, как это можно сделать, хотя сегодня начали искать «частицу Бога» (по выражению журналистов).

Поиски первопричины переходят из области теоретических построений в область эксперимента. Ещё в 1982 году в США было начато планирование уникальной научной установки под названием Сверхпроводящий суперколлайдер (ССК). Это должен быть овальный туннель протяжённостью почти 85 км, буквально напичканный сложнейшей аппаратурой. Главные её элементы – тысячи сверхпроводящих магнитов. Именно им предназначалось выполнять роль движителей протонов, разгонять их до огромных скоростей. Стоимость проекта оценивалась в 8 миллиардов долларов. Этому проекту не суждено было состояться.

Но в Европейском Центре Ядерных Исследований (ЦЕРН) похожую установку удалось построить. Она была меньших размеров (27 км) и получила название Большого Адронного Коллайдера (БАК). [Адроны – общее название элементарных частиц, участвующих в сильных взаимодействиях (от др. греч. – крупный массивный)].



Рис. 2.13. Фрагмент БАК. [Интернет].

Одна из главных задач, которую на нём предполагалось решить – обнаружить так называемый *бозон Хиггса* [по имени шотландского физика Питера Хиггса, теоретически обосновавшего его (1964 г)]. Это экзотическая субатомная частица – единственное недостающее звено в Стандартной модели элементарных частиц. Его роль в дальнейшем познании Мира считается настолько великой, что в СМИ его окрестили *«частицей Бога»*. На БАК планировалось разобраться и с проблемой *тёмной материи*, а также обнаружить *новые измерения*, отличные от известных четырёх.

Но с самого начала работу БАК *преследовали постоянные и какие-то мистические неудачи*. В связи с ними было высказано предположение, что *это не простые совпадения, а сам коллайдер препятствует*

проведению экспериментов. Версия даже была подкреплена расчётами. Их сделали два выдающихся физика. Один из Института Нильса Бора (Хорбер Бех Нильсен), другой – из института теоретической физики в Киото (Масао Ниномия). Такое впечатление, что человек подошёл к той границе, за которой он ничего не знает, не понимает и знать не может по определению. Но границу хочет переступить, шагнув в никуда, может быть, в вечность. Но что-то или кто-то не пускает людей за черту, являющуюся запретной. В печати эта мысль была трансформирована в тезис «... адронный коллайдер сломал сам Бог». Сегодня БАК работает в пол-силы.

Земные эксперименты возвращают фундаментальные поиски во Вселенную. Искать следует там.

Обращение к Богу при работе на БАК начало сильно влиять на общественность, которая проявляет постоянный интерес к работе физиков и астрономов в области мироздания. Видимо, поэтому журналисты, освещая в печати новые открытия астрономов, всё чаще начинают привлекать к ним имя Творца.

Глаз Бога. В феврале 2009 года европейским астрономам в обсерватории Ла-Силла (Чили) удалось получить очень чёткое изображение планетарной туманности NGC 729 (Helix Nebula). Она впервые была обнаружена в созвездии Водолея ещё в 1984 году немецким астрономом Карлом Людвигом Хардингом. Тогда она выглядела, как спираль, и Хардинг назвал её улиткой. Но современные снимки открыли новое видение. Оно напоминает глаз. И в СМИ туманность тут же окрестили «**Глазом Бога**».



Рис. 2.14. «Глаз Бога».

Он расположен от нас на расстоянии 700 световых лет. Предположительно состоит из двух дисков. Внутренний, более яркий, расширяется со скоростью 100 тысяч километров в час. Диаметр «зрачка» оценивается в 2, 2 световых года. Его возраст составляет 12 тысяч лет (в это время затонула Атлантида). По оценкам астрономов «глаз» образовался из остатков крупных звёзд – красных гигантов, которые сбросили слои газа. Облака этого газа светятся. Атомы кислорода придают этому свечению голубой цвет.

Общий вывод.

Человека всегда волновала мысль о своём появлении на Земле. Религия давно ответила на этот вопрос, призвав на помощь Бога. Но это была некая абстракция, хотя и воплощаемая в виртуальную реальность. Развитие науки и, в частности, расширение понятий о Вселенной, о Земле, как её структурном элементе, заставило искать некую окончательную теорию, как воплощение первопричины всего. При этом появились «веские» аргументы искать частицу, которая бы могла рассматриваться как некий «кирпичик», из которого всё произошло.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Что такое Метагалактика?
2. Объясните, почему к межзвездной среде могут быть применимы законы газовой динамики.
3. Из каких теоретических допущений и на основе каких наблюдений получена постоянная Хаббла?
4. Дайте принципиальную схему рождения, жизни и гибели звезд.
5. На каких теоретических представлениях и экспериментальных данных построена теория «Большого взрыва»?
6. Дайте морфометрическую характеристику нашей галактики. Что принято за ее границы?
7. В чем состоит суть закона Титуса – Боде? Прокомментируйте его.
8. Выведите постоянную тяготения с помощью третьего закона Кеплера.
9. Назовите основные геометрические модели Земли, приведите их характеристики, объясните физическое содержание моделей.

Литература

Основная

1. Агекян Т.А. Звезды, галактики, Метагалактика. – М.: Наука, 1981.
2. Баренбаум А.А. Галактика. Солнечная система. Земля. – М.: ГЕОС, 2002. – 392 с.
3. Струве О., Линдс Б., Пилланс. Элементарная астрономия. – М.: Наука, 1967. – 483 с.

Дополнительная

1. Атлас океанов. Термины. Понятия. Справочные таблицы. – М.: Мин. обороны СССР. Военно-морской флот, 1980. – 156 с.
2. Астрономия. Методология. Мировоззрение. – М.: Наука, 1971. – 395 с.
3. Блаватская Е.П. Тайная доктрина. Космогенез. Кн. 1. – М.: Прогресс-Сирин, 1991. – 369 с.
4. Вайнберг С. Мечты об окончательной теории. Физика в поисках самых фундаментальных законов природы. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 256 с.
5. Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиск окончательной теории. – М.: Едиториал УРСС, 2005 – 288 с.
6. Данлоп С. Азбука звездного неба. – М.: Мир, 1990. – 235 с.
7. Киппенхан Р. 100 миллиардов звезд. Рождение, жизнь и смерть. – М.: Мир, 1990. – 289 с.
8. Лемоник М. Таинственный объект во Вселенной – огромный и невидимый // За рубежом, 1986, № 23 (1352).
9. Новиков И.Д. Как взорвалась Вселенная. – М.: Наука, 1988. – 175 с.
10. Павлов А.Н. Методологические основания современной геологии. – СПб.: РГГМУ, 2009. – 112 с.
11. Филиппов А. Т. Многоликий солитон. – М.: Наука, 1986. – 221 с.
12. Чернин А. Д. Звезды и физика. – М., Наука, 1984, вып. 38. – 159 с.
13. Шкловский И. С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть. – М.: Наука, 1984. – 383 с.

Глава 3. ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗЕМЛИ

Земля в своей основной массе
Видится под вуалью геометрии.
П. Шарден

3.1. Устройство поверхности.

Основные понятия.

1. **Гипсографическая кривая** – кривая, показывающая относительное площадное распределение высот суши и глубин океана на поверхности Земли. Получается, если откладывать по оси ординат высоты и глубины, а по оси абсцисс площади, занятые определенными высотами и глубинами.
2. **Литосфера** (от греч. lithos – камень, сфера – шар) – каменная оболочка Земли. Иногда рассматривается как синоним понятия «земная кора». Подробнее см. раздел 3.3 этой главы.
3. **Океан** (от греч. okeanos – беспредельное море) – самый крупный по площади и глубине тип водоемов Земли; огромная впадина, заполненная океанскими водами. Мировой океан состоит из 4 океанов – Атлантического, Индийского, Сев. Ледовитого и Тихого.
4. **Шельф** (от англ. shelf – полка (мель, синоним – материковая отмель)). В океанологии – область затопленная морем, находящаяся на периферии континента. Подробнее см. в тексте раздела 3.1 и в главе 7.
5. **Материки (континенты)** – самые крупные части суши, окруженные со всех сторон океанами и морями (Евразия, Африка, Австралия, Америка (Северная и Южная), Антарктида).
6. **Материковый склон** (синоним – континентальный склон) – переходная область, расположенная между шельфом и океаническим ложем.
7. **Ложе океана** – крупнейший элемент рельефа Земли, занимающий б'ольшую часть дна океана и характеризующаяся особым типом земной коры.
8. **Островная дуга** – подводный горный хребет, вершины которого поднимаются в виде дугообразных архипелагов островов. Характеризуются сейсмической активностью, вулканизмом и значительными вертикальными движениями земной коры.
9. **Срединно-океанический хребет** – крупнейший элемент рельефа Земли, представляющий мощную горную систему с ответвлениями, протянувшуюся через все океаны. Длина срединно-океанического хребта превышает 60 000 км, средняя ширина 200-1200 км, относительная высота 1-3 км, отдельные вершины поднимаются значительно выше. Частями этого планетарного морфологического элемента являются Срединно-Атлантический, Срединно-Индийский и другие хребты. См. подробнее в гл.7.
10. **Океанический желоб** – сильно вытянутые в плане, слегка изогнутые, реже прямолинейные узкие асимметричные прогибы, активно развивающиеся вдоль разломов и периферических частях океанических впадин. Составляют часть системы островных дуг. См. подробнее в гл.7.
11. **Береговая линия** (на гипсографической кривой) – граница отделяющая сушу от моря (океана).
12. **Диаграмма фазовых равновесий** – графическое изображение состояния системы. Примером может служить диаграмма на рис. 3.1.

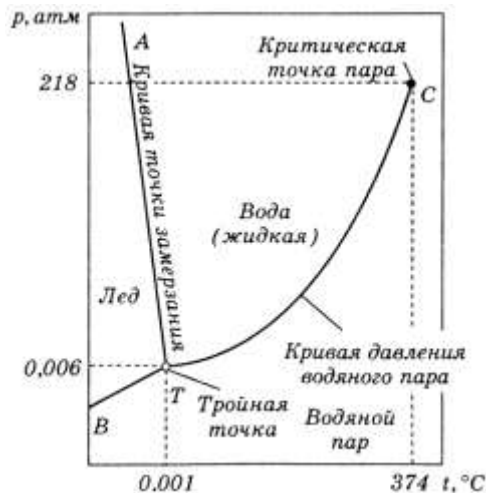


Рис. 3.1. Диаграмма фазового состояния воды (по К. Краускопфу).

13. **Географические гомологии** – географические соответствия. Гомология – термин биологический; означает морфологическое сходство у разных организмов одинакового происхождения.
14. **Эпейро** – от греч. epeiros – суша.
15. **Талассо** – от греч. thalassa – море.
16. **Симметрия** (от греч. соразмерность) – в кристаллографии и минералогии закономерная повторяемость равных частей, составляющих фигуру. Подробнее см. [Павлов, 2004].
17. **Сингония** – равноугольность. В кристаллографии группа видов симметрии. Подробнее см. [Павлов, 2004].
18. **Октаэдр** – замкнутый восьмигранник с гранями в виде равносторонних треугольников (кубическая сингония).
19. **Тетраэдр кубической сингонии** – замкнутый четырехугольник с гранями в виде равносторонних треугольников.
20. **Тетраэдр ромбической сингонии** – замкнутый четырехугольник с гранями в виде разносторонних треугольников.
21. **Моноэдр** – одна грань.
22. **Ось симметрии** – в кристаллографии прямая линия, при повороте вокруг которой на определенный угол симметричная фигура займет в пространстве то же положение, которое она занимала до поворота, но на место одних её частей переместятся другие такие же части. Подробнее см. [Павлов, 2004].
23. **Силикаты** – солеобразные минералы, представляющие собой химические соединения, содержащие SiO_2 . Подробнее см. [Павлов, 2004].
24. **Стратификация** [stratum – слой, пласт; facere – делать] – положение отдельных частей геологических образований в вертикальном разрезе. Может устанавливаться на основании возрастных, литологических и других особенностей горных пород.
25. **Аккреция** – слипание. Процесс развивающийся от по радиусу от центра.
26. **Аккумуляция** – процесс накопления на поверхности суши или дне водоемов минерального или органического вещества. См. гл. 7 и 8.
27. **Геосферы** – приблизительно концентрические сферические оболочки, различные по составу и плотности, на которые по современным представлениям, разделяется Земля.

Гипсографическая кривая.

Если рассматривать поверхность Земли по самой упрощенной схеме, то можно сказать, что береговой линией мирового океана она разделена на две существенно отличающиеся морфологические области: океаническое дно и поверхность суши. Морфологические особенности этих областей принято характеризовать гипсографической кривой, (рис.3.2).

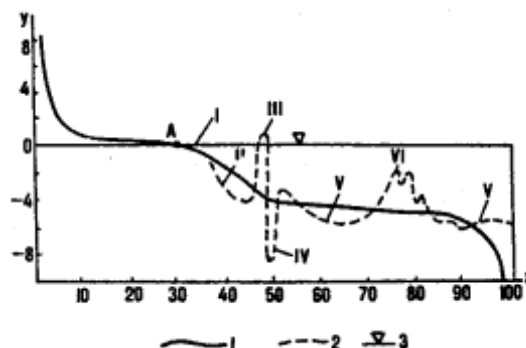


Рис. 3.2. Гипсографическая кривая Земли (по Е.Коссину).

1,2 – гипсографическая кривая: 1 – обобщённая, 2 – с морфологическими деталями океанического дна; 3 – уровень Мирового океана.

I – шельф; II – материковый склон; III – островная дуга; IV – океанический жёлоб; V – ложе океана; VI – срединный океанический хребет; А – положение береговой линии; у – средние высоты и глубины, км; х – площади, в процентах от площади всей поверхности Земли.

Наиболее интересной на этой кривой является точка А, обозначающая некоторое *среднее положение береговой линии*. Сама кривая является верхней границей литосферы и вместе с поверхностью океана делит координатную плоскость на три части..

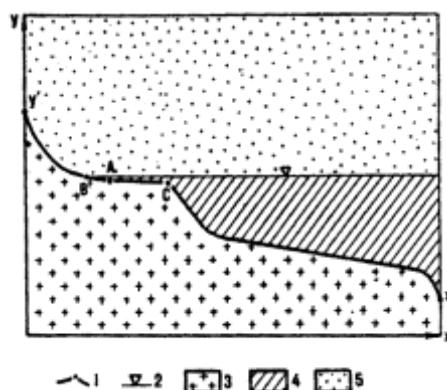


Рис. 3.3. Иллюстрация к пояснению понятия береговой линии и шельфа.

1 – гипсографическая кривая $y(x)$. См.рис. 3.2; 2 – уровень Мирового океана; 3 – литосфера; 4 – океанические водные массы; 5 – атмосфера; А – береговая линия; В – береговая линия при максимальном поднятии уровня океана (условно); С – бровка шельфа.

Рисунок 3.3 внешне напоминает *диаграммы фазовых равновесий*. При этом точка А на нём фиксирует равноправное сосуществование трёх фаз:

твёрдой, жидкой и газообразной. Однако, в отличие от фазовых диаграмм, в нашем случае величины x и y являются параметрами не состояния, а пространства, хотя характер кривой $x'-y'$ в известной мере этим пространством контролируется, поскольку фазы, заполняющие его, взаимодействуют

Известно, что начальная форма кривой $x'-y'$ (как поверхность литосферы) создаётся эндогенными (глубинными) процессами, а дальнейшее её изменение определяется экзогенными (поверхностными) факторами. Вот тут-то и возникает различие в характере воздействия пространства на кривую $x'-y'$. В пределах суши кривая формируется под влиянием атмосферного пространства, а в пределах океана – под влиянием масс воды. И только *точка А принадлежит сразу трём фазам.* Но её особенности заключаются не только в этом. Для неё свойственна ещё и способность перемещаться в геологическом времени по кривой $x'-y'$. Благодаря этой особенности свойством одновременной трёхфазности обладало множество точек, находящихся в пределах отрезка ВС. Одна его часть АС составляет собственно шельф, а другая ВА – является бывшим шельфом. Таким образом, *в историческом плане шельфы можно рассматривать как совокупность точек своеобразного фазового равновесия. Все, что происходит на шельфе, контролируется взаимодействием атмосферы, океана и суши.* По этой причине граница океан–литосфера в пределах шельфа имеет целый ряд как типично континентальных, так и типично атмосферных черт.

Для более полного представления об океанах и континентах приведём их основные морфологические характеристики (табл.3.1, 3.2).

Таблица 3.1

Основные морфометрические характеристики океанов

Океаны	Площадь поверхности воды ,млн. .км ²	Объем млн. км ³	Средняя глубина, м	Наибольшая глубина, м
Атлантический	91,66	329,66	3597	8742
Индийский	76,17	282,65	3711	7209
Сев.Ледовитый	14,75	18,07	1225	5527
Тихий	178,68	710,36	3979	11022
Мировой	361,26	1340,74	3711	11022

Таблица 3.2

Основные морфометрические характеристики континентов

Материки	Площадь (с островами) млн. км ²	Средняя высота над ур. моря, м	Наибольшая высота над ур. моря, м	Наибольшее понижение от ур. моря, м
Евразия	53,44	830	8848	– 395
Европа	~10,00	300	г.Джомолунгма 48,07 г.Монблан	ур.Мёртвого моря –29 ур.Каспийского моря

Азия	43,44	950	8848	–395
Африка	30,32	750	5895	–153
Сев.Америка	24,25	720	влк.Килиманджаро	ур.оз.Ассаль
Южн.Америка	17,87	580	6193	–85
Австралия	7,63	215	г.Мак-Кинли	долина Смерти
Антарктида	14,11	2040	6990	–40
			г.Аконкагуа	на п-ве Вальдес
			2230	–12
			г.Косцюшко	оз.Эйр
			5140	ур.океана
		с шельфами и ледниками	г.Массив Винсон	

Географические гомологии.

Анализ географических гомологий показывает, что размещение суши и моря, крупных высот и понижений на Земле, форма материков и океанов подчинено некой физической целесообразности и имеет определенную систематику.

Антиподальность материков и океанов. Она хорошо видна на рис. 3.4, взятом из работы Г.Н. Каттерфельда (1962г.): Антарктида – Сев.Ледовитый океан; Африка, Европа – Тихий океан и т.д.

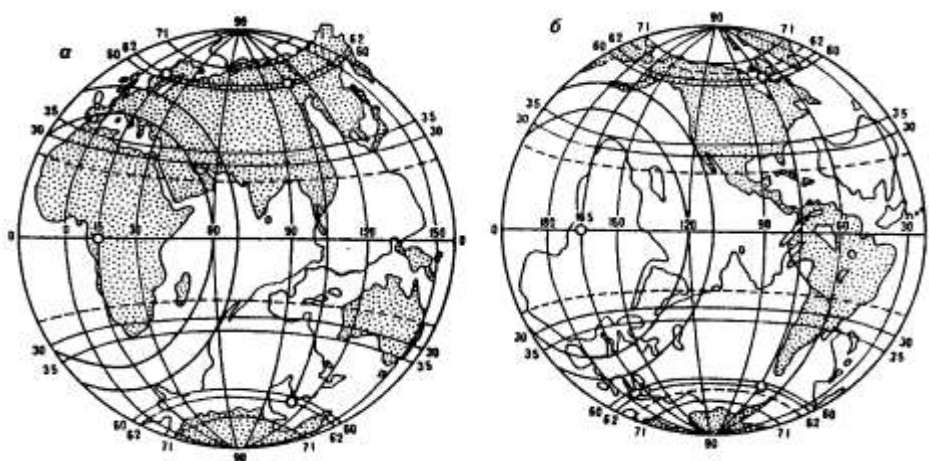


Рис. 3.4. Антиподальное расположение материков и океанов.

Жирные линии и точки – активные круги и центры; а – восточное полушарие; б – западное.

Антиподальность проявляется и через распределение суши и моря по широтам (см.рис. 3.5). По кривой $\alpha(\varphi)$ легко убедиться, что антиподальность суша-вода отсутствует лишь в приэкваториальной зоне, а потом быстро растёт, причём где-то на 70-х широтах она как бы меняет знак:

- до этих широт растёт «континентальность» северного полушария

и увеличивается «водность» южного, а далее

- картина меняется на обратную.

Антиподальность для геологических процессов, по-видимому, имеет большое, хотя и невыясненное до сих пор значение. По-существу, она констатирует асимметрию распределения масс относительно центра Земли, которая должна создавать моменты сил не совпадающие с направлением вращения вокруг оси.

Вторая гомология: северное полушарие является преимущественно континентальным, а южное – преимущественно океаническим (Рис. 3.5) Рисунок хорошо иллюстрирует существование так называемых северной и южной кругполярных параллелей, представляющих собою теоретическую границу океанов и материков в северном и южном полушариях, соответственно с широтами $\varphi = \pm 71^{\circ} 39'$ (при округлении $\sim 71^{\circ}$).

Рисунок 3.5 указывает и на существование двух теоретических кругов с широтами около $\pm 62^{\circ}$ – соответственно северную *эпейрогеническую* и южную *талассогеническую* параллели (параллели с наибольшим протяжением соответственно суши в северном полушарии и океана в южном полушарии). На рисунке они соответствуют широтам $\varphi = + 65^{\circ}$ и $\varphi = - 55^{\circ}$.

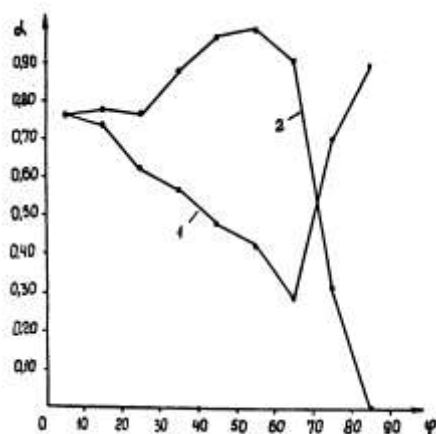


Рис.3.5. Изменение «водности» северного и южного полушарий Земли.

φ – широты; α – часть площади между соседними параллелями, занятая морем; 1 – северное полушарие; 2 – южное полушарие.

Третья гомология. Клиновидная форма материков, определяющая так называемый *эпейрогенический меридиан* с долготами $(105-75)^{\circ}$. Он рассматривается как физическая граница между западным и восточным полушариями (*линия наибольшей протяженности суши вдоль меридиан*).

Четвертая гомология. Парное соединение северных и южных материков и их S-образная форма. Такая форма рассматривается как следствие эффекта кручения, благодаря которому теоретические круги

(только что названные, а также обсуждаемые ниже) деформируются.

Пятая гомология. Различная изрезанность океанических побережий – восточных и западных. Западные берега океанов имеют существенно более сложные очертания, чем восточные из-за того, что приливная волна движется с востока на запад.

Шестая гомология. Характерной чертой устройства поверхностей континентов и океанического дна являются и так называемые *горные параллели и меридианы*. Теоретическое их положение связывают с широтами $\varphi_e = \pm 35^\circ 15' 52''$ (округлённо $\pm 35^\circ$) и меридианами (60в.д – 120з.д)⁰, (150в.д. – 30з.д.)⁰.

Теоретические значения горных параллелей были вычислены советским математиком М.В. Стовасом. Позже оказалось, что с этим углом ($35^\circ 15' 52''$ и дополнительным к нему – $54^\circ 44' 08''$) связан целый ряд природных закономерностей в геологии, кристаллографии и гидродинамике:

- полосы наиболее солёной воды в океанах,
- пятна на Солнце,
- затропические барометрические максимумы на Земле и т.д.

Это явление не понято до сих пор. Б.Л.Личковым и И.И.Шафрановским (1958 г.) была лишь высказана мысль, что данные углы, возможно, являются энергетически наиболее выгодными. Реально же ситуация сводится к тому, что в полосе широт $\pm (30-40)^\circ$ сосредоточены *наиболее крупные горные сооружения на континентах и наиболее глубокие депрессии в океанах*. Этот факт прослеживается не только визуально на картах полушарий, но виден и в цифрах по средним значениям высот и глубин, а также по распределению высочайших вершин мира (см. табл.3.3 и 3.4).

Таблица 3.3

Зональная гипсометрия северного полушария Земли

Поясы, °	Средние высоты, м	Средние глубины, м
80 – 70	550	630
70 – 60	360	890
60 – 50	470	2130
50 – 40	770	3650
40 – 30	1350	4150
30 – 20	740	4150
20 – 10	520	4100
10 – 0	690	4020

В таблице 3.3 (по средним глубинам океана) и в табл. 3.4 достаточно чётко выделяется более широкая полоса с $\varphi = (40-20)^\circ$, что основной закономерности не нарушает.

Зональное распределение высочайших вершин Земли

Зоны, ⁰	Северное полушарие		Южное полушарие	
	Вершины, м		Вершины, м	
80 – 70	Петерманна	2939	В горах королевы Мод	5180
70 – 60	Логан	6050	Стивенсон	2989
60 – 50	Броуна	4880	Дарвина	2469
50 – 40	Хан-Тенгри	6995	Кука	3764
40 – 30	Чогори	8611	Аконкагуа	6960
30 – 20	Джомолунгма	8848	Охос-дель-Саладо	6885
20 – 10	Орисаба	5700	Сахама	6780
10 – 0	Каямбе	5840	Чимборасо	6272

Подобные оценки по *горным меридианам* нам неизвестны, однако, обратившись к физико-географической карте полушарий или глобусу, с поправками на S-образную форму континентов и их попарное соединение, вы легко найдёте подтверждение реальности *горных кругов* (60–120)⁰ и (150–30)⁰. В отличие от параллелей, вдоль такого меридиана на смену горным сооружениям континентов в пределах океанического дна приходят не депрессии, а тоже горные сооружения и поднятия. Попробуйте самостоятельно проследить меридиан 60⁰ в.д. – 120⁰ з. д., к которому как бы «прикреплён» Уральский хребет.

Симметрии.

Морфологические особенности строения поверхности Земли подчиняются и более общим закономерностям. В их основе лежит принцип дисимметрии, введенный в науку ещё П.Кюри и развитый для Земли, вначале В.И.Вернадским, а затем Б.Л.Личковым, И.И.Шафрановским и др. Речь идет о том, что симметрию океанов и симметрию материков можно представить в виде *двух тетраэдров кубической сингонии* с одинаково развитыми соответственно чёрными и белыми гранями (рис.3.6).

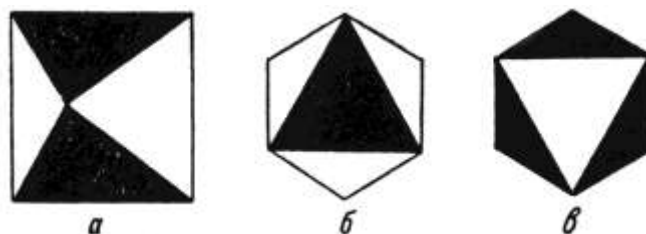


Рис. 3.6. Октаэдрическая модель симметрии Земли.
Белые грани изображают сушу; черные – океаны
(по И.И. Шафрановскому, 1968).

Речь идёт не о том, что Земля кристалл и, в частности, октаэдр, а о том, что её поверхностная симметрия напоминает симметрию октаэдрического

типа. Октаэдр – это лишь *прототип теоретической правильности устройства поверхности нашей планеты*. Эта игра в теоретический прототип даёт очень много для понимания устройства Земли как планеты. Её верхняя грань изображает Северный Ледовитый океан (а). Вид сверху (б) обозначает положение трёх обобщенных континентальных структур: Северной и Южной Америк, Евроафрики и Азии (белые грани). Перегруппировав эту игрушку (в), мы увидим Антарктиду (белый треугольник) и три обрамляющих океана.

Известно, что *октаэдр* могут быть оформлены в виде двух тетраэдров кубической сингонии, когда грани одного развивается по вершинам другого. Совокупность этих тетраэдров, одна из тройных осей которого совпадала бы с осью вращения Земли, даёт чёрно-белый октаэдр. См. рис.3.7).



Рис. 3.7. Сочетание черного и белого тетраэдров кубической сингонии.

Более поздние разработки, в которых земная симметрия поверхностей океан–материки исследовалась с генетических позиций [Павлов,1985], показали, что правильнее говорить *о симметрии двух тетраэдров, но не кубической, а ромбической сингонии с видом симметрии $3L_2$* и таком расположении сферических граней океанов и континентов, при котором *оси кардиоидального эллипсоида* (см. раздел 2.5 гл.2) совпадают с осями второго порядка (см.рис.3.8).

Мы только что обозначили длинную ось экватора долготами 15^0 в.д. и 165^0 з.д., а короткую 105^0 в.д. и 75^0 з.д. Исходя из того, что грани одного из тетраэдров, скажем континентального (как менее развитые), формировались по вершинам тетраэдра океанического, можно сделать вывод, что *оси $3L_2$ первого тетраэдра совпадают с осями $3L_2$ второго*. Сами же оси проходят через середины рёбер (см.рис.3.7). Спроектировав грани тетраэдров на поверхность трёхосного эллипсоида, получим систему сферических треугольников, пересекающихся в области оснований. Причём северные и южные части эллипсоида (на рис.3.8 – для простоты они изображены в виде шара) окажутся вне тетраэдрических граней, но через их центры (северный и южный полюсы) проходят короткие оси L_2 двух тетраэдров. Эти оси будут получены как бы вращением верхних рёбер тетраэдров.

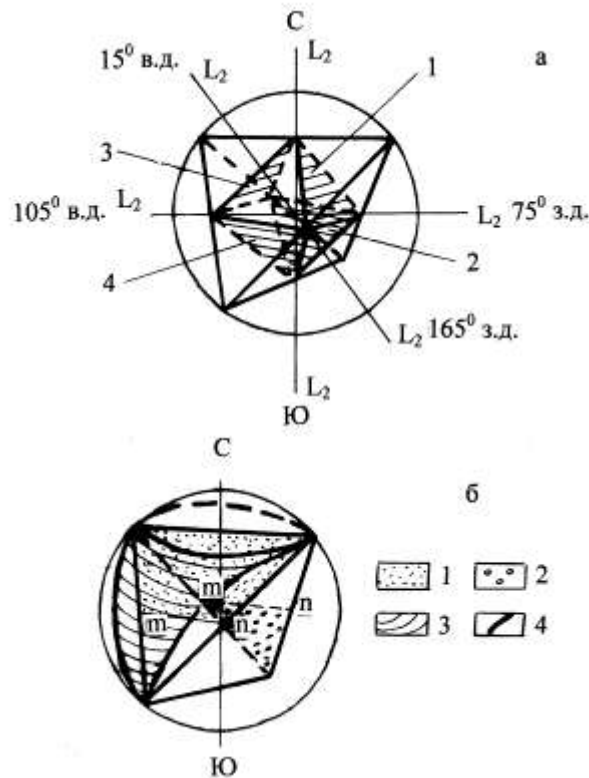


Рис. 3.8. Схема сочетания континентальных и океанических тетраэдров [Павлов, 1985 доп.].

а. Заштрихованные грани – континентальные. Белые грани – океанические. 1,2,3,4 – номера граней.

б. 1 – 75% площади всей грани; 2 – 25% площади всей грани; m-n – средние линии в треугольниках; 3,4 – проекция грани тетраэдра на поверхность эллипсоида (на схеме сферы).

Таким образом, получается, что геометрия поверхности Земли описывается как сочетание четырёх простых сферических форм:

- *гранями двух тетраэдров ромбической сингонии и*
- *моноэдрами, развивающимся по двум рёбрам этих тетраэдров – океаническому на севере и континентальному на юге.*

Эта тетраэдрическая схема хорошо подтверждается решением несложной задачи. Развитие эллиптических граней двух тетраэдров происходило с наложением их друг на друга в области оснований, т.е. в высоких широтах. Поскольку северное полушарие является преимущественно континентальным, а южное океаническим, можно предположить, что в северном полушарии грани континентального тетраэдра перекрывали грани океанического, а в южном – наоборот. (См. рис.3.9). Допустим, что в обоих полушариях это перекрытие было максимально уравновешенным, т.е. возникала фигура близкая к чёрно-белому октаэдру (рис.3.9 – для упрощения расчётов вместо эллипсоида

везде рассматривается шар, поскольку по размерам своих осей эти модели Земли отличаются незначительно, а нас интересуют лишь принципиальные оценки).

Для полученных равносторонних треугольников нетрудно подсчитать коэффициент α :

$$\alpha = S_k / S_o$$

где S_k – суммарная площадь континентальных граней,
 S_o – суммарная площадь океанических граней.

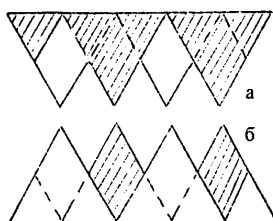


Рис. 3.9. Схема перекрытий граней континентального океанического тетраэдров. Заштрихованные грани – континентальные. Белые грани – океанические.
а – ситуация перекрытия в северном полушарии; б – ситуация перекрытия в южном полушарии.

Для северного полушария $\alpha_c = 2$, а для южного $\alpha_{ю} = 0,5$. Поскольку реальное развитие рассматриваемых граней не сделало их равными, то фактические соотношения величин S_k и S_o совершенно не похожи на теоретические.

По данным Л.П. Шубаева, приводимым Г.Н. Каттерфельдом, за вычетом площадей Антарктиды и Северного Ледовитого океана, т.е. для широт $(90-70)^0$ обоих полушарий, представленных на нашей схеме моноэдрами, получены следующие результаты:

Северное полушарие, млн.кв.км

$S_k = 96,7$; $S_o = 142,8$; $\alpha_c = 0,677$

Южное полушарие, млн.кв.км

$S_k = 36,4$; $S_o = 203,1$; $\alpha_{ю} = 0,179$

Если развитие граней тетраэдров было подчинено одному закону, то соотношение коэффициентов α должно быть величиной достаточно устойчивой, теоретически постоянной. Именно этот факт мы и можем зафиксировать:

теоретическая задача – $\alpha_{ю} / \alpha_c = 0,25$,

фактическое соотношение – $\alpha_{ю} / \alpha_c = 0,26$.

Таким образом, можно утверждать, что поверхность Земли устроена по принципу двух сферических тетраэдров ромбической сингонии и двух моноэдров. По граням одного тетраэдра и моноэдру развиваются

континентальные формы рельефа, по граням другого тетраэдра и второму моноэдру – океанические.

Причину такой красивой геометрии, как и многое в этом мире можно объяснить по-разному. Но весьма изящно это можно сделать на основе *тетраэдрических структур силикатов*, составляющих около 75 % массы литосферы и *тетраэдрической структуры воды* в рамках модели горячего начала Земли, в которой её возникновение и формирование связывается с конденсацией горячей газовой туманности. Вот её основные черты [Кларк мл., Турекьян, Гроссман, 1975]:

1. Формирование ядра Земли начиналось при охлаждении планетарной газовой туманности в условиях относительно низких температур, хотя и превышающих 1200 °К. Аккумулировавшее вещество находилось в твёрдом состоянии и представляло собой железо-никелевый материал.
2. По мере роста массы ядра её гравитационная потенциальная энергия возрастала и вокруг твёрдого ядра возникала расплавленная зона с *устойчивой стратификацией*. При таком начале формирования Земли ядро оказывалось первичным и возникло в процессе *аккреции* (слипания) за короткий промежуток времени (около 100 тыс. лет).
3. Дальнейшее охлаждение туманности привело к конденсации на поверхности ядра оливина и пироксенов. (*Оливин и пироксены – минералы группы силикатов, характерные для глубинных областей нашей планеты*). Между ядром и силикатной оболочкой мантии возникает резкая граница (эксперименты по взаимодействию металлического и силикатного расплавов показали, что они являются несмешивающимися жидкостями).
4. По мере роста Земли темп *аккумуляции* падал в результате уменьшения количества вещества, находящегося вблизи Земли и наиболее доступного для захвата. Это приводило к понижению температуры поверхности Земли и, как следствие, к конвективной гомогенизации ядра и части сформировавшейся мантии.
5. Наружный слой Земли (около 20 % от её массы) [если по этой массе рассчитать мощность данного слоя (учитывая, что плотность есть функция радиуса Земли), то она окажется равной примерно 630–640 км.] сформировался в основном за 100 тыс.÷10млн.лет. Вещество поверхностного слоя представляет собой смесь поздних и ранних низкотемпературных конденсатов.

В соответствии с этой моделью ядро Земли и её *сферические оболочки, называемые геосферами*, возникли независимо друг от друга по дискретной схеме конденсации горячей газовой туманности. Они существовали как изначальные, заданные при рождении формы, возраст которых не одинаков: наиболее древним является ядро, а самой молодой – атмосфера.

Общий вывод:

- *Земная кора и литосфера устроены по принципу двух сферических тетраэдров ромбической сингонии (3L₂) и двух моноэдров. По*

граням одного тетраэдра и моноэдру развиваются континентальные структуры, по граням другого тетраэдра и второму моноэдру – океанические.

- *Поверхности континентального и океанического типов формировались в результате поступления минерального вещества извне (конденсации космической газовой туманности).*
- *Симметрия геосфер в процессе формирования Земли меняется от высшей категории сингоний к низшей.*

3.2. Внешние оболочки.

Основные понятия.

1. **Атмосфера** – газовая оболочка Земли.
2. **Гетерогенность** – разнородность по составу или происхождению
3. **Тропосфера** – нижний слой атмосферы. В нём происходит образование основных типов облаков, осадков, ветра и явлений, связанных с погодой.
4. **Стратосфера** – слой атмосферы, расположенный над тропосферой. Простирается до высоты около 55 км над земной поверхностью.
5. **Озоновый слой** – слой повышенной концентрации озона (O_3) на высоте около 30 км (стратосфера).
6. **«Озоновая дыра»** – аномальное явление, связанное с уменьшением естественного для данной широты и времени года содержания озона в атмосфере (озоновом слое).
7. **Мезосфера** – слой атмосферы, располагающийся над стратосферой до высоты около 80 км. На её верхней границе формируются серебристые облака, представляющие собой скопления мельчайших ледяных кристалликов.
8. **Термосфера** – самый верхний наиболее разреженный слой атмосферы, для которого характерна повышенная ионизация входящих в неё газов.
9. **Экзосфера** – область рассеяния (диссипации).
10. **Гидросфера** – геологическая система, объединяющая известные нам формы природных вод (физические, химические, биологические), формирующие устойчивые квазизамкнутые группы вода-среда, которые обеспечивают наиболее эффективный теплоперенос из глубин Земли к ее внешней границе (Горная энциклопедия, 1986 г.).
11. **Квази** – от англ. quasi – как будто бы.
12. **Биосфера** – сложная наружная оболочка Земли, населенная организмами, составляющими в совокупности живое вещество планеты.
13. **Слой жизни** – слой, в котором возможно естественное существование человека. Термин введен А.Н. Павловым [2004 б].
14. **Экологическая система** – понятие тождественное понятию окружающая среда (по Э. Геккелю – биологический термин, без участия человека; человек наблюдатель).
15. **Платформа** – основной элемент структуры континентов, характеризующийся спокойным тектоническим режимом (медленные и малоамплитудные колебания, отсутствие или слабое и специфическое проявление магматической деятельности). Например, Русская платформа, Восточно-Сибирская платформа и др
16. **Кристаллический фундамент** – основание *платформы*, сложенное

дислоцированными осадочными и магматическими породами.

17. **Осадочный чехол (платформенный чехол)** – верхний структурный ярус платформ, сложенный обычно неметаморфизованными осадочными горными породами [Павлов, 2004 а].
18. **Артезианский бассейн** – комплекс водоносных пластов, слагающих структуры земной коры в виде крупных прогибов.
19. **Гидрогеологический массив** – гидрогеологическое сооружение, представленное только фундаментом (кристаллическими или метаморфическими толщами, смятыми в складки уплотненными осадочными породами), прикрытое четвертичным покровом незначительной мощности или совсем обнаженное (по Н.И. Толстихину).
20. **Водоносный горизонт** – однородные или близкие по литологическому составу и гидрогеологическим свойствам пласты горных пород, насыщенные водой.
21. **Литификация** – изменения, происходящие в осадках после их отложения, приводящие к их окаменению и превращению в осадочные горные породы. (См. [Павлов, 2004 а]).

Общая характеристика атмосферы.

Атмосфера. По результатам исследований Международного геофизического года (1957/1958) верхнюю границу атмосферы принято проводить по высоте 700–800 км. Граница эта в известном смысле условна и связана с началом так называемой экзосферы, которая от других нижележащих слоёв атмосферы отличается относительной бесструктурностью.

Масса атмосферы оценивается в $5,26 \cdot 10^{18}$ кг и распределена по высоте в соответствии с экспоненциальным законом (рис. 3.10). Переход к безвоздушному пространству космоса постепенный и потому с учётом экзосферы верхнюю границу атмосферы проводят уже по высоте 2000 – 3000 км.

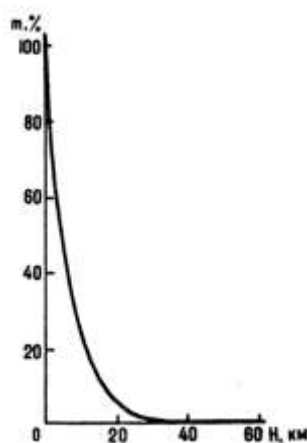


Рис. 3.10. Изменение массы атмосферы с высотой (по И. Блютгену, 1972 г.).
 m – общая масса атмосферы; H – высота от усредненной поверхности Земли.

Атмосфера неоднородна. По вещественному составу, температуре и

характеру воздушных течений в ней выделяется несколько слоёв, *границы между которыми носят название пауз: тропопауза, стратопауза, мезопауза, термопауза.* По своей сути эти границы градиентны, т.е. фиксируются по резкой смене температур и ветровых скоростей, а также по составу и состоянию газа (рис.3.11).

Паузы выполняют *запрещающие и разрешающие* функции. Они имеют внутреннюю структуру, которая и гарантирует автономию и само существование тропосферы, стратосферы, мезосферы и термосферы.

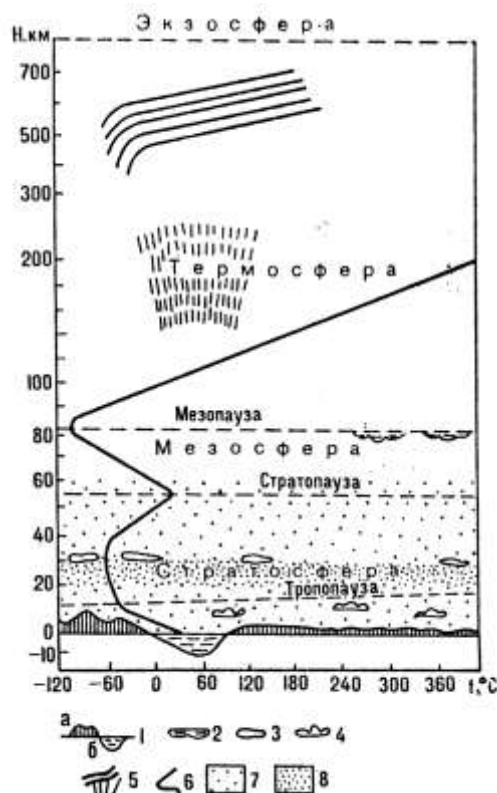


Рис. 3.11. Схематический разрез атмосферы.

1 – верхняя граница литосферы (а – суша, б – океан); 2 – серебристые облака; 3 – перламутровые облака; 4 – яруса облачности в тропосфере; 5 – полярные сияния; 6 – температурная кривая; 7 – слой распространения озона; 8 – слой наибольшей концентрации озона (озоновый слой)

Благодаря паузам *атмосфера гетерогенна.* Однако, периодически в паузах возможно возникновение разрывов, через которые между структурными слоями атмосферы происходит обмен веществом и энергией, т.е. реализуются *разрешающие функции границ.* (См. рис 3.12).

Т р о п о с ф е р а. Около 90% массы атмосферы сосредоточено в тропосфере. Наряду с газами тропосфера содержит пыль различного происхождения, в том числе и техногенную, ионы и соли, а в последние десятилетия в ней наблюдается большое количество промышленных газов,

особенно над индустриальными районами, а также бактерии и радиоактивные вещества. Здесь же находится и основное количество атмосферной влаги. По современной международной классификации в тропосфере различают четыре высотных семейств облаков:

- верхнего яруса (5000 – 13000) м,
- среднего яруса (2000 – 7000) м,
- нижнего яруса (от поверхности Земли до 2000 м),
- облака вертикального развития (от 500 м до переменной высоты вершины облака).

Приведённые высоты являются средними для умеренных широт и существенно меняются в меридиональном направлении, а также зависят от времени года, типа погоды, особенностей подстилающей поверхности.

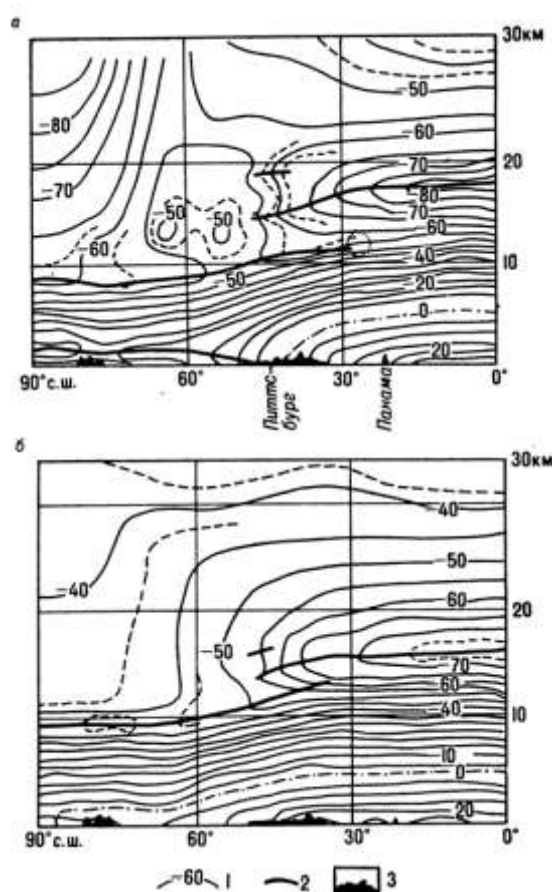


Рис. 3.12. Продольный разрез атмосферы северного полушария вдоль меридиана 80° з.д. по осредненным данным за январь (а) и июль (б) 1948-1951 гг. (по И. Блютгену, 1972 г.).

1 – изотермы, °C; 2 – тропопауза; 3 – суша.

Главными чертами циркуляции в тропосфере являются преобладание западных ветров, а также вертикальный перенос и турбулентный характер движения.

Стратосфера. В стратосфере до высот около 40 км температура воздуха ниже нуля и почти постоянна по высоте. Затем она быстро возрастает, достигая положительных значений в среднем 15 °С. До появления спутниковой метеорологии о стратосфере знали очень мало. Считалось, что вертикальные течения воздуха и обычные виды облаков в ней отсутствуют. В настоящее время в стратосфере установлена активная вертикальная циркуляция, приводящая к перемешиванию воздуха до высот порядка 30 км, что обеспечивает приблизительно постоянный состав смеси газов. Лишь выше начинается расслоение. Следует отметить, что отдельные вертикальные струи зафиксированы ракетным зондированием до высот 140 км, что, в частности, является одним из оснований для утверждений о периодическом появлении разрывов в *страто-и мезопаузах*. Преобладающее направление ветров в стратосфере – восточное, в отличие от западного в тропосфере.

Исключительно важной особенностью стратосферы является наличие в ней *озонового слоя* (см. рис.3.9), а также локализованной зоны повышенной влажности на высоте около 30 км, с которой связано существование *перламутровых облаков*. В начале 80-х годов прошлого века в Антарктиде на английской станции Хэлли-Бей было обнаружено резкое снижение содержания озона в приполюсной области. Позже этот феномен получил название «*озонной дыры*», появление которой вызвало сильное беспокойство не только специалистов, но и широкой общественности. Дело в том, что слой озона, хотя и ничтожный по своей концентрации, выполняет для Земли исключительно важные функции. Он поглощает опасное для жизни жёсткое ультрафиолетовое излучение Солнца и участвует определённым образом в формировании теплового режима атмосферы, а значит и всей планеты. Причины этого явления не выяснены. Обсуждаются в основном две гипотезы:

- по первой, появление озонной дыры связывается с изменением интенсивности приноса озона в южную полярную область;
- по второй, – главная роль отводится химическим процессам, возникающим в связи с загрязнением атмосферы и, в частности, с появлением в ней больших количеств фреонов.

На мой взгляд, не исключено и более тривиальное объяснение:

«*озонная дыра*» является таким же периодическим разрывом граничных слоёв, какие обнаруживаются в тропопаузе и в виде мощных вертикальных струй фиксируются в страто-и мезопаузах, проявляются на границе океан – атмосфера в виде термобарических сейш, тропических ураганов и т.д.

Мезосфера. В её газовом составе преобладают азот и кислород. Она весьма устойчива. Температура от нижней границы к верхней понижается, достигая *минус* (75 ÷ 90) °С. У верхней границы характерно образование так называемых *серебристых облаков*.

Т е р м о с ф е р а. Наиболее разреженный слой. Характерной чертой является относительно повышенная ионизация входящих в её состав газов, а также существенное температуры (см.рис.3.9). Общая повышенная ионизация термосферы способствует возникновению здесь полярных сияний. В сравнении с нижележащими областями в термосферной циркуляции значительную роль играют ветры меридионального направления.

Среднее содержание водяного пара в атмосфере составляет 2,6% (по объёму), для средних широт оно равно 1,3% летом и 0,4% – зимой. Кроме того, нормальная (чистая) атмосфера содержит некоторые летучие примеси: пыль, сернистый ангидрид, окись углерода, окись азота, а также ряд других соединений и бактерии.

Гидросфера.

Общая характеристика. Гидросфера это водная оболочка Земли. Её можно назвать проникающей, поскольку она объединяет все известные нам формы природных вод и в атмосфере и на поверхности Земли и в её недрах:

- растворённые в магматических расплавах,
- находящиеся в химическом соединении с минералами,
- сорбированные поверхностью минеральных зёрен,
- капиллярные,
- осмотические,
- вакуольные,
- биологически связанные,
- жидкие,
- твёрдые и
- парообразные.

Эти формы постоянно переходят одна в другую и взаимодействуют с вмещающими средами. Например, жидкая вода превращается в пар и лёд, пар конденсируется, лёд тает. При возникновении многих минералов вода входит в их кристаллическую решётку (например, гипс – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, мусковит – $\text{KAl}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_2\text{O}_{10}]$ и др.). При повышении температуры эти минералы воду теряют. Молекулы воды удерживаются и поверхностью минеральных зёрен, хотя эта связь сохраняется лишь при невысоких температурах [до $(100 \div 300)^\circ\text{C}$]. Вода понижает температуру плавления пород и является составной частью магм. Прямо или косвенно вода участвует во всех природных процессах, происходящих на Земле, и в этом состоит её *всюдность* (по выражению акад. В.И.Вернадского). Именно эти процессы объединяют все известные формы природных вод, формируют их единство и определяют ту *целостность гидросферы, которая делает её геологической системой*.

По преобладающим формам существования воды, по особенностям вмещающей среды, господствующим типам массопереноса гидросфера может быть расчленена на квазиизолированные группы разных порядков. К группам первого порядка относятся: *воды в атмосфере, воды на поверхности Земли и воды подземные*. Каждая из этих групп делится на подгруппы более высоких порядков. Например,

- в атмосфере можно выделить воды разных ярусов облачности (см. выше);
- на поверхности Земли – воды океанов, морей и суши;
- в недрах Земли – воды литосферы и мантии (см. раздел 3.3.);
- в пределах литосферы – воды кристаллического фундамента и осадочного чехла, в которых в свою очередь выделяют воды артезианских бассейнов и гидрогеологических массивов и так далее до отдельного водоносного горизонта.

Квазиизолированность структурных элементов гидросферы создаётся различными формами круговоротов воды.

- В атмосфере – водообменами океан–атмосфера, суша–атмосфера, океан–суша (атмосферная ветвь).
- На поверхности Земли – через речной сток.
- В её недрах – через подземный сток, вулканические и метаморфические процессы, осадконакопление в водных бассейнах, литификацию и т.д.

Все формы круговоротов воды представляют собой почти циклические процессы. Их повторяемость и балансовая устойчивость формируют внутреннюю структуру гидросферы, создавая определённую автономию различных её частей в соответствии с типом и масштабом самого круговорота (планетарного, регионального и т.д.). В тоже время взаимодействие различных ветвей и форм круговоротов создаёт на отдельных участках внутренних границ гидросферы зоны возбуждения, в пределах которых водообмен резко возрастает.

Например, на поверхности океана такими зонами являются:

- штормовые поля, тропические ураганы;
- в атмосфере – струи вертикальной циркуляции;
- на суше – устья рек в паводок;
- в земной коре – области активной денудации и эрозионного раскрытия водоносных горизонтов, области аномальных тектонических напряжений и магматической активности (см. главы 7 и 8).

Таким образом, круговороты воды на Земле с одной стороны расчленяют гидросферу на части, создавая различные типы пространственно-временной организованности подсистем вода $\Leftrightarrow$ среда, с другой – создают условия для временного разрушения существующего структурного уровня (в разных масштабах пространства и времени).

Фундаментальные свойства гидросферы.

Впервые были сформулированы А.Н. Павловым [1985]. Это такие свойства, которые *присущи гидросфере в целом* – не отдельным её составляющим, не различным формам воды на Земле, а именно гидросфере как геологической системе:

- Способность гидросферы обеспечивать самый высокий КПД геологической тепловой машины Земля.
- Коллективная структуризация в системе вода-среда, заключающаяся в консервативности взаимоотношений воды и вмещающей среды.

Открытие этих свойств коренным образом меняет представление о гидросфере как прерывистой водной оболочке Земли, располагающейся между атмосферой и литосферой, как простой совокупности океанов, морей континентальных водоёмов и ледяных покровов, которым обычно пользуется география. Оно позволяет рассматривать гидросферу как геологическую систему, в которой все известные нам формы природных вод (*физические, химические, биологические*) формируют квазиизолированные подсистемы, существующие благодаря коллективной структуризации вода-среда и благодаря способности обеспечить наиболее эффективный перенос тепла из глубин Земли к её внешней границе [А.Павлов,1985].

Взгляды на происхождение гидросферы.

Возникновение гидросферы до сих пор дискуссионно. До недавнего времени большинство специалистов разделяло представления акад. В.П.Виноградова, в соответствии с которыми гидросфера возникла как продукт дифференциации мантии в результате её дегазации по механизму зонной плавки. Однако в настоящее время эти взгляды подвергаются серьёзной критике. Если же исходить из современных представлений о горячем начале Земли гидросфера возникла в самом конце этого процесса и в её развитии можно выделить две фазы [Павлов, 1985]

- обводнение верхней мантии (в 20% по массе наружном слое) и
- её обезвоживание, совпадающее по времени с геологическим этапом развития Земли.

На первой фазе в 20% слое возникла пористость и трещинноватость (до конденсации воды). Затем появилась вода физически связанная. Далее в результате ряда последующих процессов возникли воды химически связанные и на последней стадии – свободные.

Современная гидросфера – результат длительной эволюции Земли и глубокой дифференциации её вещества. Воды рек и озёр, подземные воды, занимая сравнительно малую долю в общей массе гидросферы, играют важнейшую роль, являясь источником водоснабжения, орошения и обводнения. Управление круговоротом этих вод, использование их для

нужд человечества – важная научная проблема, имеющая большое экономическое и социальное значение.

Из приведённой ниже таблицы 3.5 видно, что основная масса капельно-жидких вод Земли сосредоточена в мировом океане. Его химический состав довольно устойчив и при многих экологических построениях часто рассматривается как некий гидрохимический эталон.

Однако надо отметить, что, хотя ёмкостные возможности мирового океана действительно велики, они всё же не безграничны и при такой интенсивной техногенной нагрузке на планету, которая существует в настоящее время, человечество свой водный эталон может потерять довольно быстро. Катастрофы назревают и подкрадываются незаметно. И когда мы говорим, что то-то и там-то появилось «вдруг», мы ошибаемся. Никакого «вдруг» не бывает. Просто мы как всегда беспечны и наивны. И само понятие катастрофа возникло как отражение нашего менталитета: авось, небось, как-нибудь.

Таблица 3.5

Запасы свободной воды в гидросфере.

Виды воды	Объём млн.куб.км	Доля от мировых запасов, %
Мировой океан	1340,74	96,49
Подземные воды (без Антарктиды),		
гравитационные и капиллярные	23,40	1,68
Преимущественно пресные		
подземные воды	10,53	0,76
Почвенная влага	0,02	0,001
Ледники и постоянный снежный покров	24,87	1,79
Поверхностные воды многолетнемёрзлых пород	0,30	0,022
Вода в озёрах	0,18	0,013
Воды болот	0,01	0,0007
Воды в руслах рек	0,002	0,0001
Биологическая вода		
(в живых организмах и растениях)	0,001	0,0001
Вода в атмосфере	0,01	0,0007
Общие запасы	1389,53	100
Пресные воды	35,83	2,58

Биосфера.

Подобно гидросфере – это проникающая оболочка Земли, в которой сосредоточена белковая форма жизни. Конечно, белки не исчерпывают понятия живого вещества, основными компонентами которого являются кислород, водород, углерод и азот. К наиболее распространённым

соединениям, кроме белков, относятся ещё углеводороды и жиры. Но только белки представляют собой тот исключительный материал, который служит основой жизни на Земле. Появление жизни на нашей планете до сих пор остаётся загадкой, которую можно рассматривать с двух позиций:

- либо земная форма жизни занесена к нам из космоса,
- либо она возникла на самой Земле в результате анабиогенеза (из веществ неорганической природы).

Нижняя граница биосферы проходит на глубинах, где давление не должно превышать 600 Па (1–2 км), а температура быть не выше 100 °С. В атмосфере белковые формы жизни зафиксированы на высотах до 1000 км. Общую массу биосферы принято считать равной приблизительно 10^{14} кг. Число установленных биологических видов достигает 2 млн. единиц. Основная жизнь сосредоточена в океане, на поверхности Земли и в почвенном слое. Объём биосферы оценивается в 10 млн. км³. Масса растений превышает массу животных почти в 5 раз.

Биосфера имеет для Земли огромное энергетическое значение и представляет собой уникальный механизм, с помощью которого лучистая энергия преобразуется в другие формы. Поэтому она оказывает огромное влияние на развитие других оболочек Земли. В частности, установлено, что большая часть углекислого газа атмосферы имеет биогенное происхождение. Живое вещество в значительной мере определяет процессы выветривания земной коры, окислительные и восстановительные реакции (см. гл.8).

В конечном счёте, именно биосфера определяет структуры, которые мы называем *экологическими системами*.

Слой жизни и техносфера.

Человек живет на суше. Точнее он обитает на ее поверхности. Говоря, обитает, мы хотим подчеркнуть, что речь идет о нормальных генетически нормативных условиях его существования, условиях согласованных с его биологическим статусом. *Это биологическая ниша человека.*

Площадь суши составляет около 29% от всей поверхности земного шара и равна приблизительно 149 млн. кв. км. Если принять, что население Земли близко к 6 миллиардам, то нетрудно вычислить, что в среднем на одном квадратном километре суши живет около 40 человек. На самом деле средняя плотность населения гораздо больше, так как из 149 млн. кв. км следует исключить площадь Антарктиды, островов морей Северного Ледовитого океана, многих территорий с тундровым ландшафтом и тайгой, пустыни, солончаковые степи и высокогорные области.

Не будем заниматься «точными» подсчётами, не в них наша цель. Заметим только, что скорей всего мы не сильно ошибемся, если примем среднюю плотность равной 100 человек на 1 кв. км.

А это означает, что на одного жителя Земли в среднем приходится где-

то около 1 гектара нормальной, т.е. пригодной для обитания площади суши. Согласитесь, что это совсем немного. Если же учесть, что реальное распределение плотности народонаселения существенно отличается от среднего, то для целых крупных регионов уже можно говорить о перенаселении. Про города, да еще города-гиганты, мега-полисы, вряд ли следует и напоминать.

Таким образом, сегодня границу океан $\Rightarrow$ суша $\Rightarrow$ атмосфера уже нельзя рассматривать без человека. Человек – часть этой границы. Он принадлежит ей. Он её формирует. Он живет в ней.

Реальная поверхность границы обитания человека как биологического вида чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью каких-то формальных приёмов.

В масштабе всей Земли детали её рельефа, даже самые экзотические, практически не просматриваются. В сравнении с истинными размерами Земли, средняя толщина слоя воды в мировом океане (приблизительно 3,7 км) или средняя толщина тропосферы (около 10 км), содержащей почти 90% всей воздушной массы атмосферы (см. рис.3.8), кажутся тончайшими плёнками. Но ведь нормированная, биологическая ниша человека гораздо тоньше – где-то около 2 км. Сравнивая эту цифру со средним радиусом Земли (около 6371 км), мы начинаем осязать космический масштаб наших реалий:

слой нашей "взаправдашной" нормальной жизни ничтожно тонок, почти невидим. Он составляет всего лишь 0,03% от радиуса Матери-Земли. Для наглядности представим себе 0,3 мм на метровой линейке или 3 см на 100-метровой беговой дорожке стадиона.

Теперь посмотрим, как устроен этот тончайший слой, как он функционирует. Главное его предназначение – разделять. Он отделяет, как говорили древние, Небо от Земли, не даёт им смешиваться, не позволяет им исчезнуть друг в друге. Он их индивидуализирует, гарантирует автономность. В этом состоят запретительные функции слоя жизни. Конечно, речь идет не об абсолютном запрете. Любая граница немного «прозрачна». Она способна пропускать, но принципиально меньше того, что система вырабатывает и содержит. Запрет – это реальная возможность слабой *диссипации* (рассеяния).

Однако этот слой представляет собой открытую, а не изолированную систему: *он взаимодействует как с Землёй, так и с Небом*. И такая способность наделяет его ещё одним не граничным, а скорее пограничным качеством. Наш слой разрешает взаимодействовать, как бы общаться через себя, тем геосферам, которые сам разделяет, буфером для которых он является. Таким образом, граница, в которой человек живет, обладает

двумя взаимоисключающими качествами:

она способна разделять и одновременно обеспечивать взаимодействие тех сред, которые разделяет.

Собственно, так работают, наверное, все границы, даже государственные. Будучи везде «на замке», они открыты на таможенных и контрольных пунктах, открыты ..., но не во всякое время и не для всех. Иными словами на границах всегда где-то есть дырки (разрывы) и именно через них по определенным правилам происходит обмен веществом, энергией, информацией и т.д.

Таким образом, фундаментальные свойства граничного слоя, в котором человек живет, можно сформулировать так:

запрещать и разрешать, но разрешать не везде и не всегда.

Можно сказать, что человек не просто обитает в тонком слое между небом и землей, *он входит в этот слой как некий структурный элемент*, он функционирует как его часть, он завладел им, он сам устроен как этот слой.

К сожалению, приходится констатировать, что в своем слое человек ведет себя не лучшим образом. Он слишком много и бездумно разрушает, не думая о последствиях, ведёт себя как временщик.

Фактов человеческой глупости и наглости по отношению к Природе так много, что только их перечисление, наверное, заняло бы не одну длинную полку в книгохранилище. Со многими из них, особенно связанными с общечеловеческими трагедиями, такими как Чернобыльская авария, отравление почв пестицидами, разливами нефти знакомы, по-видимому, все.

Цель, которую я преследую, состоит не в том, чтобы ещё и ещё раз говорить о такого рода случаях и такого рода практике. Я не хочу рассказывать об экологических «страшилках». Хочется найти какой-то общий тон в характеристике деяний человека. Наверное, следует говорить не столько об авариях и катастрофах, сколько об обыкновенной, нормальной человеческой деятельности. Ведь и фашизм и социализм страшны были своей обыденностью, своей обыкновенностью.

Вот самая общая экологическая канва индустриального развития человечества:

1. Человек загрязняет атмосферу, повышая её агрессивность не только ко всему живому, но и по отношению к горным породам и воде, влияя тем самым на ход такого глобального процесса как выветривание (см. гл. 8).
2. Человек строит города, проводит в огромных объёмах добычу полезных ископаемых, создает крупные водохранилища, складировать отходы горнодобывающих, перерабатывающих, обогащательных и другого рода

предприятий. При этом он формирует гигантские свалки бытовых отходов вблизи крупных промышленных центров, золоотвалы у тепловых электростанций и т.д. Человек разрушает естественную поверхность Земли, урбанизирует целые ландшафты не только на отдельных участках, но и в крупных регионах, а через них, так или иначе, и на планете в целом. *Все это сегодня принято называть техногенезом.* Последствия здесь возникают самые разнообразные. Это не просто изменение рельефа, а через него характера распределения поверхностного и подземного водного стока, но и изменение излучающей, поглощающей и отражательной способности Земли по отношению к тепловому потоку Солнца. Это и формирование новых геохимических ландшафтов, чаще всего опасных для всего живого. Это и загрязнение поверхностных и подземных вод, почв, растений и т.д. Например, по оценкам специалистов только в одном Колымском регионе под ножами бульдозеров ежегодно уничтожалось около 15 тыс. гектаров таёжного ландшафта, что приводило к интенсивной деградации многолетней мерзлоты. В отвалах предприятий на территории только бывшего СССР накоплено более 52 млрд. тонн шлаков, коксовых, углесодержащих и других твердых отходов.

А вот пример тоже обыкновенной так называемой созидательной деятельности человека в береговой полосе суши.

Чрезмерная добыча галечника, гравия и песка в долинах рек черноморского побережья Кавказа (для строительных целей) привела к нарушению естественного баланса этого материала в береговой зоне шельфа, создав его острый дефицит. В результате чрезвычайно активизировались процессы разрушения берега, стали исчезать пляжи, активизировалась оползневая деятельность. Все это привело к регулярным деформациям единственной ветки железной дороги и зданий, осложнило работу морских портов, поставило под угрозу существование уникальной природной жемчужины – Пицундского мыса с его знаменитой реликтовой сосновой рощей (мыс – это конус выноса р. Бзыби). Процесс зашел так далеко, что в СССР была создана специальная фирма «Грузберегозащита», занимавшаяся искусственной отсыпкой пляжей. Так замкнулся круг – одни организации отнимали у моря существенную часть приходной статьи баланса песчано-гравийно-галечного материала, другие организации привозили этот материал и отсыпали его в береговой полосе, решая при этом очень не простые научные и инженерные задачи.

Теперь немного об океане.

Человек не живет в нем, но широко пользуется его услугами, как всегда, не оплачивая их и даже без «спасибо». Если снова ориентироваться не на аварии и экстремумы, такие как катастрофы с танкерами, или запуски ракет с подводных лодок, а на обычную человеческую деятельность, то можно сказать, что человек постепенно, но верно океан загрязняет. И, может быть, самая масштабная беда, которая нас при этом ожидает, состоит в разрушении *холодной плёнки океана* (см. главу 6 «Границы»).

Установлено, что загрязнение пагубно для неё. А что это значит? А значит это то, что изменяется водный баланс Земли, изменится климат, океан начнет исчезать в атмосфере и далее будет рассеиваться в космосе, поскольку внутриатмосферные границы человек ломает и ломает, как говорят в народе, «где ни попадя».

И вот мы подошли к концу нашего разговора о том, как живёт человек в границе. Не нам судить, хорошо он живёт или плохо. Он живёт так, как

живёт и, навряд ли будет жить по-другому. Он уничтожает то, что природа создала до него, полагая, что всё именно для него и было создано. Но ведь человек, разрушая, создаёт. Он создаёт совершенно новые системы и структуры, которых ранее на Земле не было.

Человек для природы тело не чужеродное, он её часть, её плоть и кровь. Значит, всё, что он творит нормально, это одна из ветвей эволюции Земли. Рано или поздно, но человек поймёт планетарный масштаб своей жизни, поймёт целостность Мира и, что важнее, ощутит её.

Я хотел показать, что человек живёт в слое между Небом и Землёй. Его жизнь связана с *формированием новой для Земли оболочки – техносферы. Техносфера и слой жизни совпадают в пространстве*. Слой же имеет два измерения: *вдоль и поперёк*. Большой русский писатель Андрей Битов, в книге «Оглашенные» эту тонкость очень глубоко подметил:

пока человек действует вдоль слоя, он живёт в реальности, но как только он двигается поперёк, он совершает поступки, могущие либо нарушить реальность слоя, либо вывести из реальности самого человека, его разум и душу.

Создавая города, дороги, пашни и др., человек как бы ползает вдоль слоя и потому особенно не меняет его, во всяком случае, принципиально. Но когда человек начал добывать нефть, природный газ, уголь, ядерное топливо, он стал перемещаться поперёк слоя. Он поднял из недр то, что принадлежало другой системе, другому слою – недрам. Он берёт не своё и продолжает брать всё больше и больше. Сжигая топливо недр, он изменяет тепловой и газовый баланс слоя жизни. Он корёжит его границы. А это уже поступки. Это уже принципиально. Они нарушают баланс слоя, выводя его из устойчивого состояния, меняют его характеристики.

Именно нарушения границ живого слоя создают для человечества принципиальные проблемы. Сможет ли оно их решить? Будем надеяться. Но для этого человек должен понять их фундаментально и, как говорят, правильно поставить задачу. Ведь построили же люди модель «ядерной зимы», почему же им не построить *модель сбалансированного слоя жизни* с тем, чтобы человеческая деятельность развивалась не как получится, а как задумано было Богом. Для этого человеку и дан разум – искра Божия.

Общий вывод:

никто человеку не может объяснить, как надо относиться к природе, как ему следует жить. Он должен понять это сам.

3.3. Внутренние оболочки.

Основные понятия.

1. **Земная кора** – существует несколько представлений:

- Синоним литосферы – каменная оболочка Земли до поверхности

Мохоровичича (классическое понятие).

- Самая верхняя оболочка земного шара, доступная непосредственному наблюдению. К ней относят нижнюю часть атмосферы, гидросферу в географическом понимании, верхнюю часть литосферы (литосфера – часть земной коры). Такое «определение» принято в геохимии и минералогии.
 - Земная кора – верхняя часть литосферной плиты.
2. **Литосферная плита** – поверхностный прочный слой Земли, с хрупкими деформациями (реологическое определение).
 3. **Поверхность Мохоровичича** – поверхность, являющаяся границей между литосферой и подкорovým веществом, установлена на основании изменения скорости прохождения продольных и поперечных сейсмических волн.
 4. **Мантия** – область, включающая весь вещественный комплекс между границей Мохоровичича (30-35 км по радиусу вглубь Земли) – подошвой литосферы и границей Гуттенберга (2900 км) – наружной границей ядра.
 5. **Ядро земли** – центральная область Земли, ограниченная сферической поверхностью, средний радиус которой равен 3470 км (средняя глубина 200 км).
 6. **Внешнее ядро, переходная зона, внутреннее ядро** – структурные элементы ядра Земли.
 7. **Сейсмические волны** – упругие волны, возникающие и распространяющиеся в Земле при землетрясениях, взрывах и ударах.
P-волны – продольные колебания, представляющие собой направленное сжатие и расширение элементарных объемов сферы.
S-волны – поперечные колебания совершаются, представляющие собой смещения, связанные с вращением элементарных объемов (колебания поперек фронта движения волны).
 8. **Сиаль (сиалическая оболочка)** – внешняя оболочка литосферы, сложенная породами, в состав которых входят преимущественно кремний и алюминий.
 9. **Сима** – оболочка Земли, залегающая под сиалем, сложенная породами в состав которых входят преимущественно кремний и магний.
 10. **Поверхность (граница) Конрада** – разделяет гранитный и базальтовый слои земной коры.
 11. **Рифт** – расселина, ущелье (англ). В геологии обозначает разлом с растяжением. Примеры: Байкальский рифт, рифт Красного моря, Срединно-Атлантический подводный хребет с рифтом в осевой части.
 12. **Трубка взрыва** – трубкообразный канал образующийся в результате прорыва газов. Наиболее крупные достигают 1 км в диаметре. Некоторые трубки являются алмазоносными, например трубка «Мира» в Якутии.
 13. **Петрология** – наука, изучающая магматические и метаморфические горные породы с точки зрения их вещественного состава, геологических особенностей и генезиса.
 14. **Закон дисимметрии** – соответствие внутренней симметрии объекта и симметрии внешней – среды.
 15. **Солидус** – фазовая граница на диаграмме *состав–температура* между твердой фазой и областью частичного плавления.
 16. **Астеносфера** – слой, не выдерживающий касательных напряжений. Его реологические свойства соответствуют состоянию частичного плавления

пород.

17. Реология – наука о текучести вещества.

18. Перидотиты – общее название для глубинных пород. Считаются производными глубинных мантийных магм.

19. Эклогиты – обычно считаются метаморфической породой, возникающей в условиях высокой температуры и высокого давления.

Общая характеристика.

По различным геофизическим параметрам, в частности, по скорости прохождения *сейсмических волн*, твердый объем нашей планеты в настоящее время довольно четко разделяется на четыре сферы (оболочки): *кору, мантию, внешнее ядро и внутреннее ядро*. (См. табл. 3.6).

Земная кора. В первоначальном классическом варианте понятие земной коры отождествлялось с понятием *литосферы*. Её внешняя граница проводилась по поверхности суши и дну морей и океанов, а нижняя – по *поверхности Мохоровичича*, часто называемой сокращённо поверхностью *Мохо* или границей *М*.

До недавнего времени слой этот назывался ещё *сиаль* (от слов *silicium* – кремний и *aluminium* – алюминий), что отражало определённое представление о его составе, в отличие от нижележащих слоёв под названием *сима*, в которых по преобладанию место алюминия занимал уже магний (*magnium*). В целом эта классификационная схема подтверждается и сегодня, хотя в деталях (во многом принципиального порядка) она существенно усложнилась.

Нетрудно видеть, что, эксплуатируя термин *сиаль*, мы тем самым сознательно не замечаем внутренних различий в устройстве этого слоя, подчёркивая лишь наиболее общие его черты – классификационные признаки самого высокого порядка. Тем не менее, даже когда термины *сиаль* и *сима* использовались широко, земная кора уже разделялась на два типа:

- континентальную и
- океаническую.

Первая состояла из трёх слоёв – *осадочного, гранитного и базальтового*. Они отличались по плотности, по составу и мощностям. Их суммарная мощность составляет порядка 30–40 км, достигая максимальных значений под горными сооружениями (50–70 км), где кора образовывала так называемые корни гор. Океаническая кора рассматривалась *двухслойной* (без гранитного слоя) и имела существенно меньшую мощность, обычно не превышающую 10 км. Базальтовый слой трактовался как некая единая сфера, по которой в принципе куски гранитного слоя континентов могли даже перемещаться [известная гипотеза А.Л. Вегенера о дрейфе материков, 1915 – 1929 гг].

Перед тем как остановиться на современной схеме строения земной коры хотелось бы подчеркнуть, что эти модели построены преимущественно на *косвенных данных, в основном на геофизической информации*. Это продукт её интерпретации, контролируемый достаточно общими теоретическими концепциями, принимаемыми большинством специалистов. Правда, за последние два-три десятилетия косвенная информация стала более совершенной и, что особенно важно, появилось значительное количество прямых наблюдений и измерений, ставших возможными благодаря сверхглубокому бурению и исследованиям в *рифтовых областях и трубках взрыва* – участках, где глубинный материал верхней мантии поднят достаточно близко к поверхности Земли.

Средний химический состав земной коры.

Первые работы по определению среднего химического состава земной коры были выполнены американским химиком Ф.В. Кларком (1889 г). Позже их продолжили многие крупные учёные, среди которых следует выделить имена В.М. Гольдшмидта, В.И Вернадского, А.Е Ферсмана, А.П. Виноградова. Сегодня средние содержания, называемые еще числами Кларка (по предложению акад. А.Е. Ферсмана), известны для 92 элементов таблицы Менделеева. Их выражают в различных единицах: г/т, вес. %, атомные %, объемные % (см. табл.3.6). Кроме среднего состава земной коры средние показатели вычислены также для различных типов пород, каменных метеоритов, океанических и речных вод.

Таблица 3.6.

Выборочные данные о среднем составе земной коры по А.Е. Ферсману (вес.%)

№ п/п	Химические элементы	Числа Кларка
1	Кислород	49,13
2	Кремний	26,00
3	Алюминий	7,45
4	Железо	4,20
5	Кальций	3,25
6	Натрий	2,40
7	Магний	2,35
8	Калий	2,35
9	Водород	1,00
10	Титан	0,61
11	Хлор	0,20
12	Сера	0,10
	Остальные 80 элементов	0,96

100,00

PS. А.Е.Ферсман при оценках среднего состава учитывал гидросферу и атмосферу. См. определение земной коры в «*основных понятиях*».

Некоторые данные о внутренних частях Земли

Слой	Толщина (мощность), км	Глубина раздела, км	Объем, %	Скорость сейсмических волн, км/с**		Вычисленная плотность, г/см ³
				P-волны	S-волны	
Кора	5—40*		1,5	5,8—7,6	3,2—3,4	2,8
		Изменчива		Раздел Мохоровичича		
Мантия	2860		82,3	7,9—8,2 13,6	4,3—4,6 7,3	3,3—3,4 5,5—5,8
Внешнее ядро	2200	2900	15,4	Раздел Гутенберга		9,4—10 12
		5120		Граница внешнего и внутрен- него ядра		
Внутреннее ядро	1250		0,8	11,1	—	13—13,5 (среднее)
		6371		11,3		

Новая информация позволяет строить структурные схемы земной коры, лучше, чем раньше отражающие её сложность. Однако это всегда будут лишь интерпретации, так как по меткому выражению Л.Тейлора, легче

измерить, чем понять что измеряется.

Описание типов земной коры по В.В.Белоусову [1975].

Материковая кора. Её мощность оценивается от 20 до 80 км. Связь морфологических особенностей нижней границы с рельефом поверхности Земли (существование корней гор), как это довольно жёстко трактовалось до недавнего времени, у В.В.Белоусова не просматривается так однозначно и находит различные теоретические объяснения: *по схемам Дж.Эри и Дж.Пратта – английских геодезистов XIX-го века.*

По Дж.Эри в пределах земной коры плотность везде одинакова и постоянна во времени. Поэтому положительные неровности планетарного рельефа земной поверхности, создающие локальный избыток массы, должны компенсироваться отрицательными неровностями поверхности *Мохо*, создающими уравнивающую выталкивающую силу в поле силы тяжести Земли со стороны подстилающего слоя *сима*. Отрицательным неровностям рельефа, наоборот, должны соответствовать положительные морфологические формы *Мохо*. Для планетарных масштабов в целом это правило соблюдается, во всяком случае, там, где *допущение постоянства плотности приемлемо на уровне аппроксимаций*. Навряд ли в природе соблюдается допущение Дж.Эри, но принять такое условие можно, хотя его не следует абсолютизировать.

По Дж.Пратту плотность коры не есть константа и дефицит или избыток масс, создаваемый рельефом поверхности Земли, компенсируется соответствующими изменениями плотности *по силам*.

Самый верхний, осадочный, слой имеет прерывистое распространение и при средней мощности 3 км местами отсутствует, а иногда достигает 20 км.

Второй слой, гранитный, теперь чаще называют *гранито-гнейсовым*. Судя по выходам этого слоя на поверхность Земли (Балтийский, Канадский, Анабарский и другие регионы), приблизительно на 50% он состоит из гранитов, на 40% – из гнейсов и других среднетемпературных метаморфических пород. Мощность второго слоя обычно колеблется от 8 до 25 км, хотя в некоторых районах он даже не обнаружен.

Третий, базальтовый, слой теперь чаще называют *гранулитобазитовым* или *просто нижней корой*, так как он сложен главным образом метаморфическими и магматическими породами зон высоких температур и давлений (их общее название – *гранулиты и базиты*).

Граница между гранито-гнейсовым и гранулитобазитовым слоями носит название *раздела Конрада*. Характерно, что по вещественному составу образцов пород из Кольской сверхглубокой скважины граница Конрада не

фиксируется. По данным *сейсмоки* она есть, а по данным *петрологии* её нет.

Этот факт является принципиально важным. Он свидетельствует о том, что наши *вещественные интерпретации* геофизических данных, основанные на изучении физических свойств разных горных пород, извлечённых на поверхность Земли, могут быть недостаточно надёжными.

Океаническая кора. *Верхний, осадочный, слой* этой коры существенно тоньше, чем на материках и обычно достигает всего нескольких сотен метров. Аномальными выглядят лишь так называемые океанические желоба, мощность осадков в которых может быть как существенно выше средней и достигать 6,5 км (юго-запад Японских островов) или более 3 км (северные берега Колумбии), так и намного ниже – практическое отсутствие осадков в желобе, вдоль подводного хребта в центральной части Индийского океана. Вообще же океаническое дно мы знаем ещё значительно хуже континентов и потому в будущем наши представления о распределении осадочных пород в океане могут сильно измениться.

Гранито-гнейсовый слой в коре океанического типа не обнаружен. *Вторым* для океана является *базальтовый слой*. Третий предположительно состоит из различных основных и ультраосновных пород.

Дно мирового океана активно разбуривается и вообще исследуется в широком геолого-геофизическом аспекте. Поэтому говорить о какой-то достаточно установившейся модели строения океанической коры ещё рано.

Сегодня здесь больше вопросов, чем ответов. Ясно лишь одно: *океанический тип коры мало чем похож на континентальный*. Он сложен и своеобразен.

Его второй и третий слои по петрологическим характеристикам не имеют аналогов на континентах. Материковая кора полностью обрывается на континентальном склоне и замещается совершенно другой корой.

Современные взгляды на земную кору.

Деление земной коры на два типа, как и всякая классификационная схема, представляет собой некую *конвенцию (соглашение)*. Её можно усложнить и при необходимости довольно сильно. Поэтому не случайно некоторые авторы стали выделять ещё и промежуточные типы коры: *субокеанический и субконтинентальный*. Не будем эти типы обсуждать. Заметим только, что по вещественному составу, структуре, физическим свойствам, фазовому состоянию земная кора очень разнообразна, расчленена разломами на блоки, блоки смещены, часто повернуты и т.д. Поэтому всякое классификационное усложнение должно быть

мотивировано определённой целью или задачей. Некоторое представление о строении верхней части земной коры может дать рис.3.13.



Рис. 3.13. Схематический разрез западной части Средиземного моря (по В.В.Белоусову [1975]).

Фактический материал по вещественной и физической структуре земной коры на континентах и океанах показывает их весьма существенное различие, причины которого во многом ещё не ясны. Однако есть основания предполагать, что их поиск приведет к пониманию важной роли в геологическом развитии Земли таких фундаментальных законов, как закон *дисимметрии*, открытый П. Кюри и развитый для геологии В.И. Вернадским, Б.Л. Личковым и И.И. Шафрановским.

Обратим внимание на один известный, но почему-то практически не обсуждаемый в учебной литературе факт. Поверхность Мохо — это только сейсмическая граница. Её вещественная природа весьма проблематична, тем более, что и сейсмическими методами она установлена уверенно не везде.

Исследования показывают, что граница Мохо, оставаясь важнейшей сейсмической поверхностью, с позиций тектоники и устройства гравитационного поля Земли не является уникальной. Границу верхнего, жесткого слоя Земли, т.е. собственно литосферы (*литосферной плиты*), следует проводить не по поверхности Мохо, а ниже — в верхней мантии.

Очевидно, что при таком подходе к пониманию литосферы (при рассмотрении её как некоторой жесткой и в целом даже хрупкой оболочки Земли), нижняя граница смещается существенно ниже границы Мохо, и *понятие литосферы и земной коры перестают быть тождественными*. Земная кора становится верхней частью литосферы (*литосферной плиты*). (См. рис. 3.14).

Именно так обстоит дело в *тектонике плит* — глобальной геологической концепции, разработанной для создания кинематической модели верхних слоев Земли (см. гл.7).

Идеи плитной тектоники, может быть впервые в геологии, внесли в наше мышление требование физической строгости основных понятий и привели к физической обоснованности аппарата для моделирования глобальных механических перемещений в верхних слоях Земли.

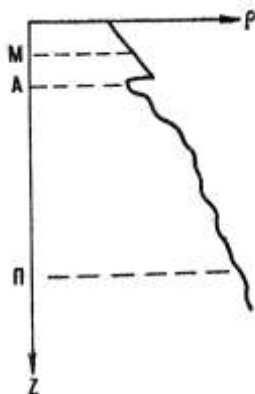


Рис. 3.14. Принципиальный график изменения плотности пород ρ с глубиной Z .

A — нижняя граница литосферной плиты (около 70 км под океанами и около 140 км под щитами). M — поверхность Мохора. П — граница так называемой переходной области (глубина около 870 км).

Верхняя ее часть до глубины 250-400 км называется астеносферой.

Наряду с рассмотренными представлениями, в геологии существует *ещё одно понятие земной коры*, которое иногда используется в *геохимии и минералогии*. Здесь под земной корой понимается самая верхняя оболочка Земли, доступная непосредственному наблюдению. К ней относят не только твердую часть Земли до поверхности Мохора, но и вышележащие слои:

- гидросферу в географическом понимании этого термина (океаны, моря, реки и т.д.) и
- прилегающие части атмосферы.

Эти представления о земной коре и литосфере отличаются друг от друга принципиально. Но они существуют в литературе и используются как в теоретических построениях, так и на практике. Потому следует знать это и понимать, чтобы грамотно использовать эти понятия.

Мантия.

Самая верхняя её часть называется астеносферой (см. Рис. 3.14). Этот слой обладает вязко-пластичными свойствами. Теоретически в нем могут возникать *конвективные течения*. Более глубокие слои мантии мы знаем лишь по косвенным, главным образом, геофизическим данным. Сегодня они позволяют сказать следующее:

1. Наиболее известными физическими характеристиками являются скорости P- и S- волн, которые для большей части мантии определяются с погрешностью, не превышающей 2%, и служат надежной основой для суждения о ее физических

свойствах. Классическими являются кривые Б. Гуттенберга и Г. Джеффриса, которые самыми последними исследованиями лишь уточнены в деталях [Павлов, 1991]. Однако эти детали принципиальны. Они показали, что структура мантии, особенно верхней, достаточно сложна и заметно изменяется как по направлению радиуса Земли, так и в региональном плане. К подобному выводу приводит и анализ результатов по исследованию электропроводности мантии, значения которой могут отличаться от средней на порядок, как в плюсовую, так и минусовую сторону.

2. Один из способов оценки вещественного состава мантии состоит в измерении скоростей сейсмических волн в различных горных породах. Эксперименты такого рода показали, что скорости Р-волн 8,0-8,2 км/с, наблюдаемые ниже границы Мохо, присущи двум видам известных ультраосновных пород – *перидотитам* и *эклогитам* (при соответствующих мантии температурах и давлениях). Именно это обстоятельство позволило предполагать, что мантия представлена преимущественно породами ультраосновного состава, сходными с перидотитами и эклогитами.
3. По классической схеме в мантии выделяют три зоны:
 - В – верхнюю мантию, астеносферу (33 – 400 км);
 - С – переходную зону (400 – 1000 км);
 - D – нижнюю мантию (1000 – 2900 км).

Ядро.

К.Е. Буллен на основании скоростного разреза Г. Джеффриса разделил ядро на три зоны:

- слой E (2900 – 4980 км) – внешнее ядро;
- слой F (4980 – 5120 км) – переходная зона;
- слой G (5120 – 6370 км) – внутреннее ядро.

Зона F не имеет чётких границ, так как сама является граничной областью между слоями E и G. Однако вслед за К.Е. Булленом она выделяется многими специалистами. Вопрос о составе ядра остаётся ещё дискуссионным. Тем не менее, существуют и достаточно надежные интерпретации.

Внешнее ядро, по-видимому, является жидким. Это утверждение базируется на трех основных фактах:

- Прохождение через него поперечных волн наблюдениями не устанавливается.
- Существование вековых вариаций магнитного поля Земли (см.гл.4), которое при твердом слое E не могли бы появиться.
- Возникновение земных приливов – периодических деформаций твердого тела Земли.

Внутреннее ядро Земли, вероятно, является твердым. Так интерпретируется увеличение скорости волн Р в переходной зоне. Сейсмическая его структура ожидается довольно сложной.

Состав ядра рассматривается как железо-никелевый с примесями серы и кремния. Считается, что три его зоны по составу близки, хотя полного совпадения теоретически ожидать нельзя.

Общий вывод:

- представления о вещественном составе и структуре литосферы получены геологами и геофизиками не только на основе косвенной информации, но в значительной мере и на материалах натурных наблюдений и измерений;
- представления же о составе и строении мантии и ядра построены на косвенной информации, полученной на основе геофизических исследований, результатах экспериментальных работ и теоретических построений.

3.4. Планетарная линеаментная сеть.

Основные понятия.

1. **Линеамент** – (lineamentum – линия, черта), линейные или дугообразные структурные элементы планетарного значения, связанные на начальном этапе, а иногда и в течение всей истории с глубинными разломами. Термин предложен американским геологом У. Хоббсом (1904 г.). (Геологический словарь. Том 1. 1973 г.)
2. **Стресс-зона** – долгоживущая зона в земной коре, протяжённая в плане, вертикальная в разрезе, концентрирующая в себе напряжения, порождённые общепланетными (вероятно, ротационными, приливными и пульсационными) процессами, проявляющаяся в формировании линейных структурно-морфологических объектов. Совокупность стресс-зон образует стресс-сеть Земли [Анохин, 2006].
3. **Регматическая решётка** – сеть линеаментов. От англ. regmagensis – регмагенез (региональное проявление сдвиговых перемещений).
4. **Ротационные силы** – в геологии имеются в виду силы, связанные с вращением Земли.

Общая характеристика.

Линеаментные структуры Земли были замечены более 150 лет назад. Материалы наблюдений по ним накапливались на уровне различных масштабов – от локальных и региональных до глобальных. Сегодня, благодаря работам ФГУП ВНИИОкеангеология и системным исследованиям В.М. Анохина [2006], удалось установить четыре планетарно развитых направления ориентации таких структур. Они контролируются элементами рельефа, разломами суши и дна океанов:

- Субмеридианальное (0-10°).
- Субширотное (80-90°).
- Два диагональных – СВ (40-50°) и ЮВ (130-140°).

Многочисленные натурные измерения позволили в линеаментной сети выделить несколько иерархических уровней:

- структуры 1-2 порядков (планетарные);
- структуры 3-6 порядков (мегаформы);

- структуры 7-10 порядков (макроформы).

Они, хотя и влияют на рисунок структурного плана всех континентов и океанов, а также регионов в их составе, общий вид регматической решётки не меняют. Этот вывод подтверждается результатами статистического анализа. Он касается как коры континентального типа, так и океанического (см. рис. 3.15, 3.16).



Рис. 3.15. Карта космогонических объектов России (Геологический атлас России..., 1996 г.) [Анохин, 2006].

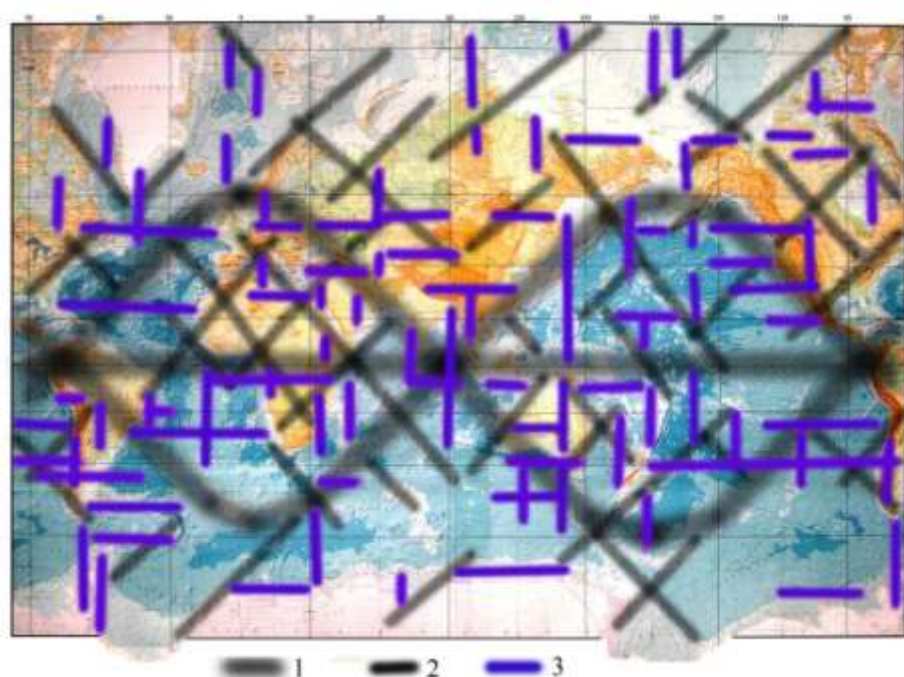


Рис. 3.16. Идеализированный рисунок упорядоченной сети наиболее крупных линейных структур Земли [Анохин, 2010. Дисс.]

1 – диагонали 1-го порядка; 2 – диагонали 2-го порядка; 3 – ортогональные линии 2-го порядка.

Современные взгляды на происхождение линеаментной сети.

Анализ разнообразного и обширного натурального материала по всем уровням регматической решётки Земли склоняет геологов к ротационному объяснению её происхождения (рис. 3.17).

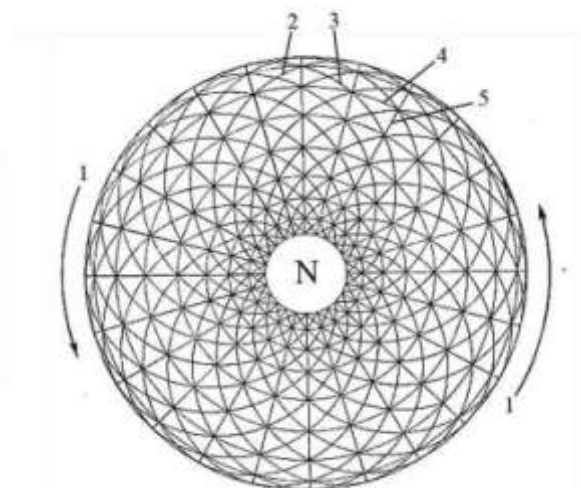


Рис. 3.17. Поле ротационных напряжений земной коры (Долицкий, 1963, 2002 г.)
[Анохин, 2006].

1 – направление вращения Земли; 2,3 – направление площадок, вдоль которых действуют максимальные касательные напряжения; 4,5 – направление площадок, которые действуют главные нормальные напряжения.

Такая позиция согласуется с фиксистскими представлениями на развитие нашей планеты, но входит в противоречие с идеями плитной тектоники (см. гл.7). Думаю, что несовместимость с неомобилистскими взглядами является кажущейся. Здесь могут быть найдены вполне удовлетворительные компромиссы [Павлов,2008].

Фиксистские и неомобилистские идеи в геологии.

К настоящему времени всё разнообразие тектонических идей и гипотез, которыми изобилует геологическая наука, обычно сводятся к концепциям фиксизма и неомобилизма. Литература по ним исключительно велика. Здесь нет надобности обсуждать детали этих взглядов. Достаточно показать их суть.

Фиксизм.

Идеи, которые сформировали фиксизм как тектоническое учение, разрабатывались в геологии более 150 лет. В современном виде они наиболее последовательно были представлены крупнейшим советским геологом чл. корр. АН СССР В.В. Белоусовым [1975]. Для материков им впервые были выделены и детально исследованы несколько классов эндогенных режимов, объединяющих по определенным схемам тектонические, магматические и метаморфические процессы. В их основу были положены представления о характере проницаемости земной коры для магм, её жидких и газообразных продуктов, тип и степень магматизма, региональный метаморфизм и гранитизация, степень контрастности глыбово-волновых и колебательных движений, соотношения между поднятиями и опусканиями земной коры, характер дислокаций. Это был результат ретроспективного анализа огромного геологического материала (картирования, бурения, геофизических исследований), накопленного и обобщённого

многими поколениями геологов и геологическими службами многих стран мира.

По океанической коре такого рода построений В.В. Белоусову сделать не удалось. Он настаивал лишь на том, что принципиально отличаются между собой не только океаническая и континентальные коры, но и участки верхней мантии, находящиеся под ними.

В результате можно сказать, что фиксизм построен на утверждении принципиального преобладания вертикальных движений тектоносферы над горизонтальными смещениями.

Неомобилизм.

Идеи неомобилизма в современной геологии оформились в виде теории под названием новая глобальная тектоника или теория плит. Суть её состоит в том, что литосфера (внешняя каменная оболочка Земли до астеносферы) расчленена на несколько крупных и мелких плит, перемещающихся относительно друг друга. Их границы контролируются глобальными системами эпицентров землетрясений – вокруг Тихого океана и вдоль срединно-океанических хребтов. Внутри плит сильных деформаций не происходит.

Выделяется три основных типа относительного движения плит:

1. Движение в разные стороны (расхождение или дивергенция).
2. Движение навстречу друг другу (схождение или конвергенция).
3. Проскальзывание относительно друг друга по трансформным границам.

За основную причину их перемещения принимаются конвективные течения в верхней мантии. Природа таких течений во многом ещё не ясна и имеет различные толкования.

Нетрудно увидеть, что неомобилизм эксплуатирует идеи преимущественного горизонтального перемещения. Они возникли на материалах геологических и в основном геофизических исследований в океанах.

Конфликт между взглядами фиксистов и неомобилистов очевиден и до недавнего времени казался неразрешимым. Попытки найти какие-то промежуточные интерпретации между этими противоположностями не находили поддержки в геологических кругах. Никто не хотел их обсуждать, поскольку конфликтующие стороны были крайне ортодоксальны и, как говорится, стояли на смерти за свои идеалы.

В 1983 г. мною было предложено фиксистские и неомобилистские схемы развития Земли разобщить во времени и пространстве:

- неомобилизм связывался с эпохами активных перестроек, определяемых получением квантов энергии (геократические эпохи);
- фиксизм – с эпохами эволюционных изменений.

Эти идеи возникли при разработке квантовой парадигмы геологии (см. гл. 1). К тому же они опирались ещё на тот факт, что плитная тектоника сформировалась на материалах геологического изучения современных океанов, состояние дна которых определяется геократической эпохой, начавшейся в четвертичном периоде.

Год или два назад эту идею поддержал и озвучил на одном из научных семинаров чл. корр. РАН проф. Ю.Е. Погребницкий (ВНИИОкеангеология).

Таким образом, можно констатировать, что компромисс между

ортодоксально настроенными фиксистами и неомобилистами сегодня начинает находить понимание среди геологов.

Здесь уместно обратить внимание ещё на одно обстоятельство:

- Нижняя граница литосферной плиты, представления о которой положены в основу неомобилизма, проходит по астеносфере. Её реологические свойства характеризуют вязко-пластичную среду. Очевидно, что устойчивая «разломность» в такой среде развиваться не может. Хрупкие деформации – это удел только толщи, лежащей на переходной зоне (см. рис. 3.14). Следовательно, движение литосферных плит, навряд ли принципиально изменит вид регматической решётки Земли. Оно только в какой-то степени может исказить её, что и наблюдается инструментально.

Общий вывод:

- *в масштабе планеты существует единая регматическая решётка линеаментов и разломов, в основе которой лежит глубинная и долгоживущая сеть напряженных зон – стресс-сеть.*

3.5. Современные представления о происхождении геосфер.

Основные понятия.

1. **Зонная плавка** – процесс, при котором вещество в виде тонкого стержня нагревается таким образом, что в нём возникает узкая зона плавления, которая медленно перемещается в определенном направлении вдоль стержня.
2. **Выщелачивание горных пород** – процесс избирательного растворения и вынос подземными водами отдельных компонентов горных пород.

Обзор основных представлений.

Существование геосфер в настоящее время рассматривается как факт самоочевидный, уже не требующий каких-то специальных доказательств. Проблема заключается лишь в том, чтобы объяснить, как геосферы возникли.

В геологии широко развиты представления об образовании геосфер в результате дифференциации первичного земного вещества. Обзор этих взглядов можно найти в работах Е.В. Посохова. Пожалуй, наиболее популярны из них разработки В.М. Гольдшмидта, У. Руби и академика А.П. Виноградова. Последний связывал образование геосфер с процессом *зонной плавки мантийного вещества*. Под влиянием энергии гравитационного сжатия Земли и радиоактивного распада в первую очередь таких элементов как уран, торий и калий-40, происходил разогрев планеты, приводящий к дифференциации её вещества. Суть зонной плавки состоит в *конвективном перемешивании* расплава:

- нижние, более нагретые массы, перемещаясь вверх в виде «струй», плавят кровлю расплавленной зоны,
- верхние, менее нагретые, перемещаясь вниз, кристаллизуются.

Эта схема основана на гипотезе «холодного» начала Земли, получившего развитие под влиянием *аккреционной* теории образования планет Солнечной системы О.Ю. Шмидта и других исследователей.

Зонная плавка – один из возможных вариантов механизма дифференциации вещества Земли, способной привести к образованию геосфер. Поскольку сама задача является ретроспективной (обратной), то уже один этот факт предполагает множественность объяснений.

Примером другой схемы дифференциации могут служить разработки Б.Г. Лутца, сводящиеся к глубинному магматическому кислотному *выщелачиванию*. Определяющим в его схеме является режим газо-флюидной фазы в процессе магмаобразования. Именно летучие компоненты и вода главным образом лимитируют количество магмы, выплавляемой в мантии.

Идеи дифференциации глубоко внедрились в сознание геологов. На их основе были разработаны многочисленные тектонические концепции. Представление о них можно получить из трудов В.В. Белоусова, В.Е. Хаина, А.Е. Михайлова и других крупных геологов России.

Однако существуют и принципиально новые модели образования геосфер, постулирующие не «холодное», а «горячее» начало Земли и эксплуатирующие идею образования звезд из газовых туманностей в процессе их гравитационного сжатия. Наиболее характерной из них является модель С.П. Кларка (мл.), К.К. Турекьяна и Л. Гроссмана. Она рассматривает неоднородную аккрецию Земли. Эта модель вполне обходится без дифференциации. В соответствии с ней геосферы возникли независимо друг от друга по дискретной схеме конденсации начальной горячей газовой туманности. Очевидно, что возраст геосфер здесь уже не одинаков:

- наиболее древним является ядро, а
- самой молодой – атмосфера.

Дифференциация вещества в этой модели отсутствует как процесс возникновения геосфер. Однако модель его не запрещает. Этот процесс может быть наложенным, и первично возникшие при конденсации вещества планетарной туманности геосферы позже могут усложняться в своем составе и вещественной структуре под действием дифференциации собственного вещества и вещества соседних нижележащих слоев.

Общий вывод:

представления о происхождении геосфер – суть модели.

Контрольные вопросы

1. Объясните принципы построения гипсографической кривой.
2. Что такое географические гомологии?
3. Что такое горные параллели и меридианы?
4. Что Вы можете сказать о геометрической симметрии в устройстве поверхности Земли.
5. Дайте общую характеристику состава и структуры атмосферы.
6. Что такое гидросфера. Какие фундаментальные ее свойства Вы знаете?
7. Что такое земная кора? Объясните существующие представления о ней (геологические, геохимические, по модели тектоники плит).
8. Сравните материковый и океанический типы земной коры.
9. Охарактеризуйте литосферу в понимании тектоники плит.
10. Что Вы знаете о мантии и ядре Земли?
11. Линеаментная сеть. Что это такое?
12. Приведите основные черты модели неоднородной аккреции Земли.

Литература

Основная

1. Аллисон А., Палмер Д. Геология. – М.: Мир, 1984. – 565 с.
2. Анохин В.м. Глобальная дизъюнктивная сеть Земли: строение, происхождение и геологическое значение. – СПб.: Недра, 2006. – 161 с.
3. Белоусов В.В. Основы геотектоники. – М.: Недра, 1975. – 264 с.
4. Общая и полевая геология. Под ред. А. Н.Павлова. – Л.: ЛО Недра, 1991. – 456с.
5. Павлов А.Н. Справочное руководство к практическим занятиям по геологии. – СПб.:РГГМУ, 2004. – 53 с.
6. Якушова А.Ф., В.Е. Хаин, В.И. Славин. Общая геология. – М.: МГУ, 1988. – 445 с.

Дополнительная

1. Кларк мл. С.П. , Турекьян К.К. , Гроссман Л. Модель ранней истории Земли. В кн. Природа твёрдой Земли. – М.: Мир, 1975. – С. 9 –23.
2. Павлов А.Н. Системная модель подземной гидросферы. В кн. Подземные воды и эволюция литосферы // Материалы Всесоюзной конференции. Том I. – М.: Наук, 1985. – С. 139-150.
3. Павлов А.Н. Основы экологической культуры. – СПб.: Политехника, 2004 б. – 334 с.
4. Павлов А.Н. Конфликты и компромиссы в науке. Третье направление // Учёные Записки РГГМУ, № 6, с. 155-169.

Глава 4. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ

Земля же была безвидна и пуста,
и тьма над бездною, и Дух Божий
носился над водою.
Бытие.

4.1. Геофизическое поле.

Основные понятия.

1. **Физическое поле** – форма материи, осуществляющая определенные взаимодействия между макроскопическими телами или частицами, входящими в состав вещества.
2. **Напряженность поля** – сила, с которой поле воздействует на источник.
3. **Потенциал поля** – работа, производимая внешними силами для внесения единицы положительного источника в данную точку поля из бесконечности при условии, что напряженность в бесконечности равна нулю. Эта работа создает источнику некоторый энергетический потенциал.

Общая характеристика.

Физическое поле воспринимается и изучается через взаимодействие материальных источников. За основную его характеристику принимают силу, с которой оно воздействует на источник (*напряжённостью поля E*). E – величина векторная и направлена по силе. Если сила действует по радиусу от источника, напряжённость считается *положительной*, если по радиусу к источнику – *отрицательной*.

Поле принято изображать линиями вектора напряженности. В каждой точке такой линии вектор напряжённости является касательной. Напряжённость может быть изображена через *потенциал поля (U)*. Между потенциалом и напряжённостью установлена следующая связь:

$$E = - \text{grad}U \quad 4.1.$$

Поверхности равного потенциала называются эквипотенциальными (или изопотенциальными). Градиент направлен по увеличению потенциала, а напряженность в сторону его падения. Например:

- тело массой m падает в поле силы тяжести Земли сверху вниз – по линии напряженности (в сторону уменьшения потенциальной энергии, которая при падении тела переходит в энергию кинетическую);
- градиент потенциала при этом направлен снизу вверх – в сторону роста потенциальной энергии поля силы тяжести.

Обе величины, и напряженность и градиент, нормальны к эквипотенциальным поверхностям.

Реальные источники поля всегда имеют некоторый объем. Однако, при решении конкретных задач приходится схематизировать природную обстановку, сводя её к ситуациям, достаточно близким к теоретическим моделям. Самой простой моделью источника является *точка*, которая отвечает понятию бесконечно малого объема. Она реально соответствует источнику с размерами существенно меньшими расстоянию от него до точки наблюдения. Более сложными приближениями являются *линия*, *поверхность* и *объём* с равномерно распределёнными в них точечными источниками. Это, с одной стороны, противоречит атомному строению зарядов и масс (дискретному распределению источников), но, с другой, – согласуется с тем, что такие теоретические поля практически не отличаются от реальных полей, продуцируемых большой совокупностью атомов.

Общий вывод:

физическое поле имеет материальный источник и характеризуется двумя основными параметрами – напряженностью и потенциалом.

4.2. Поле силы тяжести

Основные понятия.

1. **Сила** – есть отвлеченное понятие общего свойства вещества, тел, ничего не объясняющее, а собирающее только все явления под одно общее понятие и название [В.Даль].
2. **Масса** – понятие абстрактное, неизмеримое, но вычисляемое, по крайней мере, в физике. Это не мера количества материи, а мера инерции, оцениваемая через силу.
3. **Сила притяжения** – см. закон всемирного тяготения (гл. 2).
4. **Центробежная сила** – сила, направленная от центра к периферии.

Оценка силы тяжести.

Источником гравитационного поля Земли является её масса (M). Однако всякое тело, находящееся в этом поле, испытывает не только притяжение, но и действие центробежной силы, возникающей в результате вращения Земли. В соответствии с законом тяготения И.Ньютона

$$F = G m M / r^2 \quad 4.2.$$

где F – сила притяжения, действующая на тело с массой m ;

r – расстояние между центрами масс; G – постоянная тяготения, равная $0,66720 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3 / (\text{кг} \cdot \text{с}^2)$.

Обозначив радиус Земли через R , а расстояние центра массы тела от её поверхности через h , нетрудно получить:

$$F = GmM/(R+h)^2 \quad 4.3$$

при условии $h \ll R$ (т.е. для приповерхностных областей)

$$F = GmM/[R^2(1+h/R)^2] \quad 4.4$$

$$F \approx GmM/[R^2(1+2h/R)] \quad 4.5$$

(последний член квадрата суммы $(h/R)^2$ рассматривается как очень малая величина и отбрасывается). Если пренебречь вращением и рассматривать Землю как покоящийся идеальный шар со сферично-симметричным расположением масс, то можно принять, что *сила притяжения* F равна *силе тяжести* (F_g). Отнеся эту силу к единице массы тела, найдем

$$g_h = F_g/m = GM/[R^2(1+2h/R)] \quad 4.6$$

где g_h – ускорение силы тяжести на высоте h от поверхности Земли. Очевидно, что на поверхности Земли $h = 0$ и тогда в соответствии с (4.6):

$$g_{ho} = GM/R^2 \quad 4.7$$

Из выражения (4.6) видно, что по своему физическому смыслу при условии покоящейся Земли величина g_h является *напряжённостью гравитационного поля* ($g = E$). Однако в реальных природных условиях сила тяжести равна силе притяжения ($F = F_g$) только на полюсах и уменьшается к экватору.

Такой эффект создает центробежная сила (f), которая для самой простой модели формы Земли – шара, равна

$$f = m \omega^2 (R+h) \cos \varphi \quad 4.8$$

где ω – угловая скорость, φ – широта.

Из рис.4.1 видно, что *сила тяжести* представляет собой разность между *силой притяжения* (F) и *радиальной составляющей центробежной силы* (f_R):

$$f_R = f \cos \varphi \quad 4.9$$

Очевидно, что на полюсах ($\varphi = 90^\circ$, $\cos \varphi = 0$) $f_R = 0$ и потому $F_g = F$. На экваторе ($\varphi = 0^\circ$, $\cos \varphi = 1$) $f_R = f$ и соответственно $F_g = F - f$.

Если за модель Земли принять более сложную форму, чем шар, то учёт центробежной силы также усложняется.

Из выражения (4.3) видно, что сила притяжения (F) с высотой уменьшается, а из (4.8) следует, что центробежная сила (f) при этом увеличивается. Точка пересечения зависимостей $F(h)$ и $f(h)$ находится от поверхности Земли на высоте приблизительно 36 000 км. На этой высоте напряженность поля силы тяжести $g = 0$.

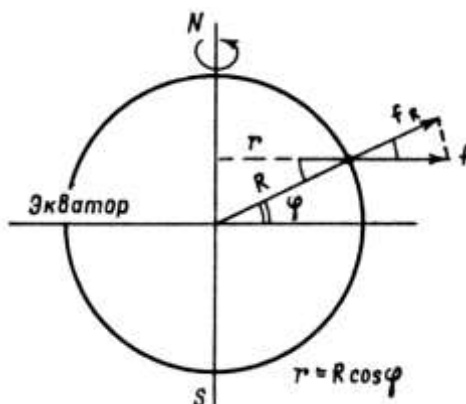


Рис. 4.1. К оценке силы тяжести на поверхности Земли (модель шара) [Цубои, 1982].

Величина g меняется не только на поверхности Земли в зависимости от географической широты, не только по мере удаления от неё при увеличении R , но и по мере уменьшения R , т.е. с глубиной (см. рис. 4.2).

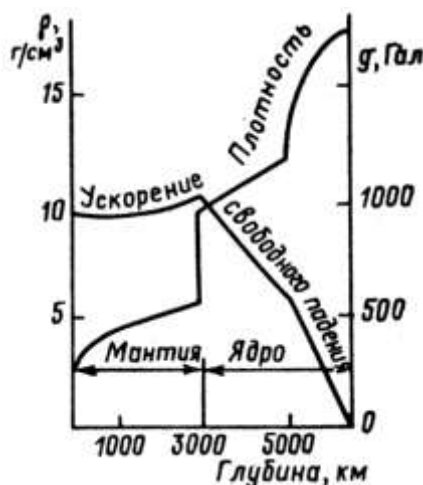


Рис. 4.2. Изменение плотности ρ и ускорения свободного падения g с глубиной g [Орлёнок, 2000].

До глубины около 2500 км, напряженность g меняется очень слабо по той причине, что уменьшение объема пород, создающих гравитационное поле, компенсируется возрастанием их плотности. Далее, в направлении к центру планеты, масса вещества Земли уменьшается и, как видно из

выражения (4.7), при выражении в нем массы через плотность и объём

$$g = GM/R^2 = G(4/3)\pi R\rho \quad (4.10)$$

при $R = 0 \quad g = 0$.

Таким образом, поле силы тяжести Земли имеет две границы: *на высоте около 36 000 км от её поверхности и в её центре*. Максимальные и наиболее устойчивые значения напряженности этого поля (g) наблюдаются в приповерхностных условиях и в недрах до глубины около 2500 км.

Гравитационные аномалии.

При подъёме от уровня океана на каждый метр ускорение свободного падения уменьшается приблизительно на 0,3 миллигала [мГал] ($0,3 \cdot 10^{-3}$ см/с²). Эту величину называют *поправкой «за свободный воздух»* или *редукцией Фая* (δ_F)

$$\delta_F = g_{ho} - g_h \quad (4.11)$$

Имея в виду выражения (4.6), (4.7),

$$\delta_F = GM [1 - 1/(1 + 2h/R)] / R^2 \quad (4.12)$$

$$\delta_F \approx g_{ho} (2h/R) \quad (4.13)$$

(h – имеет знак « + » или « – » в зависимости от положения точки над поверхностью отсчёта). Под величиной g_{ho} понимается *ускорение свободного падения на поверхности принятой модели Земли* (шара, сфероида, трехосного эллипсоида вращения и т. д.) с учётом широты ($g_{ho} = g_\varphi$). Выражение (4.13) отражает реальные условия при $2h/R \ll 1$.

Можно констатировать, что величина g_h зависит как от высоты точки наблюдения над поверхностью Земли h , так и от её широты φ и в строгой постановке характеризует напряженность поля силы тяжести

$$g = F_h \quad (4.14)$$

Поправка Фая используется при оценке гравитационных аномалий

$$\Delta_{gF} = g_i - (g_\varphi - \delta_F) \quad (4.15)$$

где Δ_{gF} – аномалия в редукции Фая; g_i – измеренное ускорение свободного

падения в точке с широтой φ и высотой h над поверхностью принятой модели Земли; g_φ – вычисленное (теоретическое) значение g на данной широте φ и $h = 0$, т. е. на поверхности модели.

Введение поправки Фая позволяет результаты измерения g_i и расчета g_φ принятого за эталон, сравнить, поскольку операция

$$\text{или, что то же самое,} \quad \frac{g_\varphi - \delta_F}{g_i + \delta_F}$$

совмещает в пространстве (по координатам h и φ) точку измерения и точку вычисления величины g .

Поправка Фая переносит процесс сравнения на одну эквипотенциальную поверхность.

Напомним, что *одна из этих эквипотенциалей, совпадающая с уровнем Мирового океана, называется геоидом.* Таким образом, принятая в геодезии нулевая поверхность отсчета координаты Z имеет глубокий физический смысл. Эта поверхность с определенным запасом потенциальной энергии в поле силы тяжести. Любая отметка Z , занимаемая физическим телом, *отражает его потенциальную энергию в этом поле относительно геоида.*

На поверхности и в недрах Земли распределение масс является важнейшим фактором формирования величины g . Поэтому поле силы тяжести изучается не только в редукции Фая, но и с учётом морфологии и геологического строения отдельных участков Земли. Поскольку измерение параметра g производят в разных геолого-морфологических условиях, для их сравнения необходимы не только *конкретный теоретический эталон и выведение результатов на одну эквипотенциальную поверхность, но и учёт влияния массы так называемого «промежуточного слоя»* – поправки Буге (δ_B). Этот слой чаще всего рассматривается как бесконечно горизонтальный, наполненный водой или горными породами с известной плотностью ρ ,

$$\delta_B = 2\pi G h \rho \quad (4.16)$$

Часто под редукцией Буге понимают *суммарную поправку «за свободный воздух» и за «промежуточный слой».* Тогда суммарная гравитационная аномалия будет оцениваться следующим образом:

$$g_{\varphi h} = g_\varphi - \delta_F \quad (4.17)$$

– перенос значения g_φ на эквипотенциальную поверхность с высотой h ,

$$g_{\varphi h\rho} = g_{\varphi h} + \delta_B \quad (4.18)$$

– увеличение теоретического значения g_φ на высоте h за счет влияния массы промежуточного слоя. И тогда

$$\Delta g_{F,B} = g_i - g_{\varphi h\rho} \quad (4.19)$$

где $\Delta g_{F,B}$ – гравитационная аномалия в суммарной редукции Фая и Буге.

Пример гравитационных аномалий показан на рис.4.3

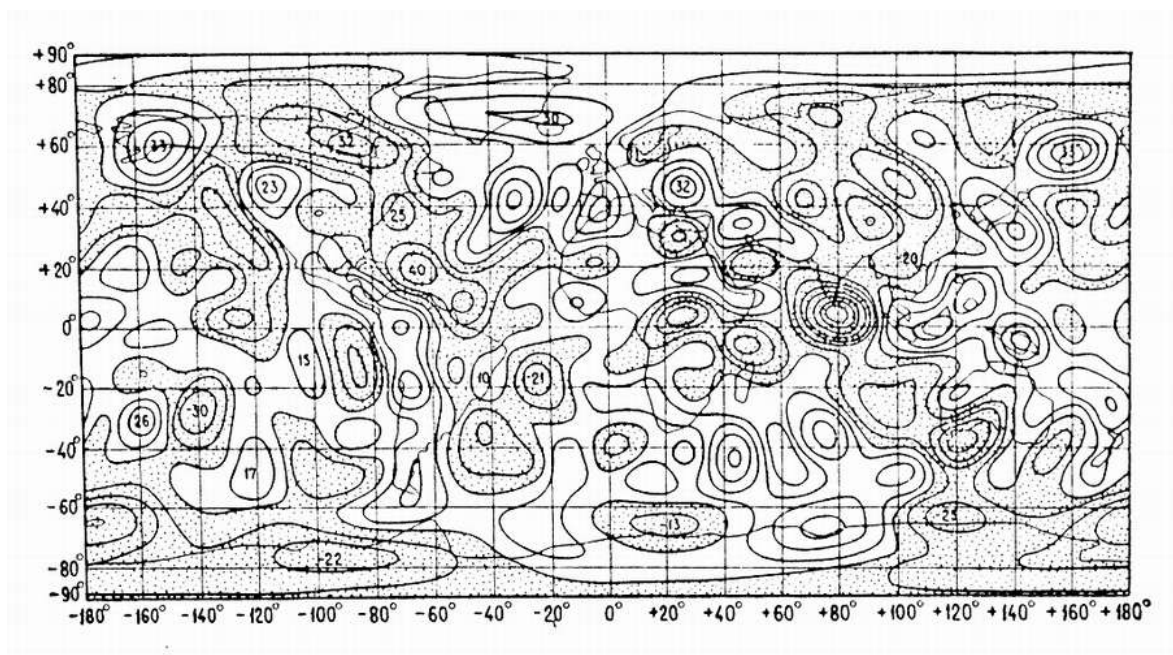


Рис. 4.3. Карта гравитационных аномалий в редукции Фая (по Ле-Пишону и др., 1977). Изоаномалии проведены через 10 мгал [мгал – миллигал; 1 галл – единица ускорения свободного падения (силы тяжести) в системе CGS (названа в честь Галилея); 1 галл = 1000 мгал]. Отрицательные изоаномалы покрыты на карте точками.

Исследования гравитационного поля Земли показали, что, как правило, на континентах аномалии положительные, а на океанах – отрицательные. Вдоль береговой линии океан-суша аномалии силы тяжести близки к нулю, свидетельствуя о том, что положение этой линии отождествляет эталонный разрез литосферы.

Общий вывод:

поле силы тяжести оценивается как разность между силой гравитационного притяжения и центробежной силой, продуцируемой вращением Земли.

4.3. Тепловое поле.

Основные понятия.

1. **Температура** – величина, характеризующая тепловое состояние чего-либо.
2. **Теплота** – форма движения материи – беспорядочное движение частиц тела. Энергетическая характеристика теплообмена.
3. **Тепловой поток** – вектор в какой либо точке, направление которого совпадает с направлением движения тепла, а абсолютная величина выражает его интенсивность.
4. **Теплопроводность** – процесс распространения тепла от более нагретых элементов тела (минералов, горных пород) к менее нагретым, приводящий к выравниванию температур.
5. **Теплоемкость** (веществ, горных пород, минералов) – отношение количества теплоты, сообщенного телу, к соответствующему повышению температуры (в СИ – дж/град).
6. **Удельная теплоемкость** – количество тепла, необходимое для повышения температуры единицы массы вещества на один градус (СИ – дж/кг град).
7. **Гелиогеотермозона** – внешняя оболочка Земли, из пределов которой за геологическое время происходит отток тепла к поверхности и в толще которой сказывается влияние Солнца в любой степени и форме на термическом режиме, а также физических свойствах пород и вод (по Н. М. Фролову, 1966).
8. **Конвекция** – перемещение масс жидкости или газа вследствие разницы температур в отдельных местах среды и соответствующей разницы плотностей
9. **Кондуктивный механизм теплообмена** – явление теплопроводности в твердых телах (без теплового излучения).
10. **Корреляция** – взаимная связь, соотношение.
11. **Радиационный баланс** – разность между поглощенной суммарной радиацией и *эффективным излучением* подстилающей поверхности. Составная часть теплового баланса.
12. **Эффективное излучение** – разность собственного излучения поверхности и поглощенного ею встречного излучения атмосферы.
13. **Встречное излучение атмосферы** – собственное длинноволновое (инфракрасное) излучение атмосферы, направленное к земной поверхности. Оно значительно компенсирует потерю тепла земной поверхностью путем её собственного излучения.

Общая характеристика.

Тепловое поле Земли формируется под действием внешних и внутренних источников. Природа источников теплового поля во многом ещё не ясна и представления о ней находятся на уровне концептуальных моделей.

Температура на поверхности Земли определяется, главным образом, солнечным теплом, поток которого составляет в среднем $0,034 \text{ Дж/(с.см}^2\text{)}$ ($1 \text{ Джоуль} = 10^7 \text{ эрг}$, $1 \text{ кал} = 4,187 \text{ Дж}$). В каждой конкретной ситуации величина эта существенно меняется и зависит от времени года и времени суток, рельефа местности, географической широты, погодных условий, характера поверхности (вода, лёд, растительный покров) и т.д. Считается, что поверхность Земли находится в состоянии близком к

тепловому равновесию и в среднем излучает столько же тепла, сколько получает. Но этот баланс по своей структуре чрезвычайно сложен и неустойчив во времени, а также может существенно меняться в результате техногенной деятельности человека.

Земля не только получает и переизлучает обратно солнечную энергию (около 10^{25} Дж/год), она имеет и собственный тепловой поток, генерируемый в её недрах (приблизительно 10^{21} Дж/год). Помимо теплового излучения Земля теряет глубинное тепло и другими способами:

- с помощью магматических расплавов,
- вулканических газов,
- подземных вод,
- процессов горообразования,
- метаморфизма и тому подобных геологических процессов.

Оценить долю этих потерь в общем тепловом балансе Земли трудно. Ориентировочные расчёты позволили сделать вывод, что тепловой поток в этом балансе является основной статьёй.

Температура горных пород с глубиной (вдоль координаты Z , направленной по радиусу Земли), как правило, возрастает. Интенсивность этих изменений характеризуется величиной *геотермического градиента*. Его среднее значение для Земли оценивается в $3,3$ °С на каждые 100 м погружения. В разных геологических структурах этот градиент существенно отличается, и в истории развития Земли навряд ли был постоянным. Наибольших значений он достигает в молодых горно-складчатых областях. Например, в Курило-Камчатской вулканогенной зоне известны градиенты до 20 °С. Наиболее низкие значения характерны для древних кристаллических щитов ($0,6 \div 1,0$) °С.

Поверхности с равными значениями температуры называются *изотермами* и рассматриваются как *изопотенциальные*. Напряжённость температурного поля (E_T) направлена от потенциальных поверхностей с высокими температурами к потенциальным поверхностям с низкими температурами:

$$E_T = - \text{grad}T \quad 4.20$$

Плотность теплового потока (q) связана с температурным градиентом зависимостью, получившей название закона Фурье:

$$q = - K \text{ grad}T \quad 4.2.1$$

где K – *коэффициент теплопроводности* (скалярная величина). Из (4.2.1) видно, что параметр K характеризует количество тепла, проходящее через единицу площади в единицу времени при градиенте температуры равном единице. Теплопроводность зависит от типа породы, давления,

температуры, пористости, содержания в породе воды, количества растворённых в ней веществ, состояния воды.

Если геологическая структура может быть по коэффициенту теплопроводности представлена как симметричное тело, число независимых переменных уменьшается. При сферической симметрии, соответствующей понятию *изотропности*, $K = \text{const}$.

В верхних областях земной коры основная доля переноса связана с подземными водами. Проникая с поверхности Земли в глубину, они отбирают тепло у горных пород, нагреваются от них как источников тепла, и затем выносят тепло на поверхность. Кроме того, вода, понижая температуру плавления пород, способствует образованию магматических очагов. Выход же этих расплавов (магм) на поверхность Земли или в верхние участки земной коры также представляет собой конвективную форму теплопереноса.

Естественное тепловое поле имеет сложную структуру, определяемую как анизотропией тепловых свойств горных пород и неравномерным распределением источников тепла, так и механизмом теплопереноса.

Геотермический режим земной коры.

Поверхность Земли испытывает температурные колебания разной периодичности: *суточные, сезонные, годовые, многолетние, вековые и геологические*. Эти колебания имеют разную амплитуду, но все они от поверхности Земли передаются на глубину, формируя тем самым *вертикальную температурную зональность*. Подошва каждой зоны рассматривается как *поверхность постоянных температур в пределах соответствующего периода их колебаний*. Например, для слоя постоянных годовых температур эта граница означает, что выше неё в течение года температура меняется, а ниже в течение года остается постоянной, но меняется в течение более длительных интервалов времени. Если иметь в виду только *кондуктивный механизм теплообмена*, то можно получить представление о некой нормальной (ненарушенной) температуре зональности *гелиогеотермозоны*.

Слой суточных температурных амплитуд. Его подошва в зависимости от конкретных условий может находиться на разных глубинах, но обычно не более первых метров от поверхности Земли. По многолетним данным Гидрометслужбы СССР оптимальная глубина подошвы этого слоя составляет 0,8-1,0 м.

Слой сезонных температурных изменений. Подошва этого слоя обычно располагается на глубинах 8-10 м, хотя в определенных условиях, например, связанных с оттаиванием и промерзанием горных пород, т.е. при участии *конвективной составляющей* в теплопереносе, может

опускаться и до больших глубин – 50-100 м (рис.4.4).

Кондуктивный же перенос тепла, фиксируемый как температурная волна, идущая от поверхности Земли, запаздывает на 20-30 суток на каждый метр погружения и достигает глубины 10 м примерно через 8-10 месяцев. В средней части этого слоя для северного полушария, например, минимальная температура приходится на июль, а максимальная – на январь.

Слой годовых температурных амплитуд. Подошву этого слоя часто называют «нейтральным слоем». От него, как правило, начинается рост температуры с глубиной. Это говорит о том, что амплитуда длиннопериодных колебаний температуры с этой глубины резко уменьшается и асимптотически стремится к нулю (рис. 4.5).

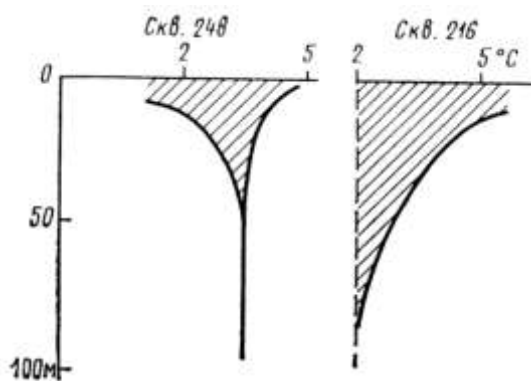


Рис.4.4. Геотермограмма скважин Мончетундры (по Г.А. Череменскому, 1972). Заштрихованы зоны сезонного колебания температур.

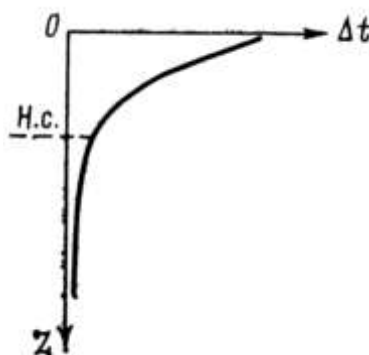


Рис.4.5. Характер изменения амплитуды изменений температуры Δt с глубиной Z . Н.с. – нейтральный слой.

Из-за резкого уменьшения амплитуды выделение «нейтрального слоя» во многом зависит от точности измерений.

В среднем глубина залегания «нейтрального слоя» оценивается приблизительно в 15-20 м. В зависимости от конкретных физико-географических и геологических условий этот слой имеет разные

температуры. Например, для внутренних районов Таймырского полуострова они составляют *минус* 13 °С, а для пустынь Средней Азии – плюс 20 °С.

Слои многолетних температурных амплитуд. Подошвы этих слоев связываются с климатическими циклами 11, 35, 70-80-летними с помощью третьего закона Фурье:

$$Z/Z_1 = (t/t_1)^{1/2} \quad 4.22$$

Z, Z_1 – глубины затухания температурных амплитуд, соответствующие периодам колебаний t/t_1 .

Здесь подразумевается *изотропная* с точки зрения теплопроводности среда, *кондуктивная теплопередача* и постоянные по активности и распределению источники тепла. Кроме того, качественные оценки *существенно* зависят от качества данных, полученных для каждого слоя. С этими оговорками следует принимать данные по подошвам слоев многолетних температурных амплитуд:

11-летний цикл – 80 м
35-летний цикл – 125 м
80-летний цикл – 250 м.

Карты изотерм для крупных регионов по глубинам 125, 250 м показывают, что изотермические поверхности качественно коррелируют с поверхностью радиационного баланса. Этот факт рассматривается как косвенное подтверждение принадлежности данных глубин к *гелиогеотермозоне*.

Слой многовековых температурных амплитуд. Это толща пород и находящихся в них вод, в которой отражены температурные колебания, происходящие на Земле в *четвертичном периоде* (см. главу 5). Оценки границ этого слоя основаны на математических расчётах и теоретических догадках воплощённых в те или иные модели. Геологические материалы показывают, что наиболее мощные температурные колебания начались 4,5 тыс. лет назад, а наиболее удаленные от нас межледниковые – 275 тыс. лет. Этим двум датам соответствуют расчетные глубины 1,3 и 10 км.

Слой геологических температурных амплитуд. Теоретически влияние климатических этапов развития Земли длительностью 150-160 млн. лет сказывается на глубинах порядка 250-350 км. В соответствии с расчётами Е.А. Любимовой (1959) за последний миллиард лет поверхностные слои Земли остыли на 100 °С до глубины 200 км, а за время существования Земли – на 360 °С. При этом по расчетам той же Е.А. Любимовой за последний миллиард лет на глубине 1000 км недр Земли за счёт внутренних источников тепла должны были разогреться на 200 °С. Эти материалы дают основание полагать, что нижняя граница гелиогеотермозоны находится на глубине 200-1000 км.

Общий вывод:

- *тепловое поле Земли формируется за счёт внутренних и внешних источников;*
- *в результате их взаимодействия возникла гелиогеотермозона, представленная несколькими слоями температурных амплитуд.*

4.4. Магнитное поле.**Основные понятия.**

1. **Электрический заряд** – количество электричества, содержащееся в данном теле.
2. **Элементарный заряд** – равен $4,8 \cdot 10^{-10}$ электрических единиц количества электричества (СГСЭ_г). Электрический заряд любого тела состоит из целого числа элементарных зарядов.
3. **Электрон** – наименьшая устойчивая частица, обладающая отрицательным элементарным зарядом.
4. **Протон** – наименьшая устойчивая частица, имеющая положительный элементарный заряд.
5. **Источник магнитного поля** – магнитный диполь, возникающий при движении электрического заряда.
6. **Напряженность магнитного поля** (H) – векторная физическая величина, характеризующая магнитное поле, созданное движущимися зарядами и токами и не зависящая от магнитных свойств среды. В системе СИ за единицу напряженности магнитного поля (величины T, H, Z) принимают напряжённость поля бесконечного линейного тока в 1 ампер на расстоянии $R = 1/(2\pi)$ метров от него (ампер на метр, А/м.).
7. **Эрстед (Э)** – единица измерения напряженности магнитного поля в абсолютной электромагнитной системе единиц. Средняя напряженность магнитного поля Земли составляет около 0,5 Э. ($1 \text{ А/м} = 4\pi 10^{-3} \text{ Э}$). В практике используют обычно более мелкие единицы: миллиэрстед (10^{-3} Э) и микроэрстед или гамма (10^{-6} Э).
8. **Солнечный ветер** – поток ионизированного газа, «дующего» со стороны Солнца.
9. **Магнитосфера Земли** – область околоземного пространства, включающая верхние слои атмосферы; имеет сложную форму и простирается на расстояние, в несколько раз большее радиуса твердой Земли.

Общая характеристика.

Это поле современная наука рассматривает как форму материи, которая действует на заряженную частицу с силой, зависящей от произведения её заряда на скорость. Здесь речь идёт об *электрическом заряде, поскольку магнитных зарядов в природе не обнаружено*. Микроскопические же источники магнитного поля в природе существуют: ими являются *движущиеся электроны, протоны и нейтроны*. Магнитный диполь, который они формируют, обязан своим существованием движению электрического заряда. Этот диполь и рассматривается как источник

магнитного поля.

Магнитное поле Земли характеризуется напряжённостью (T). Линии напряжённости представляют силовые линии магнитного поля. Они направлены от южного магнитного полюса к северному. В каждой точке этой линии напряжённость является касательной. Наклон этой касательной к соответствующему магнитному меридиану (к сфероидной поверхности Земли) называется магнитным наклоном (J). Очевидно, что на магнитном экваторе $J = 0^\circ$, а на полюсах $J = 90^\circ$. Кроме того, принято различать вертикальную составляющую магнитного поля (Z) и горизонтальную (H). Нетрудно понять, что они имеют между собой простую связь (см. рис.4.6).

$$T^2 = H^2 + Z^2 \quad 4.23$$

$$\operatorname{tg} J = Z/H \quad 4.24$$

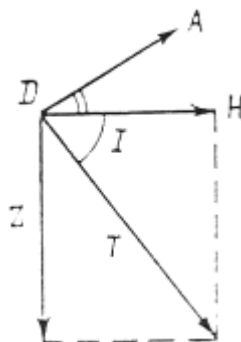


Рис.4.6. Элементы земного магнетизма.

H – магнитный меридиан, A – географический меридиан.

Магнитные полюса не совпадают с географическими. Поэтому для характеристики магнитного поля используют ещё одну величину – магнитное склонение (D), которое определяется как угол между географическим и магнитным меридианом:

$$D = A - T \quad 4.25$$

где A – направление географического меридиана.

Элементы поля D и J измеряются обычно в угловых единицах – градусах, минутах, секундах.

Связь между основными составляющими магнитного поля, выраженная простыми соотношениями (4.23; 4.24; 4.25), выполняется приближенно, так как она отражает упрощенное представление о природе магнитного поля Земли. Наиболее простые модели магнитного поля рассматривают Землю как намагниченный с поверхности шар, действие которого часто заменяют действием стержнеобразного магнита (бруска),

расположенного около его центра. Этот магнит смещён примерно на 40 км от центра в сторону Тихого океана и наклонён к оси вращения Земли приблизительно на 12° .

Естественное магнитное поле отличается от поля намагниченного шара ненамного, максимум на 30%. Его интенсивность невелика: 0,6-0,7 Э на полюсах и 0,4 Э на экваторе. В соответствии с моделью намагниченного бруса в *северном полушарии расположен южный магнитный полюс ($\varphi = 78,2^\circ$, $\lambda = 68,8$ з.д.), а в южном полушарии – северный ($\varphi = 78,2^\circ$, $\lambda = 111,2$ в.д.)*. Местоположение же реальных полюсов соответствует тем точкам на Земле, в которых магнитная стрелка занимает вертикальное положение. Одна из них находится в Канадском архипелаге ($\varphi = 72^\circ$, $\lambda = 36^\circ$ з.д.), другая – в Антарктиде ($\varphi = 67^\circ$, $\lambda = 140^\circ$ в.д.).

Геомагнитное поле не постоянно, оно меняется из года в год, из столетия в столетие, возрастая в одних районах и уменьшаясь в других. Эти изменения носят монотонный характер. Изменения среднегодовых значений геомагнитного поля называются *вековыми вариациями* или *вековым ходом*. Они носят периодичный характер, увеличиваясь до определенного максимума, а потом уменьшаясь до определенного минимума. Эти изменения магнитного поля связаны с целым комплексом явлений, происходящих в недрах Земли.

Помимо вековых, магнитное поле испытывает *суточные колебания*, связанные уже не с Землей, а, главным образом, с действием ультрафиолетового излучения Солнца (ионизация атмосферы). Известны и так называемые геомагнитные пульсации, когда магнитное поле Земли в целом начинает как бы дрожать. Иногда такие *пульсации* имеют только региональный характер. Период их колебаний изменяется в широком диапазоне: от тысячной доли секунды до нескольких минут. Пульсации объясняют действием *солнечного ветра на магнитосферу Земли* (рис.4.7).

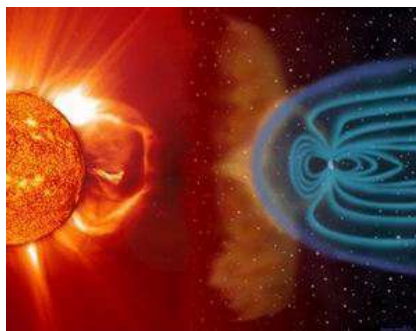


Рис. 4.7. Схематическое изображение влияния солнечного ветра на магнитосферу Земли (из материалов в интернете).

Магнитное поле Земли испытывает и *очень резкие колебания*, продолжительностью от *нескольких часов до нескольких суток*. Их

называют *магнитными бурями* и связывают с изменением *солнечной активности*. В среднем магнитные бури возникают около 10 раз в году. При сильных магнитных бурях склонение D изменяется на несколько градусов, а вертикальная и горизонтальная составляющие напряженности T – на тысячи гам и больше. Амплитуда колебаний геомагнитных параметров при этом в высоких широтах больше, чем в низких.

Палеомагнитные исследования намагниченных лавовых потоков, океанических осадков и отдельных минералов, как в пределах суши, так и на океаническом дне позволили установить *инверсии* магнитного поля Земли. (Рис. 4.8).

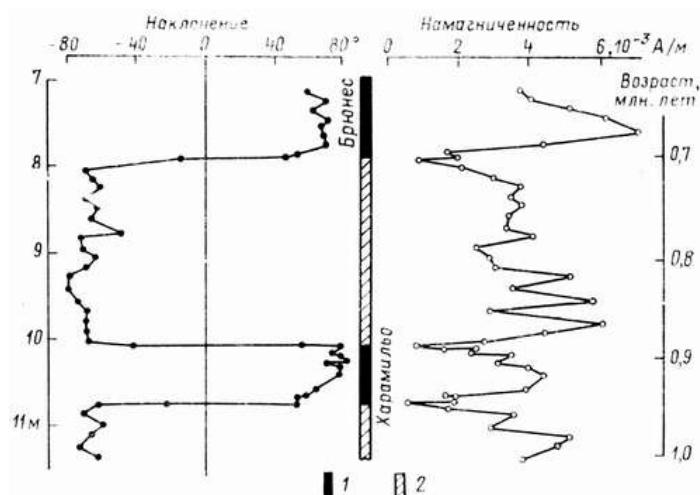


Рис.4.8. Пример инверсии геомагнитного поля, записанной на колонке глубоководных осадков (по В. Вакье, 1976).

1-2 геомагнитное поле: 1 – прямое; 2 – обратное.

На основе инверсий удалось построить *магнитную геохронологическую шкалу* (см. гл.5. Раздел 5.4).

Археомагнитные исследования показывают, что около 200 года нашей эры напряженность магнитного поля Земли была приблизительно в 1,6 раза выше современной. Экстраполяция этих данных приводит к выводу, что в «окрестностях» после 2000 года напряженность может стать равной нулю и, возможна *смена знака полюсов*.

Влияние магнитного поля на человека и окружающую среду изучено слабо. О его экологической роли можно лишь догадываться по отдельным, но достоверным фактам.

Общий вывод:

- *магнитное поле, наблюдаемое на поверхности Земли, отражает суммарный эффект действия различных источников;*
- *основной вклад в общую напряженность этого поля дают источники, расположенные во внешнем ядре нашей планеты.*

4.5. Электрические поля.

Основные понятия.

1. **Электростатическое поле** – поле неподвижных зарядов относительно избранной для их изучения системы координат. Электрический заряд любого тела состоит из целого числа элементарных зарядов.
2. **Диэлектрик** – вещество, не проводящее электрического тока. В нем отсутствуют свободные электрические заряды.
3. **Диэлектрическая проницаемость** – влияние среды на величину электрического взаимодействия между зарядами. Величина безразмерная.
4. **Кулон** – количество электричества, единица заряда в системе СИ.
5. **Теллурические токи** – электрические токи естественного происхождения, циркулирующие в земной коре. Главная причина их появления связана с вариациями магнитного поля Земли.
6. **ЭДС** – электродвижущая сила источника тока, включенного на данном участке. ЭДС численно равна работе, совершаемой сторонними силами при переносе ими по цепи единицы положительного заряда.
7. **Фильтрация** – движение подземных вод в соответствии с законом Дарси. Это условный сплошной поток (см. гл.1, раздел 1.5). В данном разделе имеется виду реальный дискретный поток.
8. **Электрокинетические процессы** – процессы, определяемые кинетической энергией электрических полей.
9. **Диффузия** – процесс переноса вещества вследствие теплового движения молекул. Происходит в направлении падения концентрации вещества и ведёт к выравниванию распределения его по всему занимаемому объему.
10. **Адсорбция** – поглощение поверхностью раздела двух граничащих фаз без химической реакции (в отличие от объёмного поглощения – абсорбции).
11. **Дисперсность среды** – размелчённость, тонкозернистость.

Общая характеристика.

Источником электростатического поля является заряд. В соответствии с законом Кулона о взаимодействии точечных зарядов в изотропной однородной среде напряжённость поля (E), создаваемого точечным зарядом Q , определяется выражением:

$$E = Q / (\varepsilon R^2) \quad 4.26$$

где ε – диэлектрическая проницаемость среды, в которой находится заряд, R – расстояние от источника до точки наблюдения.

Естественные электрические поля имеют различную природу, масштаб и характер проявления [Путиков, 2009]. Основными среди них в настоящее время принято считать *поля природных электронных проводников*, а также *поля фильтрационные, диффузионно-адсорбционные, «меняющиеся во времени»*, *поля теллурических токов и грозových разрядов*. Исследования в акваториях позволили установить ещё и другие поля, связанные с процессами образования горных пород и биосферы.

Примеры естественных электрических полей.

Рудные естественные электрические поля. Формирование полей этого типа связывают с представлениями о природном гальваническом элементе, который можно проиллюстрировать с помощью простой рудной залежи (см. рис. 4.9).

Рудная залежь рассматривается как электрический проводник, а вмещающие породы как среда с преимущественно ионной проводимостью. На границе двух таких проводников образуется двойной электрический слой.

Если бы этот слой был однородным, то никакого электрического поля не могло бы возникнуть, так как положительные и отрицательные заряды на границе тела компенсировали бы друг друга. В природе же такой компенсации не возникает и формируется электрическое поле.

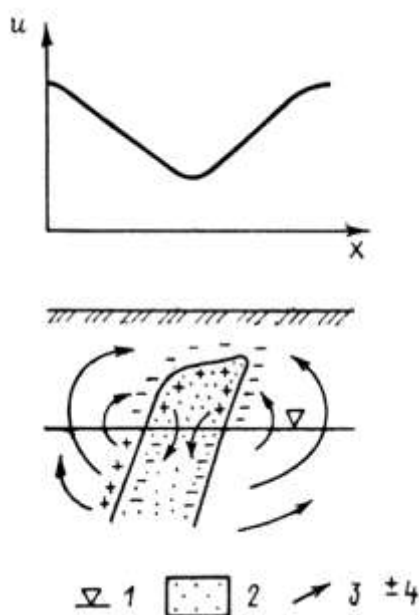


Рис. 4.9. Изменение потенциала электрического поля (U) над рудной залежью

[Кириухин, Коротков, Павлов, 1988].

1 – уровень подземных вод; 2 – рудное тело; 3 – линия тока; 4 – электрические заряды.

На приведенном рисунке нижняя часть рудного ведет себя как катод, а верхняя – как анод. Во внешней по отношению к рудному телу цепи электрический ток движется от положительного к отрицательному полюсу. Внутри тела отрицательные заряды движутся в противоположном направлении и тем самым поддерживают ЭДС всей системы. Воссоздание ЭДС обеспечивается химическими реакциями, происходящими в рудной залежи.

Фильтрационные поля. Формирование этих полей связывают с электрокинетическими процессами, обусловленными струйчатым движением подземных вод (механическим переносом) в порах и трещинах

горных пород. Это довольно сложное явление, сущность которого состоит в том, что течение растворов в порах и трещинах пород создаёт не электрический ток, а *электрическое поле* с вычисляемой и измеряемой напряженностью.

Диффузионно-адсорбционные поля. Формирование этих полей происходит на границе растворов разной концентрации ионов (*появление диффузионного потенциала*) и осложняется адсорбционными явлениями на *границе свободный раствор – минеральные зерна (твёрдая фаза)*. Градиент концентрации в соответствии с *первым законом Фика* вызывает перемещение ионов в сторону меньшей концентрации растворённых в воде солей. При этом отрицательные и положительные ионы одной и той же соли обладают различной подвижностью и при перемещении создают асимметрию в распределении зарядов. Таким образом, диффузия формирует электрическое поле, которое противодействует протеканию этого процесса.

Диффузия пространственно разделяет разные по знаку заряды, как бы расталкивая их, а электрическое поле возвращает их обратно, стремясь создать электронейтральную ситуацию.

Адсорбционный потенциал имеет те же порядки и возрастает по мере увеличения *дисперсности* среды. Чем мельче поры и трещины, чем их больше в горной породе, тем больше площадь соприкосновения раствора и вмещающей среды и, как следствие, выше адсорбционная способность породы.

Адсорбируются же преимущественно ионы одного знака. Это обстоятельство создаёт асимметрию в распределении зарядов и тем самым формирует электрическое поле.

В природе диффузионный и адсорбционный потенциалы проявляются совместно и достигают в сумме нескольких десятков, иногда первых сотен милливольт.

Меняющиеся во времени электрические поля. Отличительной чертой этих полей является значительная их изменчивость в течение суток. Она контролируется влажностью и температурой пород, что позволяет связывать эти поля с движением плёночной и капиллярной влаги. Вероятно, они имеют широкое распространение и существенно влияют на физико-химические процессы в приповерхностных зонах земной коры.

Поля, обусловленные внешними источниками. К полям этого типа в первую очередь следует отнести поля теллурических токов и поля, возникающие при грозовых разрядах, замыкающихся на землю. Установлено, что интенсивность и знак таких токов в земле определяются не только характером молнии, но и местом грозового разряда.

К полям внешних источников можно отнести и промышленные токи, наиболее сильные вблизи городов, рудников, телефонных линий, крупных ЛЭП и электрических железных дорог.

Общий вывод:

- *наиболее сильные естественные электрические поля формируются системой вода-порода благодаря процессам, протекающим на границе твердых и жидких фаз;*
- *процессы создают поля, а поля воздействуют на процессы, стремясь прекратить их.*

4.6. Радиационные поля.

Основные понятия.

1. **Радиоактивность** – способность некоторых атомных ядер самопроизвольно распадаться с испусканием элементарных частиц и образованием ядра другого элемента.
 α -лучи представляют собой ядра атомов гелия; β -лучи – поток электронов; γ -лучи – коротковолновое излучение электромагнитной природы.
2. **Радиоактивные семейства (ряды)** – цепь превращений природных тяжёлых радиоактивных элементов путем α - и β -распадов в другие также радиоактивные элементы.
3. **Период полураспада** – время, за которое происходит самораспад половины начального количества радиоактивного элемента (величина постоянная, для каждого элемента своя).

Общая характеристика.

В настоящее время в природе обнаружено свыше 230 типов радиоактивных ядер. Среди них главное место занимают *три семейства тяжёлых элементов: урана, тория и актиния*. Из остальных, более чем 180 одиночных радиоактивных изотопов принадлежат элементам не входящим в радиоактивные семейства. Наиболее распространёнными из них являются *калий-40* (^{40}K) и *рубидий-87* (^{87}Rb).

Радиоактивные семейства имеют некоторые общие особенности, которые полезно знать, так как они позволяют понять характер формирования и структуру радиационных полей.

1. Родоначалники семейств имеют большие периоды полураспада (10^8 – 10^{10} лет).
2. В середине каждого ряда появляется изотоп (*эманация*), относящаяся к группе благородных газов (*радон, торон, актинон* – изотопы радона с порядковым номером 86), обладающих только α – активностью.

3. Эманыции, распадаясь, дают короткоживущие изотопы.
4. Короткоживущие изотопы испытывают конкурирующие α и β распады, образуя разветвления рядов.
5. А-продукты всех трех семейств являются изотопами полония и почти полностью переходят в В-продукты путем α -распада, и только небольшая их часть переходит в астатин путем β -распада.
6. В-продукты всех трёх семейств являются изотопами свинца. Они β -активны и имеют важное значение как материнские вещества последующих короткоживущих продуктов распада C , C' , C'' . В-продукты являются одним из основных γ -излучателей семейств.
7. Ряды заканчиваются стабильными изотопами свинца (атомные массы 206, 207, 208 с порядковым номером 82).

Радиоактивные поля особенно сильны в зонах искусственных полей, связанных с испытаниями ядерного оружия, аварийными выбросами АЭС, захоронениями и складированием радиоактивных отходов.

Общий вывод:

радиоактивное поле наряду с другими геофизическими полями может оказывать существенное влияние на формирование структуры и вещественного состава земной коры, гидросферу и биосферу.

4.7. Ноосфера как поле.

Основные понятия.

1. **Ноосфера** («ноос» в перев. греч означает разум) – оболочка разума и духа Земли.
2. **Цефализация** – совершенствование центральной нервной системы.
3. **Психозойская эра** – эра развития психики у живых организмов.
4. **Материя** – объективная реальность, существующая вне и независимо от человеческого сознания.
5. **Информация** – сведения об окружающем мире и протекающих в нём процессах, воспринимаемые человеком или специальным устройством. Энтропийное определение см. в гл. 1 (1.5).
6. **Идеализм** – философское направление, утверждающее первичность духа, сознания и вторичность материи.
7. **Дух** – сознание, мышление, психическая способность; начало, определяющее поведение, действия; внутренняя моральная сила.
8. **Универсум** – бесконечная и неуничтожимая основа мира (космическое единство материи, информации и духа). Это основа развития третьего направления, объединяющее науку и религию
9. **Тайна** –то, что неизвестно никому (в отличие от секрета, который кому-то известен) [по А. Битову].
10. **Чудо** – «чудо не против природы, а против того, что нам известно о природе» (Блаженный Августин).

11. **Торсионные поля** – от англ. torsion – кручение. Спиповые поля, продуцируемые вращением элементарных частиц.
12. **Нейрон** – клетка, способная вырабатывать нервные импульсы и передавать их другим клеткам.
13. **Торсионные фантомы** – материальная оболочка принципиально новых, идей и невыводимой информации.
14. **Телепатия** – научно не объяснённое парапсихологическое явление передачи мыслей и чувств на расстояние.
15. **Парапсихология** – изучение научно не объяснённых явлений человеческого восприятия без участия органов чувств и физических воздействий на кого-либо без посредства мышечных усилий.
16. **Психика** – совокупность ощущений, представлений, чувств, мыслей как отражение в сознании объективной действительности.
17. **Экстрасенсорные явления** – сверхчувствительное восприятие.
18. **Психотропное воздействие** – психические средства воздействия.
19. **Ясновидение** – сверхестественная проницательность.
20. **Физический вакуум** – среда, в которой нет частиц вещества или поля, абсолютная пустота. Теоретическое понятие (гл. 2, раздел 2.1 «Вселенная»).

Развитие представлений о ноосфере.

Понятие «ноосфера» завоевывало признание и находило своё место в науке и жизни в течение почти полувека. Но первый шаг в этом направлении сделал в 1927 г французский философ и математик Э. Ле Руа. Он предложил этот термин и начал рассматривать *ноосферу как современную стадию существования биосферы.*

Начало.

Чтобы говорить о новой геосфере, необходимо было знать или верить, что Земля вообще состоит из оболочек. Нужен был свой предтеча.

Таким предтечей оказался выдающийся австрийский геолог профессор Эдуард Фридрих Зюсс. Он впервые обосновал неоднородность нашей планеты и наряду с литосферой, гидросферой и атмосферой подробно разработал понятие биосферы как особой оболочки Земли. Собственно с этого всё и началось, *хотя ранее, правда, под другими терминами, это понятие обсуждалось ещё в трудах Ж. Б. Ламарка.*

Но в своём обобщении Э. Ле Руа опирался не разработки Ж. Ламарка, не на представления Э. Зюсса, трактовавшего понятие биосферы как географический образ, как область жизни, а на *разработки В.И.Вернадского, который рассматривал биосферу на уровне истории взаимодействия атомов, противопоставляя живое вещество косному и объясняя, таким образом, биосферу как биогеохимическую систему [1922-1923 г.г. – лекции в Сорбонне].*

Во всей этой истории есть ещё одна не менее крупная и значимая фигура – французский геолог, палеонтолог и позже антрополог Пьер Тейяр де Шарден [1987]. Правда, и у этой выдающейся «команды» были

предшественники – два крупнейших американских геолога: Д. Д. Дана (1813–1895) и Д. Ле Конт (1823–1901).

Прежде Ч. Дарвина [до 1859 г.] они пришли к эмпирическому обобщению, что эволюция живого вещества идёт в определённом направлении. Д. Дана назвал это явление «цефализацией», а Д. Ле Конт связал его с развитием психики у живых организмов и выделил на этом основании так называемую «психозойскую эру». Но ещё до них Ж.Бюффон (1707–1787) – директор Ботанического сада в Париже, автор 36-томного сочинения «Естественная история», опираясь на натурные данные, говорил не только об изменчивости видов под влиянием условий среды, но и о царстве человека, имея в виду его геологическую роль. Общее понимание геологической роли человека было закреплено русским геологом, московским профессором А. П. Павловым (1854–1929), который в 1922 г. предложил четвертичный период истории Земли называть антропогеном.

Наиболее глубокие научные разработки по ноосфере принадлежат, безусловно, двум учёным – В.И.Вернадскому и П.Т. де Шардену. У каждого из них был свой подход к предмету.

Взгляды В.И. Вернадского.

Ноосфера формируется в недрах биосферы и из неё. Это новообразование – структура высочайшей сложности в сравнении со всеми предшествующими структурами Природы. В.И.Вернадский это прекрасно понимал, поскольку вначале рассматривал человеческую деятельность как процесс, наложенный на биосферу и чуждый ей по своему существу. Он видел то, что теперь мы называем *техногенезом*.

Однако ноосфера навряд ли исчерпывается только разумом. По-видимому, это ещё и *сфера духа*.

Взгляды П. Шардена.

Ближе всего к пониманию духовного содержания ноосферы подошёл, пожалуй, Мари-Жозеф Пьер Тейяр де Шарден[1987].

П.Шарден вводит понятие *универсума*, которое объединяет внешнюю и внутреннюю сторону вещей, не только материю, но и дух и на этом понятии строит всю историю феномена человека. Он подробно рассматривает преджизнь, появление жизни, возникновение мысли и, наконец, сверхжизнь как завершающий этап развития Земли. Универсум П.Шардена имеет *начало – точку альфа и вершину – центр омега*. Весь процесс развития универсума строится на ясном и простом тезисе:

«Ничто в мире не может вдруг объявиться в конце, после ряда совершаемых эволюцией переходов (хотя бы и самых резких), если оно незаметно не присутствовало в начале».

Эта мысль хорошо согласуется с тем, что диктует принцип П. Кюри.

Внешнее и внутреннее устройство как явление целостного – вот та нить Ариадны, которую постоянно держит в руках П.Шарден. Морфологические особенности эволюции скрывают развитие сознания. *Внутреннее прячется за внешним.* Парадокс человека как раз и состоит в том, что в ряду антропоидов, мало выделяясь анатомически, он оказался резко обособленным по своей психике.

В соответствии с теорией П. Шардена ноосфера появляется как высшая форма психики, как оболочка разума. *Но в ней присутствует и духовная составляющая. Именно она и определяет развитие ноосферы, именно она и должна привести её к центру омега как миру духовному.*

Разум приведёт нас в духовный мир. Это финиш, им и завершится ноосфера.

Своё спасение человек должен видеть не в разуме, а в собственном духе, в тех духовных началах, которые заложены и развиваются в ноосфере.

Взгляды Шри Ауробиндо.

Совершенно независимо от В.И.Вернадского и П. Шардена ноосферное направление было реализовано Шри Ауробиндо – величайшим мыслителем нашего времени. В его учении нет прямых разговоров о ноосфере. Термин ноосфера – это западное изобретение. Но, что, пожалуй, важнее и намного глубже, в нём исследуется эволюция Разума:

«Человек – это переходное существо, его становление не закончено ... Шаг от человека к сверхчеловеку станет новым свершением в земной эволюции. Это неизбежно, поскольку это одновременно и стремление внутреннего Духа, и логика природного процесса».

По Ш. Ауробиндо ноосфера породит нового человека и им будет тот, кто остро осознает ужасную нехватку чего-то такого, что не смогут заполнить ни наука, ни церкви, ни наслаждения. *Человека нельзя безнаказанно лишать его тайн.*

Тайна человека внутри него. Она и составляет суть ноосферы. Ноосфера – это тайна взаимодействия разума и духа. На мой взгляд, она каким-то образом может быть связана с процессом, происходящим в системе будущее–настоящее–прошлое (см. гл.5, раздел 5.5).

Ноосфера – полевая субстанция.

Ноосфера связана с человеком и человечеством, это сфера их разума и духа. Люди приходят и уходят, а ноосфера остаётся и развивается.

Все сказанное о ноосфере заставляет воспринимать её как нематериальную оболочку Земли, поскольку разум и дух, которые она олицетворяет сегодня нельзя «пощупать» и даже измерить. Возможно, по этой причине ноосферу более *продуктивно обсуждать* в теме о

геофизических полях. Однако разделение Мира на материальную и нематериальную части, скорей всего условно, как и сама наука.

Для меня величайшим откровением является утверждение материальности всех структурных уровней Мира, о которых писал Б. Н. Абрамов (наиболее близкий ученик Н. Рериха). Я приведу выдержки из его записей от 2 января 1960 года:

- Граница между видимым и невидимым миром, которая частично уже перейдена наукой, будет стёрта совсем. *Произойдёт объединение двух миров, явления духовного порядка, которые столь же материальны, как и явления физические, но на высшей шкале, вольются в орбиту материального мира и утратят свою нематериальность и потусторонность. Всё станет по эту сторону жизни, и воистину будет поправа смерти.*
- Мысль материальна, видения материальны, материален Мир Тонкий. Материальны Миры Высшие и даже Огненный Мир. И это надо понять. *Недопустимо далее невидимую глазу реальность относить в область сверхъестественного и потустороннего. Сверхъестественного и потустороннего ничего нет. Есть изученное и постигнутое человеком и не изученное и ещё не постигнутое им. Всё можно доказать научно, если сознание расширено достаточно и готово.* (Выделено мной).

Прогноз наращивания «материальности», о котором пишет Б.Н. Абрамов, исключительно интересен и важен. По существу, речь идёт о *предсказании новой фазы подъёма физического знания на базе приобщения к нему понятий ранее считавшихся идеальными*. Разочарование в «чистом материализме» нарастало уже давно и, может быть, сегодня оно достигло своего апогея. Во всяком случае, наблюдается явная ориентация общественного интереса к гуманитарным наукам. Этому во многом способствовало и то обстоятельство, что

«чистый материализм» привёл к настолько мощному развитию техногенеза, что уже сформировалась новая и в целом антогонистическая жизни сфера – техносфера. **Материализм стал угрозой жизни на Земле.**

В 80–90-е годы XX века в России появляются исследования так называемых *торсионных полей*. Это Тонкий Мир, уже его физика. Появление физического интереса к нему возникло на основе предположения японского учёного Уитиямы. Им была высказана простая мысль о том, что *«если частицы обладают набором независимых параметров, то каждому должно соответствовать своё поле»*. Из этого изящного тезиса следует, что раз заряду присуще электромагнитное поле, массе – гравитационное, то спин, характеризующий вращение частиц вокруг своей оси, должен рождать собственное поле. Такое поле было

обнаружено и названо *торсионным* (torsion, англ. – кручение). Поскольку частиц со спинами много, то существует много и торсионных полей.

Эти поля представляют собой сложные пространственно-временные структуры. Они позволяют объяснить не только многие до этого непонятные физические явления, но и такие *психофизические феномены*, как *телепатия*, *факты экстрасенсорного характера*, *психотронные воздействия*, *ясновидение* и другие.

Существует гипотеза, что торсионное поле через спинные подсистемы нервных клеток мозга может влиять на состояние самих нейронов, оказывая воздействие на процессы ассоциативной памяти, образного мышления и рефлекторную деятельность. Кроме того, *нейронные структуры мозга могут и сами работать как эффективные торсионные генераторы*. Таким образом, интуитивное озарение, до сих пор необъяснимое, может рассматриваться как *взаимодействие нейронных структур мозга с соответствующими структурами физического вакуума*. Предполагается, что для каждой идеи, как принципиально новой, невыводимой информации, существует сопутствующая ей материальная оболочка в виде физического торсионного поля, генерируемого мозгом. Такие оболочки получили название *торсионных фантомов*. С их помощью человек и получает знание, которое по выражению Шри Ауробиндо «приходит из другого источника».

Возможно, именно в физическом вакууме закодирована вся информация о Мире. И, если человек научится генерировать собственные торсионные фантомы задаваемого образца, то его возможности «вытягивания» информации извне принципиально возрастут. В какой-то мере это уже происходит через *феномен геокиборга* [Павлов, 2004].

Появление торсионного направления в физике не должно удивлять. Офизичивание непонятного в науке уже было. Достаточно вспомнить историю с мировым эфиром и электромагнитным полем (см. гл. 2). Как только физика отказалась от существования эфира, ей пришлось признать, что *электромагнитное поле представляет собой самостоятельный вид материи. Появился новый материальный объект*.

Эниологическое содержание ноосферы

История возникновения понятия «ноосфера» создает впечатление, что эта оболочка Земли является продуктом деятельности человечества и может рассматриваться как высшая форма развития биосферы (конечно, на уровне современных знаний). Для нас она почти зримо проявилась где-то на рубеже XIX-XX веков, а такие выдающиеся ученые, как Ле Руа, Шарден и Вернадский лишь указали на этот факт [Павлов, 2004]. Но, вникая в труды нашей великой соотечественницы Елены Петровны Блаватской,

которым уже более ста лет (Блаватская, 1991 г.), появляется ощущение, что все могло быть наоборот:

*Не человечество создало ноосферу, а ноосфера
создала нас как феномен Космоса.*

При такой постановке вопроса становится понятней утверждение, что в человеке заложена искра божья, и что для него мир построен, как будто по строгим математическим законам, открывая которые он может его познать (см. первую парадигму геологии, гл. 1). Это выглядит тем более естественно, что теософия, над которой Блаватская работала, рассматривается как **древняя религия разума**, а если более точно, как **вера в духовную интуицию**. Сегодня интерес к исследованиям Блаватской снова возрос, потому что в её работах сделана попытка соединить человечество с более высокой ступенью интеллекта.

Выдвинутый тезис о первичности ноосферы по отношению к человечеству, предполагает обсуждение, по крайней мере, трех вопросов:

1. В чем может состоять материальность ноосферы?
2. Откуда могла ноосфера появиться как оболочка Земли?
3. Как взаимодействует ноосфера с биосферой Земли (хотя бы на уровне принципов)?

• **О материальности ноосферы**

Еще П. Терьяр де Шарден в своей замечательной книге «Феномен человека» [1987] ввел понятие «Универсум», процесс развития которого построил на утверждении:

«...в земной материи была замкнута некоторая масса элементарного сознания».

Однако, подводя читателя к пониманию ноосферы как порции космической ткани, Шарден не определил её материальное содержание. В конце XX века такие возможности наметились. Разработки по торсионным полям позволили обсуждать ноосферу как полевую субстанцию.

Эти теоретические разработки позволяют обсуждать материальность ноосферы, без которой современная наука обходиться не умеет.

Появление торсионного направления в физике не должно удивлять. Поиски материального содержания изначально нематериальных понятий в науке почти традиционны. Достаточно вспомнить обсуждение понятия масса. Прочитируем несколько строк из книги М. Джеммера [1967], посвященной анализу этого вопроса:

1. *Современное понятие массы ... в противоположность понятиям температуры, света и силы, не имеет никакого чувственного образа и непосредственно не проявляет себя ни в каком мыслимом эксперименте. Оно представляет собой абстрактную конструкцию.*

2. *Массу можно сравнить с актером, который появляется на сцене в различных масках, но никогда в своем чистом виде ... множественность форм массы является её ... вездесущностью, то есть её универсальным проявлением ...*
3. *Для современного мышления количество материи есть в лучшем случае метафизическое понятие ... количественное определение материи, по существу, невозможно. Материя как таковая ... остается непостижимым и непонятным осадком научного анализа и как таковая неизмерима.*

Заметим, что в физике элементарных частиц деление на массу и энергию теряет смысл, так как частицы могут превращать свою собственную массу в энергию, а в теории относительности существует общий закон сохранения массы и энергии. Любопытную оценку в связи с этим приводит М. Джеммер в уже упомянутой книге. Он показывает, что сенсорные аппараты человека неизмеримо чувствительнее к энергетическим восприятиям (более чем в 10^{32} раза), чем к восприятиям эффектов, связанных с массой. Если бы такого различия не было, то **тождественность массы и энергии** для человека была бы очевидным фактом его жизненного опыта.

Сегодня особый интерес вызывают попытки решить вопрос о материализации понятия массы с помощью так называемой *частицы Бога* (термин СМИ) – бозона Хиггса (см. гл.2), который, по мнению физиков, теоретически должен отвечать за массу всех элементарных частиц во Вселенной. На этом понятии строятся современные теории её происхождения. Считается даже, что если эту частицу обнаружить не удастся, будет скомпрометирована вся физика элементарных частиц.

Благодаря возобновлению общественного интереса к Небесным Диктантам, полученным Е.П. Блаватской, Е.И. Рерих и Б.Н. Абрамовым, появляется возможность, во-первых, увидеть историческую цепочку информационных откровений от Моисея до наших дней, и, во-вторых, понять, что за *различными формами идеального мира могут быть скрыты очень тонкие материальные структуры*. Именно материальность этих тонких структур только и может обеспечить существование триединого мира как продукта взаимодействия различных его уровней [Павлов, 2006].

Как любая теория, на которую рано или поздно ослабевают моды, *торсионные разработки* сегодня вызывают многочисленную критику. Замечу, правда, что критик ничего не предлагают взамен. Поэтому сегодня *наиболее перспективными кандидатами на ноосферную материю остаются торсионные поля*.

- **Появление ноосферы**

Любое событие человек воспринимает как следствие какой-то причины. Если эту цепочку проследивать в прошлое, то такая логика, в конце

концов, приведет нас к существованию некой Первопричины – причины без причины, которую можно рассматривать как начало всего. В «Тайной доктрине», которую разворачивает перед читателем Елена Петровна Блаватская [1991], – это один из главных постулатов учения. Он назван Единой, Беспричинной, Идеальной Причиной.

Любопытно, что о возможности существования такой Единой Причины косвенно говорят и выдающиеся физики наших дней, в частности, лауреат Нобелевской премии Стивен Вайнберг (2004). Он предлагает представить себе пространство научных принципов и заполнить его соответствующими стрелками, объясняя, что эти стрелки не направлены хаотично и бесцельно. Если двигаться к началу стрелок, то они приведут нас к *одной точке*, которую он называет *окончательной теорией*. По-моему, такой мысленной картинкой лауреат Нобелевской премии по физике подводит читателя к пониманию Единой Причины, а может быть, и Бога.

Второй важной аксиомой у Блаватской является утверждение тождества Не-Бытие $\equiv$ Бытие. Для его восприятия предлагается пример с химическим составом воды. Кислород и водород, из которых построена молекула воды, находятся в ней в виде ионов. Этот факт иллюстрирует Не-Бытие кислорода и водорода (как газов). Разложение же воды это Не-Бытие преобразует в Бытие.

Существование названного тождества проявляется и в физическом дуализме волна $\leftrightarrow$ частица. Это *общее свойство материи – её неразделимость и неслиянность, когда наблюдать нам дано только какое-то одно её проявление: либо вероятностную волну (случайное), либо частицу – причинно-следственное. Целое же скрыто как причина всего, потому что внешнее и внутреннее неслиянно и неразделимо как Не-Бытие* (см. гл.1, п.1.6).

Таким образом, Идеальная Причина прячет будущее Бытие в форме Не-Бытия. Из такого Не-Бытия через некую внутреннюю мощь Первопричины «каждая сотворенная вещь является (*появляется – А.П.*) в силу присущей или свойственной ей природы» [Блаватская, 1991, с. 101].

Эта красивая схема позволяет понять появление известных и ещё неизвестных современной науке форм материи, среди которых могут быть и «массы» элементарного разума и духа.

Наверное, не будет большим допущением считать, что ***ноосфера является околопланетным проявлением этой общевселенской материи, составной частью того, что Шарден назвал космической тканью, или Унивесумом. Просто человек догадался о существовании этой части лишь тогда, когда его ум достаточно созрел и стал к такому восприятию готов.***

Эниологическое содержание ноосферы

В последнее десятилетие в науке стало формироваться специфическое направление под названием *эниология* [Бугаев, 2001]. Это учение об *энергоинформационном* обмене человека с окружающей средой. При этом под средой понимают не только геккелевские экосистемы, но и весь Космос. А.Ф. Бугаев даже рассматривает эниологию как научно-религиозную базу третьего тысячелетия, которая будет формировать человека VI расы. Им построена довольно сложная феноменологическая схема энергоинформационных отношений человека и окружающего его мира. Нет смысла эту схему здесь приводить, тем более что её предваряет довольно обширная терминология.

Я останавлиюсь лишь на энтропийном принципе такого взаимодействия, который мне удалось проанализировать ранее [Павлов, 2004].

Тождественность математических выражений энергетической энтропии Больцмана (S) и энтропии информационной Шеннона (H) давно известна и в свое время вызвала различные интерпретации этого феномена. Один из них состоял в том, что величины S и H по своему существу обозначают одно и то же. Это позволило трактовать информацию как отрицательную энергию (по Н. Винеру) или как «негэнтропию» (по Л.Бриллюэну).

Второй взгляд разрабатывался Д.Пирсом, который рассматривал понятия S и H как совершенно не связанные между собой, а тождественность их математических выражений считал случайным совпадением.

Я.А. Виньковецкий (1971) пришел к третьему выводу. Он показал, что тождественность математического оформления понятий S и H можно рассматривать как факт фундаментального значения, отражающий структурно-динамическое единство мира. Он предложил рассматривать вероятности, входящие в известные уравнения Л.Больцмана и К.Шеннона, как характеристики, относящиеся к событиям разных классов – соответственно энергетическим и структурным.

Трактовка Я. Виньковецкого мною была расширена. В соответствии с ней связь энергетической и структурной энтропий рассматривалась как две сопряжённые ветви гиперболы, относящиеся соответственно к процессам разрушения природы и созданию новых систем из продуктов такого разрушения [Павлов, 2004].

Предлагаемое здесь представление ноосферы позволяет говорить о **дуализме информационной и энергетической энтропий**. Из целого для нас проявляется либо энергетическая составляющая, либо информационная (структурная). Они неслиянны, но и неразделимы. Вместе с температурой (K) они составляют своеобразную материализованную для науки «Святую Троицу» – неслиянное и неразделимое тождество Не-Бытие $\equiv$ Бытие как спрятанную от человека

Первопричину.

Возможно, эта «Троица» выражается в виде кванта действия по производству информации

$$D = 0,956 \cdot 10^{-23} \text{ Дж.бит/град},$$

и кванта действия по производству духовной материи

$$D(E) = 0,424 \cdot 10^{-23} \text{ Дж.бит/град}$$

(см. Павлов, 2004).

Постоянные D и $D(E)$ могут характеризовать механизм формирования природы в той сфере познания, которую Сатпрем [1989] назвал божественным материализмом.

Общий вывод:

- существуют основания ожидать, что за различными формами идеального мира могут быть скрыты очень тонкие материальные структуры;
- материальность этих тонких структур со временем позволит прийти к пониманию материальности ноосферы;
- это будет не обычная геосфера, а оболочка в виде какого-то поля, может быть торсионного – поля генерируемого человеком и человечеством;
- его составляющие – разум и дух – будут рассматриваться как аналоги составляющих электромагнитного поля;
- существуют основания обсуждать систему ноосфера↔человек на новых принципах космоцентризма, в которой ноосфера первична (в отличие от эгоцентрического подхода).

4.8. Техногенные воздействия на физические поля Земли

Основные понятия.

1. **Беккерель (Бк)** – беккерель. Единица активности нуклида в радиоактивном источнике (в системе СИ). Один беккерель соответствует одному распаду в секунду для любого радионуклида.
2. **Нуклид** (от лат. nucleus – ядро) – любое атомное ядро (соответственно атом) с заданными числами протонов и нейтронов. Нуклиды, обладающие одинаковым числом протонов, называют изотопами.
3. **Радионуклид** – радиоактивные ядра.
4. **Нуклон** – общее название для протонов и нейтронов.
5. **Тритий (^3H или T)** – радиоактивный изотоп водорода с мягким β - излучением. Период полураспада – 12,262 года. В природе образуется из атомов азота под действием нейтронов космических лучей. Естественное его содержание в атмосфере мало (около $4 \cdot 10^{-15} \%$ от общего числа атомов водорода).
6. **^{137}Cs (цезий-137).** Изотоп цезия. Период полураспада 33 года.

Общая характеристика.

Это огромная по своему охвату и глубине тема. Насколько нам известно, в целостной постановке она ещё никем не была реализована, хотя для конкретных регионов и по отдельным полям проводились серьезные исследования, например, по вопросам радиоактивного загрязнения.

Здесь же ставится самая скромная задача – познакомить вас с этой темой, очертив только некоторый круг проблем. Речь пойдет не об экологических катастрофах, не о трагических ситуациях, а об обыкновенной человеческой деятельности, о *техногенезе как элементе современной эволюции слоя жизни*.

Воздействия на поле силы тяжести.

Пожалуй, наиболее устойчивым к влиянию техногенеза является поле силы тяжести Земли, поскольку оно связано с таким мощным источником как масса планеты. Тем не менее, человек «преуспел» и здесь. Главный итог его «трудов» состоит в перераспределении масс в приповерхностном слое:

где-то человек эти массы забирает, строя карьеры, шахты, котлованы и т.п., а где-то их увеличивает, создавая отвалы, терриконы, свалки, водохранилища, города и т.д.

В результате перестраивается структура гравитационного поля, меняется план положительных и отрицательных его аномалий. И, наконец, переводя массы угля, нефти, газа, торфа, ядерного горючего в тепло, человек все-таки уменьшает общую массу Земли. Пока это уменьшение относительно мало, но оно есть, и процесс этот продолжается. Вообще говоря, такие потери могут сильно возрасти при разрушении холодной плёнки океана и разрушении других границ: тропо-, страто- и мезо-пауз в атмосфере, что увеличит диссипацию (рассеяние) паров воды и газов в космос (см. гл.6, раздел 6.1).

Вот только некоторые цифры, иллюстрирующие участие человека в перераспределении масс в слое жизни. К концу XX века в мире действовало свыше 40000 горно-обогачительных предприятий с общим объёмом переработки горных пород около 30 млрд. куб.м. Экстраполированная по кривой роста добычи масса сжигавшегося к 2000 году углеродного топлива составляла около 6 млрд.тонн (по углероду). И, конечно, сильная перестройка рельефа Земли связана со строительной индустрией.

Воздействие на тепловое поле.

Тепловое поле Земли менее защищено от экспансии человека, чем гравитационное. Искусственный обогрев планеты с помощью мощных и многочисленных энергетических установок типа ТЭЦ, АЭС, создание

искусственных водохранилищ, уничтожение лесов, разрушение тундровых ландшафтов, авто-и другие виды транспорта, запашка степных территорий и т.д. искажает всю тепловую структуру слоя жизни. На тепловой режим Земли косвенно, но не менее сильно, влияет регуляция речного стока, городское и дорожное строительство, выброс в атмосферу колоссальных количеств углекислоты, ведущий к так называемому парниковому эффекту и т.п.

Воздействие на магнитное и электрическое поля.

На магнитное и электрическое поля основное влияние оказывает огромное число коммуникаций связи и мощные линии электропередач, опутывающих почти всю планету, особенно её наиболее населённые части. Важное место при этом занимают крупные источники-генераторы электромагнитных сигналов космического и общеземного назначения, а также региональные станции. Не последнюю роль играют и системы кабельной связи, особенно такого масштаба как, например, трансатлантический.

Воздействие на радиационные поля.

Радиационные поля Земли особенно сильно деформировались в период гонки ядерного вооружения и связанными с ней испытаниями на специальных полигонах. О масштабах таких деформаций даёт представление рис.4.10. На нём чётко просматривается приуроченность сильных аномалий к известному ядерному полигону на севере Новой Земли. Комментарии, как говорится, здесь излишни.

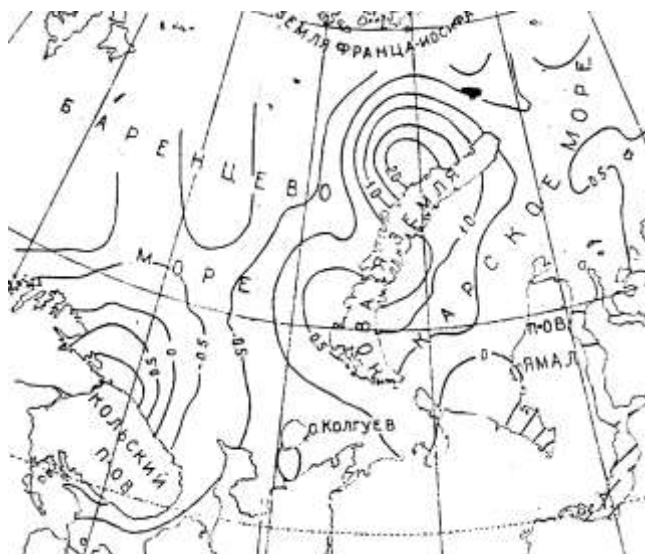


Рис.4.10. Распределение гамма-излучения в донных осадках.

Изолинии стандартных отклонений от среднего.

(По материалам НИС «Академик Карпинский», 1991).

Новая Земля, к сожалению, не единственный полигон такого рода. Есть

еще Семипалатинский, штат Невада, атоллы Тихого океана, наконец, есть множество АЭС и ядерных подлодок. То, что мы видим на рис.4.10, не должно создавать иллюзию некоторой хотя и региональной, но будто бы ограниченной радиационной заражённости. На самом деле она гораздо мощнее.

Об этом свидетельствует хотя бы рис.4.11, взятый из той же работы что и предшествующая иллюстрация.

Этот рисунок показывает, что помимо «ударного» рассеяния радионуклидов при их выбросе в слой жизни существуют ещё другие не явные механизмы передачи радиационного загрязнения от источников-генераторов. Этот факт иллюстрирует существование и функционирование тех цепочек природных связей, наличие которых декларировано *вторым законом экологии* – все должно куда-то деваться.

Масштабы действия таких механизмов можно отнести к категории планетарных. Об этом свидетельствуют, в частности, и результаты наблюдений за содержанием трития, инъецированного в огромном количестве в атмосферу при испытании первой водородной бомбы. На основании этих данных удалось построить водный баланс не только для территории США, но и для всего северного полушария. Вот вам подлинное воздействие только одного взрыва – сильной, но, по существу, точечной инъекции.

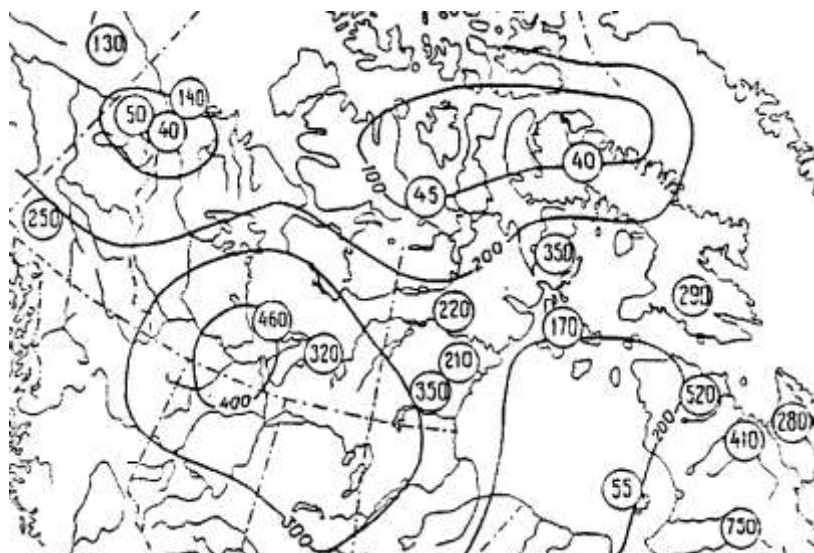


Рис.4.11. Распределение ^{137}Cs (Бк/кг) в оленях Канады.

Воздействие на ноосферу.

Современное человечество – это единая планетарная система, функционирующая сегодня как гигантское живое существо. Человеческие жизни рождаются космосом и *смерть отдельных людей – это такие же отходы жизнедеятельности человечества* как и многое другое.

Человечество – это одна из ветвей круговорота вещества и энергии во Вселенной.

Целостность этой системы формируется интеллектом и духом в виде сложных и разнообразных коммуникационных структур.

Сегодня в нашу жизнь буквально вламывается компьютер. Не только как техническое устройство, но *как образ жизни каждого человека и человечества в целом.* Новое поколение, выросшее и тем более родившееся в конце ушедшего века – это новое население будущей Земли. *Новое – в смысле не следующее, а в смысле – другое, совсем другое.* Оно уже не может без компьютера существовать. Дети играют с ним. *Не в него, а с ним.* Роботы наводнили телефильмы. INTERNET и WEB опутали всю планету. В связи с роботами обсуждаются проблемы самых различных уровней – от космических до бытовых. Роботы злые и добрые, умные и глупые, нежные и грубоватые, красивые и уродливые и ещё бог знает какие. Появилось слово **киборг** – кибернетический организм, т.е. некий кентавр, объединяющий в себе живое и неживое. Но главное, что *живое и неживое не могут отдельно жить, не могут друг без друга.*

Намечается такая цепочка сменяющих друг друга императивов:

1. *Без компьютера жизни нет (компьютер – обязательное приложение к человеку).*
2. *Человек – приложение к компьютеру.*
3. *Появилась новая форма жизни на Земле с минимизированными потребностями в условиях биосферы – **Геокиборг** (термин введен А.Н. Павловым, 2004-2005 гг.).*

В соответствии с этой схемой человек начинает создавать больше компьютеров, чем рожать детей. Воспроизводство людей минимизируется до уровня достаточности, обеспечивающей бессмертие вида. При этом постепенно создаётся ситуация, когда не только человек не может без компьютеров существовать, но и компьютеры начинают «требовать» человеческого участия. *Человек рождает детей, чтобы они рождали компьютеры.*

Понятие *киборг планеты Земля (Геокиборг)* это не механизм с человеческим мозгом, как это сегодня принято изображать в комиксах, мультфильмах и даже в игровых кино. Такой образ киборга излишне фантастичен. *Человек и кибернетическое устройство как и сейчас пространственно разобщены.* Просто они представляют собою систему – *единый организм, единый по связям, функциям и существованию.* Как муравьиная семья. Каждый делает на Земле своё дело, но в рамках единой программы. Человек будущего погибнет без компьютеров и роботов, а они

погибнут без человека. Он их создаёт, а они обеспечивают ему биологическую жизнь. Таков, по-видимому, естественный ход событий. Этот ход событий не только влияет на ноосферу, но и формирует её новый облик.

Общий вывод:

Геокиборг – это будущее человечества, единый планетарный организм (технохемосфера). Сегодня он воздействует на все геосферы и на все физические поля Земли.

Контрольные вопросы

1. Что такое потенциал и напряженность физического поля Земли?
2. Чем отличается поле силы тяжести Земли от её гравитационного поля?
3. Объясните конвективную и кондуктивную формы теплопереноса в земных недрах.
4. Назовите и объясните основные параметры магнитного поля Земли.
5. В чем состоит суть процессов, формирующих электрические поля Земли?
6. Что является генераторами радиационных полей Земли?
7. Что современная наука понимает под ноосферой?
8. Назовите полевые признаки ноосферы.
9. Объясните техногенные воздействия на геофизические поля.
10. Что такое геокиборг?

Литература

Основная

1. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Павлов А.Н. Общая гидрогеология. – Л.: Недра Л.О., 1988. – 359 с.
2. Общая и полевая геология. Под ред. А.Павлова. – Л.: ЛО Недра, 1991. – 456с.
3. Орленок В.В. Основы геофизики. – Калининград, 2000, 446 с.
4. Павлов А.Н. Основы экологической культуры. – СПб.: Политехника, 2004.–333 с.
5. Павлов А.Н. Начала экологической культуры. – СПб.: РГГМУ, 2006. – 205 с.
6. Павлов А.Н.Ноосфера.– СПб.: РГГМУ, 2010. – 136 с.
7. Цубои Т. Гравитационное поле Земли. – М.: Мир, 1982. – 286 с.

Дополнительная

1. Акимов А.Е. Торсионные поля тонкого мира // Terminator. Пограничные знания о Вселенной. – СПб., 1996, №№ 1-2. – С. 10-13.
2. Акимов А.Е. Проблемы функционирования торсионных вычислительных машин // III всероссийская конференция «нейрокомпьютеры и их применение»: программа. – М.: Миноборонпром РФ. 12-14 февраля 1997 г. – С. 6.
3. Блаватская Е.П. Тайная доктрина. Космогенез. Книга 1. Прогресс-Сирин, 1991. – 369 с.
4. Бугаев А.Ф. Эниология человека. – М.: КСП+, 2001. – 310 с.
5. Грани Агни Йоги. 1960, 1961 г.г. Записи Б.Н. Абрамова. В 2-х томах. / Составитель Данилов Б.А. Новосибирск. ППК Полиграфист,1993, 1994. – 279 с., 399 с.
6. Джеммер М. Понятие массы в классической и современной физике. – М.:Прогресс,1967. –256 с.
7. Путиков О.Ф. Основы теории нелинейных геоэлектрохимических методов поисков и разведки. – СПб.: СПГГИ им. Г.В. Плеханова, 2009. – 534 с.
8. Сатпрем. Шри Ауробиндо или путешествие сознания. – Л.: ЛГУ, 1989. – 334 с.
9. Шарден П. Т. Феномен человека. – М: Наука, 1987. – 240 с.

Глава 5. ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

... я тихо выпал из пространства,
обозначенного временем и расстоянием.
Кэндзабуро Оэ

5.1. Пространственно-временной изоморфизм

Основные понятия

1. **Стратиграфическое расчленение** (**Stratum** – слой) – послойное расчленение разреза.
2. **Ископаемая фауна** – комплекс остатков ископаемых животных, заключенных в образце горной породы или собранных в определенном обнажении, слое осадочных пород.
3. **Ископаемая флора** – комплекс остатков растительности в ископаемом состоянии.
4. **Руководящая фауна и флора (руководящие ископаемые)** – остатки ископаемых животных и растений, которые имеют ограниченное вертикальное и широкое горизонтальное распространение. Руководящим может быть вид, род и даже семейство.

Общая идея

Геология всё ещё видит окружающий человека мир трехмерным, находясь тем самым, по выражению К. И. Валькова (1984 г.), в *области научных суеверий*. Однако, пытаясь сравнить между собой трехмерные объекты, пытаясь воссоздать единую их структуру в рамках трёхмерной планеты, геолог вынужден эти объекты мысленно совмещать, чтобы установить их сходство или различие. А такое совмещение возможно только при условии, что объект будет вынесен за пределы трехмерного пространства.

Таким образом, в своей работе геолог *вынужден использовать четырёхмерный мир, т. е. еще одну пространственную координату*. И роль такой координаты для него выполняет *геохронологическая шкала*. Заметим, однако, что до сих пор операции взаимосвязи пространственной и временной шкал совершаются почти интуитивно. За ними не стоит никакой физической базы и даже их логические основания весьма смутны. В частности, не ясно, как связана геохронологическая шкала с координатами трехмерного пространства и вообще существует ли реально такая связь, как следует соотносить начала этих шкал, одномерна ли шкала времени и т. д.

Геология (и геофизика) сформировалась на классических представлениях о категориях пространства-времени, т. е. на тех, что

были заложены еще эллинами и оформлены И. Ньютоном. Согласно этим представлениям во всех инерциальных системах отсчёта пространство является однородным и изотропным, а время — однородным. Причем и то и другое – абсолютны, т. е. независимы не только друг от друга, но и от чего бы то ни было.

«Абсолютное, истинное математическое время само по себе и по своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью... Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным» [И. Ньютон].

Пространственно-временное тождество Н. Стенона

В середине XVIII века Н. Стенон сформулировал главный принцип *стратиграфического расчленения*.

выше/ниже $\equiv$ позже/раньше,

Это тождество легло в основу современной *стратиграфии, геохронологии и картирования*. Смысл его достаточно прост. Если в геологическом разрезе вы наблюдаете чередование слоёв и уверены, что они каким-то образом не были перевернуты и смещены, а залегают, как принято говорить в геологии, нормально, то можно утверждать, что каждый нижний слой образовался раньше верхнего (рис.5.1). Принцип Н.Стенона декларирует пространственно-временной *изоморфизм, т.е. правомерность подмены временных и пространственных терминов*.

Представьте себе, что в слое известняков, показанных на рис.5.1, обнаружены окаменелые остатки раковин морских моллюсков, которые не встречены ни в нижних слоях (глинах и песчаниках), ни в верхнем слое песка и гальки. Пусть мощность глин, т.е. расстояние от их подошвы до кровли, равно 3 м. Тогда на вопрос, сколько жили обнаруженные морские моллюски, можно ответить, что *они жили 3 м*. На вопрос, когда они здесь появились, ответ будет такой:

они появились после того, как в этом бассейне отложился слой песков и песчаников и до того как возник слой известняков.

В соответствии с принципом Н.Стенона привычные временные категории заменяются пространственными или событийными.

На этом построены все геологические реконструкции. Различные разрезы, даже находящиеся на разных континентах, сравниваются между собой по *событиям-меткам*, точнее по следам одинаковых событий, называемых руководящими.

В геологии построены специальные опорные разрезы, выполняющие роль эталонов и позволяющие воссоздавать геологическую историю отдельных регионов и Земли в целом. Но эта история «нанизана» на временную шкалу *последовательности событий*. В обычном понимании времени, как протяженности, геологические шкалы можно назвать *псевдовременными*. Ведь совпадение событий не гарантирует их одновременности. Скажем, на разных территориях в каких-то слоях зафиксировано исчезновение одних и тех же форм фауны и появление других, но тоже одинаковых для этих разных территорий. События – одинаковые, одни и те же. Но у нас нет никаких гарантий, что произошли они одновременно. *Одинаковость событий не означает их совпадения во времени.*

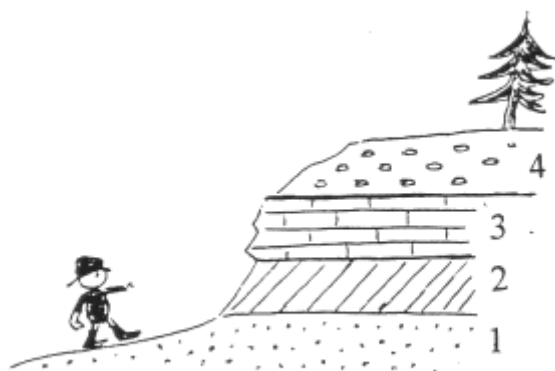


Рис. 5.1. Схема обнажения горных пород.

1 – пески и песчаники; 2 – глины; 3 – известняки; 4 – галька с песком. Вначале возник слой 1, далее на нём – слой 2, потом – 3 и, наконец, – слой 4.

Общий вывод:

- можно констатировать, что события-часы пишут свой циферблат в пространстве;
- время как бы «вмораживается» в него, материализуясь в горных породах, минералах, остатках животных и растений, в древних храмах, городах и т.п.;
- становясь прошлым, события-часы останавливаются, перестают «тикать».

5.2. Относительная геохронология

Основные понятия

1. **Принцип суперпозиции** – (*супер* – приставка, означающая находящиеся на поверхности чего-нибудь, или идущий вслед за чем-нибудь) в геологии принцип суперпозиции означает, что каждый последующий

слой отлагался на предыдущем, а значит, является по отношению к нему более молодым.

2. **Таксон** (порядок, ряд) – группа объектов любого иерархического уровня, выделяемая на основе некоторых заданных критериев (например, – тип, класс, род, вид и другие).
3. **Шкала стратиграфическая** – показывает последовательность и соподчиненность *стратиграфических подразделений* осадочных, вулканогенных и метаморфических образований, слагающих земную кору и отражающих пройденные Землей или участками земной коры этапы исторического развития.
4. **Стратиграфические подразделения** – отложения (слои горных пород), выделяемые по совокупности преимущественно органических и неорганических особенностей, занимающие определенное положение в общей последовательности напластований геологических образований, слагающих земную кору и имеющие относительно *изохронные* границы.
5. **Изохронность границ** – одновременность границ
6. **Шкала стратиграфическая общая (планетарная)** – шкала, объединяющая все стратиграфические единицы, которые постоянно (в течение всех времен) являются общими для Земли или, по крайней мере, для большинства современных континентов. Критериями служат явления периодичности и необратимости развития земной коры и органического мира, запечатленные в горных породах.
7. **Шкала геохронологическая (геоисторическая)** – шкала относительного геологического времени, показывающая последовательность и соподчиненность основных этапов геологического развития Земли и развития жизни на ней. Является результатом анализа и синтеза всех данных стратиграфической шкалы и отражает естественные этапы в истории развития Земли в восходящем порядке. К этой шкале относятся эры, периоды, эпохи, века, время (фазы).

Общие положения

В основе относительной геохронологической шкалы лежит первая часть тождества Н. Стенона, развитая в работах английского геодезиста и геолога У. Смита (1769–1839 гг.) как принцип суперпозиции. Эта идея определила для трехмерного пространства, занимаемого геологическими телами, положение общепринятой стрелы времени, совместив ее с координатой Z , направленной по радиусу Земли к центру. При этом, если поверхность Земли в какой-либо точке принять за нуль временной шкалы, т.е. за настоящее, то в направлении к центру Земли стрела времени будет повернута в прошлое, а по радиусу от центра – из прошлого в будущее. В дальнейших наших построениях *положение нуля как настоящего, разделяющего прошлое и будущее, и направление вектора времени окажется принципиальным*. Пока лишь заметим, что в геологии все стратиграфические описания разрезов принято производить снизу вверх, имея в виду *общую концепцию* о единой и необратимой стреле времени из прошлого в будущее.

Стратиграфическая шкала – это шкала событийная, но построена она на событиях уникальных. Это означает, что шкала времени, которую она олицетворяет через тождество Н. Стенона, принципиально ничего общего не имеет с обычной шкалой физического времени, основанной на таких повторяющихся и периодических событиях, как вращение Земли, движение ее вокруг Солнца, как ход маятника и т. д. Это шкала, в которой время не имеет размерности и числового выражения, это шкала последовательности событий, сменяющих друг друга в направлении от прошлого к будущему.

Поэтому хронология, которую эта шкала фиксирует через некоторые событийные датировки, по существу, является условной, поскольку геология не располагает никакими гарантиями, что одни и те же события-даты, устанавливаемые в разных разрезах, являются одновременными на обычной шкале физического времени.

Известно, что на протяжении геологической истории происходило развитие животного и растительного мира. Этот факт позволяет декларировать пространственно-временную связь между ходом развития живой и неживой материи. По существу, речь идет о постулировании идеи, что процессы биологические, физические и химические как различные часы имеют одинаковый ход. К этому вопросу мы еще вернемся, а теперь настало время привести и кратко прокомментировать стратиграфическую и связываемую с ней геохронологическую шкалы (табл. 5.1), которые приводятся здесь в планетарном, или, как иначе говорят, международном масштабе (МСШ – международная стратиграфическая шкала).

Стратиграфическая и геохронологическая шкалы (МСШ)

В шапке таблицы вначале даны стратиграфические названия; эонотема, эратема, система, отдел, а ниже в скобках названия соответствующих им элементов геохронологической шкалы. В региональных (РСШ) и местных шкалах используют и более дробное расчленение: ярус, подъярус, пачка, слои и т. д. Теперь дадим некоторые комментарии о названиях.

1. Эон – длительный промежуток времени (от греч. αἰών – век, эпоха), объединяющий несколько эр.
2. Эонотема – биостратиграфический эквивалент толщи пород (литомы), образующей некий структурный этаж. В современной геологии широко используются термины «фанерозой» и «криптозой», обозначающие два очень длительных временных интервала в геологической истории Земли. Первый переводится как «явная жизнь», второй – «скрытая жизнь» (выделены в 1930 г.). Фанерозой отождествляется с эоном.
3. KZ – кайнозойская эра (эра новой жизни).

4. MZ – мезозойская эра (эра средней жизни).
5. PZ – палеозойская эра (эра древней жизни).
6. PR – протерозойский эон (первичная жизнь).
7. AR – архейский эон (древнейшая жизнь).

Стратиграфическим синонимом эратемы является понятие группы. Например, чаще говорят – мезозойская группа отложений.

8. Эратемы (группы) делятся на системы, а соответствующие им эры – на периоды. Названия систем и эр складывались исторически. Чаще всего своими корнями они привязаны к регионам, в которых соответствующие толщи пород были впервые выделены и изучены. Исключения составляют лишь самые древние отложения криптозоя и самые молодые, относящиеся к четвертичному периоду (Q). Архейский (AR) и протерозойский (PR) эоны до сих пор ещё не имеют сложившейся и общепринятой таксономической структуры.

В табл. 5.1 протерозой (как эон) разделен на две части: нижний протерозой (PR₁) и верхний (PR₂). В верхнем выделяют эру – *рифей* (R) (по древнему названию Урала – Ripheus) и период под названием *венд* (V) – по имени древнего славянского племени «венды», или «венеды».

9. Є – кембрийская система (по древнему названию провинции Уэльс в Англии – Cambria).
10. O, S – ордовикская и силурийская системы (по названию древнеуэльских племен — «ордовиков» и «силуров»).
11. D – девонская система (по названию графства Девоншир в Англии).
12. C – каменноугольная система (по широкому развитию в этих отложениях залежей каменного угля).
13. P – пермская система (по названию Пермской губернии в России).
14. T – триасовая система (по делению системы на три части).
15. J – юрская система (по названию Юрских гор в Швейцарии и Франции).
16. K – меловая система (по широкому развитию в отложениях этой системы писчего мела).
17. □ – палеогеновая система (древнее происхождение – нижняя, наиболее древняя часть кайнозойской группы).
18. N – неогеновая система (новое происхождение).
19. Q – четвертичная система, именуемая иногда антропогеном A_p (периодом появления человека) – название предложено академиком А. П. Павловым в 1922 г.
20. Большинство систем делятся на три отдела, называемых нижним, средним и верхним. Например, C₁ – нижний отдел каменноугольной системы. Соответствующие им эпохи называют ранними, средними и поздними. Например, C₁ – раннекаменноугольная эпоха. Если отдела не три, а два, то они называются соответственно нижним и верхним отделами с временными эквивалентами – ранняя и поздняя эпохи.
21. Стратиграфические и геохронологические таксоны кайнозойской группы

и эры имеют, кроме того, и специальные названия: $\square_1$ – палеоцен, $\square_2$ – эоцен, $\square_3$ – олигоцен; N_1 — миоцен, N_2 — плиоцен; Q_I , Q_{II} , Q_{III} – эпохи ранне-, средне- и позднечетвертичная вместе называют еще плейстоценом, а Q_{IV} – голоценом. Таким образом, можно говорить, что четвертичный период делится на плейстоцен и голоцен. Специальные названия имеют и отделы некоторых других систем, но в последние годы ими довольно редко пользуются.

Стратиграфические и соответственно геохронологические шкалы являются классификационной и метрической базой геологии. Однако эта база постоянно развивается и совершенствуется. Так, ранние классификации содержали три основных подразделения: первичную, вторичную и третичную эры, значительно позже к ним по аналогии прибавилась четвертичная эра. Названия первичной и вторичной эр просуществовали недолго и позже трансформировались в AR, PR, PZ, MZ. Кайнозойская же эра довольно долго делилась на третичный и четвертичный периоды. Третичный обозначался Tg и состоял из двух полупериодов – Ng и Pg, отложения которых не всегда можно было выделить в соответствующих толщах третичной системы. Но с 1960 г. от этого термина геология отказалась.

Произошли и другие изменения: бывший нижний отдел силурийской системы выделился в самостоятельную ордовикскую систему, поменялись многие индексы, например, Ng на N, Pg на $\square$, Cg на K, Cm на E и т. д., особенно в региональных и местных шкалах на уровне ярусов, подъярусов, пачек, слоев и др.

Приведенная шкала имеет статус международной, однако даже в этом ранге у нее есть варианты. Вместо каменноугольного периода в европейской шкале, в США выделяют два периода: миссисипский, следующий за девонским, и пенсильванский, предшествующий пермскому.

Каждая эра, период, эпоха и так далее характеризуются своим набором живших организмов, эволюцию которых многие геологи считают одним из критериев построения стратиграфической шкалы и относительной геохронологии.*

Здесь мы вновь возвращаемся к принципам проведения стратиграфических границ, среди которых особое место занимает вопрос об их естественности. Подробно с этим важнейшим вопросом можно познакомиться, обратившись к работам С. А. Мороза и В. И. Оноприенко, а также других авторов, особенно С. В. Мейена и В. Л. Егояна. Корни её находятся в общефизической проблеме устойчивости и изменчивости, в принципах дискретного и непрерывного. Не обсуждая здесь разнообразие подходов, можно

* Правильнее, вероятно, считать, что теория эволюции в значительной мере выросла на базе стратиграфии и стала ее объяснением, так как первая стратиграфическая схема У. Смита оформилась в 1799 г., т. е. за десять лет до рождения Ч. Дарвина.

Таблица 5.1

**Стратиграфическая и геохронологическая
шкалы с датировками в астрономической шкале**

Эонотема (зон)**	Эратема (эра)	Система (период)	Отдел (эпоха)	Возраст (начало эпох), млн. лет*
Фанерозой	KZ	Q	Q _{IV}	1 –2
			Q _{III}	
			Q _{II}	
			Q _I	
		N	N ₃	5
			N ₁	24
		P	P ₃	36
			P ₂	55
			P ₁	62
	MZ	K	K ₂	96
			K ₁	138
		J	J ₃	166
			J ₂	184
			J ₁	209
		T	T ₃	231
			T ₂	240
			T ₁	246
	PZ	P	P ₂	257
			P ₁	287
		C	C ₃	301
			C ₂	317
			C ₁	354
		D	D ₃	371
			D ₂	381
			D ₁	410
		S	S ₂	419
			S ₁	438
		O	O ₃	450
			O ₂	474
			O ₁	504
		Є	Є ₃	518
			Є ₂	542
			Є ₁	571
PR	PR ₂	R	V	680±50
	PR ₁			1600±50
AR	AR ₂			2600±100
	AR ₁			~≥ 3600

*Начала эпох округлены до целых чисел и от N₂ до PR даны по работе [Афанасьев, 1987]. Для криптозоя – по работе [Горшков, Якушева, 1973].

**AR+PR – криптозой (или докембрий).

сказать, что под *естественностью стратиграфических шкал* понимается *корреляция палеонтологических, литологических, тектонических и других признаков, характеризующих разрезы и регионы*. Иными словами, речь идёт о том, что, например, в масштабе МСШ тектонические перестройки охватывали всю планету, они сопровождались перераспределением суши и моря, изменением климата и приводили к изменениям ландшафтным, а те в свою очередь повлияли на состав осадков и характер фауны и флоры. В отдельных регионах изменения происходили на фоне общепланетарных катаклизмов, и потому корреляции событий там более сложны и запутаны. Однако, если принимается концепция естественности шкал, мы вынуждены эту запутанность рассматривать как различного рода флуктуации, вводить большое число допущений, сильно упрощать и сглаживать частные различия. Из всего этого возникает задача поисков (открытия) неких *естественных эталонов как стратиграфического, так и геохронологического толка*, появляется необходимость определения таких эталонов и т. д. Но все это, хотя и принципиальные, но все-таки как бы технологические трудности, они вторичны и вытекают из идеологии естественности шкал, т. е. из принятия *существования природной дискретности разных порядков*, дискретности, которую человек лишь обнаруживает. Сама же дискретность задана как природная объективная закономерность.

Как *альтернатива природной дискретности*, а значит, и естественности стратиграфической и геохронологической шкал, существует *концепция их устойчивости*, основанная на эволюционных идеях чистого дарвинизма, одно из главных положений которого гласит – «природа не делает скачков и перерывов». При такой позиции таксономические категории стратиграфии и относительной геохронологии могут быть только *искусственными*, создаваемыми по критериям удобства изучения. *Утверждение искусственности шкал привело к «принципу приоритета»*, в соответствии с которым прав тот, кто первый опубликовал свою стратиграфическую схему. В настоящее время этот принцип трансформировался в *«концепцию стратотипа» – типового разреза*.

Эта концепция, по существу, разрешает любой произвольно выбранный разрез рассматривать в качестве *овеществлённого многопараметрического эталона геологического пространства-времени*. Иначе говоря, эталон утверждается как некая случайная мера. Такая позиция вполне правомерна, если опирается на идеологию детерминизма, исключаящую всякую устойчивость. В последние годы в геологии происходит возрождение идей

катастрофизма в виде так называемой «этапной» парадигмы, на основе которой концепция естественности стратиграфической и относительной геохронологической шкал получает новое развитие.

Общий вывод:

в основе относительной геохронологии лежит принцип суперпозиции, оформленный Н. Стеноном в виде тождества, определяющего изоморфизм пространства и времени.

5.3. Абсолютная геохронологическая шкала

Основные понятия

- 1. Возраст геологический абсолютный** – время, протекшее от какого-либо геологического события до современной эпохи, исчисляемый в миллионах и тысячах лет.

Общие положения

В абсолютной геохронологической шкале время измеряется в физических единицах, но обычно не в единицах стандартной размерности, секундах, а в годах, тысячах и миллионах лет. Поэтому абсолютную геохронологию правильнее было бы называть астрономической, так как её шкала непосредственно опирается на такое периодическое явление, как обращение Земли вокруг Солнца. Эта шкала дает не последовательность событий, а либо их временной интервал, либо *возраст, отсчитываемый от настоящего*, т. е. от момента оценки расчётных параметров. Другого нуля, такого, например, как основание Рима, рождение Христово и т. п., здесь нет. Разумеется, по возрасту геологических образований нетрудно установить и их последовательность, но это уже вторичный акт.

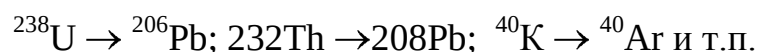
Идея, заложенная в методах оценки протяженности геологических событий и возраста пород, чрезвычайно проста и основана на знании скорости тех геологических процессов, которые принимаются за часы. Точнее же, речь идет о *предполагаемом* знании, в котором мы можем убедить себя и других. Например, измерена мощность некой осадочной толщи морских осадков m . Принимая для нее среднюю скорость осадкообразования V , равную известной средней скорости этого процесса в современном океане, легко подсчитать временную протяженность (t) формирования толщи m . Ясно, что $m(t) \neq const$, $V(t) \neq const$. Современный океан навряд ли по условиям и скоростям осадкообразования адекватен древнему морскому бассейну, к которому принадлежит толща m , и т., д. В каждом конкретном случае допущения такого рода можно

смягчить, но они неустранимы в принципе.

«Радиоактивные часы»

К настоящему времени, пожалуй, самым разработанным методом является метод «радиоактивных часов», основанный на процессе радиоактивного распада различных природных изотопов. Суть его в следующем.

1. Есть некий радиоактивный изотоп А, принимаемый за материнский элемент.
2. Выбирается в радиоактивном ряду некий изотоп В, представляющий собой один из дочерних элементов. В качестве В может быть выбран и конечный устойчивый продукт ряда (уже не распадающийся). Например, в качестве элементов А и В могут быть приняты:



3. Известно уравнение распада

$$A = A_0 e^{-\lambda t}, \quad (5.1)$$

в котором А – оставшееся в породе (наблюдаемое) количество материнского элемента на момент измерений t ; A_0 – начальное количество материнского элемента на момент времени $t = 0$; λ – постоянная распада (экспериментально установленная для всех используемых при геологических датировках изотопов).

Очевидно, что вся трудность заключается в оценке величины A_0 . Независимым от уравнения (5.1) способом она не определяется, её можно только предположить, используя те или иные аналогии. Однако вместо распадающегося изотопа появляется новый дочерний продукт В. Его количество можно измерить, и, если содержания элементов А и В выражены в атомных единицах, то очевидна другая форма записи уравнения распада

$$A = (A + B) e^{-\lambda t}, \quad (5.2)$$

из которого следует

$$e^{\lambda t} = 1 + B/A; \quad t = 1/\lambda \ln(1 + B/A) \quad (5.3)$$

Например, для ряда $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$

$$t = 1/\lambda \ln (1 + ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) \quad (5.4)$$

Приведённый пример следует рассматривать как чисто иллюстративный относительно идеи. В нём всё выглядит просто:

- берут образцы пород, в них определяют содержания ^{238}U и ^{206}Pb в

- атомных единицах;
- по таблице в соответствующем справочнике находят значение постоянной распада λ , и все – возраст t известен.

Однако на самом деле во всем этом существует много неясностей, связанных с рядом принципиальных допущений.

- Элементы А и В за весь период t не должны в горную породу привноситься и из неё выноситься, т. е. горная порода как система, содержащая элементы А и В, должна быть изолирована. Речь идет о радиоактивном равновесии, для которого и написано уравнение распада (5.1).
- По существу, определяется не возраст породы, а время образования отношения А/В. То, что *это время* равно возрасту породы – лишь допущение, принимаемое как постулат. Этот постулат предполагает, что А- и В-содержащие минералы возникли одновременно с породой, а не являются *эпигенетическими* (т. е. вторичными новообразованиями) или что они не были привнесены со стороны.

Я не останавливаюсь здесь на современной технологии определения изотопов, она весьма разнообразна, имеет свою специфику, свои сложности и проблемы. Но это уже не наша область.

Общий вывод:

понятие возраста геологических объектов может быть правильно понято и использовано только тогда, когда за ним стоит четкая генетическая схема.

5.4. Магнитная геохронологическая шкала

Основные понятия

1. **Плитная тектоника** – новая глобальная тектоника, рассматривающая литосферу Земли как систему подвижных блоков (литосферных плит). См. главу 3.
2. **Минералы-магнетики** – минералы, в которых внешнее магнитное поле ориентирует магнитные моменты атомов и молекул.
3. **Стратон** – стратиграфическая единица.
4. **Ивенты** – события наименьшей протяженности, характеризующиеся сменой ориентации магнитного поля Земли.

Общая характеристика

Эта шкала появилась относительно недавно и обязана разработкам по *плитной тектонике*. В её основе лежат следующие два обстоятельства:

1. Вариации магнитного поля Земли, связанные с периодичностью смены

магнитных полюсов (см. гл. 4).

2. Существование природных минералов–магнетиков, которые при застывании магматических расплавов или в процессе раннего диагенеза первичных жидких илов, образуясь на начальной стадии этих процессов, способны ориентироваться в магнитном поле Земли и сохранять эту ориентацию как «вмороженную» информацию о магнитных меридианах своего времени.

По быстро накапливающимся осадкам установлено, что изменение знака магнитного поля Земли происходит с периодом в несколько тысяч лет. Прямое и обратное чередование намагниченности пород в различных разрезах мира позволило выделить по ним магнитные *стратоны* от эонов до так называемых *ивент* (эпизодов) (см. рис. 5.2). Один из макетов магнитостратиграфической шкалы фанерозоя был предложен советскими геологами на 27-м Международном геологическом конгрессе в Москве [1984 г.].

Общий макет геомагнитной шкалы содержит гиперзоны со следующими временными границами: 610, 535, 485, 430, 360, 295, 240, 215, 175, 110, 70 и 38 млн. лет. Средняя же продолжительность палеомагнитных стратонов в настоящее время оценивается следующими цифрами, годы: эпизоды полярности – 10^4 – 10^5 ; эпохи – 10^5 – 10^6 ; периоды – 10^6 – 10^7 ; эры – 10^7 – 10^8 .

В построении магнитной геохронологической шкалы до сих пор много неясностей. В них еще предстоит разбираться.

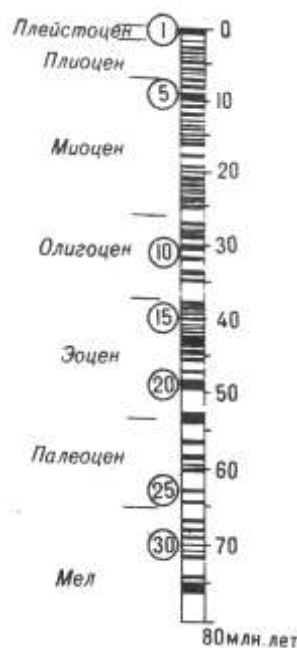


Рис. 5.2. Хронологическая геомагнитная шкала.

В кружках показаны номера магнитных аномалий. Черные линии – периоды прямой полярности геомагнитного поля.

Общий вывод:

- синтез палеомагнитных данных по различным районам мира и для разных типов пород и осадков позволил построить макет магнитостратиграфической шкалы фанерозоя;
- направления дальнейшей разработки шкалы магнитной полярности связаны с решением общих проблем магнитостратиграфии.

5.5. Геологические датировки подземных вод**Основные понятия**

1. **Сингенетические воды** – совместно образовавшиеся с горными породами на начальной стадии их формирования.
2. **Эпигенетические воды** – вторичные, возникшие после вмещающих их пород (противопоставляются сингенетическим).
3. **Диагенез** – ранняя стадия превращения первичного осадка в горную породу.
4. **Катагенез** – следующая после диагенеза стадия формирования горной породы (в условиях низкой температуры и давления).
5. **Седиментация** – образование всех видов осадков в природных условиях путём перехода осадочного материала из подвижного или взвешенного состояния в неподвижное.
6. **Элизионный этап** – этап выжимания седиментогенных вод из водоупорных пластов коллектора.
7. **Флексура** – коленчатый изгиб моноклинально залегающих слоёв, обычно рассматриваемый как складка с одним крылом.
8. **Диапира** – структуры протыкания (диапировые купола).

Сингенетические воды

Современные представления о формировании водоносных горизонтов изначально связаны с известной схемой А.Н. Семихатова о двух этапах гидрогеологического цикла. Первый из них сегодня определяется сложным комплексом процессов, протекающих на стадиях диагенеза и катагенеза осадков в бассейнах седиментации. Обычно он называется элизионным. В случае, когда мы сталкиваемся с подземными водами, находящимися на этом этапе формирования, мы говорим о водах сингенетических, т.е. одновозрастных вмещающим породам, и тогда нам не остаётся ничего другого, как определять их возрастную датировку в соответствии с геохронологической шкалой. При этом можно пользоваться как относительными величинами, так и абсолютными.

В качестве примера приведём разрез по Нефтегорскому

месторождению Северо-Западного Предкавказья [Тхостов, 1966] .

В структурном отношении этот район представляет собой пологую моноклираль северо-западного простирания, сложенную в основном палеогеновыми и неогеновыми отложениями. Среди них выделяется олигоценовый водоносный комплекс, приуроченный к пескам и песчаникам нижнего и среднего майкопа суммарной мощностью до 600 м. Верхняя часть майкопских отложений является хорошим регионально выдержанным водоупором. Снизу майкопские водоносные горизонты ограничены глинами и мергелями эоцена (так называемые фораминиферовые слои). Всего выделяется семь водоносных горизонтов. Они вытянуты в виде узкой полосы от г. Нефтегорска на северо-запад (рис. 5.3).

Горизонты I – IV на участке г. Нефтегорска выходят на поверхность. Приведённые давления в них нарастают в сторону погружения, что позволяет область их выхода рассматривать как зону разгрузки. Очертания горизонтов весьма причудливы, и на их периферии образуются так называемые заливы, водообмен в которых практически отсутствует, и имеются скопления нефти и газа. Минерализация вод в этих горизонтах колеблется от 9 до 25 г/л. В целом горизонты имеют прямую гидрохимическую зональность.

Горизонты V – VII нигде на поверхность не выходят и связаны между собой. Соединение их с верхней серией не установлено.

Гидрогеологический анализ всего комплекса майкопских горизонтов позволяет рассматривать содержащиеся в них воды как близкие к седиментогенным. О закрытости этих горизонтов свидетельствует и сохранность нефтяных залежей литологического типа.

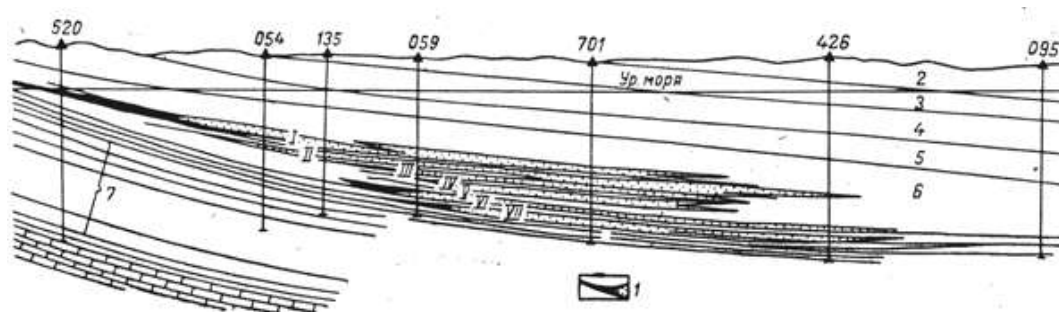


Рис. 5.3. Поперечный профиль Нефтегорского месторождения

1 – нефтяные залежи; 2 – средний сармат; 3 – нижний сармат; 4 – караган; 5 – чокрак;

6 – майкоп; 7 – фораминиферовые слои.

Таким образом, при определении возраста этих вод следует говорить, что он близок к майкопскому, т. е. заключён между нижним олигоценом и низами среднего миоцена (см. табл. 2.2). В

соответствии с геохронологическими датировками С.Л. Афанасьева этот возраст попадает в интервал 36 – 15 млн. лет (по работе: Баренбаум, 2002).

Эпигенетические воды

Подземные воды этой категории можно рассматривать как продукт смешения вод разного происхождения и делить их на две группы:

1. Воды, которые образованы в результате притока вод из других горизонтов (обычно из нижних).
2. Воды, которые формируются за счёт поступления в горизонт вод более молодых, например, метеогенного происхождения, часто современных.

В любом случае можно говорить лишь о том, что в результате смешения образуются воды нового типа и их возраст исчисляется от «момента» смешения. В зависимости от данных, которыми мы располагаем, существует два пути оценки возраста этих новых вод:

- либо на основе палеогидрогеологических построений;
- либо с помощью каких-то других «часов», позволяющих фиксировать начало смешения к моменту опробования, например, на основе так называемых «радиоактивных» часов, связанных с содержанием неустойчивых изотопов.

Оба типа оценок проиллюстрируем на конкретном примере. Но перед этим покажем, как и где такое явление как смешение вод различного происхождения может происходить.

На рисунках 5.4 и 5.5 показаны гидрохимические аномалии по солёности в подземных водах старооскольско-швентойского водоносного комплекса в низовьях р. Шелони, принадлежащей к бассейну р. Волхова. Они известны давно и детальное их исследование привело к пониманию того, что они формируются в результате внедрения солёных вод из подстилающих карбонатных толщ.

Породы этого комплекса представлены тонко- и мелкозернистыми песками и песчаниками с редкими включениями алевролитов и глин. Общая мощность комплекса 30–220 м. В кровле залегает карбонатно-глинистая толща верхнего девона мощностью 40–60 м, в подошве толща мергелей, известняков и песчаников наровского горизонта среднего девона. Региональными исследованиями установлено, что породы подошвы и кровли старооскольско-швентойского водоносного комплекса, являясь слабо выраженными водоносными горизонтами, одновременно служат для него относительными водоупорами. Они обеспечивают,

как правило, резкие изменения напора и состава воды в вертикальном разрезе. Воды этого комплекса высоконапорные, солоноватые и солёные, по составу хлоридные натриевые.

По мере погружения пород комплекса на юго-восток минерализация вод в нём постепенно растёт. Но на фоне такого роста чётко выделяются зоны аномально высокой минерализации – в бассейне р. Шелони, впадающей в оз. Ильмень, и в районе г. Старая Русса. Характерной особенностью этих зон является не только повышенная минерализация, но и наличие восходящих солёных источников.

Структурно–тектонические исследования позволили эти аномалии связать с существованием положительных структур флексурного типа. В крыльях этих поднятий происходит относительное повышение трещиноватости водоупорных пород наровского горизонта и карбонатно-глинистой толщи. Это обстоятельство приводит к образованию восходящих потоков и засолению вод верхних горизонтов (см. рис 5.4).

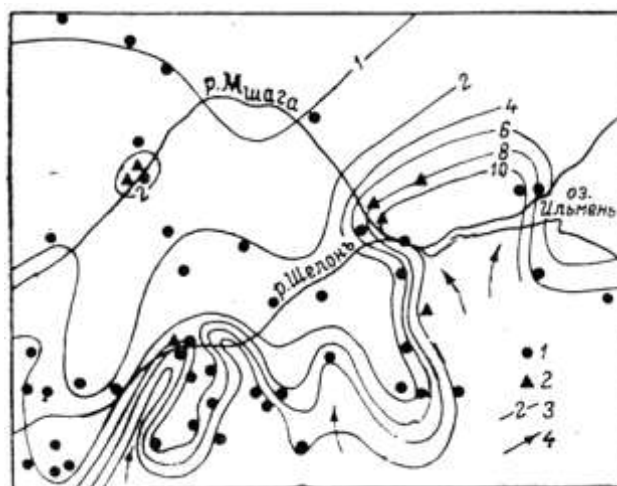


Рис. 5.4. Распределение минерализации подземных вод старооскольско-швентойского водоносного комплекса в низовьях р. Шелони (план)

1 – буровые скважины; 2 – источники; 3 – изолинии минерализации, г/л; 4 – направление внедрения солёных вод.

Такого рода картина является в этом регионе России довольно типичной. Сегодня принимается, что существование в пределах моноклинали разгрузки подземных вод через вышележащие водоупорные толщи, сложная гидродинамическая и гидрохимическая обстановка обусловлена взаимодействием различных водоносных горизонтов. Такая возможность связана с появлением в региональной моноκлиальной структуре локальных складок флексурного и куполообразного типов.

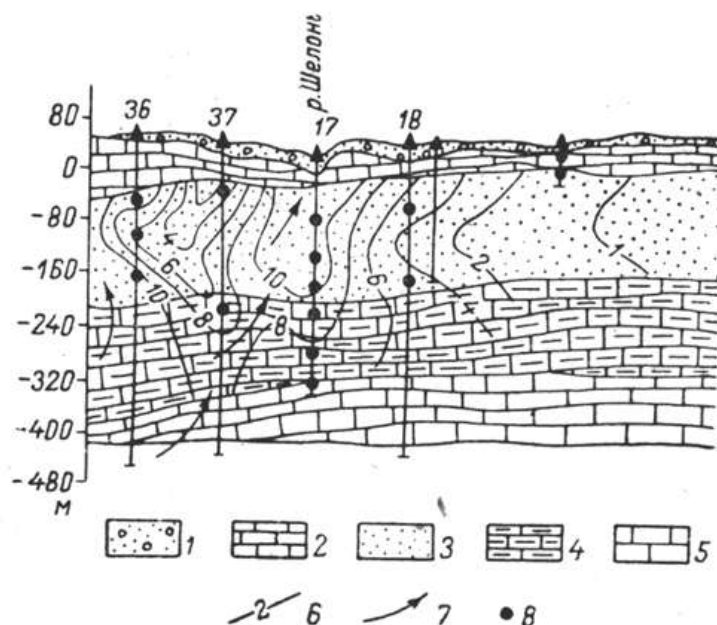


Рис. 5.5. Распределение минерализации подземных вод старооскольско-швентойского водоносного комплекса в низовьях р. Шелони (разрез).

1 – четвертичные отложения; 2 – карбонатно-глинистая толща верхнего девона; 3 – старооскольско-швентойский горизонт; 4 – наровский горизонт; 5 – карбонатная толща ордовика; 6 – изолинии минерализации, г/л; 7 – пути внедрения солёных вод; 8 – точки опробования в скважинах.

Датировки появления таких небольших структур могут быть связаны с появлением новых вод как продукта смешения вод поступающих из нижележащих горизонтов в верхний водоносный комплекс, в котором по этой причине наблюдаются в настоящее время воды с аномальными гидрохимическими характеристиками. Это чисто палеогидрогеологическая задача. Применительно к нашему примеру флексуроподобные структуры провоцирующие смешение вод, могли иметь гляциотектоническое происхождение и иметь по этой причине *верхнекайназойский возраст*.

Однако установленная таким образом дата фиксирует только «геологический момент» возможного начала появления вод нового типа. Но воды, которые сегодня разгружаются в восходящих источниках нижнего и среднего течения р. Шелони имеют уже возраст существенно более молодой, поскольку при опробовании мы получаем воду, постоянно достигающую поверхности земли и уносимую речной струёй или подземным стоком верхних горизонтов. Здесь следует уже оценивать время подъёма струй смешанной (новой) воды от нижнего продуцирующего это смешение горизонта до точки опробования. И в этом случае нужны другие методы.

Хорошие возможности для такого рода оценок появляются при обнаружении в водах источников или скважин короткоживущих радиоактивных изотопов. Очень красиво эту задачу в своё время решил Н.А. Огильви для струй кисловодского нарзана [1951].

Расчёт проводился им следующим образом.

1. Строились зависимости $Ra^{226} = \varphi(Cl)$, $ThX = f(Cl)$.
2. В силу смешанного происхождения нарзана и химической устойчивости хлор-иона в том и другом случае зависимости получались прямыми. Однако первая прямая проходила через начало координат, а вторая пересекала ось концентраций хлор-иона в точке 80 мг/л Cl, фиксируя на оси ординат потери ThX.
3. Образование дефицита ThX (Ra^{224}) можно было объяснить только радиоактивным распадом этого изотопа, имея в виду короткий период его жизни. При допущении каких-либо сорбционных или других химических и физических потерь наблюдался бы и дефицит Ra^{226} (как изотопа), но тогда первая прямая ($Ra^{226} = \varphi(Cl)$), не исходила бы из начала координат.
4. Принимая максимальное количество ThX, обнаруженное в нарзане, полученном из наиболее глубоких скважин за истинное его содержание в палеозойских породах и исходя из условий равновесия, Н.А. Огильви вычислил время возникновения дефицита ThX, равное (в соответствии с принятой моделью) времени подъёма струй минеральных вод от палеозойского фундамента. Оно оказалось равным 30 часам. Напомним, что период полураспада ThX (изотопа радия из ториевого ряда) составляет 3,64 суток.

Если считать, что смешение приводит к образованию новой воды, то можно полагать, что это время соответствует её возрасту.

На основании подобных принципов мною был выполнен подсчёт возраста мацестинских минеральных вод по MshI (рис.5.6). Интерпретация результатов этого подсчёта опиралась на идеи смешения современных морских вод Чёрного моря и глубоких вод нефтяного типа, поступающих в район месторождения из среднеюрских терригенных толщ. Такого рода генезис мог обсуждаться при принятии существования поперечных основным структурам северо-западного Кавказа крупных тектонических разломов, по многим из которых развивались современные речные долины Черноморского побережья [Куканов, 1968].

Анализ гидрохимических материалов по Хосто-Мацестинскому месторождению сероводородных вод позволил выявить интересные закономерности (рис. 5.6).

Приведённые графики показывают следующее:

- Концентрации ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, C^{2-} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , определяющих гидрохимический тип мацестинской воды, с глубиной изменяются одинаково: до 300 м наблюдается постепенное разбавление, а в интервале 300-900 м концентрации резко увеличиваются. Далее с глубиной гидрохимический режим остается более или менее постоянным.
- Поведение брома аналогично поведению главных ионов.
- Сульфатный ион даёт своеобразную кривую, показывающую довольно однородные концентрации в интервале 600-1500 м и некоторое повышение их на глубинах 1600-1800 м. Глубже 1800 м концентрация сульфат-иона резко уменьшается и стремится к нулю.
- Кривая сероводорода ведёт себя противоположно кривой сульфат-иона.
- Ход температурной кривой по характеру напоминает ход кривой сероводорода.
- Ход кривой концентрации радия по общему характеру представляет собой нечто среднее между кривыми сероводорода, температуры и главных ионов.

Концентрации радия в сероводородных водах Мацесты достигают высоких значений, аномальных для вод карбонатной толщи, даже если они относятся к водам хлор-натриевого типа. Судя по кривым сероводорода, сульфат-иона и температуры, можно предполагать наличие притока посторонних вод. С этим притоком могут быть увязаны и повышенные концентрации радия.

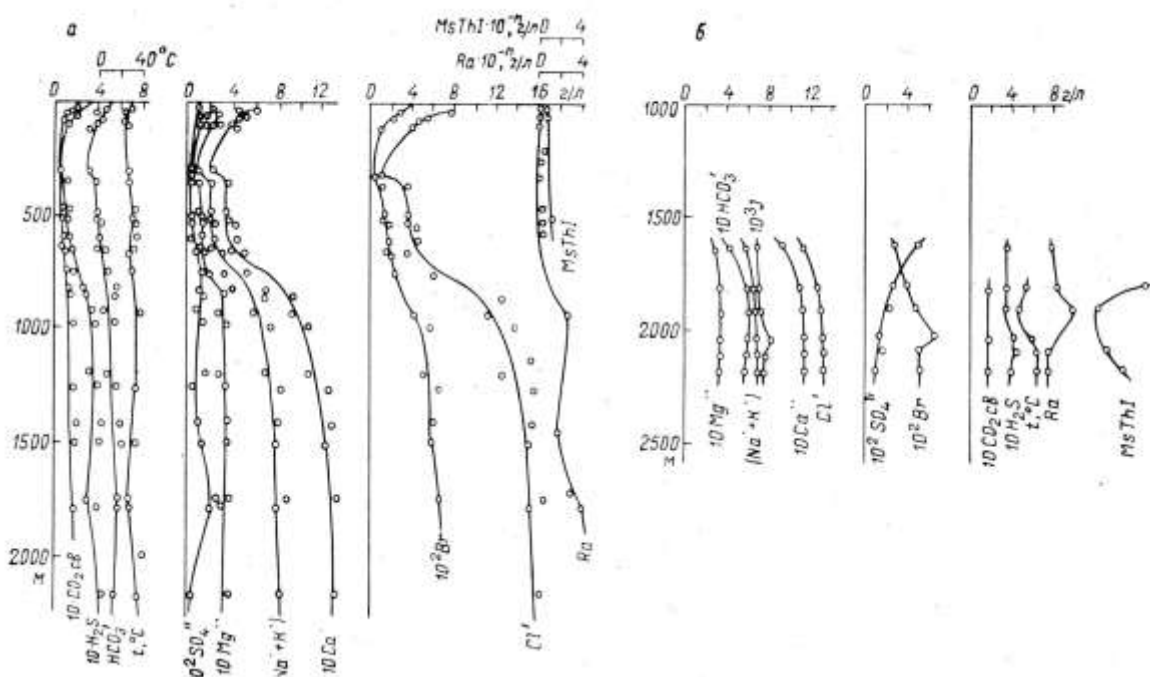


Рис.5.6. Изменение химического состава вод с глубиной в районе Мацесты (а) и Хосты (б).

Для района Хосты удалось составить графики зависимости химического состава вод от глубины только для интервала 1650-2200 м по скв. Т-1 (рис.5.6, б). Эти графики показывают следующее.

- Резкое увеличение содержания хлора, кальция и гидрокарбонат-иона на глубинах 1650-1800 м.
- Более слабое увеличение суммы щелочных ионов.
- Практически неизменными на всем интервале глубин остаются концентрации магния и свободной углекислоты.
- Резко уменьшается с глубиной концентрация сульфат-иона.
- Ход кривых концентрации радия, мезотория I, брома, йода, сероводорода и температуры характеризуется местными аномалиями.
- На глубинах 1830-2120 м отмечается довольно резкое увеличение содержания радия, максимальное значение которого соответствует глубине 1930 м.
- На том же интервале резко уменьшается содержание мезотория I, причем минимальное его значение совпадает с глубиной 1930 м, т. е. противостоит максимуму радия.
- На глубинах 1830-2120 м резко возрастают концентрации йода и брома. Максимальное их содержание соответствует глубине 2055 м.
- Для этого же интервала наблюдается резкое уменьшение температуры, минимальное значение которой отмечается на глубине 1930 м.
- Наконец, в интервале 1930-2200 м наблюдается некоторое возрастание концентрации сероводорода.

Концентрация радия в сероводородных водах Хосты находится в прямой связи с содержанием хлора, кальция, суммой щелочных металлов, сероводорода, гидрокарбонат-иона и в обратной связи с температурой и концентрацией мезотория I и сульфат-иона.

Абсолютные значения концентраций радия очень велики и могут считаться аномальными для вод карбонатной толщи, даже для вод хлор-натриевого типа.

В районе Хосты несомненно наличие струй, проявляющихся в скв. Т-1 в интервале глубин 1830-2120 м. Эти струи на указанных глубинах обогащают сероводородные воды ионами хлора, кальция, щелочными металлами, бромом, йодом, радием; они же охлаждают минеральные воды и вызывают разбавление мезотория I. С их проявлением связано резкое падение концентраций сульфат-иона. По-видимому, можно говорить о внедрении в хостинские минеральные воды ещё полностью не разрушенных вод нефтяного типа с высокой концентрацией радия и более высокой минерализацией.

Появление вод нефтяного типа объясняет поведение сульфатов, гидрокарбонатов и сероводорода. Только низкая температура при повышенной минерализации и низкие содержания мезотория I при высоких концентрациях радия, казалось бы, противоречат существованию струй вод именно нефтяного типа. Однако эти явления объясняют одно другое. Известно, что при равновесии отношения радия к урану и мезотория I к торию составляют: $Ra/U = 3,36 \cdot 10^{-7}$; $MsThI/Th = 4,74 \cdot 10^{-10}$.

Закарстованные известняки мела и верхней юры, к которым приурочены сероводородные минеральные воды, не могут быть материнскими в отношении радия. По причине их промытости равновесия радий – уран, мезоторий I – торий тоже должны быть нарушены. Радиоактивное равновесие может быть сохранено в среднеюрских терригенных толщах, залегающих на глубинах более 3000 м. Для условий равновесия в глинах известно отношение $Th/U = 3,0$. Тогда

$$Th/U = (MsThI \cdot 3,36 \cdot 10^{-7}) / (Ra \cdot 4,74 \cdot 10^{-10}) = 3,0; MsThI / Ra = 4,23 \cdot 10^{-3}$$

Принимая содержания радия в сероводородных водах Хосты и Мацесты за равновесные, можно вычислить те количества мезотория I, которые должны соответствовать равновесным количествам радия в терригенной толще:

		Глубина, м	Соотношение между расчётным и фактическим содержанием MsThI
Мацеста	скв. Т-2	457 – 500	1,06
	скв. 6	61,7	1,23
	скв. 5	50	1,92
Хоста	скв. Т-1	1827	13,5
		1930	38,0
		2120	17,1
		2226	13,3

Приведенные данные позволяют сделать следующие выводы.

- Фактические содержания мезотория I в водах Мацесты одного порядка с равновесными и весьма близки к ним.
- Фактические содержания мезотория I в водах Хосты на порядок ниже равновесных. Существующий дефицит мезотория I в Хосте можно объяснить только радиоактивным распадом. Предположения о сорбционных потерях будут неверны, так как мезоторий I является изотопом радия, т. е. обладает теми же свойствами, что и радий.

Тогда по уравнению распада следует записать $N/N_0 = 0,1$; $e^{-\lambda t} = 0,1$. Этому соответствует отношение $t / T = 3,2$. Период полураспада

мезотория I составляет $T = 6,7$ года. Следовательно, время распада дефицитного количества мезотория I составит $t = 21 \div 22$ года.

Таким образом, можно утверждать, что за 20–25 лет высокоминерализованные, богатые радием, с равновесным радио количеством мезотория I воды нефтяного типа продвигаются из среднеюрских терригенных толщ, богатых органическим веществом и нефтепродуктами, в более молодые верхние горизонты. По пути они охлаждаются, теряют мезоторий I в результате распада, после чего попадают в горизонты сероводородных вод района Хосты.

Выдвинутая версия позволяет взглянуть на генезис минеральных сероводородных вод Хосто-Мацестинского месторождения с точки зрения смешения вод двух типов.

Неожиданные возможности ориентировочной оценки возраста подземных вод раскрылись при моделировании теплопереноса в гидротермальных системах Камчатки [Кирюхин, 2010]. При численном моделировании этого сложного процесса авторам пришлось задаваться не только геометрическими размерами области фильтрации, теплофизическими параметрами рассматриваемого массива пород, его фильтрационными свойствами и характеристиками источника теплового питания, но и **временем моделирования**.

Это время задавалось из чисто геологических построений, как время от начала последнего крупного проявления магматизма, обеспечивающего гидротермальные резервуары тепловой энергией. Начиная с наиболее реальных параметров, определяемых результатами геологических и геофизических исследований, после математического перебора вариантов авторы останавливались на одном. На том, когда смоделированное температурное поле было похоже на измеренное, а расчётный поток воды на естественную разгрузку. В целом для рассмотренных объектов датировки разогрева привязывались к **интрузиям верхнеплейстоцен-голоценового возраста**. Очевидно, что такой же возраст может быть приписан и термальным водам этих высокотемпературных гидротермальных резервуаров.

Гелий аргоновый возраст (по работе [Павлов, 2008])

Из многочисленных методов определения возраста подземных вод наиболее широко используется гелий-аргоновый, впервые предложенный В. П. Савченко [1935, 1936] и позже несколько пересмотренный А. Л. Козловым [1950]. В основу этого метода было положено вычисление скорости накопления гелия в горных породах с некоторым средним содержанием урана и тория как основных

элементов, генерирующих гелий. Расчёт производился по формуле

$$t = \text{He} / [(11 \cdot 10^{-8} \text{U} + 2,4 \cdot 10^{-8} \text{Th}) k_{\text{отд}} (1 - k_{\text{диф}}) \gamma / n], \text{ лет}, \quad (5.5)$$

где He – концентрация гелия в 1 см³ воды, см³; U и Th – содержание урана и тория в породе, г/г; $k_{\text{отд}}$ – коэффициент отдачи гелия из пород в воду, доли ед.; $k_{\text{диф}}$ – потери гелия из воды через подстилающие и покрывающие породы в результате диффузии, доли ед.; γ – удельный вес пород, г/см³; n – пористость пород, доли ед.; $11 \cdot 10^{-8}$, $2,4 \cdot 10^{-8}$ – количество гелия, образующегося из 1 г соответственно урана и тория за 1 год, см³/г.

Стремясь получить формулу наиболее простого вида и удобную для массовых вычислений, В. П. Савченко и А. Л. Козлов при расчёте величины t брали средние значения всех параметров для осадочных пород, как основных коллекторов подземных вод.

Так, А. Л. Козловым были приняты такие средние содержания радиоактивных элементов: $\text{U} = 7 \cdot 10^{-6}$ г/г; $\text{Th} = 1,5 \cdot 10^{-5}$ г/г; средняя пористость $n = 0,12$; средний удельный вес $\gamma = 2,5$ г/см³; $k_{\text{отд}} = 0,6$; $k_{\text{диф}} = 0,75$. Заметим, что последние две величины были выбраны довольно произвольно (без каких-либо хотя бы ориентировочных оценок). В итоге средняя годовая скорость накопления гелия в 1 см³ воды, заполняющей поры осадочных пород, оказалась равной $3,4 \cdot 10^{-12}$ см³.

Далее, приняв, что аргон приблизительно равномерно распределен в земной коре и его упругость в растворе равна упругости в земной атмосфере (0,0093 ат), рассчитали содержание аргона в 1 см³ подземной воды $3,9 \cdot 10^{-4}$ см³ (при условии, что вода насыщается воздухом, будучи пресной, при температуре 10° С и давлении 1 ат).

В результате формула для вычисления возраста пластовых вод получила вид:

$$t = (\text{He}/\text{Ar}) \cdot (3,9 \cdot 10^{-4} / 3,4 \cdot 10^{-12}) = 115 \cdot \text{He}/\text{Ar} \text{ млн. лет}. \quad (5.6)$$

В. П. Савченко были приняты для расчёта несколько иные значения исходных параметров и соответственно получен коэффициент пропорциональности (назовем его M) не 115, а 77,1. Формулы применимы при условии полного учёта газов, растворенных в воде.

Видно, что для вычисления возраста воды t достаточно воспользоваться выражением (5.5), которое, например, по А. Л. Козлову имело бы вид

$$t = 2,94 \cdot 10^{11} \cdot \text{He} \text{ лет}. \quad (5.7)$$

Однако гелий-аргоновое отношение является более удобным, так

как содержание газов обычно измеряют в объемных процентах, которые для гелия и аргона могут значительно изменяться в зависимости от общего содержания газов в воде. Соотношение же объемных процентов будет в основном зависеть от количества гелия, поступившего в пласт в связи с радиоактивным распадом.

В отношении значений коэффициента M , полученных В. П. Савченко и А. Л. Козловым, может быть высказано несколько замечаний. Часть из них касается недоучёта некоторых процессов, от которых зависит соотношение гелия и аргона в пласте. Так, гелий генерируется не только ураном и торием, но и самарием-147. Кроме того, часть гелия может иметь атмосферное происхождение, а аргона – радиогенное. Замечания другого рода касаются расчётных параметров, выбранных как средние величины для осадочных пород в целом. Однако следует сказать, что В. П. Савченко и А. Л. Козлов пошли на такие упрощения сознательно, считая, что интересующий нас возраст подземных вод достаточно вычислить приближённо, оценивая лишь порядок величин для сравнения их с возрастом вмещающих пород.

Общим недостатком обсуждаемых методов является чрезмерная категоричность исходных положений. Целесообразно найти какие-то промежуточные принципы, которые базировались бы на средних параметрах для отдельных наиболее часто встречающихся видов пород и учитывали современные представления о формировании водонапорных систем. Иными словами, следует рассчитать не одно значение коэффициента M , а несколько для наиболее типичных условий. При этом в схему расчёта необходимо внести некоторую корректуру. Вместо удельного веса породы γ правильнее использовать объёмный вес скелета δ_c и принять новые значения интенсивностей гелиообразования 1 г урана ($U^{238} + U^{235}$) – $12 \cdot 10^{-8}$ см³/г и 1 г тория Th^{232} – $2,7 \cdot 10^{-8}$ см³/г. (Якуцени, 1968). Образование гелия за счёт самария-147, по-видимому, можно не учитывать ввиду его малой генерирующей активности и очень низких содержаний в горных породах. В результате формула может быть записана в несколько ином виде:

$$t = He / [(12 \cdot 10^{-8}U + 2,7 \cdot 10^{-8}Th) k_{отд}(1 - k_{диф})\delta_c/n], \text{ лет} \quad (5.8)$$

Допущение В. П. Савченко и А. Л. Козлова, что гелий в пластовых водах имеет только радиогенное происхождение, по-видимому, полезно сохранить, поскольку на точность расчётов оно вряд ли окажет серьезное влияние, так как содержание в воздухе аргона почти в 2000 раз превосходит содержание гелия.

В горных породах с обычным содержанием урана, тория и калия

отношение концентрации гелия и радиоактивного аргона $Ar_{\text{рад}}$ при обычных коэффициентах их диффузии – величина более или менее постоянная (Герлинг, 1969):

$$He/Ar_{\text{рад}} = 10 \pm 5 \quad (5.9)$$

Принимая во внимание это отношение, измеряемую в подземных водах концентрацию аргона можно выразить так:

$$Ar = 0,1He + Ar_{\text{возд}}, \quad (5.10)$$

где $Ar_{\text{возд}}$ — содержание в воде аргона воздушного происхождения.

У В. П. Савченко и А. Л. Козлова величина $Ar_{\text{возд}}$ рассчитывалась на основании схемы проникновения метеорных вод в глубокие горизонты земной коры. В настоящее время взгляд на генезис подземных вод зоны затруднённого и весьма затруднённого водообмена существенно изменился. Большинство исследователей считают, что основная масса подземных вод глубоких горизонтов (возраст которых обычно определяется гелий-аргоновым методом) имеет седиментогенное происхождение и относится к талласогенному (океаническому) типу. Метеогенные же воды на этих глубинах обычно могут находиться в смеси с седиментогенным. По-видимому, расчёт величины $Ar_{\text{возд}}$ следует делать не для пресных вод, а для вод морского типа. Для этого воспользуемся растворимостью аргона в растворе хлористого натрия с концентрацией 1 г-экв при 10° С и давлением 1 ат ($29,8 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3/\text{см}^3$) (Якуцени, 1968)* и парциальным давлением аргона в воздухе ($0,0093 \text{ ат}$)¹:

$$Ar_{\text{возд}} = 0,0093 \cdot 29,8 \cdot 10^{-3} = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3/\text{см}^3.$$

Тогда формула (5.10) примет вид

$$Ar = 0,1He + 2,8 \cdot 10^{-4} \quad (5.11)$$

Из формулы (5.5) следует, что

$$He = He_{t-1}t. \quad (5.12)$$

С учетом выражений (5.11) и (5.12) можно записать

*В последние годы установлено широкое развитие более крепких седиментогенных рассолов. Для них величина $Ar_{\text{возд}}$ будет иметь иные в зависимости от минерализации значения (вплоть до $0,6 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3/\text{см}^3$).

$$\text{He}/\text{Ar} = \text{He}_{t-1}t/(0,1\text{He}+2,8\cdot 10^{-4}); \quad (5.13)$$

$$t = [(0,1\text{He}+2,8\cdot 10^{-4})/\text{He}_{t-1}] \cdot \text{He}/\text{Ar} \quad (5.14)$$

Величина He_{t-1} вычисляется по формуле (5.8) для основных видов изверженных, осадочных и метаморфических пород, расчётные параметры для которых можно найти в различных литературных источниках. Значения коэффициентов $k_{\text{отд}}$ и $k_{\text{диф}}$ при этом выбираются на основании материалов по геохимии гелия, например, приведенных у В. П. Якуцени (1968).

Известно, что на отдачу гелия породами оказывает влияние множество факторов: *состояние кристаллической решетки генерирующего гелий минерала, характер локализации в минерале радиоактивных элементов, наличие вторичных изменений в структуре кристалла, механические и химические воздействия на минерал и т. д.*

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что основные породообразующие минералы плохо удерживают гелий. Потери гелия в них составляют 70 – 80% и более. Установлено, что среднее медианное (из распределения) значение потерь гелия составляет $80 \pm 20\%$.

Степень сохранности гелия существенным образом зависит от возраста минералов. Чем больше возраст минерала, тем меньше сохранилось в нём радиогенного гелия. Возраст как бы интегрирует воздействие всех остальных условий в сторону увеличения отдачи гелия минералами. Н. Б. Кивел (Якуцени, 1968) на примере диабазов и базальтов показал, что сохранность гелия в образцах, датированных миоценом, составляет 60, датированных триасом – 45, докембрием – 34%. При выборе расчётных значений коэффициента $k_{\text{отд}}$ это положение нельзя не учитывать. Если приведенные цифры рассматривать как характерные соотношения в изменении отдачи гелия породами, то, по-видимому, можно считать, что $k_{\text{отд}}$ в пределах 0,6-1,0 ($k_{\text{отд}} = 80 \pm 20\%$) распределяется для отдельных геохронологических групп пород в пропорции $\text{Kz}:\text{Mz}:(\text{Pz} + \text{докембрий}) = 40:55:65 = 1:1,375:1,62$, т. е. $k_{\text{отд}}$ для пород Kz равен 0,6, Mz – 0,825, Pz (докембрий) – 0,975.

Диффузионные потери гелия с достаточной точностью можно оценить по составляющим его баланса для Земли (Якуцени, 1968). Общее количество образующегося на Земле гелия практически соответствует его возникновению за счет α -распада радиоактивных элементов в её недрах и составляет $2,94 \cdot 10^{13}$ см³/год. Количество гелия, диссипирующее в космос из экзосферы, равно $0,32 \cdot 10^{13}$ см³/год. Тогда потери гелия можно оценить как $k_{\pi} =$

$(0,32 \cdot 10^{13}) / (2,94 \cdot 10^{13}) \approx 0,11$. Однако эти 11% относятся ко всему образующемуся гелию, нас же интересуют потери только той его части, которая покинула материнские минералы и попала в поры породы. Очевидно, что при известных величинах $k_{отд}$ и $k_{п}$ такой расчет сделать несложно:

$$\begin{aligned} k_{диф}^{Kz} &= k_{п} / k_{отд}^{Kz} = 0,183; \\ k_{диф}^{Mz} &= k_{п} / k_{отд}^{Mz} = 0,133; \\ k_{диф}^{Pz(докембрий)} &= k_{п} / k_{отд}^{Pz(докембрий)} = 0,113. \end{aligned}$$

Основные параметры для вычисления величины He_{t-1} , полученные её значения и окончательный вид формулы (5.14) приведены в работе А.Н. Павлова [2008]. Они основаны на тех же принципах, что и формулы В.П. Савченко и А.Л. Козлова. Это обстоятельство позволяет использовать уже существующие многочисленные данные по содержанию гелия и аргона в водах без каких-либо дополнительных полевых и лабораторных работ

Новые расчётные формулы достаточно удобны. Если фактический материал позволяет вычислить содержание гелия в кубических сантиметрах на 1 см^3 воды или известно содержание радиогенного аргона, то каждую формулу следует использовать в заданном виде (понимая, что $0,1He \approx Ar_{рад}$). Если же содержание гелия и аргона получено только в объёмных процентах, то расчётные формулы могут быть использованы в упрощенном виде (например, для кислых пород $Kz \cdot t \approx 2,26 \cdot 10^6 He/Ar$), разумеется, с одновременным понижением точности, так как в этом случае принимается, что $Ar_{рад} \approx 0$.

5.6. Прошлое, настоящее и будущее

Основные понятия

1. **grad** – математический символ, обозначающий градиент скалярного поля.
2. **Математическая точка** – абстрактное понятие; то, что неделимо и не имеет линейных размеров.
3. **Частная производная** – см. курс математики.
4. **Интегральные следствия** – результат интегрирования.
5. **Жизнь** – ... Борис Викторович, ... Все можно допустить, как существующее: космос, Солнце, Землю, даже воздух и воду, – всю так называемую «неживую природу» ... но – Жизнь!? Не то, что на других планетах ... самое Жизнь! Она же в принципе невозможна! Невозможна как допущение ... Творец более возможен. Вы меня понимаете? Академик выдержал паузу, по-видимому, подыскивая ответ поточнее, и, наконец, сказал: «Вы правы». И всё, он не стал уточнять. ... Мне стало

легче. (Из разговора А. Битова с академиком Б.В. Раушенбахом).

6. **Смерть** – овестьественная жизнь (в смысловом понятии прошлого, рассматриваемом в этом разделе).

Общая постановка вопроса

В предыдущих разделах мы пришли к очень важным выводам:

1. В геологии всякие датировки неотделимы от событий.
2. Евклидово пространство, которое использует геология, и шкала геологического времени не являются абсолютными.
3. Нельзя измерить ход часов без измерения пространства.

Наши временные представления складываются из *понятий прошлого, настоящего и будущего*. И от того, каким образом мы эти понятия оформляем и связываем, зависит наш подход к решению теоретических и, в конечном счете, прикладных задач.

В основе всех этих измерений лежит понятие времени. Одно из известных мне определений звучит приблизительно так:

время – это то, что меняется, когда уже не меняется ничего.

Нетрудно понять, что по этому определению время и процессы разделены. Они как бы сами по себе. Время рассматривается как длительность, каким-то образом вмещающая процессы, которые на этой длительности сохраняют свои метки.

Такое понимание времени соответствует базовым представлениям классической физики И.Ньютона, опирающейся на геометрию Евклида, т.е. на представления об инерциальных системах (см. курс физики). В соответствии с ними пространство является однородным и изотропным, а время – однородным. Причем, и то и другое – абсолютны, т.е. независимы не только друг от друга, но и от чего бы то ни было.

Связь времени с пространством была научно оформлена лишь в начале XX-го века. Теория относительности, используя четырёхмерный мир Германа Минковского, стала рассматривать пространство и время в форме связного многообразия, событие в котором определяется как точка.

Г. Минковский первый понял, что чувственно воспринимаемое пространство Евклида может рассматриваться как форма проявления геометрических свойств реального мирового пространства.

Заметим, что в четырёхмерном мире Г. Минковского могут наблюдаться только события уже совершившиеся, т.е. только прошлое. Информация же о будущем отсутствует, ибо нечего видеть там, где ещё ничего не произошло, где точки-события ещё не сформировались.

Закрытость будущего для наблюдателя выглядит вполне естественной. Эту естественность прекрасно сформулировал Л.Н.Гумилев (1990 г.):

... настоящее только момент, мгновенно становящийся прошлым. Будущего нет, ибо не совершены поступки, определяющие те или иные последствия, и неизвестно – будут ли они совершены. Грядущее можно рассчитать только статистически, с допуском, лишаящим расчёты практической ценности. А прошлое существует; и все, что существует – прошлое, так как любое совершение тут же становится прошлым. Вот почему наука история изучает единственную реальность, существующую вне нас и помимо нас.

Получается, что прошлое – это время, связанное с пространством. Можно предположить, что оно имеет градиентную размерность, фиксируя то, что можно назвать временной напряжённостью. Обозначим её через E_t . По-существу, такая напряжённость и есть циферблат (с/м):

$$E_t = grad\ t \quad (5.15).$$

В соответствии с основными понятиями теории поля (см. гл. 4, раздел 4.1) напряженность – это сила воздействующая на источник. Она направлена по этой силе и является величиной векторной. Напомним, что если эта сила действует по радиусу от источника, напряженность считается положительной, если по радиусу к источнику – отрицательной.

В нашем случае «остановившееся» время t выполняет функции потенциала поля.

Величина $grad\ t$ показывает ту «силу», с которой

пространство поглощало время.

Она направлена по радиусу к источнику времени и потому является величиной отрицательной (см. рис. 5.7).

Следуя базовым представлениям теории поля, мы можем записать:

$$\tau = -D\ grad\ t \quad (5.16)$$

В этой фундаментальной формуле τ – время без пространства («поток» времени из будущего, с); D – пространство без времени – настоящее (м); $grad\ t$ – прошлое (с/м).

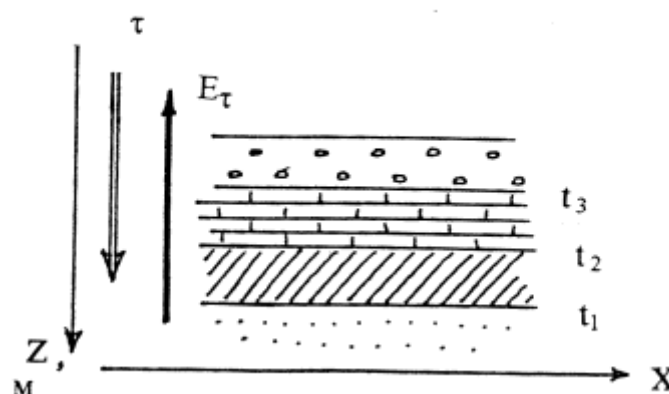


Рис. 5.7. Схема взаимоотношения прошлого и будущего.

Z – глубина слоев; $t_1, 2, 3$ – датировки подошвы каждого слоя. По Н. Стенону $t_1 < t_2 < t_3$, если даты отсчитываются снизу вверх, т.е. по порядку напластования.

$E_\tau = -\text{grad } t$. Например, $E_{1-2} = (t_1 - t_2) / \Delta Z_{1-2}$;

τ – «поток» времени из будущего.

Таким образом, приходим к совершенно необычной схеме:

1. Время без пространства неосознано, оно находится вне сферы чувственного восприятия и принадлежит будущему. Это и есть некое дление. Дление вне нас, в запредельном.
2. Пространство осязаемо, мы чувственно воспринимаем его в рамках геометрии Евклида, мы его часть.
3. Время становится осязаемым только в пространстве. Пространство связывает время и останавливает его ход. От этого взаимодействия остаются различные события-метки (следы событий), которые формируют различные событийные шкалы, иначе – циферблаты.

В такой постановке становится понятной мгновенность настоящего, скрытость будущего и реальность прошлого. Заметим, что в нашей схеме

стрела времени направлена из будущего в прошлое.

Похоже, что древние греки ещё воспринимали именно такую картину прошлого, настоящего и будущего. Во всяком случае, в их мифах могучий и коварный Крон, представляя всепоглощающее время (хронос – время; Крон – дитя Земли; у римлян Крон назывался Сатурном), пожирал своих детей. А ведь дети и есть будущее. Позже эта несколько запутанная идея потерялась, поскольку будущее воспринималось как цель, к которой движется всё. Время стало осознаваться как стрела, направленная из прошлого.

Я думаю, что это заблуждение теперь пора исправить.

*Из прошлого направлен вектор временной
напряжённости пространства,*

который показывает его «аппетит» к пожиранию времени, к превращению потенциальных возможностей будущего в реальность прошлого, «аппетит», без которого невозможны процессы и события.

Выражение (5.16) – это дифференциальное уравнение в частных производных, в котором

$$\text{grad } t = \partial/\partial x + \partial/\partial y + \partial/\partial z$$

Формально оно имеет смысл только для математической точки. Именно это обстоятельство и определяет теоретическую мгновенность настоящего, его нуль-протяженность, его отсутствие где бы то ни было. Однако решения этого уравнения, называемые интегральными следствиями, всегда связаны с реально воспринимаемым пространством: *отрезком, площадью, объемом*. Они-то и насыщаются временем в виде событий, которые их материально оплодотворяют.

Поэтому, если забыть о математической точке, то настоящее D , помимо линейной размерности, приобретает конкретные очертания. *Мгновение перестает быть нулем*: точка размазывается, становится областью. Это уже квантовый мир.

Для этого мира М.Планк вычислил значения минимальной длины (Δl) и минимального времени (Δt), как величин не поддающихся делению:

$$\Delta l = 1,6 \cdot 10^{-35} \text{ м}, \quad \Delta t = 5,3 \cdot 10^{-44} \text{ с}.$$

Очевидно, что в такой постановке величину Δl следует рассматривать как *минимальную порцию пространства*, которая способна *поглотить минимальную порцию будущего* (Δt).

Тогда для простой одномерной задачи квантового мира можно вычислить временной градиент в минимальном настоящем:

$$\tau / D = \Delta t / \Delta l = 5,3 \cdot 10^{-44} / 1,6 \cdot 10^{-35} \approx 3,3 \cdot 10^{-9} \text{ с/м}.$$

Это градиент в некой переходной зоне, когда настоящее это не точка, разделяющая прошлое и будущее, а уже область:

- временной поток из будущего вошел в настоящее, но ещё не трансформировался в прошлое, ещё не материализовался в пространстве, а только «знакомится» с ним, адаптируется в новых условиях, когда часы «тикают», но начинают «осознавать», что должны будут остановиться.

Как удивительно просто и одинаково устроен мир:

- будущее – временная субстанция, отражающая жизненную потенцию мира,
- настоящее – это своеобразный родильный дом, это место адаптации потенциальной вечности, это место, где
- часы начинают громко тикать, чтобы потом остановиться в прошлом.

Временной же градиент прошлого можно достаточно надёжно оценить по геологическим данным. Конечно, в истории Земли он не был постоянным и, наверное, менялся достаточно сильно, однако осреднённое его значение, скажем, за последние 600 млн.лет (фанерозой) получить можно и оно даст представление о порядке этой величины.

По данным геологии мощность осадочного чехла на континентах составляет около 3 км. В основном это толща пород относящихся к фанерозою. Тогда временной градиент по координате Z (радиусу Земли) составит:

$$\text{grad } t = 6 \cdot 10^8 \cdot 3 \cdot 10^7 \text{ с} / 3 \cdot 10^3 \text{ м} = 6 \cdot 10^{12} \text{ с/м}.$$

Нетрудно увидеть, что временной градиент в настоящем (переходной зоне) и градиент в прошлом существенно отличаются. В прошлом остановившееся время как бы уплотнено. Это «уплотнение» можно оценить через безразмерный коэффициент $P(t)$:

$$\tau = D P(t) \text{ grad } t \quad (5.17)$$

$$P(t) = \tau / D \text{ grad } t = 3,3 \cdot 10^{-9} / 6 \cdot 10^{12} \approx 5,5 \cdot 10^{-22}.$$

Это число показывает, во сколько раз жизнь короче смерти. Оно позволяет понять, что *смерть – это овеществлённая жизнь*, что *смерть, как и жизнь, тоже должна иметь начало и конец*. Если пространство поглощает время через настоящее, то оно где-то и через чего-то должно от него освобождаться.

В связи с такой гипотезой обратимся к известной космологической модели А.Эйнштейна, построенной им в 1917г. Исходя из господствовавших тогда представлений о стационарности Вселенной, Эйнштейн поставил естественный вопрос о существовании в ней наряду с силами тяготения уравновешивающих сил отталкивания. Природу этих отталкивающих сил он связывал с так называемым гравитационным вакуумом, иначе с пространством Вселенной не занятым веществом. (А с чем еще их можно было связать?).

Здесь же я только приведу две формулы, по которым можно оценить ускорение тяготения (a_τ) и ускорение отталкивания (a_0):

$$a_\tau = G M / R^2 \quad (5.18);$$

$$a_0 = 3 \cdot 10^{-36} R \quad (5.19)$$

Первая получена из известной записи закона всемирного тяготения И.Ньютона: $G = 0,667 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3 / (\text{с}^2 \text{ кг})$ – постоянная тяготения; M – масса; R – расстояние. Вторая является продуктом построений А.Эйнштейна.

Наши пространственно-временные соотношения прошлого и настоящего, в частности, величина $P(t)$ были получены на «земных материалах», по крайней мере, в отношении прошлого (*grad t*). Поэтому резонно провести сравнение сил тяготения и отталкивания как функций соответственно *материального* и *пространственного*, в рамках Солнечной системы.

Солнце в области Земли создает гравитационное ускорение, вычисляемое по формуле (5.18), в которой $M = 1,98 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ (масса Солнца), а $R \approx 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$ (среднее расстояние от Земли до Солнца).

$$a_{\tau} = 0,667 \cdot 10^{-10} \cdot 1,98 \cdot 10^{30} / 2,25 \cdot 10^{22} \approx 0,59 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2.$$

Ускорение, создаваемое силами отталкивания, генерируемыми пространством в этой же области составит:

$$a_0 = 3 \cdot 10^{-36} \cdot 1,5 \cdot 10^{11} = 4,5 \cdot 10^{-25} \text{ м/с}^2.$$

Тогда

$$a_0 / a_{\tau} = 4,5 \cdot 10^{-25} / 0,59 \cdot 10^{-2} = 7,63 \cdot 10^{-23}.$$

От нашего коэффициента $P(t) = 5,5 \cdot 10^{-22}$ эта величина отличается всего на один порядок, что составляет ничтожные доли процента.

Таким образом, наше понимание прошлого как продукта взаимодействия времени с пространством (*материализация времени*) хорошо согласуется с понятием *массы как источника гравитации* и «*пустоты Вселенной*» как *гравитационного вакуума*.

Выражение «пустота Вселенной» я поставил в кавычки потому, что оно обозначает *наше незнание этой пустоты*. При этом я имею в виду не только чувственное незнание, но и инструментальное, незнание того, в чём находятся звезды, галактики, межзвёздная пыль, газ и даже электромагнитное излучение, рассматриваемое современной наукой как вид материи.

Известно, что работы А.Фридмана о нестационарности Вселенной привели А.Эйнштейна к отказу от своей космологической постоянной отталкивания. Он стал считать её «самой грубой ошибкой своей жизни». Открытие Э.Хабблом расширения Вселенной и последующая разработка теории Большого взрыва как

будто бы вообще поставили точку на этих разработках великого ученого.

Но вероятно, такие гении как А.Эйнштейн не ошибаются, даже когда думают, что ошиблись. Ведь стационарность или нестационарность и *лямбда-член* в уравнениях А. Эйнштейна, оценивающий отталкивания гравитационного вакуума, это разные вещи. По-существу, условия стационарности, рассматриваемые А.Эйнштейном, это всего лишь условие, помогшее увидеть свойства «пустого пространства». А разбегание галактик это наложенный процесс. Таким образом, условие стационарности Вселенной позволили А.Эйнштейну заглянуть в *мир запредельного*, в мир, состоящий из *чувственного ничего*. Вероятно, *это ничего и есть время*. Там, где оно взаимодействует с пространством, появляется чувственная материя (масса и поля), в которой часы останавливаются (время срастается с пространством).

Материальность времени

Обсуждая *предельную мгновенность* получения информации через наблюдения или измерения, Павел Александрович Флоренский пользовался понятием атомов времени, как единичного элемента восприятия (Флоренский, 1993). Работа, о которой идёт речь, является публикацией рукописи Павла Александровича. Она представляла собой конспект лекций, читаемых им в течение 3-х учебных годов (1924 – 1925) во ВХУТЕМАСе. При подготовке рукописи к печати тщательно исследовались архивы Флоренского. В них нашлись материалы, датированные 5 июля 1919 года, под названием «*Атомы времени*». Там оказались ссылки на буддийскую философию. Приведём одну из ключевых выписок этой рукописи:

- Согласно теории мгновенности, смена в составе содержания происходит настолько быстро, что самый процесс перехода к новому содержанию не поддаётся наблюдению. Момент («кшана»), не будучи нулём, является столь малою частицей времени, что он непосредственному наблюдению недоступен...Теория мгновенности заключается, таким образом, в условном сведении потока сознания и его содержания на уровень одинаковых, бесконечно малых **частиц времени**.

Обсуждая этот вопрос, Флоренский отмечает, что *однородное время не способно дать ритм*, который предполагает пульсацию. Задолго до физиков на примере живописи и особенно классической иконописи он показывает, что время раскладывается на покоящиеся моменты, но *не менее атома времени*, которые связываются в единый ряд и создают внутреннее единство при движении. Он называет это кинематографическим приёмом.

Любопытно, что в исследовании фундаментальных понятий философские разработки всегда, и часто намного, опережают физико-математические теории, которые создаются независимо и в полном отрыве от предшествующих им философских результатов. Являясь более строгими, математические теории кажутся более корректными и более точными. Но это иллюзорная точность, поскольку она получена на множестве допущений, оговорок и условий и обычно такие теории экспериментально трудно проверяются или такая проверка бывает невозможна.

С таким взглядом на «физиков и лириков» рассмотрим результаты исследований проф. Николая Александровича Козырева, которые вошли в науку под названием «*причинная механика*» (Козырев, 1991). Николай Александрович рассматривал её как науку о физических свойствах времени.

Современная физика принимает только одно свойство времени, связанное с его длительностью. Сюда же причисляются его одномерность, непрерывность и однородность. Этот взгляд получил название реляционного:

- ...в природе нет никакого времени «самого по себе»... Время – это всегда конкретное физическое свойство данных конкретных физических тел и происходящих в них изменений» (Чернин, 1987).

Сказанное полностью соответствует геостратиграфическим взглядам С. В. Мейена:

- Время это процессы.
- Сколько процессов, столько и времён.

Н.А. Козырев предлагал и обосновывал другой подход, называемый субстауциональным. Суть его состоит в том, что *время представляет собой самостоятельную сущность*, это явление природы, которое должно воздействовать на объекты мира и протекающие процессы и, возможно, испытывать воздействия и обратного характера – со стороны самих объектов и процессов.

Этот подход Николай Александрович конкретизировал постулатом о том, что *время кроме длительности обладает другими физическими свойствами, которые он называл активными*. В частности, он показал, что *время обладает переменной плотностью*. Физические свойства времени могут исследоваться опытным путём. При этом речь шла об экспериментах в макросистемах и об астрономических наблюдениях. И те и другие он успешно проводил.

Н.А. Козырев принимал, что существует только время и пространство, а вещество является не самостоятельной сущностью, а только относительно стабильными сгустками пространства-времени (вроде солитонов). Для темы нашего разговора это последнее

обстоятельство является особенно важным, потому что мои собственные построения привели практически к тем же выводам (Павлов, 2006).

Возможность синхронизации геологических часов

Эта задача решается с помощью феноменологической формулы для подсчёта энергосодержания породы (Павлов, 1985): известна её масса m , петрографический состав n_i , минералогический состав p_j и энергии кристаллических решёток минералов U_p :

$$E = \sum m n_i p_j U_{pj} / N_{pj} \quad (5.20),$$

где N_p – масса одной грам-молекулы рассматриваемых минералов.

Например, если речь идёт только об одной породе, состоящей из кварца и полевого шпата, то $i = 1$, а $j = 2$, что соответствует кварцу с N_{p1} , U_{p1} и полевому шпату с N_{p2} , U_{p2} . Поскольку расчёт ведётся для одной породы, $n_1 = 1$. Если в ней содержится кварца, скажем 30%, а полевого шпата 70%, то $p_1 = 0,3$, $p_2 = 0,7$.

Очевидно, что величина m может быть вынесена за знак суммы:

$$E = m \sum n_i p_j U_{pj} / N_{pj} \quad (5.21)$$

Нетрудно понять, что E представляет собой средневзвешенную по составу пород энергию кристаллической решётки, которой обладает рассматриваемая породная масса m . Она характеризует данную породу как гарант существования. Иными словами, E – это энергия существования породы или комплекса пород как геологического массива, блока, какого-то тела и т.д.

В физике среди различных видов энергии (тепловой, механической, электрической и т.д.) известна энергия покоя частицы, описываемая известной формулой А. Эйнштейна

$$\varepsilon = m C^2 \quad (5.22)$$

Это энергия, которой обладает частица просто в силу своего существования.

Входя в область догадок (Фейнман, 1987), по аналогии с (5.22), перепишем (5.21) в следующем виде:

$$E = m V^2 \quad (5.23)$$

Тогда получим, что

$$V = (\sum n_i p_j U_{pj} / N_{pj})^{0,5} \quad (5.24)$$

Это должна быть некая предельная скорость, за которой порода как элемент Земли или Солнечной системы перестаёт существовать

Из феноменологической формулы (5.21) вытекает, что $\sum n_i p_j$ – коэффициент, отражающий средний минералогический состав рассматриваемой массы пород, а $\sum n_i p_j U_{pj} / N_{pj}$ – их среднее энергосодержание *на единицу массы* (при условии $m = 1$).

Посмотрим, какие значения примет величина V (5.24) для основных типов пород: изверженных, осадочных, метаморфических (по их средним составам).

Средний состав магматических пород возьмём по Р. Гаррелсу и Ф. Маккензи (1974) (табл. 5.2). Покажем вычисление величины V по формуле (5.24):

$V_m^2 = (0,06 \cdot 4808/132 + 0,07 \cdot 4022/100 + 0,03 \cdot 3941/116 + 0,18 \cdot 10372/278 + 0,28 \cdot 11473/262 + 0,119 \cdot 11495/278 + 0,03 \cdot 3419/160 + 0,16 \cdot 3109/60) \cdot 4,1868 \cdot 10^6 = (2,18 + 2,82 + 1,02 + 6,72 + 12,26 + 7,86 + 0,64 + 8,29) \cdot 4,1868 \cdot 10^6 = 174,97 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}^2$, откуда $V_m = 13,23 \text{ км/с}$.
Здесь $4,1868 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ – переводной коэффициент.

Средний состав осадочных пород также возьмём из работы Гаррелса и Маккензи (1974) (табл.5.3). Аналогичный расчёт даёт величину $V_{oc} = 12,94 \text{ км/с}$.

Таблица 5.2

Расчетные параметры для магматических пород

Минерал	p_j , %	U_{pj} , ккал/моль	N_{pj} , моль (Справочник, 1969)
Ферросилит FeSiO_3	6	4804 (Сауков, 1966)	132
Энстатит MgSiO_3	7	4022 (Щербина, 1972)	100
Волластонит CaSiO_3	3	3941 (Щербина, 1972)	116
Анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	18	10372 (Щербина, 1972)	278
Альбит $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	28	11473 (Щербина, 1972)	262
Калиевый полевой шпат KAlSi_3O_8	19	1495 (Щербина, 1972)	278
Гематит Fe_2O_3	3	3419 (Мамулов, 1961)	160
Кварц SiO_2	16	3109 (Щербина, 1972)	60

Примечание. Здесь и далее в таблицах: источники (Мамулов, 1961, Щербина, 197) – экспериментальные данные; источник (Сауков, 1966) – вычислено по экам Е. Ферсмана.

Таблица 5.3
Расчетные параметры для осадочных пород

Минерал	p_j , %	U_{pj} , ккал/моль	N_{pj} , моль (Справочник, 1969)
Альбит $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	6	11473 (Щербина, 1972)	262
Калиевый полевой шпат KAlSi_3O_8	6	1495 (Щербина, 1972)	278
Гематит Fe_2O_3	4	3419 (Мамулов, 1961)	160
Кварц SiO_2	35	3109 (Щербина, 1972)	60
Кальцит CaCO_3	7	648 (Сауков, 1966)	100
Доломит $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$	4	1386 (Сауков, 1966)	184
Иллит $[\text{K}_{0,6}\text{Mg}_{0,3}\text{Al}_{2,2}\text{Si}_{3,5}\text{O}_{10}(\text{OH})_{0,2}]$	27	25423 (Сауков, 1966)	578
Хлорит $[\text{Mg}_2\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$	7	16559 (Сауков, 1966)	554
Монтмориллонит $[\text{Na}_{0,33}\text{Al}_{2,33}\text{Si}_{3,6}\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$	3	31695 (Сауков, 1966)	809

Средний минералогический состав метаморфических пород нам неизвестен. Поэтому для оценок используем данные по породам эклогитовой фации, считающейся сегодня продуктом наиболее глубоких метаморфических изменений. Характерным минералогическим парагенезисом для них являются омфациит и гранаты альмандин-пиропового состава (Саранчина, Шинкарёв, 1973). Для расчётов возьмём условную породу с равным содержанием альмандина, пироба, диопсида и жадеита (табл.5.4). Для такой породы получим $V_{\text{мет}} = 10,56$ м/с.

Таблица 5.4
Расчетные параметры для условных эклогитов

Минерал	p_j , %	U_{pj} , ккал/моль	N_{pj} , моль (Справочник, 1969)
Альмандин $\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	25	6277 (Сауков, 1966)	495
Пироп $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	25	6262 (Сауков, 1966)	403
Диопсид $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	25	7969 (Щербина, 1972)	216
Жадеит $\text{Na Al Si}_2\text{O}_6$	25	8363 (Щербина, 1972)	202

Вычисленные оценки приводят к неожиданным результатам (см. табл. 5.5):

Таблица 5.5

Сводные результаты

Породы	Магматические	Осадочные	Метаморфические
E , МДж	175	167	111
V , км/с	13,23	12,94	10,56

1. Магматические породы как ювенильные или квазиювенильные образования обладают максимальным энергозапасом, и соответственно максимальной предельной для них скоростью существования.
2. Чем более сильным изменениям подвержены породы, тем ниже их энергозапас и соответствующая ему предельная скорость существования.

Очевидно, что эти выводы следует рассматривать как предварительные, однако они настолько интересны, что подводят к целому ряду новых для геологии задач:

1. *Полученные значения предельных скоростей существования пород находятся в пределах первой-третьей космических скоростей. Напомним их:*

- V_1 , V_2 и V_3 соответственно 7,93; 11,16 и 16,67 км/с

Если $V < V_1$, то тело не может покинуть Землю. При $V_1 < V < V_2$ тело отрывается от Земли, но движется вокруг неё по эллипсу с одним из центров, совпадающим с центром Земли (тело спутник). Если $V = V_2$, Тело покидает нашу планету, но движется по параболе.

Для случая $V_2 < V < V_3$ тело покинет Землю, двигаясь по гиперболе. При $V > V_3$ тело способно покинуть Солнечную систему.

Полученные значения скоростей существования V говорят, что главные типы известных нам пород энергетически принадлежат Солнечной системе:

$$V_2 \leq V < V_3$$

2. *Мы приходим к пониманию того, что как в физике скорость света в вакууме, в геологии есть своя предельная скорость, определяемая энергией существования пород, а через них и геосфер. По значению такая скорость, по-видимому, совпадает с третьей космической скоростью.*
3. Это обстоятельство подводит к аналогии релятивистской аксиоматики для геологии:
 - нет привилегированных геологических систем;
 - есть привилегированный в геологии параметр – третья космическая скорость, определяющая предельную энергию существования горных пород на Земле.
4. Известно, что прямым следствием релятивистских постулатов А.Эйнштейна является инвариантность интервала между событиями

относительно преобразований пространственных координат и времени и соответственно их форма – преобразование Лоренца.

5. Рассматривая вопрос о синхронизации часов в движущихся системах, А. Эйнштейн показывает, что разница в их показаниях составит:

$$\Delta t = \Delta t' / (1 - V^2/C^2)^{0,5} \quad (5.25)$$

В геологии следует говорить не о движущихся системах отсчёта, а о подвижности шкалы времени. Шкала сжимается от древних эпох к настоящему. Это означает, что, оценивая датировку, скажем, начала фанерозоя, мы используем шкалу современных часов, в которых секундная стрелка движется быстрее, чем в докембрии. Сегодня секунда короче.

На примере фанерозоя можно оценить временно'е смещение.

$$\Delta t = \Delta t' / (1 - V^2/V_3^2)^{0,5}$$

Примем для нижней границы фанерозоя временную датировку, приводимую А.А. Баренбаумом [2002] – $\Delta t' = 570$ млн. лет. В соответствии с моими данными $V = 12,94$ км/с (осадочный чехол Земли), $V_3 = 16,67$ км/с.

$$\Delta t = 570 \cdot 10^6 / (1 - 12,94^2 / 16,67^2)^{0,5}$$

$$\Delta t = 570 \cdot 10^6 / (1 - 167,44 / 277,89)^{0,5}$$

$$\Delta t = 570 \cdot 10^6 / (1 - 0,602)^{0,5}$$

$$\Delta t = 570 \cdot 10^6 / (0,398)^{0,5}$$

$$\Delta t = 570 \cdot 10^6 / 0,631$$

$$\Delta t = 903 \cdot 10^6$$

Получается довольно большая разница между современными часами и часами фанерозоя. Очевидно, что чем дальше вглубь геологических событий мы будем двигаться, тем существеннее древнее окажутся геологические события прошлого по отношению к современным часам.

Синхронизация геологических часов является важнейшей и принципиальной процедурой при построении геологической истории Земли и отдельных её регионов. Заметим, что эта процедура никогда ещё в геологии не использовалась.

Квантование времени

В соответствии с квантово-механической теорией мира время дискретно и его минимальная порция (квант) равен числу $5,3 \cdot 10^{-44}$ с. Физического объекта, с которым оно было бы связано, не найдено. И мне неизвестно, искали ли его. Можно думать, что это число как-то соответствует понятию «атом времени», о котором говорит буддийское учение, и которое обсуждалось П. Флоренским.

При энергетическом анализе Международной

геостратиграфической шкалы мною был найден геологический аналог постоянной Планка и с его помощью получено число $\Delta t_g = 10^{-4}$ с. Оказалось, что этому числу соответствует период пульсации так называемых «миллисекундных» пульсаров – вращающихся нейтронных звезд [Павлов, 2008].

Создаётся впечатление, что мир ограничен не только «снизу», характеристиками квантовой пены (Грин, 2005), но и «сверху» – какой-нибудь «квантовой макропеной» Вселенной, вращающей нейтронные звёзды. *Если первое число связано с началом жизни мира, то второе – с физикой её кончины, воплощённой с концом жизни звёзд.*

Разделив второе число на первое, получим количество временных квантов в жизни звёзд – около $2 \cdot 10^{39}$. Таким образом, возраст звезды (как внутреннее её время) можно оценить числом временных квантов.

По величинам пространства получается приблизительно такая же картина. По Планку $\Delta L = 1,6 \cdot 10^{-35}$ м, а у меня для мегамира $\Delta L_g = 3 \cdot 10^4$ м. [Павлов, 2008] Очевидно, что отношение второй величины к первой составит тоже около $2 \cdot 10^{39}$. Возможно, и это число показывает количество квантов в некоем цикловом интервале пространства. Тогда можно говорить не просто о связности пространства-времени, но и о единстве этих характеристик как внутреннем инварианте, определяемом понятием «возраст». Получается, что ***возраст это не только время, но и пространственная протяжённость.***

Конечно, это предположение. Но оно не более экзотично, чем некоторые «странные» числа в физике. Например, рассматривая возможную связь тяготения с другими силами, Ричард Фейнман приводит отношение гравитационного притяжения электронов к их электрическому отталкиванию, исходя из формального сходства записей законов Кулона и Ньютона. Полученное им число составило $1/4,17 \cdot 10^{-42}$. Он рассматривал его как естественную константу, считая, что в нём скрыты какие-то глубинные свойства природы. Объяснение этому числу пока не найдено. Одна из попыток повторить его была связана с привлечением возраста Вселенной, принимаемого за $2 \cdot 10^{10}$ лет (около 10^{18} с). Это характеристика мегамира. За характеристику микромира принималась величина 10^{-24} с – время прохождения света сквозь протон. Разделив второе число на первое, Р. Фейнман получил 10^{-42} (Фейнман, 1965). Очевидно, что полученные Фейнманом числа можно перевернуть. И тогда мы увидим, что они почти также велики, как и число, полученное мною.

По современным представлениям нашей Вселенной присущи три пространственных измерения. В соответствии с астрономическими

наблюдениями каждое из них имеет протяжённость $15 \cdot 10^9$ световых лет (Грин, 2005). Один парсек составляет 3,26 световых года и в системе СИ равен $3,08 \cdot 10^{16}$ м. Нетрудно оценить, что протяжённость нашей Вселенной в СИ выразится цифрой около $15 \cdot 10^{25}$ м. Приняв за эталон размера микромира классический радиус электрона $2,8 \cdot 10^{-15}$ м и разделив протяжённость Вселенной на эту величину, получим $3 \cdot 10^{40}$.

Я не буду приводить другие примеры, но хочу заметить, что попытка объяснения этого фантастически громадного числа (так называет его Фейнман) строится на сопоставлении микромира и мегамира Космоса.

Видимо, где-то между этими мирами, и прячутся глубинные свойства природы.

Общие выводы:

- *Будущее – это время без пространства (чувственное ничто).*
- *Настоящее – пространство без времени (чувственная пустота).*
- *Прошое – единое пространство-время (материя).*
- *Пространство поглощает время, материализуя его в прошое.*
- *Не исключена дехронизация прошлого, т.е. его разрушение с образованием абсолютного времени и абсолютного пространства.*
- *Смерть прошлого рождает новое будущее.*

Мы живём в прошлом, в том времени, которое материализовали для нас наши предки. Мы читаем книги, которые уже написаны, живём в домах, которые уже построены, создаем по технологиям, которые кем-то уже разработаны, верим в идеи, которые возникли в умах предшественников и т.д.

ЭТО НАША СУДЬБА!

Сами мы создаем прошлое для наших потомков.

И ЭТО ИХ СУДЬБА!

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте классические представления о пространстве-времени, которыми пользуется современная геология.
2. Объясните основные принципы построения стратиграфической и геохронологической шкал.
3. Назовите эры в истории развития Земли.
4. Какие системы стратиграфической шкалы делятся на 2 отдела?
5. Что имеется в виду под естественностью стратиграфических шкал?
6. Назовите и прокомментируйте основные методы стратиграфии.
7. Назовите основные допущения при получении геохронологических датировок в астрономической шкале времени.
8. В чем состоит суть построения магнитной геохронологической шкалы?
9. Как Вы понимаете временную напряженность и связанное с ней взаимоотношение прошлого, настоящего и будущего?

Литература

Основная

1. Афанасьев С.Л. Геохронологические шкалы фанерозоя и проблема геологического времени. – М.: Недра, 1987. – 144 с.
2. Баренбаум А.А. Галактика. Солнечная система. Земля. – М.: ГЕОС, 2002. – 392 с.
3. Вакье В. Геомагнетизм в морской геологии. – Л.: Недра, 1976. – 192 с.
4. Горшков Г.П., Якушова А.Ф. Общая геология. – М.: МГУ, 1973. – 592 с.
5. Спасский Н.Я., Келль С.А., Кравцов А.Г. Учебная геологическая практика в Ленинградской области. – Л.: ЛГИ, 1986. – 74 с.

Дополнительная

1. Битов А.Г. Послесловие, или Предисловие. В книге: Поиски смыслов. – СПб. СЗ НИИ Наследия, 2004. – 172 с.
2. Гумилев Л. Н. Этногенез и биосфера Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 528 с.
3. Егоян В.Л. Тенденции в развитии общей стратиграфии. – Бюл. МОИП, отд. Геол., 1987, т.62, вып. 1; вып. 5.
4. Кирюхин А.В., Кирюхин В.А., Манухин Ю.Ф. Гидрогеология вулканогенов. – СПб. : Наука, 2010. – 395 с.
5. Мороз С.А. Оноприенко В.И. Пространственно-временные аспекты стратиграфии. – Киев, Высшая школа, 1988. – 178 с.
6. Павлов А.Н. Временные категории в гидрогеологии. – СПб. : РГГМУ, 2008. – 104 с.
7. Павлов А.Н. Методологические основания современной геологии. – СПб.: РГГМУ, 2009. – 113 с.
8. Руттген М. Происхождение жизни. – М.: Мир, 1973. – 411 с.

Глава 6. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР

...все, что есть, связано между собой, не ведая об этой связи.

А. Битов

6.1. Границы

Основные понятия

1. **Граница** – это то, что делает мир разнообразным. Благодаря границам мы можем различать тела и явления.
2. **Континуум** – сплошная, непрерывная среда.
3. **Дискретность** – раздельность, разделение на отдельные части.
4. **Металлогения** – часть учения о рудных месторождениях, изучающая закономерности распределения месторождений в пространстве и времени.
5. **Шельф** – материковая отмель, нижняя краевая часть материка, залитая морем (см. гл. 3 и 7).
6. **Эрозионно-аккумулятивная деятельность** – разрушительно-созидательная деятельность экзогенных процессов (см. главы 7 и 8).
7. **Экзогенные процессы** – внешние процессы; процессы, происходящие на земной поверхности и в верхних частях литосферы за счёт энергии, получаемой от Солнца, и в меньшей степени за счёт энергии, выделяемой из внутренних зон Земли, и силы тяжести.
8. **Нуклеар** – ядро. Здесь гипотетическая начальная стадия развития земной коры континентов.

Условия проведения границ

За внешней обыденностью и простотой понятие «граница» скрывает в себе большую внутреннюю сложность. Это легко понять с помощью нескольких примеров.

Пример 1.

Вот самый простой случай. Числа 1 и 2. Требуется между ними провести границу, т.е. назвать ещё одно число больше 1 и меньше 2. Большинство назовёт 1,5. Это будет верно, если договориться, что граница обязательно должна проходить точно по середине. Но, вообще говоря, это необязательно. Между 1 и 2 находится бесконечное множество чисел. Они дают представление о сплошной среде, о том, что в науке называют континуумом. Говоря о точке, т.е. об одном числе 1,5, мы сильно упрощаем реальную картину, добровольно становясь заложником бытовых представлений о границе, неосознанно эксплуатируя идеологию дискретного пространства с шагом прерывистости 0,5.

Таким образом, этот элементарный пример показывает, что *проведение границы требует некоторой конвенции*, определенной договорённости, которая обычно диктуется поставленной задачей. Ведь граница проводится для чего-то. Следует обратить внимание еще на одно обстоятельство:

*Процедура проведения границы превратила
сплошную среду (континуум) в среду дискретную.*

У Вас, скорей всего, сразу возникает вопрос:

«Вот я вижу человека, дерево, дом. Разве для этого требуется какая-то договорённость?»

Я бы ответил на это так. Может быть. Может быть такая договорённость вложена в человека Создателем. Может быть, это свойство нашего мозга и возможности сетчатки нашего глаза. Может быть, это конвенция между нами и окружающим миром, записанная в хромосомах.

Пример 2.

На участках морских и океанических побережий пресные подземные воды поступают со стороны суши в акваторию. В горных породах, где происходит этот процесс, формируется зона контакта пресных и солёных вод. В зависимости от соотношения напоров, связанных с приливами и отливами, сильными штормами, нагонами и сгонами, интенсивностью выпадающих на поверхность суши атмосферных осадков и особенностями работы водозаборных колодцев и скважин зона контакта пресных и солёных вод колеблется. Она перемещается то в сторону океана или моря, то в сторону суши. Последнее обстоятельство может привести к подтоплению солёными водами прибрежных территорий, засолению почв и другим нежелательным явлениям, а также к попаданию морских вод в водозаборные устройства. Подобные факты широко известны в США, Израиле, Марокко, Японии, Голландии и многих других странах, где интенсивно эксплуатируются подземные воды приморских территорий.

Существуют различные методы прогноза и управления для этого явления. И все они основаны на тех или иных представлениях о границе между пресными и солёными водами (рис 6.1).

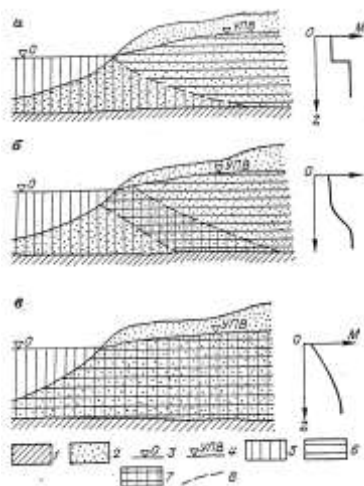


Рис.6.1. Представления о границе морских и пресных вод на морских побережьях

- а) В России расчётные схемы, описывающие разгрузку пресных подземных вод суши в море, основываются на представлениях о существовании чёткой границы раздела между пресными и морскими водами (линия, поверхность).
- б) В США граница между пресными водами суши и солёными водами моря рассматривается как некая переходная область (зона смешения или диффузии). Вместо границы-линии или границы-поверхности появляется слой.
- в) В Японии эта задача решается на основе представлений, что никакой линии, поверхности или зоны вообще нет, а есть лишь постепенный переход от солёных вод к пресным.

Замечательно, что во всех трёх случаях инженерный прогноз оказывается удовлетворительным.

Реальное взаимоотношение пресных и морских вод на побережьях является более сложным, но так ли это важно, если имеются схемы (хотя и исключаящие друг друга по исходным постулатам), вполне устраивающие практику.

Обнаружить, что в мире существует какой-то порядок, удаётся лишь тогда, *когда этот порядок мы начинаем искать. И, как правило, что ищем, то и находим.* Найдя же, не можем от этого отделаться, потому что память – коварная вещь. Заметим, что искомый порядок мы вначале строим в нашей голове, т.е. придумываем его. Придумываем, а потом это придуманное ищем в природе.

Пример 4.

Выбора границы может *зависеть и от поставленной задачи.* Сразу заметим, что кроме случая с числами и подобными им абстракциями, большинство границ имеет не только геометрическую форму, но и параметризованы, т. е. выражены через те или иные физические характеристики.

Здесь следует подчеркнуть, что практически всякая геометрия границы так или иначе связана с физическими представлениями об объекте, который эта граница вычленяет из мира и, соответственно, любые наши физические представления оформляются в той или иной геометрии.

Вспомним разговор о нашей Галактике (см. Гл.2). По форме она напоминает сжатый диск, имеющий экваториальную плоскость симметрии и ось симметрии, проходящую через её центр нормально плоскости.

Диаметр нашей звёздной системы оценивается в 30 килопарсек, а толщина около 2,5 килопарсек. Солнце находится почти точно в плоскости симметрии Галактики и отстоит от её центра на расстоянии приблизительно 10 килопарсек. Откуда взялись эти цифры? Они получены в результате измерений и расчётов, *но ... применительно к принятым границам Галактики.* А эта граница, в свою очередь, тоже

принята по величине звёздной плотности, равной 0,001 (одна звезда на 1000 кубических парсек). Ясно, что если мы за границу примем другое значение плотности, то и размеры нашей Галактики будут другими.

Таким образом, границу нашей звёздной системы мы определили договорным числом, имеющим конкретный физический смысл. При этом мы хотели «увидеть» форму Галактики и оценить её геометрические размеры.

Пример 5.

Часто один и тот же объект может быть оконтурен в разных параметрах и тогда у него даже при линейном оформлении границ может быть много контуров. Например, рудное тело вычленяется в массе вмещающих его горных пород по результатам электроразведочных работ, радиометрии, магнитной съёмки, металлогении, минералогии и т.д. Все эти границы рудного тела, естественно, не будут совпадать между собой (рис.6.2).

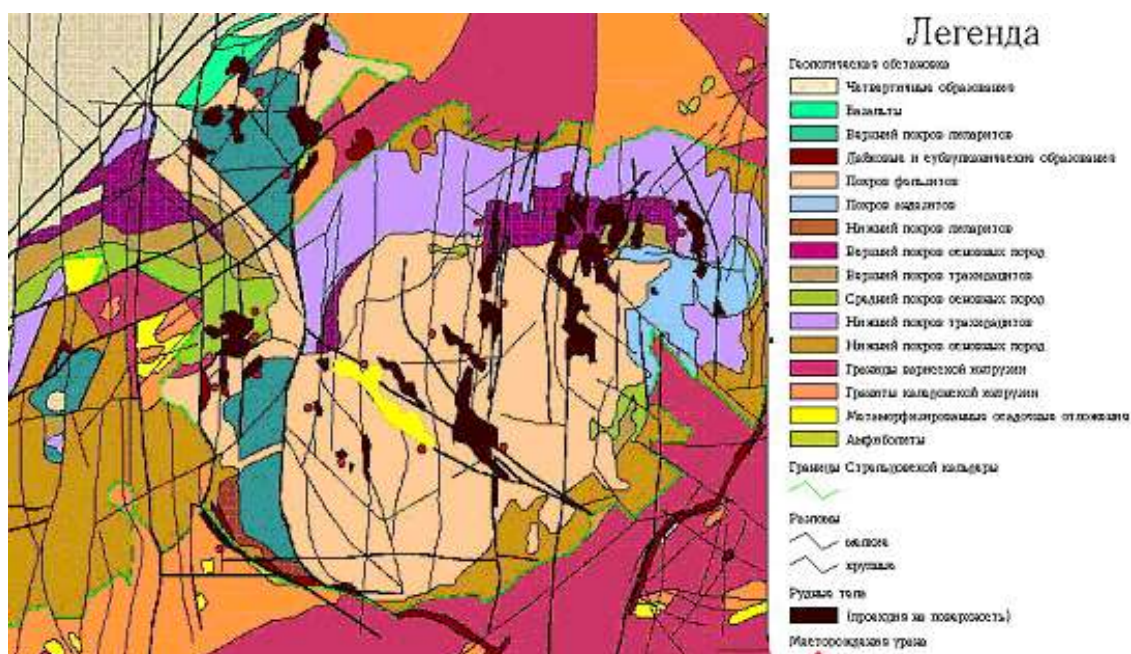


Рис. 6.2. Пример геологической обстановки в петрографических терминах.

Итак, цель была одна – «увидеть» рудное тело, но параметров, характеризующих это тело, много. И как результат – его многоконтурность: *множество тел вместо одного*. Все эти тела равноправны, все они реальны и все они неуловимы. Просто какого-то рудного тела, тела вообще, не существует. Оно *существует только в конкретных выбранных нами и измеренных характеристиках*.

Это пример того, что *истина многовариантна, а реальность проявляется в миражах*. Подобного рода примеров можно привести неограниченное число. Весь окружающий нас мир так устроен.

Множественность границ, определяемая параметрическим разнообразием любого объекта или понятия, имеет не только академическое значение. В большинстве случаев непонимание этого факта приводит к ненужным дискуссиям и даже осложнениям юридического и политического характера.

Примером может служить спор о границах Балтийского моря. В своё время мне пришлось познакомиться со многими документами по этому вопросу. Документы отражали не только позиции авторов, но и накал страстей, доходивший до того, что в них звучали обвинения даже в реакционном пруссачестве. Надо сказать, что у каждого участника спора были вполне *веские доводы в пользу своей и только своей точки зрения*. Но все они, к сожалению, забыли об одной принципиальной детали – *мотивации границ*: они не заявляли, о каких границах они ведут речь. Поэтому одни писали о морфологических границах, другие о гидрологических и климатических, некоторые о геологических, исторических, международно-правовых, экономических и т. д. Иногда критерии границ смешивались, менялись и, в конце концов, внешне простой вопрос был запутан предельно. А ведь разная мотивация – это разные задачи, скажем, определение площади испарения, вычисление объёма водных масс, оценки морфологических деталей дна, геологических структур, юридического права на подводные месторождения полезных ископаемых и т. д.

Подобного рода проблемы всё ещё не решены, например, в вопросе о *границах шельфа*. То обстоятельство, что на многих шельфах найдена нефть, делает споры ещё более острыми, а ситуацию вокруг них в ряде случаев катастрофически опасной в политическом отношении.

Пример 5.

Теперь рассмотрим случай, когда мотивация проведения границы постоянна, параметры одни и те же, но вид границы всё же меняется.

Всем известно, что вода находится в природе в трёх фазах: жидкой — той, что и принято называть водой, твёрдой — известной как лёд и газообразной — пар. На рис. 6.3 показана диаграмма фазового состояния воды в зависимости от давления P и температуры T . (См. Гл. 3).

Каждое поле между линиями, разделяющими фазы, характеризуется двумя степенями свободы. Это означает, что на каждом из этих полей и давление и температура могут изменяться одновременно и такое изменение не влияет на сохранность фазы: вода в своём поле останется водой, лёд — льдом, а пар — паром.

На самих линиях картина уже другая. Независимой переменной будет только одна координата: либо P , либо T . Какую-то из них мы можем изменять произвольно, но чтобы удержаться на линии, теперь мы уже вынуждены соответствующим образом изменить и вторую координату.

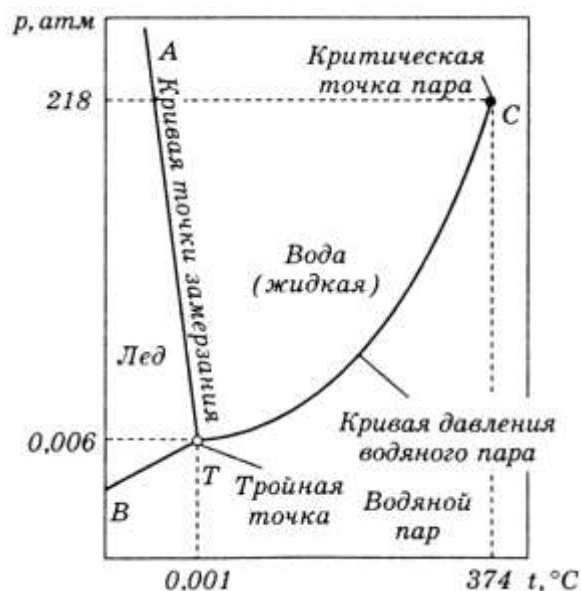


Рис. 6.3. Диаграмма фазового состояния воды (по К. Краускопфу).

Если этот факт перевести на формальный язык, то следует говорить, что каждая линия описывается неким уравнением с переменными P и T при условии фазового равновесия, т.е. условию, когда переход одной фазы в другую компенсируется обратным процессом, например, $\text{вод} \Leftrightarrow \text{пар}$, $\text{вода} \Leftrightarrow \text{лёд}$.

Здесь мы видим знакомую картину – обязательное существование неких условий для проведения границы, того, что мы называли конвенцией или договорённостью.

На рис 6.3 появилось ещё две точки с особыми свойствами, T и C . Точка T называется тройной. Она представляет собой границу трёх фаз сразу, т. е. обозначает одновременное сосуществование льда, воды и пара. Картину такого сосуществования представить несложно, поскольку с этой ситуацией каждый из нас знаком с детства.

Но вот точка C уникальна. Эта последняя точка на линии $ТС$, в которой вода и пар присутствуют как различные фазовые состояния одного и того же вещества. Сразу за пределами этой точки вода и пар неразличимы. Принято говорить, что в этой области вода обладает свойствами пара, а пар – свойствами воды. Иными словами, это область, где границы вода-пар нет или, что в данном случае одно и то же, граница находится везде.

Уравнение, описывающее граничную линию $ТС$, перестаёт «работать». Его решения как бы взрываются. Вместо того, чтобы для одного значения величины T получить одно и только одно значение другой координаты P (или наоборот), мы почему-то должны получать бесконечное множество значений второй переменной.

Заметим, что критическая точка C получена экспериментально.

Таким образом, природа по неизвестным нам причинам вдруг отменяет начальную конвенцию, она не хочет более сотрудничать с нами по нашим правилам, она предлагает нам свои.

Теперь попробуем подвести некоторые итоги и понять наш тезис о реальности в миражах.

Рассмотренные представления о границах так или иначе связаны с общефизической проблемой устройства Мира. Как Мир устроен? Дискретен или непрерывен? Представления об атомах как кирпичиках мироздания как будто не оставляют сомнения в том, что он дискретен. Однако, атомы взаимодействуют и связаны между собой с помощью электромагнитного поля, рассматриваемого современной наукой как самостоятельный вид материи. И этот факт как позволяет считать Мир непрерывным. В то же время так называемый дуализм волна-частица определяет и двойственность устройства Мира, делает его дискретно-непрерывным. Одни и те же проявления мы видим то так, то этак. И выбрать какое-то одно видение как абсолют, как единственный вариант мы не можем. Между дискретным и непрерывным границы не существует (см. Гл.1, п.1.6).

Почему так? Какой механизм формирует двойственность Мира и делает истину неуловимой (истину как что-то единственное). На эти вопросы нет ответов. Мир так устроен. Вот и всё. А истина? ***Наше заблуждение, наверное, состоит в том, что мы ищем то, не зная что, идём туда, не зная куда.***

В физике эта неуловимость истины отражена в принципе Гейзенберга, называемом ещё ***принципом неопределённости***. Суть его состоит в том, что невозможно увидеть или измерить что-то без воздействия на это «что-то». Наблюдатель и объект взаимодействуют. Разные приборы действуют на объект по-разному. И это взаимодействие вносит искажение в реальность, существующую вне нас. ***В этом смысле объективности как таковой просто нет.***

Гейзенберг сформулировал принцип неопределённости как фундаментальное ограничение на экспериментальные возможности. Он его выдумал как допущение, предшествующее теории, как априорную истину, как постулат квантовой механики. Допущения такого рода формируют наше корневое знание, а скорее незнание того образа, который вкладывается нами в основу описания объекта или Мира.

Никто ещё не изобрёл и даже не указал способ, как можно было бы избежать этого «прокрустова ложа», сформулированного ещё в Библии: ВНАЧАЛЕ БЫЛО СЛОВО (Евангелие от Иоанна). Напомним, что в оригинале СЛОВО $\equiv$ ЛОГОС $\equiv$ ЗНАНИЕ. Речь идёт о неустранимости теоретических предпосылок.

Почему-то многие считают, что принцип неопределённости относится только к микромиру. На наш взгляд, – это заблуждение. Не берёмся утверждать, что исключительно интересный и самобытный русский

художник К. С. Петров-Водкин не был знаком с идеями квантовой механики, но что он изучал и понимал влияние предметов друг на друга – это факт опубликованный в его книге «Пространство Эвклида» (1982). Вот несколько цитат из неё (приводятся без кавычек):

- И окажется тогда изолированный предмет, неузнаваемый по форме, если он пересекается или пересекает другой, и что его привычная форма такую нами воспринимается лишь по недоразумению, и наши представления о прямых и параллельных окажутся игрою детей в как будто бы.
- Тела при их встречах пересечениях меняют свои формы: сплюсчиваются, удлинняются, сферизируются, и, только с этими поправками перенесённые на картинную плоскость, они становятся нормальными для восприятия.
- Разновидность плотностей тел по-разному отражает изменения.
- Жидкости особенно нервно реагируют на встречи с предметами разных форм и плотностей: они откликаются отклонениями от горизонтов, вздутиями и вогнутостями своих поверхностей.
- Это в предметах, охватываемых одним углом зрения, что же касается пейзажных и городских объёмов, в них эти явления приобретают ещё больший кинетический смысл.
- Но, когда в среду, находящихся в покое предметов, ворвётся движущаяся форма, видимость становится неожиданной, бурной и при массе комбинаций всегда новой.

А несколько раньше он писал:

- Не смел я не доверять мастерам педагогики, но про себя думал: что-то здесь не так ... и не знал способа, который помог бы мне обозначить магическую иллюзорность вещи.

Хочется утверждать, что **принцип неопределённости универсален**. Он подводит нас к пониманию того, что любое вычленение объекта или явления, т.е. проведение его границы условно, что человек для решения своих задач пытается делить неделимое, он создаёт искусственные антиподы : белое-чёрное, добро-зло, верх-низ, живое- неживое и т. д., а *потом неумело ищет компромиссы*. Отсюда **многовариантность истины, даже больше – миражи истины**, ускользающий её характер. **Миражи Мира – это и есть его реальность**. На Мир надета шапка-невидимка. Вот в чём истина. Под эту шапку иногда попадаем и мы. Это игра в прятки. Природа с нами играет, причём она прячется, а мы ищем. И когда нам кажется, что мы нашли, найденное вдруг исчезает и нам никогда не удаётся выиграть. И, по-видимому, не удастся никогда, потому что не мы устанавливаем правила. Больше того, мы играем, не зная этих правил, а лишь пытаюсь о них догадаться в процессе игры. Таким образом, обсуждение понятия граница привело нас к общему принципу мироустройства:

РЕАЛЬНОСТЬ ПРОЯВЛЯЕТСЯ В МИРАЖАХ.

Фундаментальные свойства границ

Дадим краткий обзор существующих представлений о границах внешних геосфер Земли и определим их фундаментальные свойства.

Океан – атмосфера.

В середине 70-х годов XX века на поверхности океана была обнаружена так называемая холодная плёнка. Увидеть её существование можно на рис. 6.4 как разрыв температурной кривой. Пленка была обнаружена при попытках прогнозировать ветровые движения гигантских нефтяных пятен, возникающих при аварийных разливах нефти в связи с разломами крупных танкеров. Оказалось, что так называемый закон Экмана (спираль Экмана) для таких прогнозов «не работает».

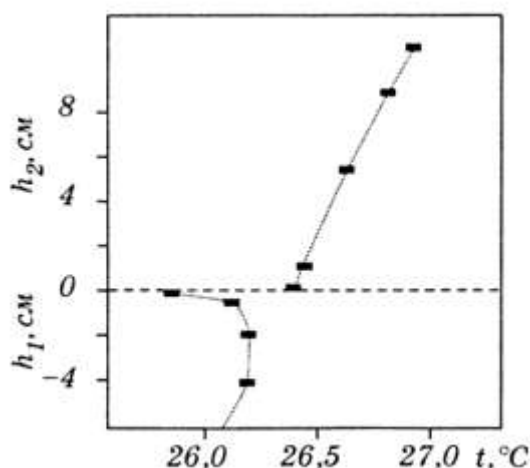


Рис.6.4. Изменение температуры воды и воздуха вблизи поверхности океана (по А.В.Шумилу, 1976).

Длина черточки определяет пределы колебаний температуры за время измерений (приблизительно 1,5 мин).

Толщина плёнки по различным показателям оценивается от 10-20 микрон до 1-2 сантиметров. Для неё характерен очень высокий температурный градиент (2-5 $^{\circ}\text{C}$ на 1 см) и неустойчивость водных масс. Для сравнения напомним, что в литосфере средний температурный градиент составляет около 3 $^{\circ}\text{C}$ на 100 метров глубины (см. гл. 4).

Тепловая и гидродинамическая структура этого тончайшего слоя резко отличается от остальных нижележащих слоёв. Это как бы «кожа океана». Она контролирует его вещественный и энергетический обмен с атмосферой. Холодная плёнка сохраняет океану жизнь.

Однако, при возбуждении поверхности океана, появлении на ней волн с гребешками пены на участках обрушения волн плёнка рвётся, хотя потом восстанавливается довольно быстро, всего за несколько секунд. В возникающих дырах все правила обмена резко изменяются. Обмен активизируется.

Теперь представьте себе бурю на море. Это огромное штормовое пятно. Оно всё в барашках волн: есть–нет, есть–нет... – мерцающие разрывы холодной пленки океана. Из маленьких дыр формируется огромная дыра-решето. Она как гигантское сито с перемещающимися и автоматически, то открывающимися, то закрывающимися ячейками.

На поверхности океана могут возникать дыры и другого рода, в виде смерчей и тропических ураганов. Они изучены довольно хорошо. Разработаны даже их математические модели как природных тепловых машин, в которых нагревателем являются относительно небольшие участки океана, а холодильником служит все окружающее пространство. Представление о структуре тайфуна дает рис.6.5.

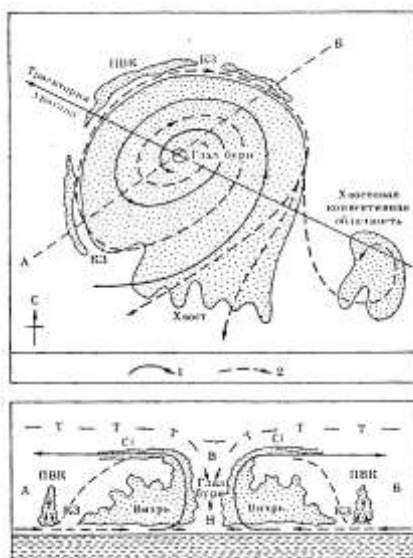


Рис.6.5. Схематическая модель тропического циклона (Герман, 1975).

1 – ветры в нижней атмосфере; 2 – ветры в верхней атмосфере; Т – тропопауза; C_1 – перистые облака; ПВК – полоса внешней конвекции; КЗ – кольцевая зона.

Средняя ширина тропических ураганов достигает нескольких сотен километров, а высота 6-15 км. Эта *природная тепловая машина* производит колоссальной интенсивности водообмен между океаном и атмосферой. Она засасывает почти до тропопавзы огромные массы водяного пара, суточный расход которого, судя по интенсивности сопровождающих ураган ливней, близок к годовой норме или даже в несколько раз превышает годовую норму осадков для средних широт.

Иллюстрацией работы такой «машины» могут служить наблюдения за ураганом «Элоиз» (сентябрь 1975 г.) Скорость его поступательного движения составляла около 30 км/час. Внутренние инерционные волны, вызванные им в водных массах океана, увеличили слой перемешивания с 20 до 60 м и спустя 8 суток достигли максимальной амплитуды (на глубине 500 м она составляла 65 м).

Температура поверхности океана в зоне действия этой «машины» понизилась на $1,5^{\circ}\text{C}$ и в течение ещё двух суток сохранялась на $0,5^{\circ}\text{C}$ ниже обычной.

Нетрудно увидеть, что тропические ураганы создают на поверхности океана дыры регионального масштаба с планетарным резонансом. В их образовании есть своя периодичность, пространственная привязка и физическая индивидуальность. Но всё равно, как и ранее, речь идёт о *разрывах границы*, возникающих при ее возбуждении, хотя уже не ветровом, а тепловом и более мощном, чем шторма и бури.

По своим масштабам и силе тропические ураганы чем-то напоминают извержения вулканов, только они выбрасывают пары воды, а вулканы в основном магму, пепел, газы и другой материал недр Земли.

Суша – атмосфера.

В качестве аналога поведения холодной пленки океана на суше может быть рассмотрен процесс, получивший в геологии название *эрозионно-аккумулятивной деятельности* (см. Гл. 8).

Колебания температуры, атмосферные осадки, ветер, движение водных потоков, льда приводят в действие механизм, который в геологии называют эрозией земной поверхности. *Эрозия – размывание, разъедание*. Формируются рытвины, овраги, балки, речные и ледниковые долины, различного рода уступы и обрывы. При этом раскрываются находящиеся на глубине слои и геологические тела. Из них на поверхность земли вытекают подземные воды, вынося тепло, растворенные вещества и газы (рис.6.6).

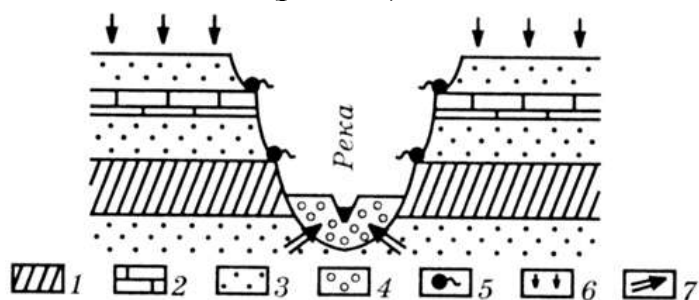


Рис.6.6. Иллюстрация речной долины в разрезе.

1 – водонепроницаемые породы (глины); 2 – известняки; 3 – пески и песчаники; 4 – отложения реки; 5 – источники (родники); 6 – атмосферные осадки; 7 – подземное питание рек.

По существу, вся овражно-балочная, речная и озерная сеть представляет собой сложную систему разрывов (дыр) в самом верхнем слое земной коры. Через них относительно неглубокие области недр нашей планеты взаимодействуют с атмосферой.

Эрозия обязательно сопровождается обратным процессом, называемым в геологии *аккумуляцией*, т.е. *отложением материала*. В

результате аккумуляции запечатываются прежние разрывы (дыры) на поверхности суши. Одновременно, в других местах формируются новые разрывы. Все это очень напоминает штормовое море. Только здесь нет физически реальных волн, и все протекает очень медленно и растянуто во времени. Это естественно, потому что здесь другая по параметрам граница (твёрдое тело), другой механизм её изменения. Но ... принцип сохранился прежний: *разрыв или дыра – есть - нет, ... есть, ... нет и так без конца.*

Внешние силы возбуждают границу. Она не выдерживает и, чтобы сохранить свое главное запретительное назначение, даёт возможность прорвать себя, но ... лишь местами, на отдельных участках. Уступая в частностях, проигрывая отдельные сражения, она выигрывает войну, обеспечивает своё существование. Ломается, но выживает, получает раны, но залечивает их.

Вулканизм это сложное и многообразное явление природы, с которым человек знаком, как говорят, с незапамятных времен. Но если о крупных ураганах прошлого мы можем судить лишь на основе исторических документов, то результаты прежней вулканической деятельности сохранила сама Земля. Хотя и на протяжении человеческой истории разрушительных для человека извержений было немало.

Для нашего разговора важным является то, что вулканическая деятельность Земли имеет определенную цикличность, связанную с активизацией недр, энергетическим их возбуждением, приводящим к возникновению новых и оживлению старых вулканических дыр в литосфере и выбросу через них расплавов, твердого материала, газов и паров. Представление о строении вулканов дает рис.6.7.

Рисунок показывает возникновение магмы в мантии и неглубоко расположенные резервуары, в которых накапливается магма, и которые периодически то увеличиваются в объеме, то сжимаются по мере нарастания и падения активности. Перед извержением лавы происходит подъем земной поверхности и увеличивается ее наклон во внешнюю сторону. После извержения происходит опускание и изгиб поверхности внутрь.

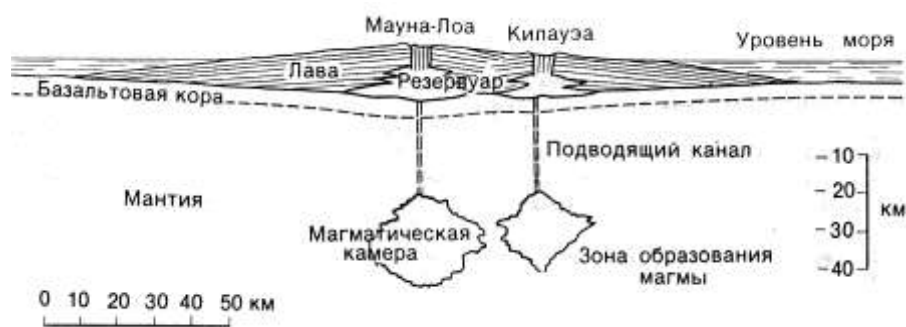


Рис.6.7. Гипотетический разрез через вулканы Мауна-Лоа и Килауэа на Гавайях (Аллисон, Палмер, 1984 г.).

Как и тайфуны, извержения вулканов – явление впечатляющее, для человека почти космическое. Оно завораживает своей первозданной мощью и ощущением нашей какой-то детской незащищенности перед Творцом (рис.6.8).



Рис.6.8. Крупное вулканическое извержение.

Извержение гейзеров также можно использовать в качестве примера образования разрывов в верхней части земной коры. Здесь, иной, чем у вулканов, механизм взаимоотношений между твердой корой Земли и атмосферой, но принцип тот же: дыра открывается, дыра закрывается. И причина прежняя – возбуждение приграничного слоя: нагрев, избыток пара и давления, снятие напряжения с помощью выброса излишков материала.

Возникновение глубинных напряжений в недрах Земли и их снятие имеют разнообразные формы и масштабы. Пожалуй, наиболее известный и грозный для человека механизм такой разрядки связан с *землетрясениями*. По этому вопросу существует огромная литература и, при желании, к ней всегда можно обратиться.

Здесь же, чтобы не выходить за рамки темы, я только укажу, что земная кора как верхняя часть литосферных плит буквально раздроблена на куски. Трещины и разломы в ней постоянно залечиваются, но затем либо опять открываются, либо являются свидетелями возникновения новых трещин и разломов в ближайших окрестностях. О масштабах развития современных землетрясений можно судить по рис.6.9, на котором точками показаны их эпицентры.

Представление о древней вулcano-тектонической деятельности на нашей планете может дать рис.6.10, на котором показаны так называемые *нуклеары* и крупные кольцевые структуры выделяемые в последние годы геологами на основе космических снимков, геолого-геофизических и геолого-морфологических данных. Это своего рода

каркасные элементы сложных кольцевых структур, обладающие центральной симметрией в плане и сформировавшие первые так называемые *сиалические ядра материков* (см. гл. 3.).

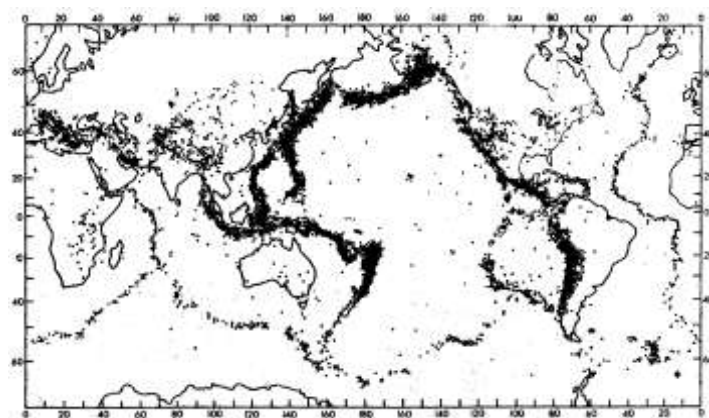


Рис.6.9. Сейсмическая активность Земли за период с 1962 г. по 1974 г.

В их происхождении и формировании еще много нерешенных вопросов. Тем не менее, я решился упомянуть о них, так как геологи «увидели» их на Земле после того, как космические аппараты обнаружили такого рода структуры на других планетах Солнечной системы.

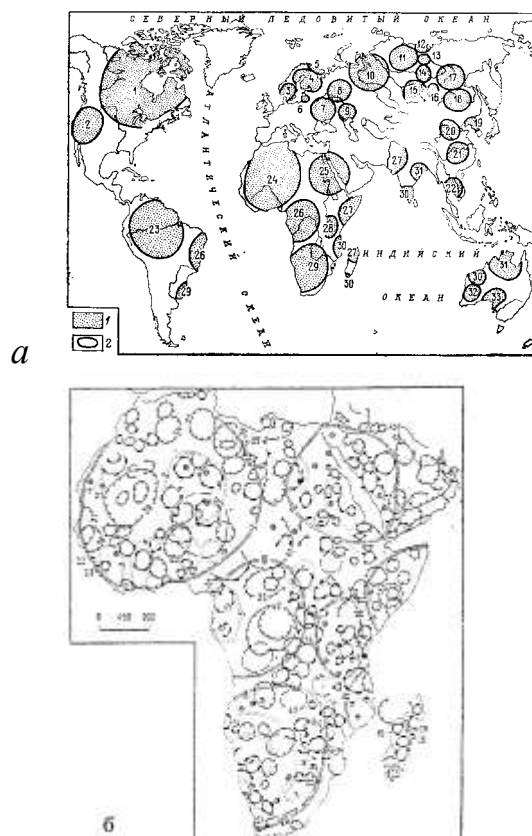


Рис.6.10. Расположение нуклеаров на континентах (а) и кольцевых структур Африкано – Аравийского региона (б) (условные обозначения не приводятся).

Таким образом, как и следовало ожидать, Земля развивалась по общепланетарным законам и её взаимоотношение с окружающим пространством, с пратмосферой, осуществлялось по кольцевым правилам, вероятно, по правилам возникновения дыр в границе. По-видимому, принцип формирования дыр является наследственным, и эта наследственность уходит своими корнями в глубины Вселенной:

- **Клапанный принцип функционирования границ универсален.**

Он работает не только в недрах и на поверхности Земли, но и в атмосфере: в слоях облачности, тропопаузе, страто - и мезопаузах (см. гл. 3).

Эта универсальность определена тем, что именно границы позволяют сосуществовать и проявлять себя в деле двум взаимоисключающим основам мироздания: *устойчивости и изменчивости*.

- Запретительные функции границ, их главное назначение – отделять системы друг от друга, обеспечивать их автономию и суверенитет, гарантировать индивидуальность.
- Вторая функция – разрешительная. Она обеспечивает саморазвитие систем и, значит, их существование тоже. Она дарует системам жизнь.

Замечательно, что это касается как живых систем, так и косных. Чтобы обеспечить свой жизненный статус система должна получать энергию или вещество, которое она в энергию перерабатывает. При этом обязательно возникают шлаки: это могут быть и магмы и газы и флюиды. Периодически система их сбрасывает за пределы своей границы. Например, недра Земли выбрасывают на поверхность лаву, обломки пород, пары и газы. Эти шлаки недр являются основой для формирования почв, а значит, обеспечивают жизнь растениям, животным и человеку. Растения употребляют углекислоту, а вырабатывают кислород. Кислород – это шлаки растений, но для животных и человека это то вещество, которое обеспечивает сгорание пищи (топлива) в их биологических котлах. Таких цепочек можно построить очень много. Суть их сводится к простому правилу:

- ***шлак и мусор одних систем являются основой жизни для других.***

Получает и отдаёт система через границу, через те её участки, которые способны лопнуть, открыться на какое-то время. В этом смысле и океан, и земная кора, и наш тонкий живой пограничный слой и лежащая над ним атмосфера устроены одинаково. Так же устроен и человек, и травинка, и дерево, и всё остальное.

Общий вывод:

- *любая граница является параметрической;*
- *границы проводятся под конкретную задачу на основании определенной договоренности (конвенции);*
- *фундаментальные свойства границ можно сформулировать как клапанный принцип: запрещать и разрешать, но разрешать не везде и не всегда.*

6.2. Циклы.**Основные понятия**

1. **Цикл** – совокупность явлений, процессов, составляющая круговорот в течение определенного промежутка времени. В природе речь идёт обычно о квазициклах (почти циклах).
2. **Палеогеография** – география прошлых географических эпох.
3. **Резонанс** – возбуждение колебаний одного тела колебаниями другого той же частоты.

Общие положения

Циклы это основной принцип существования Мира. В самом общем виде он может быть сформулирован как *рождение – жизнь – смерть и снова рождение*. Даже звезды рождаются, живут и умирают (вспомните гл. 2).

Однако, всякий природный цикл не совершенен. Он не повторяется в чистом виде. *Повторяется лишь процедура*. Но, выражая эту процедуру в параметрах, т.е. конкретизируя идею повторения, мы легко заметим, что в этих повторениях скрыта тенденция к изменению.

Обращаясь к проблеме устойчивости и изменчивости, нетрудно понять, что *цикличность «работает» на устойчивость – это механизм устойчивости*. Противостоит же ей вектор развития. *Геометрический образ устойчивости* можно представить как *окружность*, а *геометрический образ изменчивости* – как *стрелу*. Здесь остается только поражаться гению Пьера Тейяра де Шардена, который свой знаменитый *универсум* построил на идее единой энергии, проявляющейся в двух составляющих: *скручивающей (тангенциальной) и радиальной*. П.Шардена современная наука не забыла, хотя и упоминает не часто. Но вся та громада литературы последнего десятилетия, которая посвящена вопросам цикличности, так или иначе, может быть легко оформлена как приложение к книге «Феномен человека» (1948 ÷ 1965, 1987 гг.). К сожалению, а может быть к счастью, и нам остаётся тот же путь: развивать идею радиального и тангенциального движений и восхищаться её автором.

Идею цикличности я сформулировал как круговорот жизни и смерти. Поэтому полезно обсуждение данной темы начать с модели этого явления.

Приведём компьютерную игру под названием «ЖИЗНЬ». Она хороша тем, что в ней кроме компьютера нет ничего материального. Здесь лишь чистая идея, воплощённая в алгоритм. Названа она «жизнью» только потому, что её результаты могут быть интерпретированы как события похожие на жизнь: рождение – существование – смерть. Эта игра придумана кембриджским математиком Дж. К. Конвеем и является одной из самых знаменитых математических игр. Мы приводим её по П. Эткинсу [1987].

Игра проводится на поле из квадратных ячеек в количестве 40х40, которое называется «вселенная Марк1». Это самая простая «вселенная». Не рассматривая её свойства, отметим лишь, что игра на её поле имеет всего два правила:

1. Рождение возможно в любой ячейке, но не более и не менее, чем при трёх соседях. Только при трёх соседях.
2. Смерть наступает от одиночества, если соседей становится меньше двух, или от тесноты, если соседей появляется более трёх.

Ближайшими соседями считаются восемь ячеек примыкающих к «зародышу»: соседи по сторонам квадрата и по его вершинам. П. Эткинс назвал «зародыш» по имени маленького пушистого зверька – леммингом.

Игра имеет много вариантов и, как правило, предсказать её ход практически невозможно. В игру надо сыграть. На рис. 6.11 показан фрагмент этой игры.

Первый «зародыш» (заданный) развивается и умирает, оставляя потомство. «Дети» повторяют цикл «родителя», после которого остаётся цветное надгробие. В приводимом случае вся процедура повторяется 30 раз. За это время последний потомок добирается до края «вселенной» и исчезает там бесследно. Но именно в это мгновение во «вселенной» появляется новый лемминг, будто феникс, рождённый из пепла и ... жизнь продолжается (*цикл возобновляется*).

Поколения целенаправленно двигались к краю «вселенной», оставляя за собой погосты. На краю «вселенной» исчезал последний лемминг, но *эта последняя смерть породила новую жизнь*. Обратите внимание, уже не лемминг рождает лемминга, а именно СМЕРТЬ выступает как начало ЖИЗНИ, ... но СМЕРТЬ без надгробия, СМЕРТЬ без конкретного ПРАХА. Если ничего не остаётся в прошлом, происходит воссоздание ... тоже как бы из ничего. *Новый «первоначальный зародыш» вынашивается не конкретным родителем, а в 30-ю поколениями пращуров.*

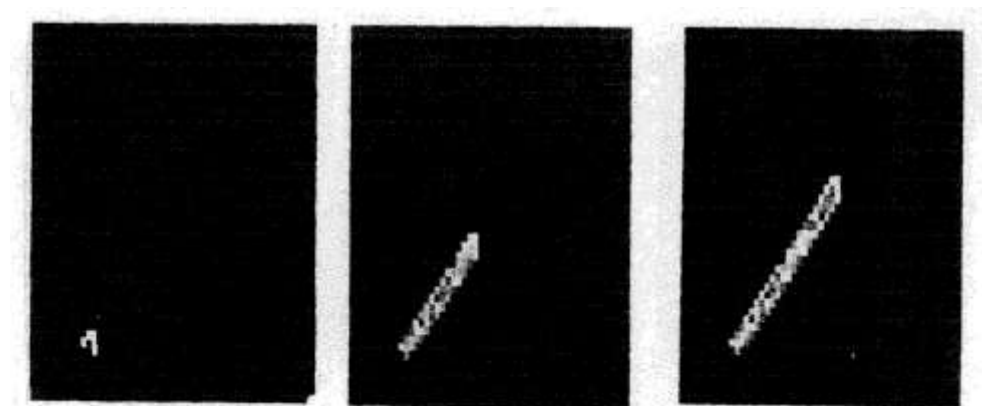


Рис. 6.11. Иллюстрация к игре «ЖИЗНЬ» (чёрно-белый вид).

Справа внизу – «зародыш» (лемминг). В центре и справа лемминг продвигается к краю «вселенной». Игра оформляется в цвете, и каждое предшествующее поколение отмечается своим цветом. Создаётся красивый цветной след из «надгробных камней».

В книге П. Эткинса есть компьютерная программа этой игры. Тот, кого она заинтересует, пусть найдёт эту книгу или какую-то другую, в которой эта игра рассматривается, и поиграет сам. Безусловно, вы глубже почувствуете не только её прелесть, но и смысл. *Конечно, это игра, но может быть и наша жизнь игра и игра не намного сложнее.*

Будет ли у нас последнее поколение? Если да, то когда и куда оно денется? Появится ли при этом *новый шестой день творения с мужчиной и женщиной или новый Адам? ... из всех нас – наших пращуров и потомков, не рождённый человеком, а из праха человечества.* Может быть, так уже было, и Великая книга просто донесла до нас этот факт, а сегодня компьютерные игры помогают нам его осознать, *от веры перейти к знанию, пока лишь игровому, но уже знанию. В этой игре вера сомкнулась с наукой.*

Галактические циклы

Теперь обратимся к Космосу в современных его представлениях и рассмотрим галактические циклы Солнечной системы и Земли. Квантовая идеология развития нашей планеты, построенная на анализе её геологической истории за последние 600 млн. лет (фанерозой), привела к новой парадигме – галацентризму (см. гл.1). Напомним её суть:

1. Геологическое развитие Земли обусловлено получением энергии извне.
2. Эту энергию Земля получает порциями ($10^{30} - 10^{31}$) Дж. за довольно короткие промежутки времени, (1 – 5) млн. лет.
3. Энергетические кванты возникают при прохождении Солнечной системой струйных потоков Галактики и связаны с падением на Землю комет и метеоритов, а также с близким пролётом звезд, изменяющих орбиту Солнца и Земли (см. гл. 2).

4. Периодичность получения квантов энергии соответствует периодичности прохождения Солнечной системой струйных галактических потоков.

Принципиальные для Земли геологические перестройки, зафиксированные в её истории как геологические события на границах периодов венд-кембрий, силур-девон, пермь-триас, юра-мел, четвертичный период. Скорей всего они обусловлены сильными деформациями тела планеты при смещениях или деформациях орбиты Солнечной системы в результате воздействия звёзд в струйных потоках – события более редком, чем поступление метеоритов и комет.

В соответствии с построениями А.Баренбаума [2002г., см. более ранние ссылки в гл.2] Солнечная система при своём движении вокруг центра Галактики периодически пересекает галактические струи, формирующиеся в результате выброса вещества из ядра Галактики.

Вещественные струи сконденсированы в газопылевые облака, кометы и звёзды. Процесс этот наиболее активно протекает *в местах пересечения струйных потоков с логарифмическими спиралями электромагнитного поля*. Именно эти места являются основными областями звёздообразования.

Важно отметить, что и здесь проявляются *две основные тенденции мироздания – тангенциальные и радиальные*. Рождающиеся в местах звёздообразования объекты ведут себя по-разному. Одни, возникающие в основном из вещества галактических струй, *продолжают движение в радиальном направлении и даже покидают пределы Галактики*. Другие, как наше Солнце, образуются преимущественно из газа и пыли, *улавливаемых логарифмическими спиралями, и, наследуя тангенциальную скорость этих ветвей, остаются в Галактике, со временем формируя свои собственные орбиты (см. гл. 2)*.

Опираясь на эти представления, А. Баренбаум построил модель *галактической цикличности развития Солнечной системы* и, в частности, Земли. Поставленная им задача выглядела следующим образом:

- Солнце движется вокруг центра Галактики в галактической плоскости и эпизодически пересекает струйные потоки вещества, выбрасываемого из её ядерного диска.
- Требуется найти все моменты таких пересечений.

Пример графического решения этой задачи приведён на рис. 6.12. Положение Солнца на нём при $t = 0$ отвечает его удалению от центра Галактики в настоящий момент времени.

Нетрудно видеть, что все границы между известными геологическими периодами (см. гл. 5) совпадают с «моментами» пересечения Солнечной системой галактических струй. Замечательно и то, что на кривой

зафиксировано таких пересечений больше, чем геологических границ. Это говорит о том, что цикл А. Баренбаума обладает ещё и прогностическими возможностями. Практика наблюдений и методы расчленения геологических разрезов, вероятно, ещё недостаточно совершенны. Возможно, что новые подходы к решению геологических задач, *использование новых неевклидовых геометрий* приблизят геологическую практику к теории галактической цикличности.

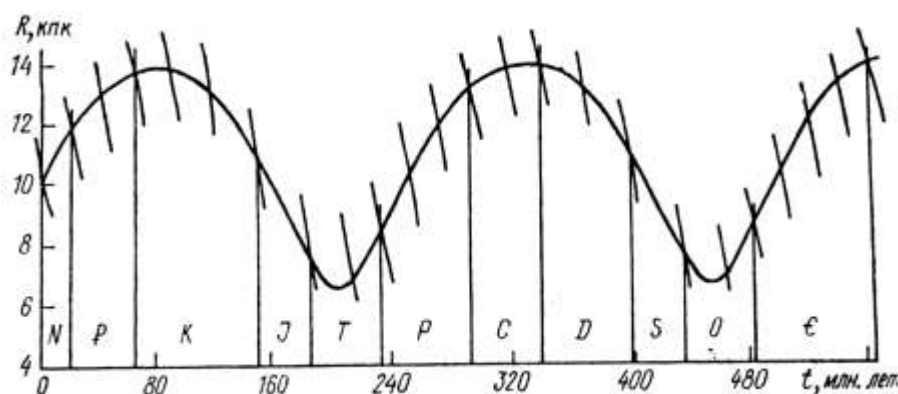


Рис. 6.12. Изменение расстояния Солнца от центра Галактики во времени (по А.Баренбауму, 2002).

Точки пересечения периодической кривой с системой наклонных линий соответствуют моментам попадания Солнца в галактические струи; буквами обозначены геохронологические периоды.

В самой модели А. Баренбаум выделяет сильные и слабые воздействия струйных, потоков, что существенно улучшает совпадение теоретических возмущений с известными наблюдениями и эмпирическими интерпретациями:

- кульминациями тектоно-магматических эпох и их основных фаз;
- началами раскола отдельных литосферных плит и формированием новых материков и океанических структур;
- планетарными трансгрессиями и регрессиями океана;
- периодами резкого изменения климата Земли;
- крупнейшими биологическими катастрофами;
- мощными геохимическими аномалиями.

По всем этим вопросам существует огромная литература, в которой тщательнейшим образом систематизируются наблюдения, строятся различные математические модели циклов, даётся их физическая интерпретация в связи, например, с такими известными явлениями как вращение Земли вокруг Солнца, гравитационное влияние луны, изменение солнечной активности, движение полюсов Земли и т.п. С основными результатами этих исследований каждый из вас может познакомиться самостоятельно. Хотелось бы только подчеркнуть своего рода наложенность различных циклов друг на друга, а также взаимосвязь и взаимообусловленность циклов внешне разобщенных.

Производные циклы

Длительные циклы состоят из циклов более коротких, последние – ещё более мелких и т.д. Вы легко поймете эту многослойность, вспомнив сезонные колебания, скажем, температуры воздуха:

- зима – весна – лето – осень – зима,
- в их рамках внутримесячные погодные колебания,
- затем суточные (ночь – день – ночь).

И всё это происходит на фоне значительно более длительных циклов потепления и похолодания.

Н.М.Фролов (1966 г.) приводит следующие оценки климатических циклов:

- По результатам инструментальных измерений солнечной активности: 2–3, 5–6, 9–14, 22–23, 40–45, 70–90 и 160–190 лет. Близкие значения климатической ритмики были получены и по результатам исследования ленточных глин в таких древних отложениях как юрские и девонские (соответственно удаленные от нас на 200 и 400 млн. лет).
- В плейстоцене (находится во временном интервале 10 тыс. – 2 млн. лет назад) выделены климатические ритмы с интервалами в 283, 567, 1133, 1700, 3040, 20400 и 40800 лет.
- Для более древних геологических периодов различными методами были зафиксированы климатические циклы длиной в 2 – 6 млн. лет, 30 млн. лет, 60 – 80 и 150 – 250 млн. лет.

Реконструкцию климатов в геологической истории Земли чаще всего производят на основе экологического принципа. Ископаемые остатки растений и животных оцениваются с позиций состояния окружающей среды, которая могла бы обеспечить существование того или иного биоценоза. Тепловой режим и влажность атмосферы, солёность водных бассейнов и т.д. и опосредованно связанные с ними типы почв и подстилающих их горных пород (континентального или морского происхождения, возникших в условиях аридного или влажного климата), природная зональность и т.п. Иначе говоря, во всех случаях задача сводится к *палеогеографическим* построениям.

Геологическую ритмику климата хорошо иллюстрирует теоретическая кривая, описывающая периодичность смены тёплых и холодных эпох в истории Земли (см. рис. 6.13).

Короткую ритмику обычно связывают с причинами земного происхождения, такими, например, как радиоактивный распад, гравитационное сжатие и растяжение планеты, химические процессы, распределение суши и моря, состав атмосферы, перемещение полюсов, движение литосферных плит и т.п.

Длиннопериодную ритмику чаще всего пытаются объяснять причинами внеземного происхождения. Наиболее цельное представление здесь позволяет получить галацентрическая модель

(см.Гл. 1). Она касается не только объяснений климатической цикличности, она охватывает громадный спектр явлений определяющих устройство мира, в котором мы живём.



Рис. 6.13. Гипотетическая последовательность ледниковых и «теплых» периодов за последний миллиард лет. (Из книги «Зимы нашей планеты». М., Мир. 1982). Черные полосы показывают предполагаемую продолжительность ледниковых периодов.

Геосферный цикл

Теперь рассмотрим особенности смены геосфер по их массе в направлении по радиусу Земли (см.табл.6.1). По данным этой таблицы построим график $m(R)$, который раскрывает нам удивительные вещи (см.рис.6.14):

геосферы по массе создают геосферный цикл.

Середина этого цикла (около 4,5 тыс.км) в табл.6.1 не зафиксирована и получена исключительно как продукт нашей интерпретации – продукт нашего желания сделать цикл красивым. Однако оказалось, что наше желание хорошо согласуется с данными по распределению величины силы тяжести вдоль радиуса Земли (рис.6.1).

На рис.6.15 показано изменение массы геосфер вдоль радиуса Земли.

Это обстоятельство (*изменение по радиусу*) в какой-то мере искажает нисходящую ветвь цикла, поскольку *радиус не тождественен времени возникновения геосфер*. Наверное, без особого ущерба для истины можно считать, что вторая фаза цикла возникновения геосфер протекала медленнее, чем первая (в силу увеличения дефицита исходного вещества конденсирующейся газовой туманности). В этом случае нисходящая ветвь, особенно в нижней своей части, сдвинется несколько вправо, что сделает нашу кривую ещё более изящной и более «взаправдошной». Хотя она и так достаточно хороша.

Таблица 6.1.

Структура Земли по массе геосфер.

Геосферы	Радиус $R \cdot 10^6$, м	Мощность слоя, $\Delta R \cdot 10^6$, м	Средняя плотность, г/см ³	Масса геосферы m , 10^{22} , кг
Внутреннее ядро	1,25	1,25	17,0	14
Внешнее ядро	3,47	2,22	10,8	180
Нижняя мантия	5,37	1,90	5,24	252
Переходная зона	5,97	0,60	4,3	104
Верхняя мантия	6,33	0,36	3,45	59
Литосфера	6,37	0,04	3,35	7
Внешние оболочки (гидросфера, атмосфера, биосфера)	9,00	2–3	—	0,18

Примечание:

1. Поскольку мощность атмосферы с учётом диссипативного слоя оценивается в 2-3 тыс. км, принимаем внешнюю границу Земли (по веществу) приблизительно на расстоянии 9 тыс. км от её центра.
2. Из-за относительно небольшой массы внешних оболочек я объединил их. Такое право появляется и в силу их взаимопроникновения (вспомните яруса облачности, влажность воздуха, живую «ткань»).
3. Масса гидросферы $17,2 \cdot 10^{20}$ кг взята по Р.Гаррелсу и Ф.Маккензи (1974 г.) с учётом поровых вод осадков.

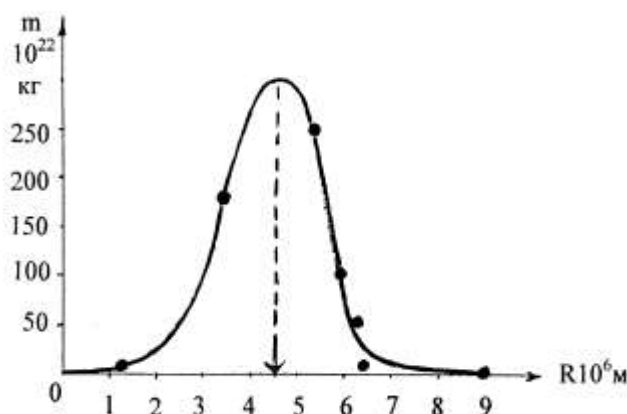


Рис. 6.14. Геосферный цикл Земли.

О чём говорит найденный геосферный цикл? Он символизирует жизненный цикл вообще, любой процесс, имеющий начало и конец.

*ЗЕМЛЯ ФОРМИРОВАЛАСЬ В ВИДЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО
НАРАСТАЮЩИХ ОТ ЕЁ ЦЕНТРА ОБОЛОЧЕК.
ЭТОТ ПРОЦЕСС ПРОТЕКАЛ В ВИДЕ ЦИКЛА:
МАЛО $\Rightarrow$ БОЛЬШЕ $\Rightarrow$ МНОГО $\Rightarrow$ МЕНЬШЕ $\Rightarrow$ МАЛО.*

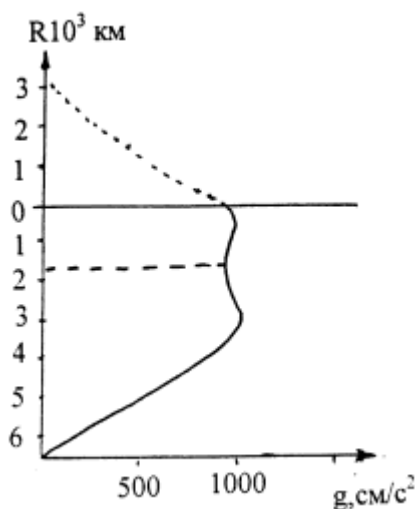


Рис. 6.15. Изменение ускорения силы тяжести (g , см/с^2) на планете Земля.

Геосферный цикл прекрасно вписывается в галактическую модель цикличности, позволяющей не только увидеть энергетическую зависимость Земли от процессов, происходящих в Галактике, но и понять физическую основу квантового характера её развития (см. Гл.1).

История Земли достаточно хорошо увязана с историей Галактики. Из многочисленных фактов согласованности галактических и земных событий приведём только один: *эпохи великих оледенений совпадают с эпохами активного звездообразования*. В эпохи же слабого звездообразования великие оледенения прекращаются. Этот факт можно объяснить как чередование эпох дефицита и эпох избытка энергозапаса в Галактике:

много новых звёзд – мало энергии для Земли;
мало новых звёзд – избыток энергии для Земли.

Галактика развивается и на это развитие тратит запасы своей внутренней энергии. Но распределяются эти запасы по «особому графику»: *вначале одним, затем другим, ... но не всем сразу ... никогда всем сразу и, конечно, каждому «по рангу»*. Большим и важным, таким, например, как звёзды, даётся много. Малым, таким как Земля, – поменьше. А уж каждый получивший перераспределяет полученное по своему собственному внутреннему графику. Неправда ли, похоже на

систему финансирования и государственный бюджет? А вы, наверное, думали, что всё это придумал человек? Нет, всё это придумано задолго до человека.

Истоки цикличности земных процессов

Откуда получает энергию наша Галактика? Конечно, из Вселенной. Больше неоткуда, а галактики системы открытые.

Поэтому истоки цикличности земных процессов и событий естественно связывать не только с жизнью Галактики, но и с жизнью Вселенной. Интересные и, возможно, единственные в своем роде результаты в этом направлении были получены А.Е. Куликовичем (80–90-ые годы прошлого века, Киев). Он построил чрезвычайно красивую модель цикличности мира, положив в её основу идею музыкальной гармонии.

Им предложен периодический закон геологии, в соответствии с которым *основные геологические циклы образуют единую резонансно-взаимосвязанную систему*. Специальные исследования показали, что *эта система представляет собой фрагмент ритмической структуры Вселенной, охватывающей все уровни её организации – от микро-до мегамира*. По А.Е. Куликовичу Вселенная представляет собой иерархическую систему резонансно связанных процессов. В её ритмической структуре хорошо проявляются интервалы пифагорова строя (прима, кварта, квинта, октава). В этом смысле Вселенная звучит как гигантский оркестр. Наверное, её можно слышать, но, к сожалению, не нам.

Общий вывод:

Вселенная «звучит». Её «звучание» проявляется в циклах, которые взаимодействуют по механизму резонанса.

6.3. Круговороты природных вод.

Основные понятия

- 1. Круговорот** – непрерывный замкнутый процесс циркуляции веществ на земной шаре, обусловленный солнечной энергией и энергией недр Земли.
- 2. Метеогенные воды** – это атмосферные воды (дождевые или снеговые и ледниковые).
- 3. Инфильтрационные воды** – образуются в недрах Земли в результате просачивания атмосферных осадков или поверхностных вод через поры и мелкие трещины в горных породах. К ним относится основная часть подземных вод, питающих реки и водоемы, т. е. участвующих в интенсивном водообмене в верхней части литосферы.
- 4. Инфлюационные воды** – образуются в результате втекания атмосферных и поверхностных вод через крупные трещины, воронки, провалы. Наиболее часто инфлюационные воды наблюдаются в карстовых районах.
- 5. Конденсационные воды** – образуются в недрах Земли в результате

конденсации водяных паров. Наиболее ярко проявляются такие воды в карстовых пещерах, подземных горных выработках.

6. **Седиментогенные воды** – формируются в процессе осадконакопления в водоемах и отжатия воды в фильтрующие прослойки. Иногда эти воды называют **реликтовыми** или **погребенными**, но последние термины менее удачны. Седиментогенные воды широко распространены в осадочных толщах артезианских бассейнов.
7. **Метаморфогенные воды** – образуются в процессе метаморфизма горных пород, часто сопровождающегося химическими реакциями с выделением воды. Формированию этих вод способствуют высокие температуры и давления.
8. **Магматогенные воды** – образуются в земной коре в процессе остывания магмы и отделения от неё летучих компонентов, в том числе водяных паров.
9. **Возрождённые воды** – образуются при дегидратации минералов, содержащих молекулы воды.
10. **Ювенильные (юные) воды** – понятие введено немецким геологом Э. Зюссом. Этим термином обозначаются воды, попавшие в литосферу из мантии. Они образуются из паров воды, ионов H^+ и OH^- при подъёме магмы и при других глубинных процессах. *Могут быть отнесены к магматогенным.* Термином пользуются до сих пор.
11. **Геостатически-элизионный водообмен** («элизио», греч. – отжимаю) – отжатие вод из пластов горных пород под действием силы тяжести выше залегающих слоев (горного давления).
12. **Геодинамически-элизионный водообмен** – отжатие вод из пластов горных пород под действием динамических нагрузок, связанных с тектоническими движениями.
13. **Тектонические движения** – перемещения вещества в земной коре, вызывающие изменения формы залегания геологических тел и образование различного рода смещений.
14. **Серпентинизация** – изменение ультраосновных пород (*перидотитов* и др.) в результате развития *серпентина* по оливину и некоторым другим минералам.
15. **Геосинклиналь** – зона высокой подвижности, больших мощностей отложений и активного магматизма.
16. **Эвгеосинклиналь** – (приставка «эв», греч. указывает на полноту, совершенство) – наиболее подвижные, обычно внутренние части геосинклинальных областей, характеризующиеся высокой вулканической активностью.
17. **Миогеосинклиналь** – отличается от эвгеосинклинали отсутствием или слабым выражением начального магматизма, которая заменена стадией компенсированного прогибания.
18. **Метасоматоз** – процесс замещения одних минералов или горных пород другими с изменением химического состава при взаимодействии горной породы с расплавом, газовой фазой или растворами.

Общая идея

В самом общем виде идея круговорота природных вод достаточно ясна:

- с акватории Мирового океана, озер, рек постоянно происходит испарение воды, которая конденсируется в атмосфере и, выпадая на поверхность материков и океана, вновь пополняет запасы гидросферы.

Общее уравнение водного баланса по этой схеме можно представить в следующем виде:

для Мирового океана

$$Z_M = X_M + Y, \quad (6.1)$$

для областей суши, имеющих сток в океан,

$$Z_C = X_C - Y, \quad (6.2)$$

для бессточных областей (БО)

$$Z_{Б.О} = X_{Б.О}, \quad (6.3)$$

где Z – испарение; X – осадки; Y – сток.

Просуммировав выражения (6.1) – (6.3), получим уравнение водного баланса для всего земного шара

$$Z_M + Z_C + Z_{Б.О} = X_M + X_C - X_{Б.О} \quad (6.4)$$

Числовые значения главных элементов общего годового водного баланса Земли представлены в табл. 6.2.

Круговорот природных вод явление сложное и многообразное. Сегодня его принято разделять два типа [2]:

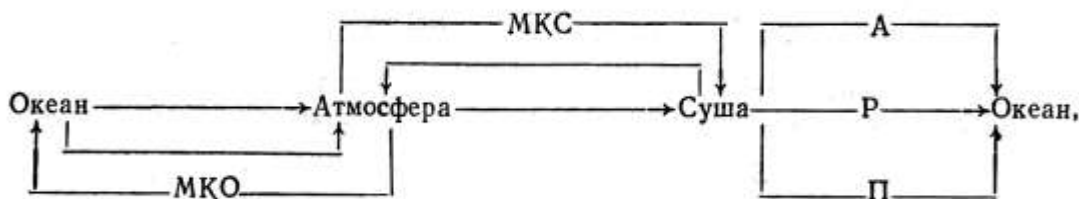
- **Климатический круговорот.** Он происходит в области между поверхностью Земли и тропопавзой. Обусловлен преимущественно метеорологическими факторами и оформлен в виде различных циркуляционных ячеек.
- **Геологический круговорот.** Пространственно приурочен в основном к литосфере. Обусловлен, главным образом, геохимическими, петрологическими и тектоническими процессами (см. Гл.3).

Таблица 6.2

Годовой водный баланс Земли [Львович, 1974]

Элементы водного баланса	Объем, км ³	Слой, мм
Периферийная часть суши (116800 тыс. км ²)		
Осадки	106 000	910
Речной сток	41 000	350
Испарение	65000	560
Замкнутая часть суши (32 100 тыс. км ²)		
Осадки	7500	238
Испарение	7500	238
Мировой океан (361 100 тыс. км ²)		
Осадки	411 600	1140
Приток речных вод	41 000	114
Испарение	452 600	1254
Земной шар (510 000 тыс. км ²)		
Осадки	525 100	1030
Испарение	525 100	1030

КЛИМАТИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ можно представить в виде следующей схемы:



в которой А – означает атмосферный цикл, Р – поверхностный, П – подземный, МКО – малый круговорот океана, МКС – малый круговорот суши.

Структура климатического круговорота изучается достаточно давно. Однако в целом для Земли дифференцированного водного баланса по большому и малым круговоротам всё ещё не получено.

Наиболее сложным является большой круговорот. Он представляет собой *водообмен между океаном и сушей*. Вот его характеристика.

Атмосферный цикл

Протекает по схеме:

океан → атмосфера → суша → атмосфера → океан.

Он очень непродолжителен, его время измеряется сутками. По М. И. Львовичу [1974], *круговорот водяного пара в атмосфере в среднем составляет 0,027 года*. Среднее содержание растворенных веществ в атмосферных осадках невелико:

- по В. И. Вернадскому – 34 мг/л,
- по В. М. Дроздовой (для территории СССР) – 21 мг/л.

Однако многократность атмосферного цикла в течение года обуславливает довольно интенсивный обмен водой между сушей и океаном.

Можно приближенно оценить атмосферный привнос растворённых веществ с суши в океан – порядка 600 млн. т/год и из океана на сушу – около 800 млн. т/год. Нетрудно определить модули этих величин: для суши 4, а для океана 2,2 т/(км²·год). Полученные цифры являются ориентировочными. Тем не менее, будучи основанными на средних значениях расчётных характеристик, они позволяют сделать два важных вывода:

- обмен веществом между океаном и сушей через атмосферный сток почти сбалансирован по валовому объёму;
- интенсивность сноса материала с суши почти в два раза превышает интенсивность переноса материала со стороны океана.

Цикл поверхностного стока

Его можно изобразить в виде схемы:

океан→ атмосфера→ суша→ поверхностный сток→ океан.

Годовой объём речного стока в океан разными авторами оценивался по-разному.

- По Г. А. Максимовичу, для всей суши без пустынь и полупустынь он составляет 34667 км^3 ,
- по О. А. Алекину – 35560 км^3 ,
- по М. И. Львовичу – $41\,000 \text{ км}^3$.

Для территории СССР были проведены детальные работы по изучению водных ресурсов и водного баланса, которые позволили подсчитать не только водные ресурсы основных рек, но и водный баланс речных водосборов по бассейнам омывающих морей за многолетний период. Для характеристики этого цикла можно привести несколько цифр.

- Средний годовой суммарный речной сток в бассейны Белого и Баренцева морей составляет несколько больше 284 км^3 .
- В бассейн Балтийского моря (СССР) – около 120 км^3 ,
- Черного (СССР) и Азовского – около 104 км^3 ,
- Каспийского – 295 км^3 .

При этом доля поверхностного стока колеблется от 36 до 94 %, в среднем составляет 70-75 %. По М. И. Львовичу, в речном стоке доля поверхностных вод для всей суши равняется приблизительно 68 %.

По продолжительности цикл поверхностного стока можно отнести к числу мобильных, его *время измеряется сутками и десятками суток (длительность наводков и половодий)*. М. И. Львович интенсивность полного водообмена поверхностного стока оценивает *в среднем для земного шара приблизительно в 0,033 года*.

По О. А. Алекину, средняя минерализация вод речного стока равна 89,2 мг/л, а ежегодный вынос в океан растворенных солей достигает 3171 млн. т. Принимая, что в речном стоке на долю подземных вод приходится 32 %, годовой поверхностный сток в океан можно оценить приблизительно в 24200 км^3 , а количество выносимых с ним солей 900 млн. т или $6 \text{ т}/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$, если принять среднюю минерализацию подземных вод, питающих реки, 200 мг/л (по В.И. Вернадскому).

Цикл подземного стока

Под циклом подземного стока следует понимать процесс водообмена между океаном и сушей, протекающий по схеме:

океан→ атмосфера→ суша→ инфильтрация в горные породы→
подземный сток в реки и вместе с поверхностными водами в океан (или
непосредственно в море).

Годовой объем подземного стока для земного шара в целом не подсчитывался. Однако о порядке этой величины говорить можно.

- По М. И. Львовичу, подземный сток через реки составляет 12000 км³/год.
- По данным О. А. Алекина приблизительно 11 360 км³/год.

Непосредственный сток подземных вод в Мировой океан, т. е. *сток вдоль береговой линии и на шельфе*, в среднем составляет около 2 % притока речных вод и изменяется по ориентировочным оценкам от 800 до 2500 км³/год. Были проведены и более точные дифференцированные оценки по континентам, островам, отдельным морям. Результаты оказались близки 2400 км³/год, в том числе по континентам 1485 км³/год, а по крупным островам 915 км³/год.

Продолжительность подземного цикла значительная. В настоящее время накопились данные, которые показывают, что продолжительность цикла подземного стока в различных физико-географических и геологических условиях чаще всего *измеряется десятками и сотнями лет.*

Химический состав и минерализация вод, участвующих в цикле подземного стока, довольно пестрые, но изменяются более или менее закономерно в зависимости от физико-географических, геологических и гидродинамических условий. Средняя минерализация подземных вод, разгружающихся в моря и океаны, может быть оценена по данным меженного стока рек и составляет примерно 200 мг/л. Суммарный вынос солей при этом достигает 1300 млн. год.

В цикле подземного стока поступление вод в моря и океаны может происходить разными путями. Часть подземных вод участвует в речном стоке, значительное количество переносится в виде подрусловых аллювиальных потоков, часть разгружается в виде источников или фильтруется широким фронтом вдоль линии берега на различных глубинах при выклинивании водоносных горизонтов в пределах шельфа или материкового склона.

Переуглубленные речные долины, заполненные песчано-гравийным и галечным материалом, являются мощными дренами для окружающих водораздельных массивов. Эти дрены конусами выноса главных рек обрываются в море. Основной особенностью этой разгрузки является одновременное проникновение морских вод в сторону суши в виде языка, подстилающего поток пресных вод и выклинивающегося на определенном расстоянии от линии берега. Это расстояние зависит от

напора вод суши и соотношения плотности морской и подземной воды. Понижение уровней подземных вод на суше или повышение уровня в море (при нагонных ветрах, приливах, штормах) усиливает проникновение морских вод в сторону суши (иногда до десятков километров). Явления такого рода наблюдаются не только в подрусловых потоках, а имеют более широкое развитие и при соответствующих условиях могут наблюдаться на всех прибрежных территориях.

Существует прямое воздействие океанических приливов и отливов на подземные воды суши. Влияние амплитуды океанических приливов на уровень подземных вод вблизи берега оценивается в 30-50 % от общей амплитуды изменения уровня, а на территориях, удаленных от моря, в 1–3 %. Каждый прилив и отлив вызывает некоторое запаздывание колебания зеркала подземных вод на прилегающей к морю суше.

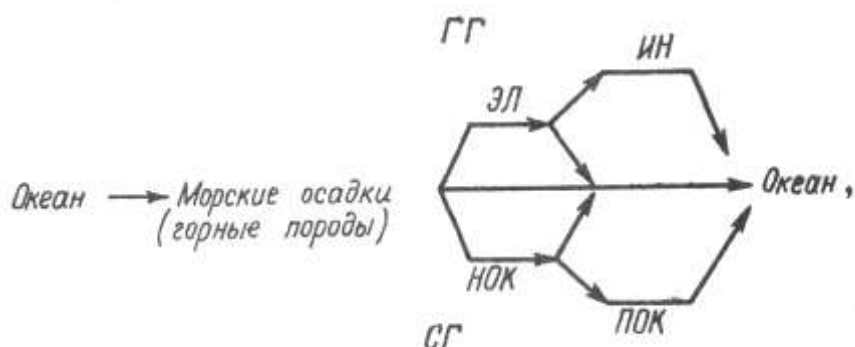
В прибрежных районах, сложенных закарстованными горными породами, разгрузка подземных вод в море обычно происходит в виде *субмаринных источников (источников под уровнем моря)*. Такие источники известны на Черноморском побережье Кавказа, в Крыму, на Средиземноморском побережье. Наблюдения, проведенные на субмаринных источниках, показывают, что многие из них функционируют со значительными перерывами. Они иссякают в засушливое время года, когда питание за счёт атмосферных осадков практически прекращается. Тогда напоры подземных вод со стороны суши уменьшаются настолько, что подземный поток не может преодолеть встречного напора морских вод. В таких случаях морская вода может проникать в пределы суши на значительные расстояния и засолять подземные воды на участках водозаборов.

Краткое рассмотрение основных циклов климатического круговорота воды позволяет говорить о наличии у них, по крайней мере, двух главных общих черт:

- Одинакового начала циклов: океан→ атмосфера→ суша, обуславливающего обязательное участие в водообмене атмосферных осадков океанического происхождения.
- Формирования химического состава вод, участвующих в климатическом круговороте, главным образом в результате процессов растворения и выщелачивания с частичным концентрированием за счет испарения.

Отличаются циклы лишь завершающей стадией, приводящей во всех случаях к возвращению океанических паров в океан.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ можно представить в виде схемы:



где ГГ – гидрогеологический цикл; ИН – инфильтрационный этап; ЭЛ – элизионный этап; СГ – собственно геологический цикл; НОК – этап новообразования океанической коры (серпентинизация перидотитов, блуждающая циркуляция в рифтовых областях, подводный вулканизм); ПОК – этап погружения океанической коры (литификация осадков, метаморфизм, гранитизация, метасоматоз, десерпентинизация).

Рассмотрим эту схему более подробно.

Гидрогеологический цикл

Понятие гидрогеологического цикла было впервые предложено и сформулировано А. Н. Семихатовым, который относил к нему условия и процессы изменения солевого состава вод в промежуток времени между двумя следующими друг за другом трансгрессиями морских бассейнов, разделенных периодами складчатости и поднятия. В настоящее время в каждом *гидрогеологическом цикле выделяются два этапа*:

- элизионный и
- инфильтрационный.

На первом этапе происходят осадконакопление и тектоническое погружение, сопровождающиеся *геостатически-элизионным и особенно геодинамически-элизионным водообменом*, т. е. выжиманием седиментогенных вод из водоупоров (глин, соленосных толщ, известняков и т. д.) в пласты коллектора (пески, песчаники, трещиноватые известняки и т. д.). При поднятии бассейна осадконакопления происходит денудация водоупорных и водоносных слоёв и наступает второй этап гидрогеологического цикла – *инфильтрационный*, на котором метеогенные воды проникают в глубокие горизонты и постепенно заменяют воды седиментогенные. Однако такая замена обычно является неполной. Среди инфильтрационных вод спорадически сохраняются остатки древних седиментогенных вод, сами же инфильтрационные воды не просто вытесняют седиментогенные, но смешиваются с ними, образуют языки проникновения. После нескольких гидрогеологических циклов гидрогеологическая обстановка в системе

вода-порода становится чрезвычайно сложной.

Позже эта схема была дополнена процессами, связанными с метаморфизмом погружающихся пород и сопровождающей его дегидратацией минералов, а также возможностью появления в этих толщах магматогенных вод (при внедрении магматических очагов и проявлением вулканизма). С учётом этих явлений гидрогеологический цикл стали называть *литогеническим*.

Наиболее важная особенность гидрогеологического цикла заключается в том, что поступление океанических вод на континент происходит вместе и одновременно с поступлением самих пород по схеме:

океан→ морские осадки (горные породы).

В этом отношении гидрогеологический (литогенический) цикл является элементом развития континентальной коры, и его связь с климатическим круговоротом представляется естественной.

Собственно геологический цикл

Этот цикл связывают со схемой движения океанического дна и системой конвективных потоков в верхней мантии, разработанной в современной теории плит. В соответствии с этой теорией океаническая кора и подстилающая её мантия в пределах отдельных блоков каждой конвективной ячейки перемещаются с одинаковой скоростью как единое целое от срединных хребтов и возвышенностей к обрамляющим океаны континентам (см. главы 3 и 7). Различие в скоростях перемещения отдельных блоков приводит к образованию крупных разломов между ними. На нисходящей ветви движения блоки погружаются под континенты, при этом происходит сильная деформация коры. В более глубоких областях мантии существует конвективный поток вещества противоположного направления (к срединным хребтам и возвышенностям) (рис. 6.16).

Теория плит наиболее интересна для модели круговорота потому, что в предлагаемом ею круговороте вещества коры и мантии можно ожидать участие морской воды. Материал мантии, поднимаясь к поверхности в зоне срединных хребтов возвышенностей, способен взаимодействовать с морской водой, образуя *серпентинизированный перидотит*. На нисходящей ветви движения происходит *десерпентинизация*, и вода возвращается в океан.

Таким образом, если следовать этой схеме, то собственно геологический круговорот совершается по некоторой пологой дуге от центральных районов океанов к их периферии, при этом морская вода переносится как бы в «законсервированном» виде. Анализ этого процесса позволил А.Н. Павлову [1977] оценить темп водообмена (около

0,2 км³/год), что существенно меньше всех циклов климатического круговорота воды.

Однако участие морской воды в серпентинизации перидотитов некоторыми специалистами отрицается. Вместо морской воды в их схемах участвует мантийная вода,двигающаяся из глубин.

Но водообмен, связанный с серпентинизацией, не является единственной составляющей собственно геологического цикла. Литосфера океанического типа содержит $1,8 \cdot 10^{17}$ м³ вод, свободных и физически связанных, которые в соответствии с теорией плитной тектоники перемещаются вместе с корой в сторону континентов и погружаются под них на участках глубоководных желобов. Вероятно, часть этих вод принимает участие в формировании гранитной коры континентов и возвращается в океан в соответствии с моделью климатического круговорота лишь при выходе этой коры на поверхность материков и через вулканический аппарат: то, что у С. Л. Шварцева названо магматогенной формой движения воды.

Другая часть вод может вовлекаться в обратные подкорковые течения и возвращаться в океан в зонах срединных хребтов и возвышенностей и через подводные извержения с магмами. Принимая время этого водообмена, равное возрасту современных океанов, ориентировочно оценивается темп этого водообмена – около 1 км³/год.

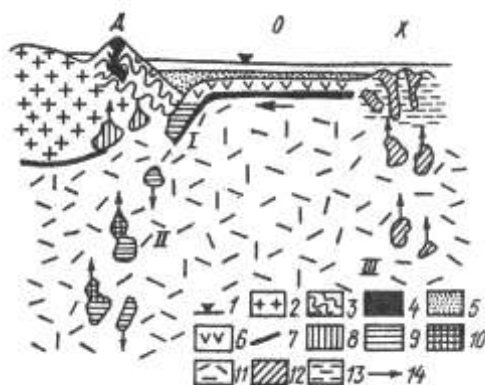


Рис. 6.16. Схема обновления океанического дна и процесс преобразования базальта в эклогит (по Х. Хессу, в интерпретации А. Э. Рингвуда и Д. Х.Грина (1968 г.)

1 – уровень океана; 2 – континентальная кора; 3 – складчатость геосинклинали; 4 – вулканы с андезитовой лавой; 5 – осадочный и базальтовый слой; 6 – океанический слой; 7 – граница Мохо; 8 – интрузии магм кислого и среднего состава; 9 – эклогит; 10 – андезитовая магма; 11 – мантия (пиролит); 12 – базальтовая магма; 13 – остаточный перидотит; 14 – направление движения океанического дна, блоков эклогита и образующихся магм.

I–III – зоны: I – перехода базальта в эклогит,

II – погружающихся блоков эклогита,

III – частичного плавления пиролита.

Д – островная дуга; О – океан; Х – срединно-океанический хребет.

PS. **Андезит** – порода среднего состава. **Пиролит** – гипотетическая исходная порода верхней мантии. **Эклогит** – горная порода глубинного происхождения.

Таким образом, в соответствии с современными представлениями теории плит целесообразно говорить о двух этапах собственно геологического цикла круговорота воды:

- **этапе новообразования океанической коры**, территориально связанном с зоной срединно-океанических хребтов и обусловленном процессами серпентинизации перидотитов, блуждающей циркуляцией вод в рифтовых областях, их метаморфизмом и вулканической деятельностью;
- **этапе погружения океанической коры**, протекающем в зонах глубоководных желобов и эвгеосинклиналей благодаря процессам литификации мощных осадочных толщ, их метаморфизму, гранитизации, процессам метасоматоза, десерпентинизации, происходящих при погружении океанической коры.

Общими чертами двух циклов геологического круговорота воды являются:

- их начало по схеме океан→ морские осадки (горные породы);
- длительность в миллионы и сотни миллионов лет;
- сложное взаимодействие вод и пород в условиях значительных глубин.

Так же как и циклы климатического круговорота, гидрогеологический и собственно геологический циклы отличаются лишь завершающей стадией, на которой можно различить два разнонаправленных этапа.

Общая схема всех циклов круговорота воды показана на рис. 6.17.

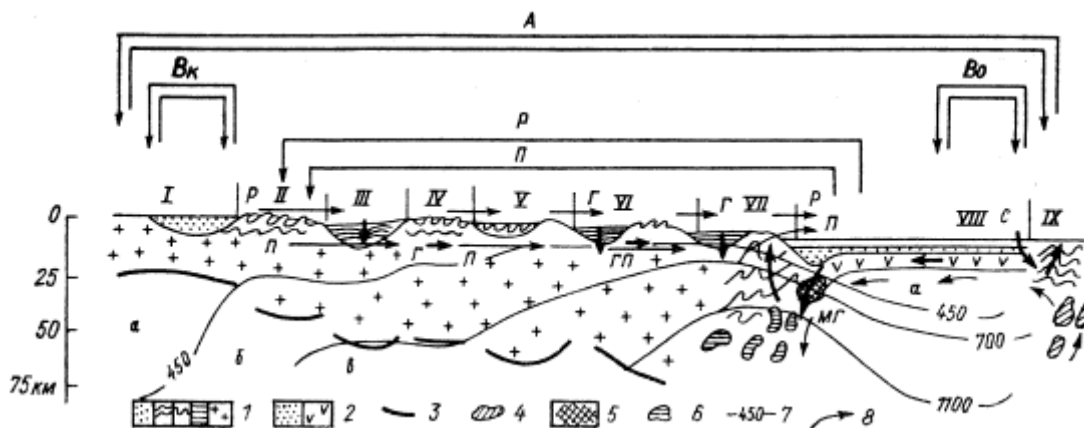


Рис. 6.17. Общая схема основных циклов круговорота воды на Земле.

Условные обозначения к рис.6.14:

I – щит и платформа, докембрий; II – складчатая зона, PZ; III – краевой прогиб, MZ; IV – складчатая зона, MZ; V – миогеосинклиналь, MZ; VI – эвгеосинклиналь, KZ; VII – островная дуга; VIII – океаническая платформа; IX – срединно-океанический хребет.

1 – континентальная кора; 2 – океаническая кора; 3 – поверхность Мохо; 4 – базальтовая магма; 5 – эклогит; 6 – андезитовая магма; 7 – изотермы, °C; 8 – конвективное движение мантийного вещества.

а – в – зоны; а – твердых и жидких структурированных вод, б – уплотнённого флюида с разупорядоченной рыхлой структурой, в – мономерных молекул воды; А – атмосферный цикл; Вк – внутриконтинентальный цикл; Во – внутриокеанический цикл; Р – цикл поверхностного стока; П – цикл подземного стока; Г – гидрогеологический цикл; С – этап новообразования океанической коры; МГ – этап погружения океанической коры.

К рассмотренным циклам и этапам на нём добавлено еще два: внутриконтинентальный и внутριοкеанический, известные в литературе как две формы малого круговорота. Однако они не имеют большого геологического значения, так как сводятся по существу к схеме испарение–конденсация–осадки.

Общий вывод:

типы, циклы, этапы и фазы общего круговорота воды на Земле характеризуют механизмы перемещения воды между различными группами гидросферы, внутренняя динамика которых изучается специальными науками: метеорологией, гидрологией, гидрогеологией и геологией.

6.4. Тепловые машины Земли.

Основные понятия

1. **Тепловая машина** – механизм, превращающий тепло в работу. Основными узлами такой машины являются нагреватель и холодильник.
2. **Муссоны** – ветры, периодически меняющие свое направление в зависимости от смены времен года. Наблюдаются в основном в тропическом поясе.
3. **Барическое поле** – распределение атмосферного давления в пространстве. Изменение этого поля во времени создает *барические волны*.
4. **Тектоносфера** – оболочка Земли, охватывающая земную кору и верхнюю мантию, в которой происходят тектонические процессы, обуславливающие вертикальную и горизонтальную неоднородность состава и физических свойств масс.
5. **Конвергенция, дивергенция** – соответственно схождение и расхождение. В этом разделе речь идёт о схождении и расхождении векторов напряженности гравитационного поля Земли.
6. **Эпейрогенические колебания** – медленные вековые поднятия или опускания обширных площадей, на вызывающее изменение их структуры.
7. **Сейши** – стоячие волны.

Атмосферные машины

Пожалуй, впервые мысль о тепловых машинах Земли сформулировал в науке выдающийся французский физик Ф.Д. Араго (1829 г):

Атмосферная машина для выкачивания воды представляет снаряд безукоризненный, и прерывистость его действия не представляет никаких неудобств.

Через 100 с лишним лет эту идею развил крупнейший русский океанолог академик В.В. Шулейкин, который построил несколько моделей таких машин применительно к границе океан-атмосфера-суша.

Машины первого рода являются наиболее крупными. В качестве нагревателя в них работают тропические пояса Земли с положи-

тельным бюджетом тепла, а в качестве холодильника – *высокоширотные области*, в которых тепловой бюджет отрицательный. Термобарические колебания и соответствующий им массоперенос воздуха и воды имеют здесь субмеридиональное распространение.

Машины второго рода – это уже механизм регионального порядка. В холодное время года нагревателем в них служат наиболее тёплые области океана, а холодильником – материки. В тёплое время года ситуация меняется на обратную. Исключением являются лишь Антарктида и Гренландия, которые из-за мощного материкового оледенения выполняют функции холодильника круглый год. Работа машин второго рода в значительной мере *определяет муссонную циркуляцию*, при этом подстилающая поверхность воздействует на нижний слой атмосферы мощностью до 4–5 км, а тепломассоперенос и распространение барических волн характеризуются субширотным направлением. Потоки атмосферной влаги связаны с определенными источниками и стоками планетарного масштаба расположенными в пределах как океанов, так и суши. Эти потоки представляют собой области квазизамкнутых циркуляций. Тепловые машины второго рода генерируют колебательные процессы переменного знака и определяют так называемую муссонную циркуляцию.

Машины третьего рода формируют циркуляционные ячейки уже за пределами тропопаузы. По В.В. Шулейкину их работа обусловлена воздействием теплового излучения на воздушные массы стратосферы. В этих машинах круглый год нагреватель расположен над материком, а холодильник – над океаном.

Машины четвертого рода также участвуют в формировании зональных потоков, но другого характера. Их работа связана с тем, что охлаждение стратосферы над экватором является более сильным, чем над высокоширотными поясами Земли. Таким образом, для этих машин высокоширотные пояса Земли служат нагревателями, а тропический пояс – холодильником. В результате, в стратосфере возникают зональные потоки противоположные по направлению зональным потокам в тропосфере.

В машинах пятого рода, нагревателем являются особенно нагретые участки океана, а холодильником – все окружающее их пространство. Это тропические ураганы. О них мы говорили в разделе 6.1, когда обсуждали особенности устройства геосферных границ. Посмотрите еще раз рис 6.5 и объяснения к нему.

С позиций работы тепловых машин может быть объяснен и феномен

появления облачности. Аномально нагретый участок океана продуцирует восходящее движение воздуха и влаги. На определенной (термодинамически критической) высоте влага конденсируется (*работа холодильника*). Возникшая облачность экранирует поступление солнечной радиации, нагреватель «остывает», облачность рассеивается – машина переходит на холостой ход (её КПД резко снижается). Затем происходит новое возбуждение вызванное поступлением свежей порции тепловой энергии и т.д.

Названные тепловые машины, взаимодействуя, создают чрезвычайно сложную картину функционирования верхних геосфер.

Тектоносферные машины

Вслед за метеорологами и океанологами интерес к тепловым машинам Земли начали проявлять геофизики и геологи. Анализ связей между аномальными значениями плотности теплового потока нашей планеты и аномальными (по отношению к сфероиду) областям геоида позволил обсуждать возможные *тектоносферные аналоги* тепловых машин В.В. Шулейкина. А.Н. Павловым были предложены три таких аналога [1990].

Аналог машин первого рода. В отличие от атмосферных машин этого рода нагреватели и холодильники имеют здесь не субширотную, а субмеридиональную поясность. При этом можно говорить о четырёх крупных конвективных ячейках в верхней мантии, в основном, вероятно, в слое, который называется *астеносферой* (см. гл. 3). Поскольку геоид – одна из эквипотенциальных поверхностей гравитационного поля, векторы напряженности которого направлены к источнику, можно считать, что в областях положительных аномалий геоида будет происходить *конвергенция* потока вектора напряженности. В областях же отрицательных аномалий должна наблюдаться *дивергенция*. Это означает, что в первом случае можно говорить об уплотнении масс, а во втором – о разуплотнении.

В зависимости от того, протекает ли этот процесс в данное геологическое «мгновение» или он прекратился, могут быть сделаны различные выводы о связи гравитационного и теплового полей Земли.

Четвертичный период, в котором мы живём (см. раздел 5.2 в гл. 5), относится к активной эпохе геологической истории Земли и как будто развивается в соответствии с *неомобилистскими* моделями. Об этом свидетельствуют геодезические измерения дрейфа *литосферных плит* (см. главы 3 и 7), характер магнитных аномалий в зоне океанических хребтов и другие факты. Если это так, то работу *тектоносферной тепловой машины первого рода* можно изобразить в виде четырех крупномасштабных ячеек тепловой конвекции в верхней мантии (см. рис. 6.18).

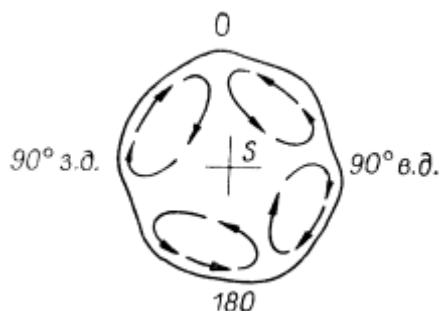


Рис.6.18. Схематический разрез геоида по экватору со стороны южного полюса [Павлов. 1990].

Стрелками показана конвекция в верхней мантии.

Таким образом, можно говорить о структурной общности внешних и внутренних тепловых машин первого рода для нашей планеты. Любопытно, что и по КПД эти феномены близки: (1,7-2,0)% у атмосферных машин и (0,1-1,0)% – для тектоносферных.

Аналоги машин второго рода. Анализ распределения положительных и отрицательных аномалий геоида показывает, что близкие абсолютные значения этих аномалий располагаются симметрично и могут быть объединены в пары. Каждая пара таких сопряженных аномалий естественным образом оконтуривается линией близкой к окружности. Эти структуры очень похожи на термобарические сейши В.В. Шулейкина (см. рис. 6.19 и 6.20).

Правда, на рис.6.20 квазиокружности тектоносферных сейш больше похожи на эллипсы. Но не следует забывать, что координатная сетка на приведенной иллюстрации прямоугольная, что сильно вытягивает размеры объектов в средних и высоких широтах.

Напомним, что сейшевая модель муссонной циркуляции у В.В. Шулейкина двухслойная. Слои между собой не взаимодействуют. Нижний считается активным, верхний пассивным. Сейши вращаются против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой – в южном. Нетрудно понять, что идея этой модели вполне подходит и для конвективных ячеек тектоносферы.

Геологическим следствием существования тектоносферных сейш должны быть эпейрогенические колебания земной коры, разворот литосферных плит при их раздвижении, а также определенный характер их раскалывания. Это предположение может быть использовано в целях прогноза и, вообще говоря, проверяется геологическими методами.

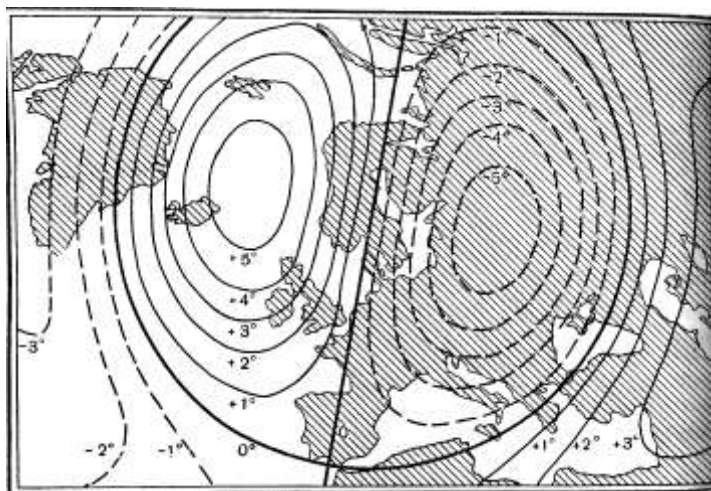


Рис. 6.19. Теоретическая схема термобарических сейш (по В.В. Шулейкину [1968]).

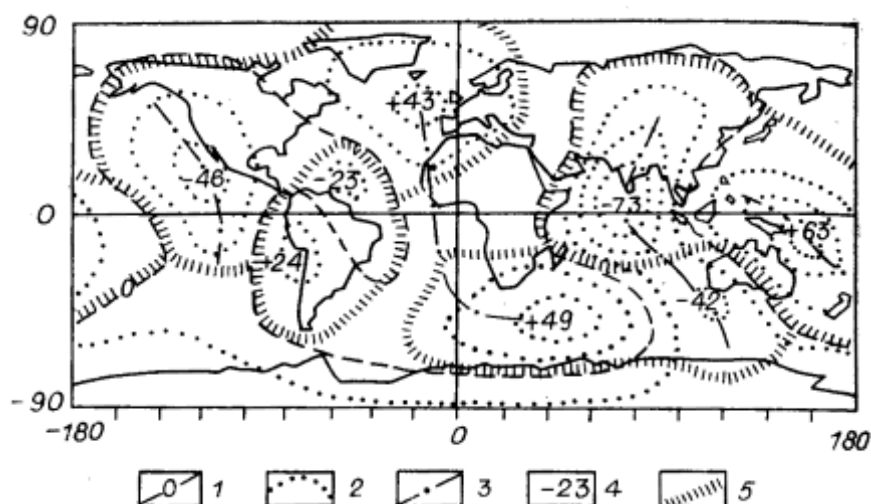
Если вращение сейш в северном и южном полушариях происходит в разные стороны, то на экваторе теоретически никакого вращения не должно быть, а к более высоким широтам момент крутящих сил должен возрастать. Поэтому в сейшах, расположенных по обе стороны экватора, особенно если такое разделение несимметрично, будут возникать напряжения очень сложные по знаку и величине. В области (+24, – 23) (см. рис. 6.20) в экваториальной полосе на западе должны появляться сжимающие усилия, а на востоке – растягивающие. Схема О.И.Слензака как будто отражает именно такие тенденции (рис. 6.21).

Приводимые рассуждения не детализированы. Обсуждаются лишь принципиальные возможности использования модели атмосферной тепловой машины типа термобарических сейш для изучения и объяснения тектоносферных процессов. Создается впечатление, что такие аналоги могут иметь место.

Обращение к таким аналогам принесет бесспорную пользу, так как формирует вполне конкретный подход к известным геологическим фактам и позволит применить в геологии уже разработанные математические схемы и решения. Появляется возможность перейти и к аналоговому моделированию, если не основных, то хотя бы вспомогательных задач. Проверка же и уточнение сейшевых моделей тектоносферы должна заключаться не только в анализе традиционной геологической информации, но и в попытках количественной оценки различных параметров тех или иных составляющих тектоносферы, например, вязкости, средних коэффициентов теплопроводности и т.д.

Сегодня еще трудно сказать, к машинам какого рода, второго или третьего, тектоносферные сейши ближе. Если тектонический цикл удастся уподобить астрономическому году и окажется, что распределение в нём внутреннего тепла Земли обуславливает различное нагревание сейшевых полюсов, тогда появятся основания считать *тектоносферные сейши машинами второго рода*. Если же

температурные аномалии сейшевых полюсов имеют постоянный знак, то более близким аналогом будут *атмосферные машины третьего рода*.



Контрольные вопросы

1. Параметризация границ и принцип договорённости при их проведении. Как вы понимаете эту задачу?
2. В чём состоит клапанный принцип функционирования границ?
3. В чём состоит явление цикличности? Приведите примеры природных циклов.
4. Как выглядит геосферный цикл?
5. Постройте модель-диаграмму, показывающую связь климатического и литогенического типов круговорота воды.
6. Приведите несколько примеров коллективной структуризации в системе вода-порода.
7. Постройте модель-диаграмму единства природных вод Земли.
8. Приведите примеры круговорота воды с продолжительностью цикла, измеряемого а) часами, б) сутками, в) годами, г) сотнями лет и т.д. – до сотен миллионов лет.
9. Дайте общую схему и принципиальную характеристику тепловых машин Земли.

Литература

Основная

1. Львович М.И. Мировые водные ресурсы и их будущее. – М.: Мысль, 1974. – 444 с.
2. Павлов А.Н. Геологический круговорот воды на Земле. – Л.: Недра, 1977. – 141 с.
3. Шулейкин В.В. Физика моря. – М.: АН СССР, 1968. – 1084 с.

Дополнительная

1. Зекцер И.С., Джамалов Р.Г., Месхетели А.В. Подземный водообмен суши и моря.. – Л.: Гидрометеиздат, 1984.–205 с.
2. Павлов А.Н. Тектоносферные сейши – динамический тип региональных геологических структур // Идея развития в геологии: Вещественный и структурный аспекты. – Новосибирск: Наука, 1990. – С. 142-151.
3. Эткинс П. Порядок и беспорядок в природе. – М.: Мир, 1987. – 224 с.

Глава 7. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОКЕАНА И ЛИТОСФЕРЫ

Океан, состоящий из капель, велик.
Из пылинок слагается материк.
Твой приход и уход – не имеют значенья.
Просто муха в окно залетела на миг...
Омар Хайям

7.1. Абразионно-аккумулятивные процессы на внутреннем шельфе

Основные понятия

1. **Абразия** [abrasio – соскабливание, сбривание] – процесс механического разрушения волнами и течениями коренных пород. Наиболее интенсивно абразия проявляется у самого берега под действием прибоя (наката). Горные породы испытывают удары волн, коррозионное разрушение под действием ударов камней и песчинок, растворение и другие виды воздействия. Менее интенсивно протекает подводная абразия. Она распространяется до глубин в несколько десятков метров, а в ряде случаев – до 100 м и более. В полярных областях абразия сопровождается процессом протаивания мерзлых пород и называется термоабразией.
2. **Аккумуляция береговая** [accumulatio – накопление] – накопление наносов волнового поля при действии волн и сопровождающих их течений. Возникает в результате аккумуляции наносов при их вдольбереговом перемещении или выносе со дна в процессе *выработки подводного берегового склона*.

Подводный береговой склон – часть морского дна, прилегающая к берегу. Его рельеф создан волнами при данном уровне моря. Верхней его границей является береговая линия. Нижняя граница определяется глубиной волнового воздействия и часто совпадает со сменой песчано-алевритовых грунтов илами.

С абразионно-аккумулятивными процессами в береговой зоне связано формирование специфических береговых и прибрежных геоморфологических форм, называемых *клиф, бенч, пляж, терраса, коса, пересыпь, томболо, бар, вдольбереговой поток наносов*.

- **Клиф** – обрыв или крутой уступ коренных пород на берегу моря (или озера), образовавшийся в результате абразии. Различают клиф активный, который развивается в настоящее время, и клиф отмерший, не подвергающийся современному воздействию волн.
- **Бенч** – часть побережья, выровненная действием волн (абразией) в коренных породах, при колебаниях береговой линии. Бенч иногда покрывается маломощными рыхлыми осадками. При стабильном уровне моря (отсутствие трансгрессии или регрессии) бенч развивается до выработки профиля равновесия – подводного берегового склона. Большая часть бенча находится под уровнем моря, незначительная часть – перед клифом на берегу и называется шtrand (обнаженный бенч). Образующийся при формировании бенча обломочный материал перетирается, и его большая часть сносится к подножию подводного склона, где возникает террасовидная площадка, называемая отсыпью.

- **Пляж** – слабонаклоненная к морю полоса берега, сложенная песком, гравием, галечником, валунами, отлагающимися под действием прибойного потока. Различают пляжи полного профиля с пологой и невысокой валообразной поверхностью, характерной для аккумулятивных берегов, и пляжи неполного профиля (прислонённые), часто наблюдающиеся на абразионных берегах.
- **Терраса морская** – выровненная площадка, образующаяся на морском побережье в результате тектонического поднятия суши или эвстатического опускания уровня моря (связывают с опусканием океанических впадин или климатическими причинами, например, с ледниковыми периодами). Являются остатками абразионной (абразионная терраса) или аккумулятивной (аккумулятивная терраса) поверхностей.

Абразионная терраса (волноприбойная) – пологая площадка, приподнятая над уровнем моря (или озера), ограниченная со стороны берега отмершим клифом. Является бывшим бенчем.

Аккумулятивная терраса – сложена отложениями одного цикла аккумуляции на глубину, превышающую последующий врез.

- **Коса** – аккумулятивный невысокий вал, выступающий над поверхностью воды. Возникает на участках побережий, где происходит торможение или уменьшение емкости потока наносов.
- **Пересыпь** – невысокий вал, перегораживающий залив. Формируется при падении энергии волнового поля в результате рефракции волн, входящих в залив.
- **Томболо** – пересыпь, соединяющая остров с материком. Возникает в результате ослабления энергии волнового поля, перемещающего вдольбереговые наносы.
- **Бар** – крупная песчаная гряда – продукт поперечного перемещения донных наносов в сторону берега.
- **Вдольбереговой поток наносов** – движение по дну и пляжу больших масс наносов, вызываемое волнами, подходящими к берегу под косыми углами.

Представление о морфологических особенностях строения береговой зоны, формирующихся при взаимодействии суши и океана, дают рис. 7.1 и 7.2.



Рис. 7.1. Схема строения морского побережья.

Волновые поля

Названные абразионно-аккумулятивные формы возникают благодаря действию волновых полей, формирующихся в береговой зоне моря. На

глубокой воде волны создают движение смежных частиц воды, близкое к круговым орбитам. Эти орбиты, частично перекрываясь, следуют друг за другом по направлению распространения волны. В открытом море волна движется вперед, но основное количество воды, захваченное её колебаниями не испытывает поступательного движения. Вблизи поверхности высота волны практически соответствует диаметру круговых орбит.



Рис. 7.2. Перспективное аэрофотоизображение побережья абразионного типа, приуроченного к низкогорному рельефу.

1 – резкопересеченный среднегорный рельеф; 2 – активный клиф; 3 – песчано-галечный пляж; 4 – глыбово-валунный пляж; 5 – коллювиальные отложения (обвал); 6 – речная цокольная терраса (эрозионно-аккумулятивная).

Высота волны – расстояние между ложбиной и гребнем. Для большинства океанских волн она составляет около 3 м, реже 3-6 м. Высота штормовых волн достигает 10 -16 м.

Длина волны – расстояние по горизонтали между соседними гребнями. В зависимости от состояния ветрового поля она может меняться от первых метров до нескольких сот метров в областях зарождения штормов. При выходе из штормовой зоны волны обычно уплощаются и превращаются в зыбь, длина волны которой может достигать 600 м.

Период волны – время, за которое волна проходит расстояние между ложбинами и гребнями. Обычно это время составляет несколько секунд, но при определенной геометрии волны её период может удлиняться до 10 и даже до 20 с. Период волны зависит от её длины.

Скорость волны – в глубокой воде прямо связана с её периодом. Например, волна с периодом 6 с имеет скорость 35 км/ч, а с периодом 20 с – около 100 км/ч.

Интерференция – наложение друг на друга систем волн разной длины, высоты и

направления. В результате интерференции может возникать неупорядоченное движение волн.

Глубина проникновения волн — определяется размером круговых орбит и соотношением между длиной волны и глубиной воды. При увеличении глубины моря волновое движение довольно быстро ослабевает. Существенного уменьшения оно достигает на глубине равной половине длины волны, хотя в слабом виде проявляется даже в случае, когда длина волны меньше $1/20$ глубины.

Сила волн зависит от их высоты и длины. Средняя волна высотой 2 м создает давление около 15 т/м^2 . Примеры волн огромной силы впечатляющи. В Шотландии зафиксирован случай, когда волнами был вырван бетонный блок массой 2350 т.

Для абразионно-аккумулятивных процессов, протекающих на мелком море и в береговой зоне, важное значение приобретают некоторые производные формы волнового движения.

Прибой — разрушение волн у берега. Возникает в результате преобразования колебательного волнового движения в поступательное. Этот процесс является следствием уменьшения скорости волн на мелководье под действием сил трения о дно (см. рис. 7.3.).

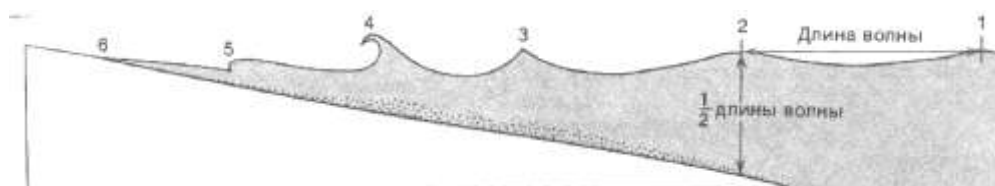


Рис. 7.3. Схема образования прибоя и бурунов [Аллисон, 1984].

1 — длинные волны открытого моря; 2 — волны открытого моря задевают дно; 3 — короткие и высокие волны на наклонном дне; 4 — опрокидывание и обрушение волны у линии прибоя (малая глубина препятствует частицам воды совершать полное круговое движение); 5 — движение воды в виде турбулентного наката, который выкатывается на пляж (6).

Разрывные течения (сулои) — узкие потоки воды, вытекающие из волноприбойной зоны в море через линию прибоя. Питаются прибрежными течениями. Скорость может достигать 1 м/с. Способствуют удалению воды и осадков, которые приносятся на пляж ветровыми течениями (см. рис. 7.4)

Рефракция волн (преломление) — разворот волн при их подходе к берегу. Благодаря рефракции все элементы берега подвергаются почти лобовой атаке волн, фронт этой атаки растягивается, и сила ее ослабевает в бухтах. На головных и боковых участках мысов, наоборот, происходит концентрация волнового воздействия (см. рис. 7.5).

Прибрежные течения — вдольбереговые течения, являющиеся продуктом волн, косо подходящих к берегу. Скорость таких течений может достигать нескольких метров в секунду и способно переносить путем волочения песок и гравий. Эти течения играют большую роль при транспортировке песчано-гравийных наносов и формировании пляжей. Непосредственно у бровки берега возникают зигзагообразные траектории движения воды, способные переносить на многие километры не только песок и гравий, но и гальку.

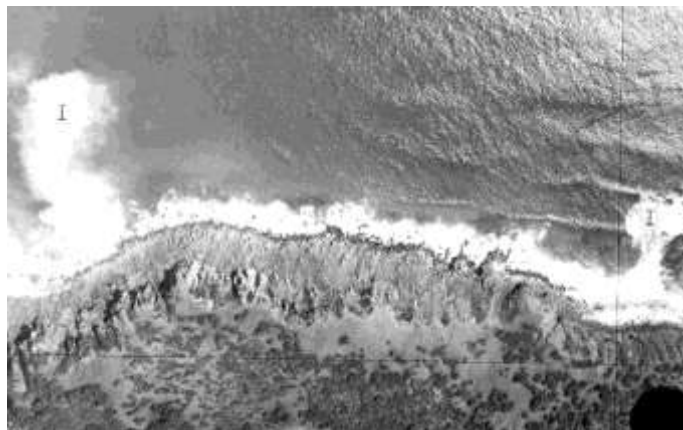


Рис. 7.4. Аэрофотоизображение разрывных течений (Аллисон, 1984).



Рис. 7.5. Аэрофотоснимок рефракции волн у берега с постепенным нарастанием глубин.

Дифракция волн – изгибание волны при прохождении ее через зазор или отверстие. Это изгибание создает впечатление круговых волн, исходящих от края зазора. При дифракции энергия волны рассеивается, что приводит к уменьшению ее высоты за препятствием (см. рис. 7.6).



Рис. 7.6. Дифференциация волны при проходе ее через узкий пролив в каменистой гряде, едва возвышающейся над поверхностью моря (аэрофотоплан).

Речной сток

Основной материал, аккумулирующийся в прибрежной зоне моря, поступает с речным стоком. В зависимости от водосборной площади и ландшафтных условий бассейна реки объём этих поступлений может колебаться в широких пределах. Характер же выноса во многом определяется особенностями гидрографа реки. В паводки и половодья, т.е. при большой воде, выносятся огромное количество взвешенных и влекомых наносов. В меженный период, когда питание рек происходит преимущественно за счёт подземного стока, выносятся главным образом растворенные вещества. Соотношение этих составляющих для всей суши было оценено Г.В Лопатиным (1950 г.):

взвешенные:влекомые: растворенные вещества = 10 : 1 : 2,8
(по величинам среднегодового стока).

Наиболее ориентировочной цифрой здесь является характеристика влекомых наносов, которая систематически не изучалась по причине инструментальных трудностей измерения. А.В. Волиным (1946 г.) было установлено, что для большинства равнинных рек влекомые наносы составляют лишь 0,2-10 % от взвешенного материала. Для полугорных и горных рек эта доля возрастает до 20% без учёта селей, а с их учётом может достигать 40-185 %.

Влияние речных вод на прибрежную зону моря проявляется не только в том, что реки выбрасывают в море материал суши, но существенно влияют и на тепловой режим предустьевого взморья (см. рис. 7.7).

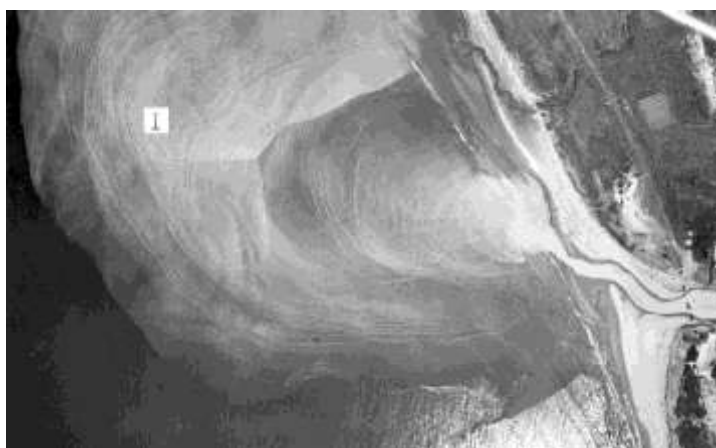


Рис. 7.7. Струи речной воды, поступающей на акваторию внутреннего шельфа (аэрофотоснимок).

Концентрические полосы чередования мутной и относительно прозрачной воды. Отклонения струи на север определяется вдольбереговым течением.

Теоретическая схема поступления и перемещения взвешенных и влекомых наносов, связанных с речным стоком, показана на рис. 7.8.

Идеология её проста:

- Позиция I изображает ореол мутности для масштаба точечного источника (устье реки – точка) при отсутствии волнения и вдольберегового течения, когда расход твердого стока (Q) рассматривается как константа. Внешний контур определяется ситуацией равного значения мутности в речной струе и в море.
- Позиция II определяется теми же условиями, но осложнёнными наличием волнения и продуцируемого им вдольберегового течения.
- Позиция III повторяет позицию II при дискретном поступлении материала со стороны реки (по принципу есть–нет), определяемого характером гидрографа.

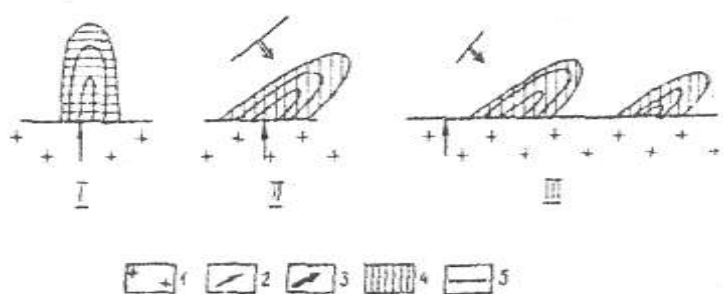


Рис.7.8. Формирование группового характера перемещения наносов.

1 – суша; 2 – точечный источник; 3 – вектор фронта преобладающего волнения; 4 – ореол рассеяния взвешенного и влекомого материала; 5 – береговая линия.

Постулируется, что твёрдый сток генетически связан с паводком. При достаточно длительном вдольбереговом течении сезонного характера можно прогнозировать множественность ореолов подобного рода, вытянутых вдоль линии берега. Расстояние между осями этих ореолов определяется скоростью вдольберегового течения, а число ореолов – частотой поступления из реки порций твердого стока. Очевидно, что в случае, когда в направлении движения ореолов новые источники (устья рек) не появляются или находятся на значительном удалении от первого источника, ореолы постепенно рассеиваются.

Литодинамический цикл

Экспериментальные работы, проведённые кафедрой гидрогеологии и геологии ЛГМИ в середине 70-х годов прошлого столетия (нынешняя кафедра гидрогеологии и геодезии РГГМУ) совместно с Лабораторией подводных исследований (ЛГМИ–РГГМУ) в зал. Терпения (о.Сахалин), показали, что групповой характер перемещения наносов в зоне волнового воздействия на дно связан не только с береговой линией, но и с *любой другой изобатой, выполняющей, как оказалось, функции линии тока*. В результате этих работ и других полевых исследований в зал. Терпения удалось сформулировать оригинальные представления о перемещении

наносов и деформациях дна в зоне влияния волнения на дно:

1. Основными материальными элементами прибрежной зоны являются минеральные наносы, представленные различными грунтами – от алевритовых разностей до крупных галечников, а также водой.
2. В результате взаимодействия этих элементов возникает ещё один, как бы дочерний элемент – поверхность наносов, морфология которой играет чрезвычайно важную роль при взаимодействии воды и дна.
3. Благодаря этой поверхности область исследования можно назвать геодинамической субсистемой, относящейся к числу граничных и развивающейся в результате прямого взаимодействия двух мегасистем – океана и литосферы.
4. Материальные элементы этой субсистемы характеризуются различными показателями, которые рассматриваются в многочисленных публикациях по мелкому морю и в литодинамике.
5. По характеру взаимодействия моря и суши в прибрежной зоне могут быть выделены, по крайней мере, три подзоны:
 - глубокая, где движение наносов непосредственно не зависит от волнения моря;
 - средняя, где энергия волны передаётся на дно;
 - мелкая, в которой происходит разрушение волны (зона прибоя).

Первая задача исследований, так или иначе, оказывается связанной с выделением этих подзон в различных параметрах и получением критерия для контроля за их перемещением при изменении условий на границе океан – атмосфера.

6. Изобаты могут рассматриваться как линии тока для наносов.
7. Вдоль изобат наносы перемещаются в виде групп определённой механической крупности.
8. Спокойное волнение приводит к упрощению механического состава наносов, создавая более или менее равномерное поле в основном алевритового или алевролитового состава, и формирует сложные аккумулятивные структуры дна.
9. Штормовое волнение (как правило, свыше 4 баллов) разрушает эту относительную однородность вещественного состава и приводит к упрощению морфологии дна, стремясь сделать её энергетически уравновешенной.

Два последних положения формируют идею литодинамического цикла. Он описывает процесс постепенного возбуждения и последующего снижения активности граничной области вода $\Leftrightarrow$ дно в средней и мелкой подзонах прибрежной зоны.

Опыт исследований показал, что на базе перечисленных постулатов наиболее успешно можно строить следующие виды моделей:

1. Модели электрогидродинамических аналогий (ЭГДА).
2. Модели в технике факторного анализа.
3. Тренды и трендовые остатки в форме полиномов первого и второго порядков.
4. Модели морфообразования, идеология которых была разработана для задач дизайна и криминалистики (Файн, 1975 г.).

Последний тип моделей выглядит наиболее перспективным, хотя он достаточно труден, поскольку ориентирован на использование алгебры Ли. На базе этих моделей могут быть созданы технологии управления вдольбереговыми процессами с выходом на создание искусственных россыпных месторождений.

Изучение возможностей создания таких месторождений в прибрежных зонах Белого моря показало перспективность подобного рода работ по россыпепроявлениям абразивного граната, связанным с современными осадками пляжей и подводного склона мелководного шельфа на Зимнем и Летнем берегах Белого моря.

К пониманию общего литодинамического цикла следует добавить ещё один штрих:

- часть поступающего с суши материала может покидать шельф, уходя из него в форме рассеяния по бровке шельфа, либо через каньоны, пересекающие шельф и часто доходящие почти до береговой полосы.

Общий вывод:

в прибрежной зоне океан принимает в себя материал литосферы, находящейся в пределах суши.

7.2. Осадкообразование в открытом океане

Основные понятия

Классификация морских отложений открытого океана (по Ф.П. Шеппарду[1969]):

1. Пелагические осадки

- *Коричневая глина* – менее 30 % биогенного материала.
- *Диагенетические осадки* – состоят преимущественно из минералов, выпавших из морской воды, таких как филлипсит и марганцевые конкреции.
- *Биогенные осадки* – более 30 % органогенного материала.
- *Фораминиферовый ооз* – более 30 % кальциевых биогенных остатков (в основном фораминифер) и глобигериновые илы.
- *Диатомовый ооз* – более 30 % кремниевых биогенных остатков, преимущественно диатомей.
- *Радиоляриевый ооз* – более 30 % кремниевых биогенных остатков, преимущественно радиолярий.
- *Обломочные коралловые известняки*, формирующиеся за счёт сползания краевых частей рифа:
 - коралловые пески,
 - коралловые илы (белого цвета).

2. Терригенные осадки

- *Терригенные илы* – более 30 % алевроитовых и песчаных частиц терригенного происхождения: зеленые, черные, красные.
- *Турбидиты* – осадки, принесенные с суши или подводных возвышенностей мутьевыми потоками.

- *Оползневые отложения* – принесённые оползнями.
- *Ледниково-морские отложения* – характеризуются значительным содержанием аллохтонных частиц, принесенных айсбергами.

Пелагические осадки – осадки открытого моря, образовавшиеся из скелетов планктонных и нектонных организмов, вулканического пепла и пыли, приносимой с материка и даже космического происхождения.

Планктон – организмы, передвигаемые в воде волнами и течениями и не обладающие способностью активного передвижения (блуждающие организмы).

Нектон – водные животные, способные активно передвигаться в водной среде (плавающие организмы, например киты, рыбы, медузы и т.п.).

Филлипсит – минерал группы цеолитов, образующийся в глубоководных илах.

Цеолиты – группа минералов, относящаяся к каркасным алюмосиликатам, содержащим в своем составе воду.

Конкреция (стяжение) – минеральный агрегат, рост которого происходит от центра к периферии. Кристаллы в конкрециях нарастают в виде радиально расположенных лучей, концы которых образуют очертания сфероидальной формы. По составу могут быть моно- и полиминеральными.

Ооз – то же, что органогенный ил. Термин «ооз» применяется американскими геологами.

Фораминиферы – морские и пресноводные преимущественно микроскопические организмы. Отряд корненожек класса простейших. Некоторые современные фораминиферы образуют основную массу океанических илов (глобигериновый ил). Ископаемые формы также иногда являются пороодообразующими.

Радиолярии – исключительно морские микроскопические организмы отряда корненожек с кремнистым (реже из сернокислого стронция) скелетом. Характеризуются ажурной оболочкой, чаще шарообразной, иногда звездчатой, колоколообразной и другой формы. Являются пороодообразующими организмами (некоторые яшмы).

Радиоляриевый ил – ил желтоватого и красного цвета. Распространен на дне океана на глубинах 5000 м и более. Входит в состав коричневой глубоководной глины, обогащенной скелетами радиолярий.

Глобигерины – род из отряда фораминифер с известковой пористой раковиной. Имеет длинные тонкие шипы. Морские планктонные формы.

Диатомовые водоросли, диатомеи – одноклеточные водоросли, одетые кремниевым панцирем, состоящим из двух створок, заходящих друг за друга. Живут в пресных водах и морях. Образуют залежи диатомитов.

Диатомовый ил – глубоководный осадок, состоящий преимущественно из скоплений створок диатомовых водорослей. Распространен в холодных водах, особенно по окраинам Антарктической области и северной части Тихого океана (1000-3000 м).

Глобигериновый ил – белый, желтоватый, реже розоватый ил, отлагающийся в открытом океане тропической и умеренной зоны на больших глубинах (2500-5300 м, реже 700-6000 м). Содержит в большом количестве раковинки глобигерин и других фораминифер. Глобигериновые илы покрывают до 30 % ложа Мирового океана. Скорость осаднения в среднем оценивается цифрой 1,2 см в 1000 лет.

Примеры некоторых планктонных организмов показаны на рис.7. 9.

Кораллы (коралловые полипы) – морские животные с известковым или роговым скелетом. Форма тела в виде цилиндрического рукава, один конец которого прикреплен, а на другом расположено ротовое отверстие, окруженное щупальцами. По

образу жизни – одиночные или колониальные животные (рис.7.10).

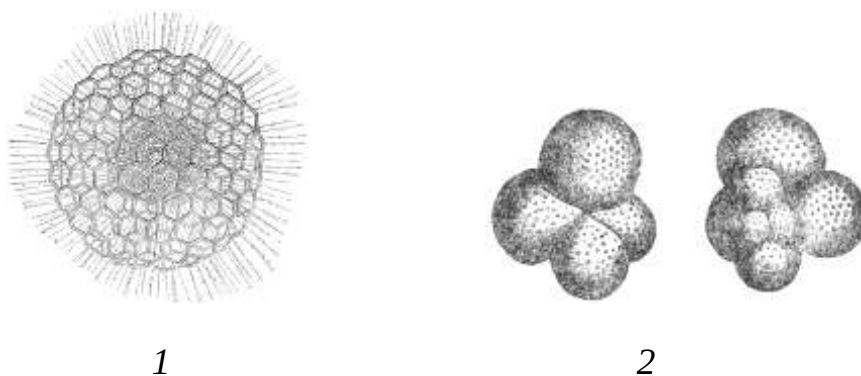


Рис. 7.9. 1 – Радиолария современная (по Бючли и Рюсту из книги М. Неймайра. История Земли. Т.2, 1903 г.).

2 – Глобигерина (по Н.Н. Яковлеву, 1932 г.).

Коралловый песок – истёртые обломки кораллов, отлагающиеся у основания коралловых рифов или у ближайших побережий.

Коралловый ил – осадок, как правило, белого цвета с содержанием кальция (CaCO_3) до 70-90 % в виде мелких обломков кораллов, известковых водорослей, фораминифер и другого материала, иногда с кусками кораллов. Образуется вблизи коралловых рифов.

Аллохтонные частицы – материал, существенно перемещенный от мест своего «рождения» (попавший в генетически другую зону осадкообразования).

Автохтонные осадки – осадки, образовавшиеся *in situ* (на месте, без переноса материала).

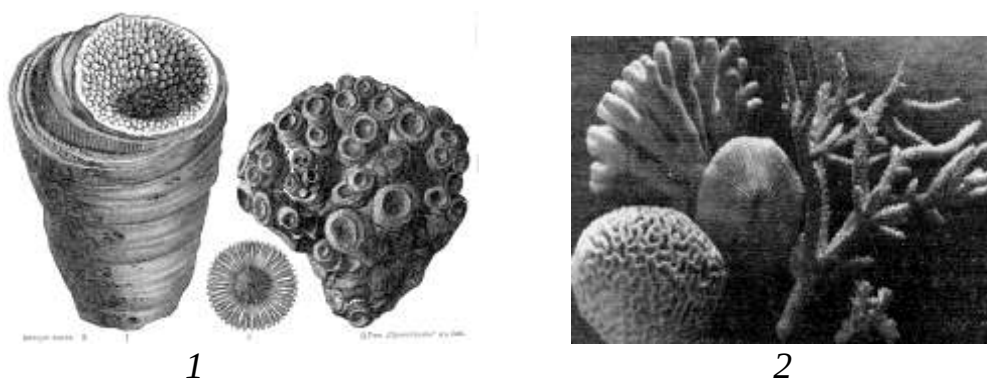


Рис.7.10. 1 – Силурийские и девонские кораллы (из книги М. Неймайра. История Земли. Т.2, 1903 г.).

2 – Современные рифообразующие кораллы [Леонтьев, 1982].

Общая характеристика осадков открытого океана

Коричневые глины (красные глины) обнаружены на значительно удалённых от береговой зоны частях океана. Как правило, это пластичные и мягкие, жирные на ощупь породы шоколадно-коричневого цвета. Они практически не содержат алевроитового материала и отличаются низким содержанием карбонатов и кремнезема.

Считается, что одним из основных источников этих глин является

метеоритная пыль. По оценкам некоторых специалистов Земля ежегодно получает около 5 млн. т такой пыли. Для ряда районов океана значительная часть пыли, как первоисточника материала коричневых глин, может поступать из пустынных районов по схемам эолового переноса.

Относительная бедность этих отложений карбонатами и кремнеземом объясняется высокой растворимостью биогенного материала в водах, циркулирующих на больших глубинах, где по физико-химическим условиям может происходить достаточно активное растворение кальциевых и частично кремниевых скелетных остатков отмерших организмов.

Диагенетические осадки. Их часто называют еще аутигенными и гидрогенными отложениями. Это породы, образовавшиеся на месте их нахождения как продукты химического осаждения из водной толщи бассейна осадкообразования.

Эти осадки изучаются достаточно активно. Причиной повышенного интереса к ним являются, главным образом, марганцевые конкреции, значительная часть которых оказалась обогащенной кобальтом. Считается, что марганцевые (часто говорят железомарганцевые) конкреции представляют собой обычную форму литифицированных пород (рис. 7.11).

Рост конкреций происходит вокруг любого твердого предмета на океаническом дне. Их размеры обычно не превышают 25 см. Однако были встречены экземпляры и очень крупные, массой 850 кг. Возникновение конкреций происходит вследствие насыщения морской воды марганцем и железом. Считается, что значительные количества марганца поступают при подводных вулканических извержениях. Вначале в толще воды образуются коллоидные железомарганцевые частицы. При их падении в толще воды они захватывают из нее никель, кобальт, медь, молибден, свинец, цинк и другие растворенные в воде металлы. Средняя скорость роста конкреций оценивается величиной около 1 мм в 1000 лет. Шеппард Ф.П. приводит периоды пребывания в морской воде целого ряда химических элементов. Наиболее «короткоживущими» оказались Al, Be, Ti, Cr, Fe, Nb, Th – всего лишь сотни лет. На второе место попадают Si, Sc, Mn, Ga, Ge, Y, W – первые тысячи лет. Считается, что от 20 до 50 % площади ложа океана покрыто сплошной отмошкой железомарганцевых конкреций.

Остальные пелагические осадки своей классификации Ф. Шеппард рассматривает обобщенно как *пелагические илы*. В отличие от коричневых глин и диагенетических осадков они состоят преимущественно из остатков живых микроорганизмов (животных и растений – фораминифер, радиолярий, диатомей и др.), но все же содержат значительное количество коричневой глины. Большинство этих организмов представляют собой

планктон, обитающий в приповерхностных водах. После гибели скелеты планктона погружаются на дно.

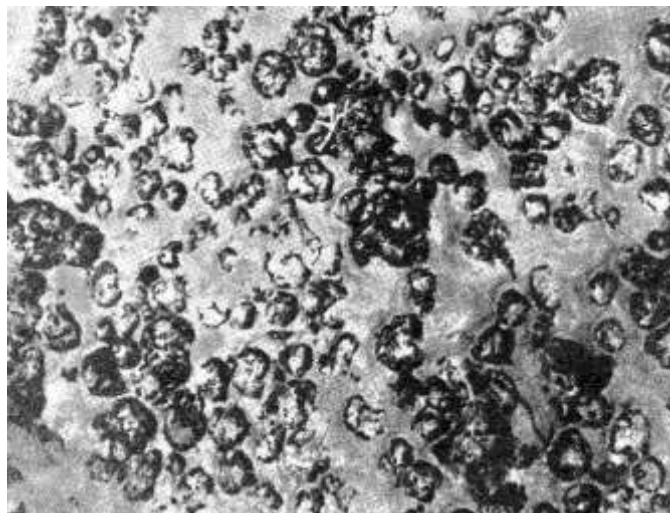


Рис. 7.11. Марганцевые конкреции на плато Блейк. Глубина 814 м (по К. Эмери, 1965 [Якушова, 1988]).
Средний размер конкреций около 12 см в диаметре.

При этом скорость погружения достаточно высока и потому биогенные остатки не успевают переноситься далеко от места их обитания. Органогенный состав пелагических илов в значительной мере определяется растворимостью скелетных остатков в глубоководных условиях. Наиболее растворимы карбонатные скелеты, и потому их скопления характерны для относительно не глубоких областей океана. Кремнистые же скелеты на больших глубинах устойчивы к процессу растворения, и потому на их основе формируются кремнистые оозы (органогенные илы).

Ограничение в распространении известковых илов по глубине связывается с так называемым *уровнем карбонатной компенсации (УКК)*. Это глубина, на которой скорость растворения карбоната кальция становится равной скорости его поступления. Ниже этой глубины (уровня) накопление карбонатов невозможно. Величина УКК в основном определяется давлением, температурой, соленостью и газовым составом морской воды. Например, в Тихом океане УКК достигает 4000-5000 м. В Атлантическом и Индийском океанах эти цифры несколько больше. В полярных областях УКК заметно меньше.

Терригенные илы. Эти отложения представляют собой глубоководные алевроитовые глины. Их источником является суша, и они окаймляют большинство современных континентов. Содержание в них органических остатков обычно невелико, что объясняется высоким темпом поступления терригенного материала. Окраска этих отложений весьма разнообразна и

определяется местными условиями осадконакопления. Например, красный цвет связан с высоким содержанием окисного железа, зеленый – с присутствием железа закисного, голубой обусловлен наличием органического вещества и переходом ферросульфатов в закись и гидрат закиси железа в умеренно восстановительных условиях. Черные илы формируются в плохо вентилируемых бассейнах. В них присутствует в значительных количествах органическое вещество и сульфиды железа. Иногда эти илы даже имеют сильный запах сероводорода. Встречаются и белые илы, но очень редко, в основном в некоторых тропических районах. Сложены они в основном кальцитом, но в отличие от оозов представлены в основном тонкоперетертыми обломками рифов.

Турбидиты. Это песчаные и грубозернистые глубоководные океанические отложения со значительным содержанием алевритовых и глинистых частиц. Для них характерна так называемая градационная слоистость, при которой в разрезе толщи ритмически чередуются серии слоев от грубозернистых внизу (песок и даже гравий) до тонких пелитовых образований в верхней части разреза. Генетически эти отложения представляют собой конусы выноса подводных каньонов и наклонных равнин материкового склона. Они вытянуты в сторону открытого океана на огромные расстояния (на многие сотни километров) (см. рис.7.12). Для них характерно присутствие включений явно мелководного и даже континентального происхождения. Считается, что турбидиты участвуют и в формировании шлейфов, оконтуривающих подножия подводных гор и хребтов.

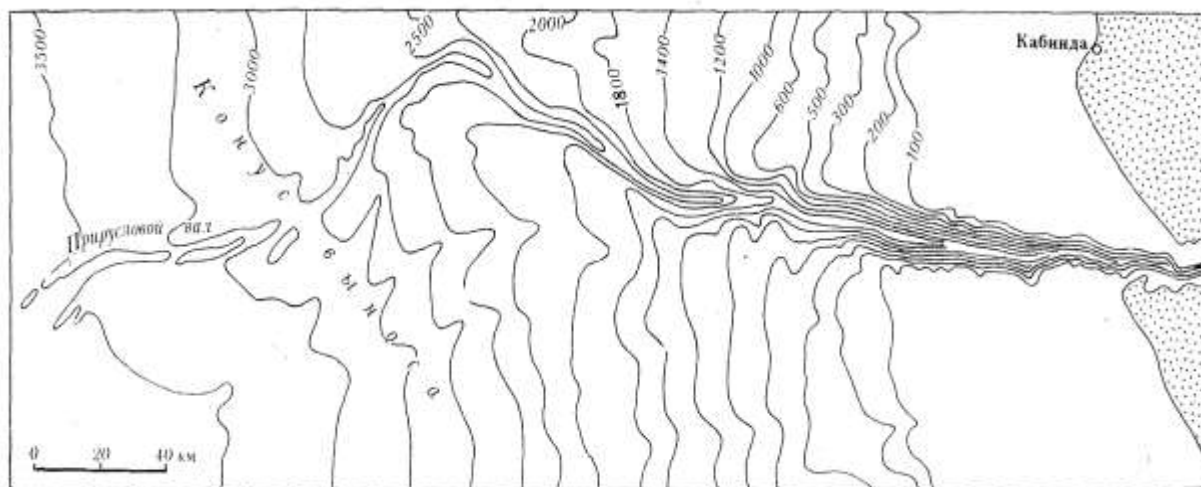


Рис. 7.12. Морфологические черты одного из крупнейших подводных каньонов – Конго [Леонтьев. 1982].

Устье каньона расположено на глубине около 3500 м. Начиная с глубин 2500 м, каньон фактически врезан в собственный конус выноса, который уверенно прослеживается до глубин 4000-4500 м.

Сход мутьевых потоков по каньону обычно носит катастрофический характер, напоминающий сход грязекаменной лавины в горах (сель). Скорость движения мутьевого потока может достигать 70-80 км/ч. Для подводных каньонов характерно развитие явлений *оползания и осыпания склонов*.

Ледниково-морские отложения. В отечественной научной литературе эти отложения принято называть айсберговыми осадками. Они состоят из моренного материала, представленного неокатанными валунно-щебнистыми отложениями, имеющими очень низкую степень сортировки. Обычные размеры обломков составляют 25-50 мм. Для них характерен серый, зеленовато-серый и бурый цвета. Эти осадки практически не содержат карбонатов, имеют примеси диатомовых водорослей, иногда стеклянных губок. Регионально айсберговые осадки тяготеют к областям современных крупных оледенений суши – Антарктиде и Гренландии, являющихся главным поставщиком айсбергов. Наиболее обширные площади их распространения зафиксированы в южном *полушарии* и составляют около 6,4 млн. км². Механизм этих образований особых дискуссий не вызывает. Его связывают с таянием айсбергов и осаждением содержащегося в них моренного материала на дно.

Отечественные специалисты, наряду с айсберговыми осадками, выделяют ещё и осадки северной ледовой зоны. Они формируются под воздействием плавучих льдов, преимущественно неайсбергового происхождения. Это – льды припая, речные и многолетние морские льды. Характерной их чертой является преобладание алевритовых и пелитовых фракций со значительной примесью галечного и песчаного или песчано-гравийного материала.

Пирокластические (вулканогенные) осадки. Этот тип осадков стал выделяться после работ советских исследователей [Леонтьев, 1982], хотя их описание давалось и ранее, в частности Ф. Шеппардом [1969]. По своему механическому составу эти осадки представлены песками, крупным алевритом и мелкоалевритовыми илами. В минералогическом спектре преобладают вулканическое стекло, плагиоклазы, оливин, авгит и пироксены. Характерно высокое содержание малоустойчивых глубинных минералов. Довольно часто встречаются крупные включения, связанные с вулканическими извержениями, такие, например, как вулканические бомбы. Представление о характере распространения пирокластических осадков дает рис. 7.13.

Основные закономерности осадкообразования в открытом океане

Генетические закономерности. Авторитетный советский геолог Леонтьев О.К. рассматривает три основных типа осадкообразования в морях и

океанах [Леонтьев, 1982]:

1. *Нормальная седиментация.* Характеризуется длительным перемещением материала в виде взвеси и постепенным его осаждением на дно (в среднем в течение нескольких десятков лет).
2. *Аллохтонная седиментация.* Имеется в виду перемещение осадочного материала под действием волновых движений, мутьевых потоков, подводного оползания, оплывания или обваливания или под действием плотностных донных течений. Это название Леонтьев О.К. считает условным, в связи с тем, что при *нормальной седиментации* материал также переносится (см. основные понятия). Однако, формы переноса в первом и втором случаях принципиально отличаются.
3. *Автохтонная седиментация.* Накопление осадочного материала без переноса. Примерами могут служить образование хемогенных осадков, скопление ракушки, образование коралловых известняков.

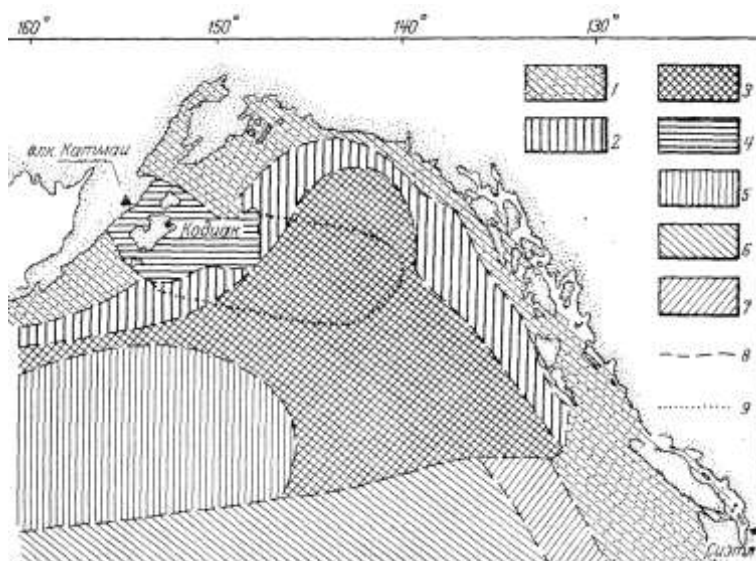


Рис. 7.13. Распределение осадков на дне северо-западной части Тихого океана (из работы [Шеппард, 1969].

1 – терригенные отложения (от галечников до глин); 2 – терригенные отложения с содержанием диатомей менее 20 %; 3 – осадки, включающие более 20 % диатомей; 4 – **вулканические пеплы** вулкана Катман; 5 – ледниково-морские отложения с диатомеями; 6 – глины с радиолариями; 7 – алевриты и глины, обогащенные глобигеринами; 8 – границы распространения осадков различных типов; 9 – границы **поля пеплов** вулкана Катман.

Географические закономерности. Установлено три основных закономерности в географическом распределении донных осадков:

1. *Широтная.* Связь с климатической зональностью. Наиболее отчетливо эта связь проявляется в смене известковых илов кремнистыми (в полярной и субполярной зонах). Более детальные исследования показали, что закономерно изменяется и

распределение главных глинистых минералов, распространение айсберговых осадков и др.

2. *Циркумконтинентальная (или меридиональная).* Достаточно четкая смена характера отложений по мере удаления от материков. Отложения терригенного состава, развитые преимущественно по окраинам материка, по мере удаления от береговой черты в умеренных и теплых широтах сменяются известковыми илами, а затем коричневыми (красными) глинами.
3. *Вертикальная зональность.* Она проявляется в том, что по мере увеличения глубины океана в осадке возрастает содержание тонких фракций и происходит смена известковых осадков отложениями, лишь содержащими известь.

Важную информацию для понимания общих закономерностей осадкообразования даёт карта современного литогенеза (см. рис.7.14).

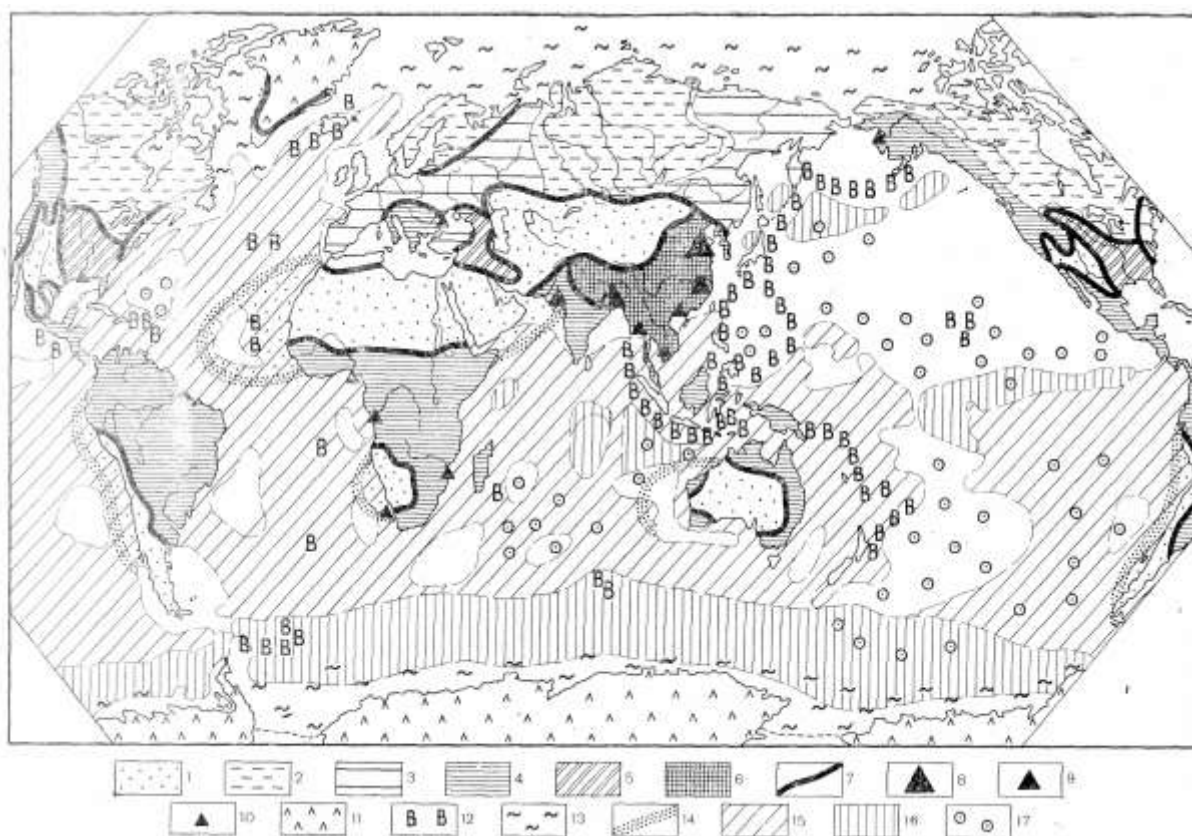


Рис.7.14. Питание дна океана осадочным материалом и типы современного литогенеза (по О.К. Леонтьеву [1982]).

1 – области аридного литогенеза; 2 – 6 – области гумидного литогенеза (2 – с интенсивностью механической денудацией менее 10 т/км^2 в год, 3 – от 10 до 50, 4 – от 100 до 240, 6 – более 240 т/км^2 в год); 7 – границы областей гумидного литогенеза (по Страхову, 1963 г.); 8 – 10 – твердый сток крупнейших рек (8 – более 1 млрд. т/год, 9 – от 500 млн. т до 1 млрд. т, 10 – от 50 млн. т до 500 млн. т, по Лисицину, 1973 г.); 11 – области ледового литогенеза; 12 – области вулканогенно-осадочного литогенеза; 13 – поступление ледового материала в осадки; 14 – поступление эолового материала; 15 – поступление биогенного карбонатного материала; 16 – поступление биогенного кремнистого материала; 17 – железомарганцевые конкреции.

Общий вывод:

в областях открытого океана происходит наращивание литосферы за счёт материальных ресурсов океана (растворенных в воде веществ, живущих в океане организмов, взвешенного материала, поступающего в океан со стороны суши).

7.3. Водообмен литосферы и океана**Основные понятия**

1. **Водоупоры** – водонепроницаемые горные породы, способные лишь удерживать воду, но не отдавать ее.
2. **Коллекторы** – горные породы, легко пропускающие через себя воду и при открытых внешних границах (в образце, крупном блоке, в геологической структуре) не способные ее удерживать.

Эти базовые понятия в учении о подземных водах (гидрогеологии) носят условный классификационный характер, связанный с относительностью представлений о проницаемости горных пород.

Из коллекторов и водоупоров формируются более сложные структурные элементы – водоносные и водоупорные горизонты, из них – соответствующие комплексы, толщи и крупные гидрогеологические структуры.

3. **Грунтовые воды** – воды первого от поверхности водоносного горизонта, залегающего на ближайшем и выдержанном по простиранию водоупоре. Как правило, эти воды имеют свободную поверхность, наподобие озера, помещенного в поры и трещины горных пород. Однако на отдельных участках, в случае локального разделения общего горизонта водоупорными породами, в нем могут формироваться местные напоры, благодаря которым уровень воды поднимается выше кровли такого горизонта. Такая ситуация характерна для аллювиальных отложений пестрого литологического состава, особенно в долинах горных рек.

Главной чертой грунтовых вод является их тесная связь с климатическими условиями.

4. **Артезианские воды** – воды коллекторов, залегающих между водоупорами. Как правило, характеризуются избыточным напором над кровлей водоносного горизонта. Однако в областях интенсивной разгрузки горизонта или в зонах активной его эксплуатации гидрогеологическими скважинами при существенном снижении напоров в артезианском горизонте может возникать так называемый безнапорный режим, т.е. возникать свободная водная поверхность, как в грунтовых водах.

Главной чертой артезианских водоносных горизонтов является их затрудненная связь с климатическими факторами.

5. **Области питания и разгрузки подземных вод.** Представление о них дают рис. 7.17 и 7.18.
6. **Гидротермальные растворы (гидротермы)** – горячие водные растворы, которые циркулируют в земной коре и участвуют в процессах перемещения и отложения минерального вещества. Интенсивная деятельность гидротерм

связывается с областями современного вулканизма. Считается, что формирование гидротерм происходит при смешении вадозных вод глубокой циркуляции и ювенильных эманаций.

Вадозные воды – подземная вода, образующаяся и залегающая в пределах земной коры (по Э. Зюссу).

Ювенильные эманации – газовые выделения первичного эндогенного происхождения.

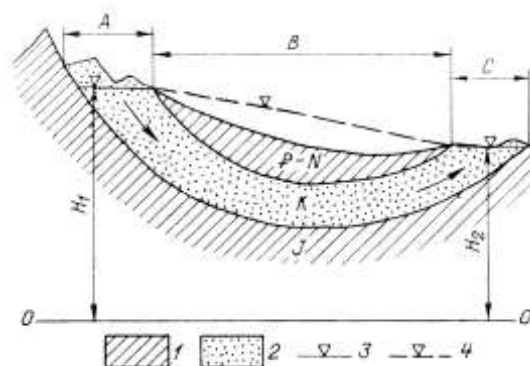


Рис.7.15. К понятиям области питания, движения и разгрузки подземных вод [Кириухин, 1988].

1 – глины; 2 – пески; 3 – свободный уровень подземных вод; 4 – пьезометрическая поверхность водоносного комплекса.

P-N – палеоген-неогеновый водоупорный комплекс; K – меловой водоносный комплекс; J – юрский водоупорный комплекс; H_1 , H_2 – средние высотные отметки уровня подземных вод мелового комплекса в областях его выхода на поверхность; A – область питания; B – область движения (напора); C – область разгрузки подземных вод мелового комплекса. Стрелка – направление движения подземных вод в меловом комплексе.

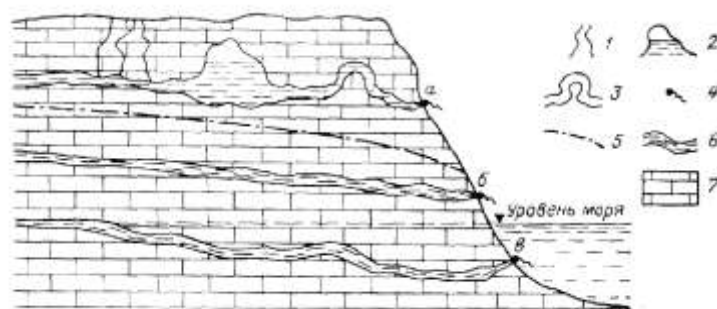


Рис. 7.16. Условия движения и разгрузки карстово-грунтовых вод (выше них в зоне аэрации могут образовываться временные потоки сифонного типа).

1 – трещины и каналы, выходящие на поверхность земли; 2 – карстовая полость, заполненная водой; 3 – изогнутый канал сифонного типа; 4 – источники: а – временно действующий, б – постоянно действующий, в – субмаринный (источник на дне моря); 5 – пьезометрический уровень карстовых вод постоянно существующего водоносного горизонта; 6 – основной карстовый канал; 7 – известняки.

7. Трог – удлиненная, но относительно широкая депрессия дна океана.

8. Рифтогенез – образование рифтов (см. раздел 7.5).

Субмаринные источники

По субмаринным источникам накоплен обширный описательный и экспериментальный материал, позволяющий разделить их на несколько генетических типов:

- Источники карстового происхождения.
- Источники, связанные с разгрузкой русловых потоков в дельтах и авандельтах (подводная часть дельты) рек.
- Источники, вызванные разгрузкой в море трещинно-жильных вод.

Субмаринные источники карстовых вод. Такие источники широко распространены на Черноморском побережье Кавказа, в Крыму, на Средиземноморском побережье. В Гаграх и Гантиади, например, карстовые источники известны в 10-60 м от берега на протяжении нескольких километров. Они приурочены к контакту известняков с горизонтом мергелей и мергелистых глин. В других районах побережья этот контакт располагается на бо́льших глубинах, что даёт основание предполагать их существование на значительном удалении от берега.

В Динарской карстовой провинции Средиземноморья на протяжении 420 км вдоль береговой полосы обнаружено 32 выхода отдельных и групповых субмаринных источников, удаленных от берега от 1 до 30 м. На юге Франции (Лазурный берег вблизи Канн) субмаринный источник найден на глубине 162 м, а в Италии (около Сан-Ремо) – на глубине 190 м, в зал. Святого Мартина – на глубине даже 700 м. На Пиринейском полуострове в массиве Гарраф известно 8 субмаринных источников. Наиболее крупный из них приурочен к подводной скале, имеющей длину около 1 км. Субмаринный поток исследован здесь на протяжении 200 м. Для большинства карстовых субмаринных источников характерна жесткая связь их режима с климатическими факторами, главным образом, с атмосферными осадками.

Резкие перепады пьезометрического давления, свойственные потокам воды, движущимся в карстовых каналах, приводят к образованию так называемых интермиттирующих, или перемежающихся, субмаринных источников. Эти источники периодически действуют как поноры, всасывающие морскую воду. При равновесии напоров подземных и морских вод источники прекращают свою деятельность, часто заполняются морскими наносами, а при незначительном изменении соотношения напоров начинают работать в фильтрационном режиме (разгрузка происходит уже опосредованно, через слой наносов). Грифоны таких источников сохраняют в этот период свои особенности и легко различимы в рельефе дна. В одних случаях это овальные углубления в современных наносах (до 0,5 м). Дно этих углублений заполнено хорошо отсортированным крупнозернистым песком и мелкой галькой

(по наблюдениям в районе Гантиади). В других случаях – это карстовые воронки и цилиндрические углубления диаметром до 1,5 м и глубиной до 1 м, на дне которых лежат крупные камни и плиты (по наблюдениям на Далматинском побережье бывшей Югославии).

Конфигурация начальной струи источника (грифона), определяющая начальные морфометрические параметры факела разгружающихся вод, зависит от особенностей залегания пород, степени обнажённости их на дне и свойств вод самого источника (в основном минерализации и температуры). Представление о форме факелов от субмаринных источников дает рис. 7.17, построенный на основе многочисленных экспериментов в гидравлическом лотке [Коротков, 1980].

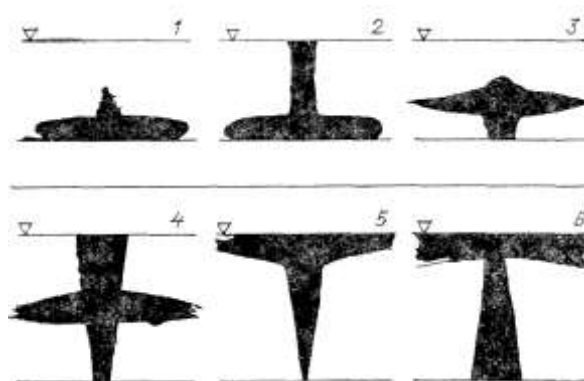


Рис. 7.17. Внешние стабилизированные формы факелов в стратифицированной спокойной среде (по Ю.Г. Юровскому).

Факелы: 1,2 – с отрицательной плавучестью; 3,4 – в стратифицированной среде; 5,6 – с положительной плавучестью

Источники, вызванные разгрузкой подрусловых потоков в дельтах и авандельтах распространены достаточно широко. Чаще всего эта форма разгрузки имеет рассредоточенный характер, причем аномалии химического состава иловых вод, по которым обычно фиксируются эти источники, занимают большие площади. Результаты расчётов модулей вертикальной субмаринной разгрузки в авандельтах некоторых рек бассейна Каспийского моря, выполненных разными авторами, отличаются на 1-2 порядка. Максимальные цифры, полученные как отношение подземного стока аллювиальных вод к площади гидрогеохимической аномалии, велики: для р. Самур – 100, р. Гильгильчай – 30, р. Куры – 5 л/(с·км²) [Коротков, Павлов, Юровский, 1980].

На Черном море в 1971 г. сотрудники кафедры гидрогеологии и геологии ЛГМИ (ныне кафедра гидрогеологии и геодезии РГГМУ) наблюдали несколько небольших субмаринных источников этого типа

в районе устьев рек Псеуапсе и Псоу (Черноморское побережье Кавказа). Источники были обнаружены при прохождении маршрутов в легководолазном снаряжении на глубинах от 4 до 10 м на расстоянии до 250 м от берега [Коротков, 1980]. Расположенные в зоне песчано-галечных отложений, они имели вид небольших родничков. Анализы отобранных проб показали пониженное содержание хлор-иона даже по отношению к сильно опресненным водам предустьевого участка. Зафиксировать источники этого типа обычно весьма сложно из-за повышенной мутности воды и очень малых гидрохимических градиентов. Термосъёмка также малоэффективна ввиду того, что слабые источники этого типа не дают чётко выраженных факелов.

Субмаринные источники, вызванные разгрузкой трещинно-жильных вод, приурочены обычно к системам крупных тектонических разрывов в изверженных и метаморфических породах. Источники, относящиеся к этому типу вод, широко известны на суше, причем наиболее часто встречаются в горных районах (Кавказ, Памир, Тянь-Шань). Дебит их бывает значителен, химический состав отличается большим разнообразием. Исследования, посвященные субмаринной разгрузке именно этих вод, автору не известны. В 1975 г. на Южном берегу Крыма удалось наблюдать лишь три малобитных источника у северо-западного склона горы Аюдаг. Происхождение этих источников, по-видимому, связано с системой обводненных трещин интрузивных образований (горы Аюдаг). Источники расположены на глубине 6 и 18 м. Их грифоны не превышали размеров 0,2х0,3 м. Температура 9,8 °С. Дебит и химический состав воды не определялись.

Давно известны холодные пресные источники на подводных склонах Филиппинских и Гавайских островов. Температура воды большинства из них не превышает обычно 10–12 °С.

В районах активного вулканизма известны термальные (температура выше 30 °С) и особенно парогидротермальные источники (температура до 100 °С и более). Подземные воды, питающие эти источники, поступают по крупным вулкано-тектоническим разрывам и сбросам, а также по системам трещин, развитых в вулканогенных и вулканогенно-осадочных породах (лавах, андезитах, риолитах, пемзовых и туфовых брекчиях). Термальные источники Гавайских островов отличаются сравнительно низкой температурой, что, по мнению ряда исследователей, объясняется обилием грунтовых вод и интенсивностью их циркуляции. Напротив, высокая температура характерна для небольших субмаринных источников о. Уайта в зал. Пленти (Новая Зеландия). Термальные субмаринные источники, приуроченные к вулканогенным породам, известны в береговой зоне Курильских островов и Японии. В период отлива расположенные в углублениях дна источники

используются в качестве ванн. На подводных склонах вулкана Бану-Вуху участники советско-индонезийской экспедиции наблюдали струи горячей воды, бьющей среди обломков горных пород. На расстоянии 1 м от дна струи мутнели и желтели. При охлаждении из них выпадало от 100 до 140 мг/л гидроокислов железа и марганца [Коротков, Павлов, Юровский, 1980]. Очевидно, подобные явления обычны для подводного вулканизма, масштабы которого, особенно в тихоокеанском бассейне, весьма широки. Термальные источники могут встречаться в лагунах и на внешних рифах коралловых островов. Происхождение этих источников объясняется гипотетической циркуляцией соленых морских вод под атоллом, вызванной интенсивным тепловым потоком от вулканических пород. Если такая циркуляция и существует, то её температурные градиенты должны быть относительно невелики, в противном случае они бы исключили возможность жизнедеятельности кораллов.

Термальные субмаринные источники известны у средиземноморских берегов Франции (департамент Буш-дю-Рон) и на Черноморском побережье Румынии. Выходы термальных источников у берегов Франции приурочены к породам миоценового возраста, воды их насыщены сероводородом. Повышенную температуру (30–35 °С) объясняют экзотермическими реакциями, при которых вода обогащается сероводородом и железом. Сероводородные воды такого типа часто связаны генетически с битуминозными и нефтеносными осадочными породами. Однако не исключается возможность связи их происхождения с интрузиями магматических пород.

По режимным характеристикам субмаринные источники можно разделить на постоянные, перемежающиеся и временные. Их режим определяют климатические, геологические, литодинамические и тектонические факторы, причем степень важности каждого из них для различных генетических типов источников будет разной. На фоне медленных колебаний основных параметров подземного стока порово-пластовых вод субмаринные источники дают высокочастотный спектр разгрузки, внося свои коррективы в общую картину водообмена на границе океан–литосфера.

Геологические предпосылки для подземного стока в океан

В региональной гидрогеологии основным принципом выделения водоносных горизонтов и комплексов является петролого-структурный, отражающий как микро-, мезо-, так и макро-структуризацию подсистем. Этот принцип в гидрогеологии хорошо верифицируется и выдержал проверку в теории и практике. Поэтому его можно применить и для установления нижней гидрогеологической границы континентальной террасы.

Окраины атлантического типа. Для них характерен платформенный режим развития, сформировавшийся повсеместно к мезозойскому времени. Все домезозойские структуры срезаются склоном континентальной террасы и являются прямым продолжением тектонических конструкций. Иными словами, эти структуры образовались до возникновения современных шельфов. Считается, что к этому моменту в домезозойских образованиях уже сложился некий материковый тип структуризации системы вода–порода. Скорей всего он относится к платформенному образцу, но главное, что он был дошельфовым. В мезозое окраины материков начинают опускаться. В различных районах датировки этого события, разумеется, не совпадают. На одних участках опускание возникло раньше, на других – позже, но во всех случаях оно фиксируется после палеозоя. Его геологические следы обнаруживаются в виде размытой поверхности домезозойского фундамента, на которой спокойно залегают мезозойские осадки. Принципиальная схема соотношения дошельфовых и современных шельфовых структур хорошо видна на макете в районе полуострова Флорида (рис.7.18).

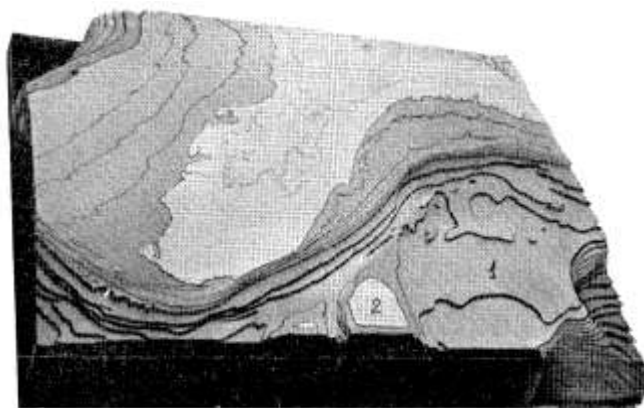


Рис. 7.18. Макет южной окраины материка близ восточного побережья США (по К. Эмери, 1965 [Геология ..., 1969]

Снимок ориентирован в северном направлении. Площадь района 710х960 км. До глубины 200 м каждая пластинка макета соответствует 20 м. Ниже этой глубины утолщенные пластины макета располагаются через 200 м. Значительные изменения тона видны на глубинах 2000 и 4000 м. Соотношение вертикального и горизонтального масштабов 20:1. 1 – плато Блейк; 2 – платформа Багамских островов.

Террасовидное плато Блейк лежит на глубинах около 750-1150 м. Его средняя ширина составляет приблизительно 275 км. На поверхности плато много неровностей. Происхождение депрессий ряд исследователей рассматривает как продольные рвы, образовавшиеся в результате эрозионного действия подземных вод из водоносных горизонтов в период плейстоценового понижения уровня океана.

Окраины материков тихоокеанского типа. Выделить на них шельфовую подсистему вода–порода значительно труднее. Однако известно, что и здесь начало затопления окраин датируется мезозоем и

поверхность размыва границы мезозой–домезозой фиксируется. Вероятно, эту поверхность и следует принимать за нижнюю гидрогеологическую границу континентальных террас. Она отделяет чисто шельфовую структуризацию системы от дошельфовой и прослеживается геологическими и геофизическими методами.

В 1968 г. у берегов Флориды были обнаружены очаги разгрузки пресных вод на континентальном склоне на расстоянии более 50 км от берега.

Рассмотрим морфологические и геологические условия материковых отмелей и континентальных склонов с точки зрения их гидрогеологических возможностей.

Шельфы, как правило, являются далеко не плоскими равнинами, наклоненными в сторону океана, и смена осадков на них вовсе не является строго закономерной последовательностью перехода крупнообломочного материала вблизи берега к глинистым вдали от него.

Чаще всего в шельфовых областях встречаются пески с диаметром зерен от 2 до 0,06 мм. Вторым, довольно распространенным типом осадков являются илы, алевритовые и глинистые. Кроме того, на шельфах встречаются галечники с примесью гравия и валунов.

На обширных территориях материковых отмелей осадочный покров отсутствует совсем. Здесь обнажаются скалистые горные породы материкового типа, представленные осадочными, изверженными и метаморфическими породами.

Морфологические типы шельфов тесно связаны с особенностями их геологического строения и морфологией прилегающей суши, хотя и не всегда являются её прямым продолжением. Довольно распространенным типом шельфа являются шельфы, окаймляющие области оледенения. Они изобилуют холмами и многочисленными банками, которые создают резкий контраст с глубокими трогами и котловинами. Большинство банок покрыто песком и гравием. К самостоятельному типу относятся шельфы с вытянутыми песчаными банками и ложбинами. Поверхность этих шельфов характеризуется небольшими неровностями, чередованием невысоких гребней и котловин. Осадки здесь распространены неравномерно: большие пространства покрыты песком, широко распространены полосы гравия. Сильные течения образуют на поверхности шельфов глубокие промоины и препятствуют отложению осадков. На узких шельфах, особенно вдоль горных побережий, наблюдаются обширные площади скалистого дна.

В целом можно сказать, что на материковых отмелях преобладают площади, структурно-литологическое строение которых обуславливает возможность разгрузки материковых вод и проникновение морских вод в толщу литосферы.

Материковые склоны изучены гораздо хуже шельфов. Однако существующий фактический материал позволяет сделать положительные выводы о возможности водообмена через них между океаном и литосферой. По современным данным 60 % донных осадков на материковых склонах представлено алевроитовыми и глинистыми илами, 25 % – песком. На обнажения коренных пород и гравийные отложения приходится около 10 % площади. Остальная часть территории занята ракушечниками и карбонатным илом.

Несмотря на то, что доля *потенциально фильтрующих пород* здесь меньше, чем на материковых отмелях, водообмен между литосферой и океаном в этих областях может протекать не менее интенсивно. Большинство материковых склонов имеет тектоническое происхождение и характеризуется многочисленными сбросами и смещениями земной коры, которые создают исключительно благоприятные условия для водообмена, обнажая водоносные горизонты и комплексы на обширных площадях. Кроме того, материковые склоны часто изрезаны каньонами, достигающими 700 – 1000 м. Склоны каньонов сложены коренными породами, что также способствует водообмену между океаном и литосферой (см. рис. 7.19).

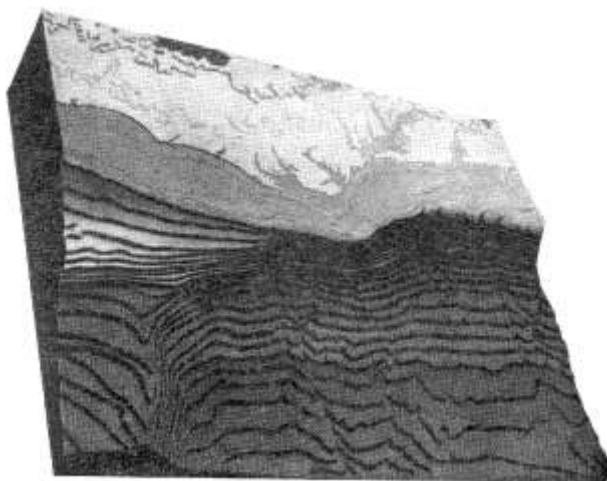


Рис. 7.19. Макет средней части окраины материка. Продолжение рис.7.18 к северо-востоку (по К. Эмери, 1965).

Слева видна окраина плато Блейк (по К. Эмери, 1965 [Геология..., 1969]).

Видны многочисленные каньоны средних размеров, прорезающие материковый склон и уходящие дальше в пределы материкового подножия в виде глубоководных каналов.

Важное значение для водообмена на такого рода территориях приобретают характер и направленность современных тектонических движений, влияющих на перераспределение напоров и запасов воды в водоносных комплексах. Когда водоносные пласты обнажаются на шельфе или материковом склоне, неотектонические движения могут замедлить или усилить поступление морских вод в литосферу в условиях одновременной

разгрузки подземных вод, а также привести к интенсивной фильтрации морских вод в пласт.

Интрузии (внедрение) морских вод в сушу

Переуглублённые речные долины, заполненные песчано-гравийным и галечным материалом, являются мощными дренами для окружающих водораздельных массивов. Эти дренаи конусами выноса главных рек обрываются в море. Основной особенностью разгрузки содержащихся в них подземных вод является проникновение морских вод в сторону суши в виде языка, подстилающего поток пресных вод и выклинивающегося на определенном расстоянии от линии берега (см. рис. 6.1 в гл. 6).

Это расстояние зависит от напора вод суши и соотношения плотностей морской и подземной воды. Понижение уровней на суше или повышение уровня в море (при нагонных ветрах, приливах, штормах) усиливает проникновение морских вод в сторону суши. Явления такого рода наблюдаются не только в подрусловых потоках, а имеют более широкое развитие и при соответствующих условиях могут наблюдаться на всех прибрежных территориях. Например, жители г. Сочи хорошо знакомы с таким фактом, когда в прибрежной полосе уже в трехбалльный шторм вода в грунтовых колодцах становится солоноватой, а в пятибалльный – солёной и непригодной для питья. В Лос-Анджелесе население около 50 % воды получает из бассейнов подземных вод, находящихся на побережье. Питание этих бассейнов происходит в основном за счёт атмосферных осадков, инфильтрующихся в горные породы. В результате эксплуатации уровень подземных вод на побережье становится значительно ниже уровня океана, что приводит к активной интрузии морских вод в пределы суши. В Нидерландах качество воды тесно связано с удалённостью того или иного района от берега моря. Пресные подземные воды залегают на побережье до глубины 200 м. Ниже находятся морские воды. Для предотвращения их внедрения в водоносные горизонты с пресной водой эксплуатацию сопровождают одновременной параллельной откачкой морской воды из рядом расположенных скважин. Интенсивное проникновение морских вод в сушу наблюдалось на территории Прибалтийских государств, описано для США, для прибрежных равнин Израиля, известно в береговой полосе Марокко и т.д.

На больших глубинах условия проникновения морских вод в литосферу могут существовать постоянно. Например, рассматривается гипотеза о цикличности потока морских вод, связанной с геотермическим нагреванием водоносного горизонта Флориды. В соответствии с ней холодные и плотные морские воды Мексиканского залива и Флоридского пролива поступают в горизонт кавернозных доломитизированных известняков и песков, нагреваются, становятся менее плотными и,

благодаря конвекции, поднимаются вверх. После смешения с пресными водами они возвращаются в море. Исследования, выполненные для проверки этой гипотезы, во многом подтвердили её. Было даже установлено, что 7/8 расхода горизонта в створе береговой линии приходится на пресные воды, формирующиеся на материке, 1/8 – на солёные воды моря.

Подобная схема рассматривалась для бассейна подземных вод, расположенного в регионе Бискайского залива. Процесс постепенного засоления подземных вод этого бассейна разделяется на три фазы: первая относится к миоцену, вторая – к плиоцену, – к четвертичному периоду. Циклическая связь морских и подземных вод прибрежных территорий на протяжении геологического развития, по-видимому, являлась их характерной гидрогеологической особенностью. Подобного рода схема рассматривается и для Мацестинского месторождения минеральных вод, расположенного на Черноморском побережье Кавказа в пределах Сочинского артезианского бассейна (см. гл. 5). В соответствии с ней запасы мацестинских минеральных вод ежегодно восполняются за счёт сезонных проникновений черноморских вод в глубокие участки литосферы.

В настоящее время факты проникновения морских и океанических вод в литосферу настолько многочисленны, что их приходится рассматривать уже не как частное явление, а как региональную закономерность. Будучи региональным, это явление в какой-то мере уравнивает в общем водном балансе непосредственную разгрузку подземных вод вдоль береговой линии морей и океанов, которая до сих пор не учитывается.

Гидротермы океана

На дне океана установлено большое число субмаринных очагов разгрузки гидротермальных растворов. Особый интерес они вызывают в связи с их рудообразующей деятельностью. Для этих гидротерм характерны очень высокие содержания таких металлов, как Fe и Mn, Zn и Cu, превышающих их содержание в морской воде соответственно на 6-7 и на 4-5 порядков, и др. Обилие фактического материала по этому вопросу позволило выделить несколько крупных металлогенических провинций. Представление о них дает рис. 7.20.

1. Срединно-океанические хребты (см. рис. 7.21).

На выходе у дна океана температура гидротерм достигает 420 °С. По составу это сероводородно-углекислые хлоридные натриевые растворы. Они не содержат сульфатов, лишены магния, отличаются высокой корреляцией между соленостью и величиной рН, высоким содержанием диоксида углерода, сероводорода и метана, кислые с восстановительными значениями редокс-потенциала (гН) и высоким содержанием металлов.

Внутри этой провинции выделяют два вида областей с различными геолого-тектоническими обстановками:

1. *Вулканогенные гидротермы центральных частей спрединга* (см. раздел 7.5), свободные от осадков. С центрами быстрого и среднескоростного спрединга связаны как распреснённые гидротермы, так и рассолы. Здесь формируются растворы с максимальными концентрациями Mn, Fe, Zn, Li, Be, Al. В условиях медленного спрединга состав растворов более стабилен, и они отличаются повышенными концентрациями Cu и Au, хотя в целом металлоносность их ниже. Термы этих областей отличаются очень высокими содержаниями Cs, Sr, Co, Cd, Pb.
2. *Вулканогенно-седиментогенные гидротермы центров медленного спрединга*, частично перекрытые осадками. Примером является впадина Гуаймас в Калифорнийском заливе. Для этих гидротерм характерны повышенные содержания B, I, NH₃, связь с формирующимися в толще осадков углеводородами, самые высокие из известных концентрации Cs, Sr, As, Se, а также очень высокие содержания Li, Rb, Be.

II. Провинции океанических окраин.

В целом для этих регионов характерно большое разнообразие состава гидротерм. Здесь, так же как и для провинции срединно-океанических хребтов, выделяют два типа областей:

1. *Островодужные гидротермы* (связанные с островными дугами, см. рис. 7.21). Обычно они представляют собой сравнительно мелкие гидротермальные проявления (например, Курильская, Марианская дуги в Тихом океане, Липарская, Эллинская дуги в Средиземном море). Среди этого типа особыми признаками отличаются субмаринные гидротермы сульфатно-хлоридного и магнево-натриевого состава с очень высокими содержаниями Mn, Fe и Zn. Они формируются под воздействием кислых вулканических эманаций.
2. *Гидротермы междугового рифтогенеза*. По составу они напоминают гидротермы срединно-океанических рифтов, но отличаются от них повышенным содержанием K, Rb и Mn. По основному составу относятся к высокотемпературным хлоридным калиево-натриевым гидротермам. Примером может служить Марианский трог.

III. Провинция межконтинентального рифта Красного моря (см. раздел 7.5).

Эти гидротермы уникальны и пока не имеют аналогов. Они представлены рассолами с общей минерализацией более 150 г/л, содержание в них металлов измеряется десятками мг/л., температура достигает 56-62 °С.

IV. Провинция внутриплитных вулканов («горячих точек»).

Она включает в себя низкотемпературные и распреснённые субмаринные источники, характеризующиеся повышенным по сравнению с морской водой содержанием гидрокарбонат-иона, пониженными концентрациями

калия и сравнительно невысокой металлоносностью.

Анализ данных по океаническим гидротермам показывает, что по многим показателям они могут быть отнесены к промышленным водам (гидрогеологическая категория). Особенно это касается К и Li. Считается, что при благоприятных условиях в недрах гидротермальных систем океана могут формироваться промышленные растворы на Sr, Br, B, I, Rb, Cs, S, Ba, Ra, Se, Pb, Mo, Co, Cd, Au, Ag, а также элементов группы платины и редкоземельных элементов.

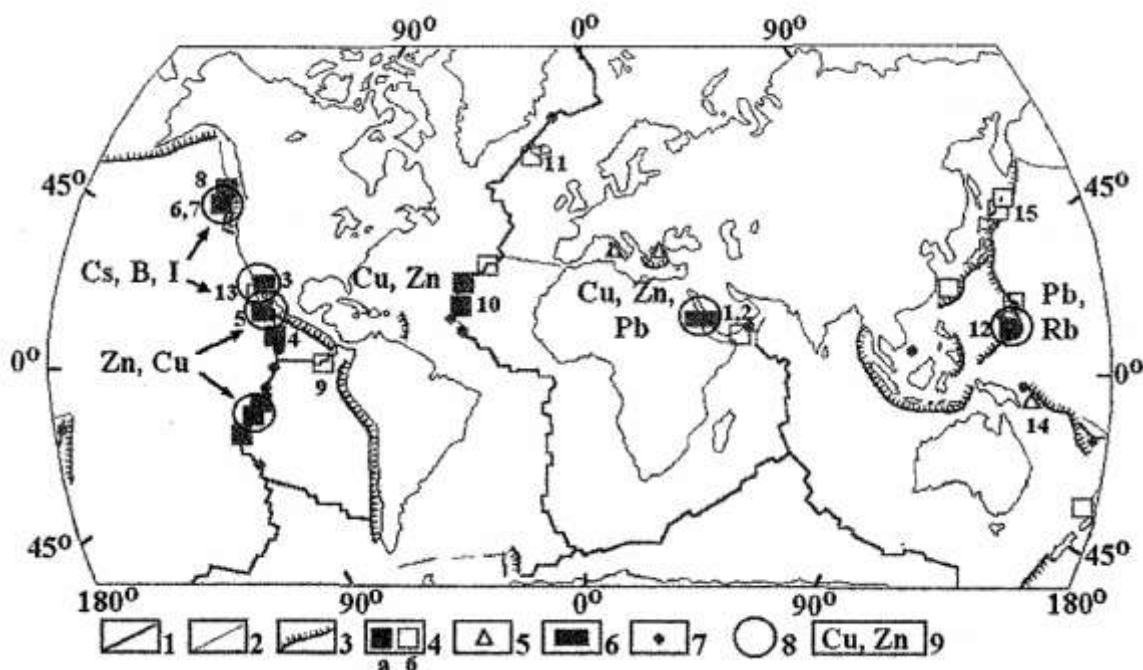


Рис. 7.20. Основные районы современной гидротермальной деятельности в Мировом океане [Геодинамика..., 1999].

1 – рифтовые зоны; 2 – главные разломы; 3 – глубоководные желоба; проявления гидротерм: 4 – хлоридные натриевые высокотемпературные (а) и низкотемпературные (б), 5 – сульфатно-хлоридные магниевые-натриевые, 6 – хлоридные натрий-кальциевые рассольного типа; 7 – зоны разгрузки субаквальных гидротерм, предполагаемые по аномалиям состава морской воды; 8 – наиболее перспективные проявления промышленных гидротермальных растворов; 9 – компоненты промышленных растворов.

Следует также отметить, что в местах выхода гидротерм на поверхность океанического дна происходит интенсивное отложение разнообразных минералов, представляющих самостоятельный промышленный интерес.

Общий вывод: через границу океан–литосфера осуществляется активный водообмен, в котором преобладает направление снизу вверх (из литосферы в океан).

7.4. Минеральные ресурсы дна океана.

Основные понятия.

1. **ЖМК** – железомарганцевые конкреции (Mn, Ni, Cu, Co)/
2. **КМК** – кобальмарганцевые корки (Co, Mn, Ni).
3. **ГПС** – глубоководные полиметаллические сульфиды (Cu, Zn, Au, Ag).
4. **Газогидраты** – твёрдые соединения из метана и воды, возникающие при определённом давлении и температуре. Впервые были обнаружены в СССР в 1965 году. Внешне напоминают спрессованный снег (см. рис. 7.21) и могут гореть. Единичный объём газогидрата может содержать до 160-180 объёмов чистого газа. Сегодня рассматривается как углеводородное сырьё будущего.



Рис. 7.21. Внешний вид газогидрата.

Общая характеристика

Процессы, протекающие на океаническом дне, формируют крупные запасы минерального сырья для будущего человечества. Их изучение, по существу, только начинается. Определённое представление о них поможет составить таблица 7.1 и информация на рис. 7.22, 7.223, 7.24, взятые мной из работы [Минеральные ресурсы..., 2007].

Таблица 7.1.

Содержание и ресурсы стратегических металлов в рудах Мирового океана и континентов (Андреев С.и. и др., 2006)

Основные виды океанического минерального сырья	Металлы	Мировой океан		Континенты		Соотношение потенциальных ресурсов океан/суша
		Содержание, %	Потенциальные ресурсы, млн т	Содержание, %	Потенциальные ресурсы, млн т	
Железомарганцевые руды	Ni	0,46-1,42	656,84	0,3-2,44	90-95	6,91
	Cu	0,12-2,96	427,38	0,6-4,0	725	0,59
	Co	0,20-0,73	358,08	0,1-0,6	6,0	59,68
	Mn	20,0-36,05	20958,57	20-44	8900	2,350
	Pt	0,2-1,83 г/т	14,798 тыс. т	3,9-4,2 г/т	24,8 тыс.т	0,60
	Mo	0,04-0,06	39,03	0,01-0,12	11,4	1,42
Глубоководные сульфиды	Cu	0,50-37,75	7,996	0,6-4,0	725	0,01
	Zn	0,50-23,64	14,096	4-10	298,3 т	0,05
	Pb	0,4-9,3	1,574	0,5-12	125,7 т	0,01
	Ag	45-1213 г/т	40,29 тыс. т	10-400 г/т	533 тыс.т	0,08
	Au	1,0-32,2 г/т	0,89 тыс. т	2-15 г/т	75,6 тыс. т	0,01

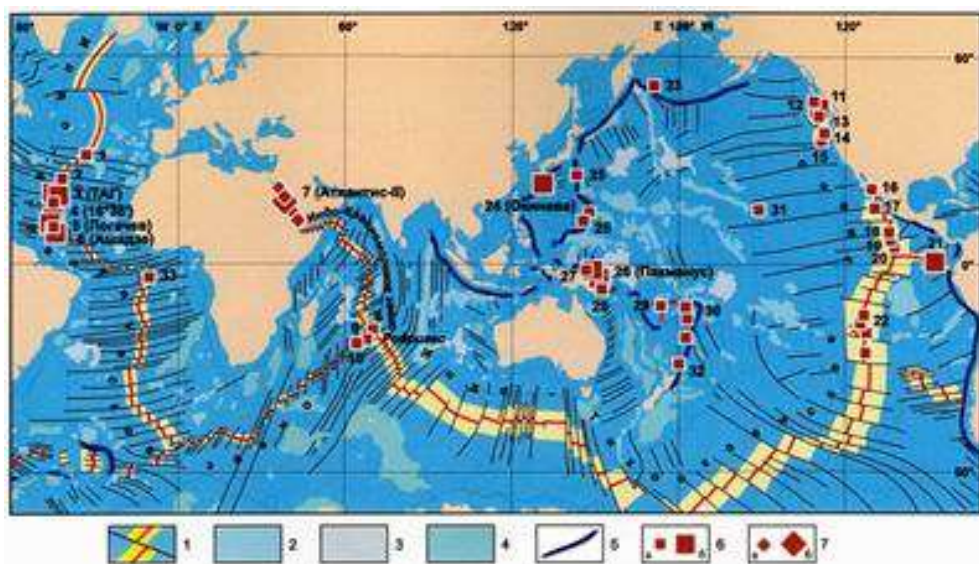
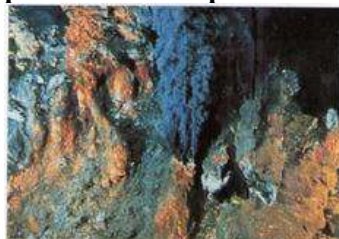


Рис. 7.22. Распрстранение гидротермальных и гидротермально-осадочных сульфидных руд Мирового океана.

1-осевая зона срединно-океанического хребта (СОХ) центральным рифтом и трансформным разломом; 2- вулканические и вулканотектонические поднятия; 3- поднятия типа «океанских земель»; 4- микроматерики и авншельфы; 5- окраинные желоба; 6-скопления сульфидных руд: а- мелкие и средние, б- крупные; 7- скопление металлоносных рассолов: а- мелкие и средние, б – крупные. Основные скопления гидротермальных и гидротермально-осадочных руд океана (расшифровка не приводится).

Примеры гидротермальных построек на океаническом дне



Чёрные курильщики



**Фрагмент сульфидной трубы
С газовыводящими каналами**

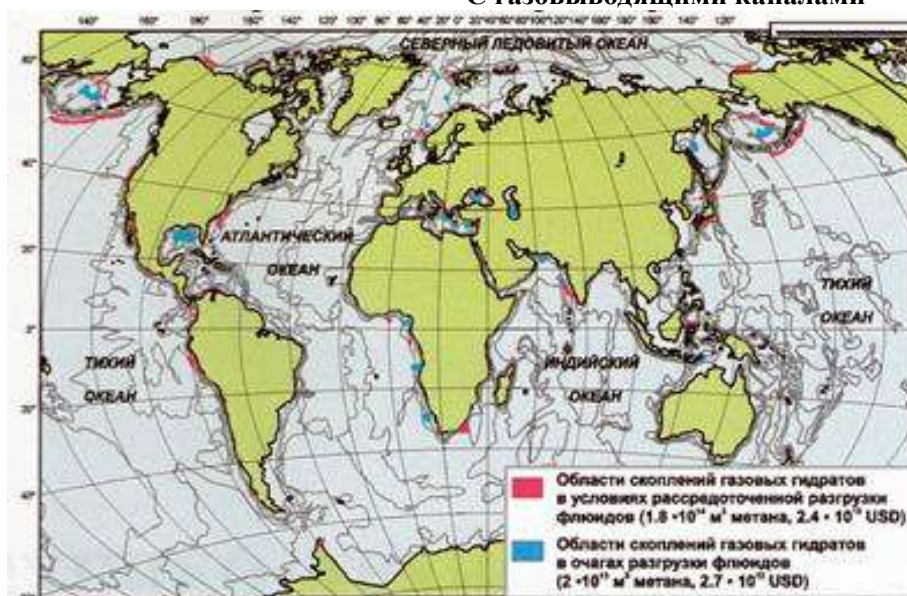


Рис. 7.23. Газогидратоносные акватории Мирового океана.

Примеры проявления газогидратоносных отложений



7.5. Тектогенез океанического дна.

Основные понятия.

1. **Тектоника** – геологическая дисциплина, изучающая движения земной коры, охватывающие значительные её глубины, и те структуры, которые такими движениями образуются. Магматизм рассматривается как тектоническое явление, поскольку связан с перемещением масс (по В.В. Белоусову).
2. **Тектогенез** – совокупность тектонических движений и процессов, под воздействием которых формируются тектонические структуры земной коры.
3. **Спрединг** – раздвижение океанического дна (термин из теории тектоники плит, см. рис. 7.24).
4. **Субдукция** – поглощение океанической коры под системами островная дуга – желоб или континентальной окраиной.
5. **Рифт** – раскол с растяжением.
6. **Рифтовые долины** – ступенчатые депрессии глубиной 2-3 км и шириной 20-30 км, уменьшающиеся в нижней части долины до нескольких сот метров.



Рис. 7.24. Иллюстрация концепции спрединга океанического дна в представлении Гарри Хесса [Аллисон, Палмер, 1984].

Новая океаническая кора образуется в срединно-океанических хребтах. Породы старого океанического дна погружаются под континенты или островные дуги, и при этом образуется наклонная зона очагов землетрясений (зона Беньоффа или зона субдукции) и возникает вулканизм.

7. **Трансформные разломы** – разломы, по которым происходит смещение срединно-океанических хребтов. Специфичность таких разломов заключается в том, что спрединг разорванных блоков направлен навстречу друг другу (на отрезке ху, см. рис. 7.25). Именно здесь возникают землетрясения. Общая картина разломной структуры океанических хребтов хорошо видна на рис. 7.26. Трансформные разломы могут смещать рифтовые долины на расстояния до 1000 км.
8. **Волновод** – слой, отличающийся пониженной скоростью распространения сейсмических волн. Его существование в верхней мантии Земли доказал Гутенберг (1926 г.). Поэтому волновод часто называют слоём Гутенберга.
9. **Сейсмотомография** – один из методов группирования сейсмических сигналов.

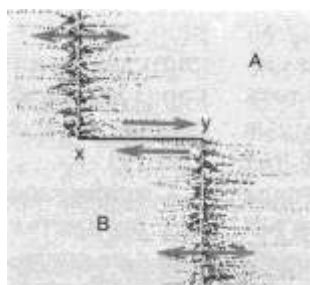


Рис. 7.25. Иллюстрация образования трансформного разлома [Аллисон, Палмер 1984].

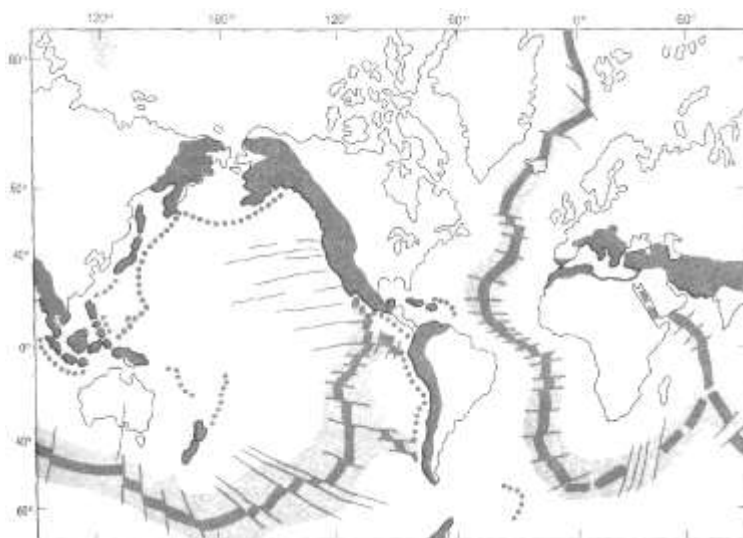


Рис. 7.26. Главные элементы земной коры [Аллисон, Палмер 1984].

Континентальные платформы и дно океанических впадин пересекаются активными складчатыми поясами и подводными хребтами. Система срединно-океанических хребтов (темные полосы) рассечена трансформными разрывами (жирные темные линии), смещающими части хребта. Жирными точками показаны глубоководные желоба около островных дуг или континентальных окраин. Землетрясения ассоциируются главным образом со срединно-океаническими хребтами, желобами, островными дугами и горными поясами.

Основания теории спрединга (даются фрагментарно по Г. Хессу – основоположнику теории раздвигания океанического дна).

1. В мантии происходит конвекция со скоростью 1 см/год.
2. Восходящие ветви конвективных ячеек располагаются под срединно-океаническими хребтами.
3. С существованием конвективных ячеек связано возникновение наблюдаемого повышенного теплового потока и образование выраженных в рельефе поднятий.
4. Мантийный материал поступает к поверхности в гребневой части этих хребтов.
5. Океаническая кора состоит из серпентинизированного перидотита, подвергшегося гидратации в результате выделения воды из мантии над восходящей ветвью конвективного течения.
6. Срединно-океанические хребты – эфемерные образования с продолжительностью жизни 200-300 млн. лет (что соответствует продолжительности существования конвективной ячейки).
7. Весь океан полностью очищается (старый материал замещается новым мантийным материалом) каждые 300-400 млн. лет.
8. Восходящие ветви, поднимающиеся под континентальными площадями, отодвигают разъединённые части континентов друг от друга с одинаковой скоростью, благодаря чему и образуются в полном смысле слова срединные хребты, как, например, Атлантический океан. В качестве иллюстрации ранней стадии этого процесса обычно приводятся Калифорнийский залив, Красное море, Аденский залив, а также такие рифтовые структуры, как оз. Байкал, Мертвое море и некоторые другие.
9. Континенты пассивно переносятся поверх мантии в результате конвекции.
10. Их передние края подвергаются интенсивной деформации, когда сталкиваются с погружающимися вниз конвективными ветвями мантийного материала.
11. Океаническая кора затягивается вниз в нисходящем конвективном течении, разогревается, выделяя в океан заключенную в них воду. (См. Гл. 6, раздел 6.3 «Круговороты природных вод».)
12. Чехол океанических осадков и вулканические подводные горы также съезжают вниз и перемалываются нисходящим конвективным течением. Они испытывают метаморфизм и, в конечном счете, вероятно, спаиваются с континентальной массой.

Элементы теории тектоники плит.

На базе теории спрединга, представлений о трансформных разломах и зонах субдукции была разработана новая глобальная тектоника – теория

плит. Суть её состоит в том, что литосфера (внешняя каменная оболочка Земли до астеносферы, см. Гл. 3) расчленена на несколько крупных и мелких плит, перемещающихся относительно друг друга. Их границы контролируются глобальными системами эпицентров землетрясений – вокруг Тихого океана и вдоль срединно–океанических хребтов. Внутри плит сильных деформаций не происходит.

Выделяется три основных типа относительного движения плит:

1. Движение в разные стороны (расхождение или дивергенция).
2. Движение навстречу друг другу (схождение или конвергенция).
3. Проскальзывание относительно друг друга по трансформным границам.

За основную причину их перемещения принимаются конвективные течения в верхней мантии. Природа таких течений во многом ещё не ясна и имеет различные толкования.

Теория «горячих точек» (плюмов)

В конце XX века появились и стали развиваться новые тектонические идеи под названием *плюмтектоника*. Они возникли как альтернатива тектонике плит в связи с нарастанием критики в её адрес. Правда, новая концепция тоже оказалась не без изъянов и многими специалистами оценивается как исключительно умозрительное построение [Геодинамика..., 1999].

Суть теории «плюмов» состоит в том, что наблюдаемые на поверхности литосферы геологические явления связываются с глубинными процессами, зарождающимися на границе ядра и мантии в слое D и в её верхней половине. (См. Гл. 3.). По существу, речь идёт об интерпретации новых данных по *сейсмотомографии* (*метод объёмного изображения структуры*). В соответствии с ними идеализированная концентрически-зональная структура Земли нарушена глубинными неоднородностями, представляющими собой вертикально ориентированные зоны разуплотнения и линзовидные области между ними – так называемые «холодные плюмы».

На мой взгляд, такая вертикальная неоднородность мантии хорошо согласуется с общими представлениями о разрывах границ и схемами тектоносферных тепловых машин, рассмотренных в главе 6. Следует отметить также, что неоднородность астеносферы по вязкости была зафиксирована значительно раньше появления теории «плюмной тектоники».

Работы по франко-американскому проекту изучения срединно-океанических хребтов (1972 г.) позволили сделать вывод о значительных вертикальных перемещениях плит в рифтах. Кроме того, выяснилось, что новообразование в них коры океанического типа происходит прерывисто во времени и пространстве. Горячие базальты поступают в рифтовые долины хребтов не по какому-то одному разлому, а по системе отдельных

небольших магматических камер, шириной не более 3 км и длиной до нескольких десятков километров. Камеры разделены между собой «холодными» участками без магматической деятельности. В 1973 г. стало ясно, что астеносфера слоиста. Мощность ее слоев, их количество и глубина залегания (от 70 до 320, а по некоторым данным даже до 420 км) контролируется блоковой структурой волновода, которая в свою очередь определена *зонами глубоких разломов* (до 300-400 км по гравиметрическим и 700-800 км по сейсмическим данным). По этим межблоковым разломам происходит дренирование астеносферных слоев, которое может быть связано с селективным расплавлением мантийного вещества при локальном понижении давления и усилении глубинного теплового потока, что может приводить к аннигиляции этих слоев [Павлов, 1977].

В 1973 г. Дж.Т. Уилсон ввел термин «горячая точка» и предложил схему её функционирования:

1. Из верхней мантии или даже от границы мантия–ядро, поднимаются столбообразные конвективные струи разогретого вещества.
2. В области проекции такой струи на поверхность океанического дна литосфера проплавляется и возникает вулканический остров, интенсивно изливающий лаву.
3. Такой остров вместе с литосферной плитой движется от зоны спрединга и постепенно «сползает» с «горячей точки».
4. Эта стадия, на которой прекращается активный вулканизм, и в бывшей вулканической структуре возникают коралловые постройки.
5. Над «горячей точкой» закладывается и развивается новый вулкан.

Примечание.

Для того чтобы оценить обе тектонические концепции, приведем слова графа де Лотреамона из его «Песни Мальдорора»:

«... следует остерегаться придавать вещам вместе с широким ещё и узкий смысл в одной и той же концепции..., которая перестает быть мудрой, когда её содержание не дает воли фантазии, т.е. широким представлениям» [из книги К.Ле Пишона, Ж. Франшто и Ж. Боннина «Тектоника плит». – М.: Мир, 1977. – 288 с.].

Общий вывод:

тектогенез оказывает на океан принципиально важные воздействия, связанные, главным образом, с формированием глобальной морфологии его нижней границы, динамическими, температурными и вещественными условиями на ней, влияя таким образом на развитие его химического состава, фауны и флоры.

7.6. Цунами

Основные понятия.

1. **Цунами** – японское слово, обозначающее редкий тип морских волн, возникающих при некоторых больших землетрясениях и взрывных извержениях

подводных вулканов. Скорость их распространения достигает 400-800 км/ч, а высота – 30 м. Эти волны способны взмучивать донные осадки на глубине до 1000 м. Они разрушительным образом воздействуют на берега и подводные береговые склоны.

Несколько примеров и краткий обзор.

1. *Землетрясение в зал. Сагами (1923 г., Япония)*. Произошло практически мгновенное и существенное изменение морфологии дна и берегов. Специальные съёмки установили, что при этом возник даже поворот дна и остров Осима, находящийся в южной окраине залива, переместился по часовой стрелке на 3,6 м. На несколько метров была поднята одна часть берега и опущена другая. Отдельные участки дна залива мгновенно углубились на 100-180 м. В средней же части залива появился гребень высотой до 170 м (рис. 7.27). По расчётам В.В. Шулейкина это землетрясении должно было вытеснить 22,3 км³ воды. На отдельных участках высота волны до разрушения составляла 18 м.

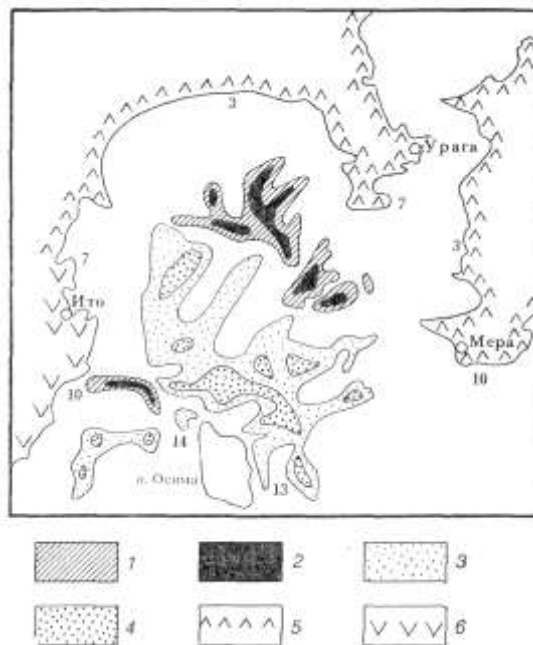


Рис. 7.27. Изменение рельефа дна и берегов залива Сагами (Япония) при землетрясении 1 сентября 1923 г. (по В.В. Шулейкину [Леонтьев, 1982]).

Участки дна, испытывавшие опускание: 1 – до 100 м; 2 – более 100 м. Участки дна, испытывавшие поднятие: 3 – до 100 м; 4 – более 100 м. 5 – берег, испытывавший поднятие; 6 – берег, испытывавший опускание. Цифры на карте – высота цунами.

2. *Извержение вулкана Кракатау.* Вулкан расположен в Зондском проливе между островами Ява и Суматра. Катастрофическое извержение произошло в 1883 г. Вот как описывает его крупнейший русский геолог профессор Императорского С.-Петербургского университета и

Императорской военно-медицинской академии А.А. Иностранцев в общем курсе лекций по геологии (1889 г., с. 156-157). Цитата приводится по оригиналу, но в современной орфографии):

«Вулканы островов Суматры и Явы служат началом ряда вулканов, тянущихся почти на протяжении 750 геогр. миль, первоначально на юго-восток, а затем прямо на восток и переходящих на остров Тимор. Из 19 вулканов остр. Суматры семь действующие. В Зундском проливе лежит весьма замечательный вулкан Кракатау (Пулу-рекату), деятельность которого известна с 1680 г. Особенно сильное извержение Кракатау, представляющее вообще редкий случай извержений, было в мае месяце 1883 г. Так как остров необитаем, то об этом извержении имеются сведения, доставленные с кораблей, шедших по Зундскому проливу, а также от жителей Суматры и Явы. Уже 20 мая был виден громадный столб «дыма», поднимающийся на высоту 11 000 метров; такая деятельность продолжалась несколько дней, сопровождаясь подземными ударами, которые были прекрасно слышны в г. Батавия ... Утром 27 августа стали выбрасываться громадные массы пепла, которые отчасти смешивались с дождем и выпадали на значительном пространстве в виде грязи. В 10 часов вечера извержение достигло высшего напряжения: целые города и деревни на прилегающем берегу Явы перестали существовать, и часть страны была уничтожена; некоторые реки обнаружили обратное течение. На островах Себезия и Серами все пристани были разрушены ... 28 августа большая часть острова была уничтожена ... В береговых местностях Суматры и Явы, там, где прежде был берег, глубина моря достигает ныне 200-300 метров. Высота волн при этом извержении достигла 1-35 метров; точно также наблюдались и сильные колебания барометра. Число людей, погибших при извержении, определяют в 40 000. Область, захваченная этим извержением, громадна. Оно было слышно не только в области Индийского океана (Цейлоне, Маврикии и т. д.), но и в южной Африке, при входе в Красное море, во всём Тихом океане до западных берегов Америки, в Атлантическом океане, по берегам Франции и т.д.».

Общая схема этой катастрофы видна на рис. 7.28.



Рис. 7.28. Взрыв вулкана Кракатау в 1883 г. [Общая..., 1991].

Показаны области, в которых произошло выпадение пепла и был слышен грохот взрыва.

Катастрофические цунами известны человечеству с давних времен. На протяжении 2,5 тыс. лет на берегах и островах Тихого океана их было отмечено более 300, в Атлантическом океане – около 30. Множество цунами пережили Японские острова, Камчатка и Курилы. В двух последних регионах разрушительные цунами были в 1737, 1792, 1918, 1923, 1952 гг. При катастрофическом землетрясении 1755 г. от цунами пострадал даже такой крупный город, как Лиссабон.

Ф. Шеппард подробно описывает цунами на Гавайях (1 апреля 1946 г.), которое было спровоцировано землетрясением в районе Алеутских островов. Гигантская волна прошла около 2300 миль менее, чем за 5 часов. Изучая данные об этом цунами, Ф. Шеппард отмечает, что за довольно длительный период – с 1877 по 1946 г – на Гавайях больших цунами не было. Но после 1946 г на протяжении 14 лет эти острова испытали три разрушительных волны [Шеппард, 1969].

Уже в наши дни (26 декабря 2004 г.) человечество по вине цунами пережило, возможно, самую большую катастрофу по числу разрушений и человеческим жертвам – цунами на Филиппинах, спровоцированное сильным сбросом на дне Индийского океана. По официальным данным погибло 220 тыс. человек и приблизительно 200 тыс. пропало без вести.



*11 марта 2011 года цунами на северо-восточном побережье Японии
(в результате землетрясения силой 8,9 балла)*

Физические аспекты

А.Е. Шейдеггер рассматривает три проблемы, связанные с цунами [1981].

1. Образование цунами при землетрясении.

Расчёт возмущения бесконечного однородного несжимаемого слоя воды с постоянной глубиной, при мгновенном смещении ограниченного участка морского дна в форме

ступенчатого импульса. Ссылаясь на ряд исследователей, А. Шейдеггер констатирует, что эта задача имеет хорошее теоретическое обоснование и полученные на его основе решения. В качественном отношении они выглядят как серия более или менее концентрических волновых колец, геометрия которых контролируется основными формами рельефа дна. Известны попытки исследований частоты возникновения цунами для некоторых конкретных районов. Однако по ряду причин они оказались малоэффективными.

2. Распространение волны на большие расстояния.

А. Шейдеггер со ссылками на разработки Ван Дорна (1965) отмечает, что в центральных частях океана цунами распространяются с групповой скоростью 234-237 м/с, примерно соответствующей предельной формуле для длинных волн при глубине океана 5500 м. Принимая, что общая энергия цунами остается постоянной, амплитуда волн должна уменьшаться с увеличением расстояния от источника. При этом высокие частоты (волны малой длины) распространяются быстрее низких (волны большой длины).

3. Воздействие волны на берег.

Взаимодействие волн цунами с берегом подчиняется тем же физическим законам, что и другие типы волн. Поведение волн определяется морфологией дна. Существуют диаграммы рефракции волн цунами, построенные по компьютерным программам, разработаны численные методы расчёта воздействия цунами на берег.

Общий вывод:

цунами является наиболее ярким проявлением прямых и обратных связей в системе океан $\Leftrightarrow$ литосфера: тектоническое действие $\rightarrow$ гидродинамическое волновое возмущение $\rightarrow$ ответный «удар» океана по литосфере в береговой зоне.

Контрольные вопросы

1. Абразионно-аккумулятивные процессы в береговой зоне моря (обзор).
2. Характеристика группового характера перемещения наносов в условиях мелкого моря.
3. Литодинамический цикл.
4. Классификация донных отложений открытого океана.
5. Основные закономерности осадкообразования в открытом океане.
6. Общая характеристика субмаринных источников.
7. Интрузии морских вод в сушу.
8. Гидротермы океана.
9. Общая характеристика теории спрединга.
10. Элементы теории плит и теории «горячих точек».
11. Цунам (общая характеристика явления).

Литература

Основная

1. Аллисон А., Палмер Д. Геология. – М.: Мир, 1984. – 565 с.
2. Леонтьев О.К. Морская геология (Основы геологии и геоморфологии дна Мирового океана). Учебник. – М.: Высшая школа, 1982. – 343 с.
3. Общая и полевая геология. Учебник для вузов. Под ред. А.Павлова. – Л.: Недра, 1991. – 456 с.
4. Якушова А.Ф., Хаин В.Е., Славин В.И.. Общая геология. Учебник. – М.: МГУ, 1988. – 445 с.

Дополнительная

1. Алекин О.А., Ляхов Ю.И. Химия океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 340 с.
2. Геологический словарь. Т.1-2. – М.: Недра, 1973. – 486 с., 456 с.
3. Геодинамика и рудогенез Мирового океана. Под редакцией С.И. Андреева и И.С. Грамберга. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 1999. – 209 с.
4. Геология и геофизика морского дна. – М.: Мир, 1969. – 377 с.
5. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Павлов А.Н. Общая гидрогеология. – Л.: Недра, 1988. – 359 с.
6. Коротков А.И., Павлов А.Н., Юровский Ю.Г. Гидрогеология шельфовых областей. – Л.: Недра, 1980. – 218 с.
7. Минеральные ресурсы Мирового океана: концепция изучения и освоения (на период до 2020). Главный редактор С.И.Андреев. – СПб.: «ВНИИОкеангеология», 2007. – 97 с. (ил.38).
8. Павлов А.Н. Геологический круговорот воды на Земле. – Л.: Л.О.Недра, 1977. – 144 с.
9. Шейдеггер А.Е. Физические аспекты природных катастроф. – М.: Недра, 1981. – 232 с.
10. Шеппард Ф.П. Морская геология. – Л.: Недра, 1969. – 461 с.

Глава 8. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АТМОСФЕРЫ И СУШИ

Они сошлись. Волна и камень,
Стихи и проза, лед и пламень...
А.С. Пушкин

8.1. Выветривание

Основные понятия

1. **Выветривание** – процесс разрушения и изменения горных пород на поверхности литосферы и небольших глубинах под действием физического и химического воздействия атмосферы, подземных вод и организмов.

Физическое выветривание – распадение горной породы на обломки различной величины, без изменения химического состава. Основными факторами этого процесса являются колебания температуры, замерзание и оттаивание воды в трещинах породы, растрескивание породы под воздействием корней растений.

- *Элювий* – продукты выветривания горных пород, залегающие на месте своего образования. По своему составу элювиальные обломки соответствуют подстилающим горным породам. Обычно они имеют неправильную форму с резкими углами и гранями.
- *Курумы* – большие скопления крупнообломочного элювия. На плоских и слабовыпуклых вершинах гор и на поверхности плато курумы часто занимают обширные площади, которые называют «каменными морями».
- *Делювий* – совокупность разнообразных продуктов выветривания (глин, песков, крупных обломков), перемещённых по склону вниз от коренных выходов в результате плоскостного смыва и сползания под действием силы тяжести и морозного сдвига. В логах, осложняющих склоны, щебнисто-каменистый делювий образует линейно вытянутые потоки, называемые «каменными реками».
- *Коллювий* – продукты выветривания, смещённые вниз по склону под влиянием силы тяжести. Образует шлейфы у подножия склонов в результате осыпания обломочного материала. Встречаются не только как современные отложения, но и в ископаемом состоянии.
- *Пролувий* – отложения временных водных потоков (селей, грязевых потоков), возникающих в период ливневых дождей и интенсивного весеннего снеготаяния. Обычно проявлен в виде конусов выноса в низовьях логов. В составе пролювия присутствуют угловатые и полуокатанные глыбы и камни, мелкозём, переотложенный почвенный слой, дерновина, остатки стволов и корней деревьев.
- *Кары* – системы гребешков и выступов, разделенных прихотливо ветвящимися бороздами–желобками. Являются продуктом растворения пород струями атмосферных и речных вод. Реже образуются под действием озёрных и морских вод.

Элювий, делювий, коллювий и пролювий взаимосвязаны и приурочены к определенным формам рельефа. Элювий на склонах вовлекается в движение и превращается в делювий, который, достигнув

пологих участков склона и подножия, становится коллювием. Временные водные потоки за короткий промежуток времени существенно перемещают все эти типы обломочного материала и вместе с почвой и сгружают его в виде пролювия у подошв возвышенностей или на некотором удалении от них в прилегающей равнинной местности.

Химическое выветривание – разрушение первичных пород в результате процессов гидролиза, гидратации, карбонизации, растворения и окисления. При этом изменяется состав минералов, из которых состоит исходная горная порода, и возникают новые устойчивые минералы. Определяющими процессами при химическом выветривании являются вода, растворенные в ней соли и кислоты, а также воздух. Особенно активно воздействуют на породу кислород, озон, углекислый газ.

Органическое (органогенное) выветривание – разрушение горных пород под механическим воздействием организмов и выделяемых ими кислот. Эта форма выветривания выделяется не всеми геологами, так как совмещает в себе элементы физического и химического выветривания.

- *Гидролиз* – реакция обменного разложения между водой и химическими соединениями, способными под воздействием воды переходить в более низкомолекулярные соединения с присоединением продуктов диссоциации воды (H^+ и OH^-).
 - *Гидратация* – реакция минералообразования, протекающая с поглощением воды. Включает процесс поглощения воды коллоидами и минералами цеолитной группы (см. любой курс по минералогии или интернет).
 - *Карбонизация* – процесс вступления минералов, содержащих ионы кальция, магния, натрия и калия, в реакцию с природными водами, насыщенными углекислотой.
 - *Растворение* – полное разрушение минерала с переходом его составляющих в структуру растворителя (в природных условиях – воды).
 - *Окисление* – общая группа химических реакций, в основе которых лежит частичное или полное перемещение электронов от одного атома к другому. При окислении низковалентные соединения переходят в высоковалентные, часто с образованием гидратов.
2. **Кора выветривания** – комплекс горных пород, формирующийся в верхней части литосферы в результате преобразования горных пород под влиянием различных факторов выветривания. Возникает в основном в зоне просачивания и аэрации.
 3. **Древние коры выветривания** – коры выветривания, сформировавшиеся в прошлые геологические эпохи. Известны во всех геологических системах (см. табл. 5.1 в гл. 5).
 4. **Почва** – самый поверхностный слой земной коры, состоящий из нескольких генетических горизонтов, возникших в результате сложного взаимодействия горной породы, климатических факторов, растительных и животных организмов, рельефа местности.

Процессы выветривания

Физические процессы.

Нагревание и охлаждение. Связанно с суточными, сезонными и годовыми колебаниями температуры воздуха. Вызывают соответственно увеличение и уменьшение объема минеральных зерен, составляющих горные породы. Наиболее сильно такие сжатия и расширения протекают в приповерхностных частях горных пород и определяют явление, которое называется *шелушением*. Результаты этого явления проявляются в виде трещин, параллельных поверхности глыб и создающих отслаивание верхних частей от основной массы породы (см. рис 8.1). В отечественной литературе результаты воздействия на горные породы периодического нагревания и охлаждения получило название температурного выветривания.



Рис. 8.1. Иллюстрация явления шелушения [Горшков, Якушова, 1973].

Температурному выветриванию способствуют три важных обстоятельства, связанных с петрографическими особенностями пород.

1. Первое определяется кристаллическими свойствами минералов, в первую очередь их анизотропией. Напомним, что в соответствии с ней коэффициенты сжатия и расширения зависят от направления, что определяет неравномерность в распределении сил деформаций. Эта неравномерность существенно возрастает в случае, когда порода является полиминеральной.
2. Второе обстоятельство связано с разнообразной окраской минеральных зерен и породы в целом. Темноцветные породы нагреваются сильнее. Существенно по-разному нагреваются светлые и темные минералы. Поэтому температурное выветривание пёстроокрашенных пород происходит более интенсивно, чем пород с однородной окраской.
3. Трещиноватость пород. Чем гуще система трещин, тем быстрее разрушается порода. Вначале происходит расширение трещин, затем по ним порода начинает распадаться на блоки, отдельные глыбы и куски.

Температурное выветривание наиболее активно протекает в областях с

сухим климатом, резко контрастным изменением температуры и слабым развитием растительности. К таким областям в первую очередь относятся пустыни, а также склоны высоких гор. В горах обломки пород, слагающих склоны, периодически обрушиваются вниз, создавая каменные, или глыбовые, осыпи. (см. рис. 8.2).

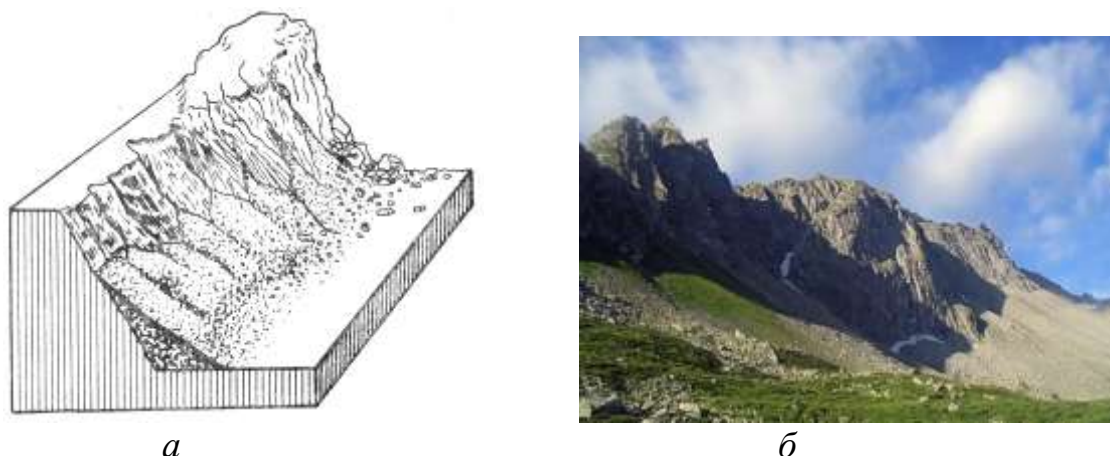


Рис. 8.2. а – Схема каменных осыпей (коллювий) [Горшков, Якушова, 1973].
б – Фото. Каменная осыпь у подножья скал.

Следует отметить, что попытки экспериментальной проверки температурного выветривания в чистом виде (в лабораторных условиях) не дали положительного результата. Скорей всего этот тип выветривания «работает» в комплексе с другими факторами атмосферного разрушения пород.

Замерзание воды. Известно, что при замерзании вода увеличивается в объеме на 9 %, что создает высокое давление на ограничивающие её поверхности. Наиболее легко при этом разрушаются породы повышенной трещиноватости и пористости. Такого рода процессы иногда называют *морозным выветриванием*. В сочетании с другими эрозионными процессами морозное выветривание часто создает весьма причудливые формы рельефа (см. рис.8.3).

Рост кристаллов. При воздействии на породу воздуха и атмосферной влаги в трещинах и порах могут возникать новые для первичной породы минералы. Они увеличивают объем породы и способствуют ее разрушению, создавая раздвигающий эффект подобно ледяным клиньям при морозном выветривании.

Разрушение животными и растениями. Мощным фактором механического разрушения пород является корневая система растительности, особенно деревьев. Корни внедряются в трещины пород и

способны выталкивать куски породы вверх и в стороны (см. рис. 8.5).



Рис. 8.3. «Игла Венеры» (слева) высотой более 60 м. Отделилась от скалы (справа) в результате разрушения трещинных пород вдоль вертикальных трещин [Аллисон, Палмер, 1984].



Рис. 8.4. Разрушающее действие корней деревьев.

Кроме того, ветер может валить деревья, выворачивая значительную часть корневой системы, и тем самым механическое разрушение породы продолжается и усиливается. Механической дезинтеграции пород способствует и деятельность животных, роющих норы, «работа» земляных червей и муравьев, вытаптывание растительного покрова животными.

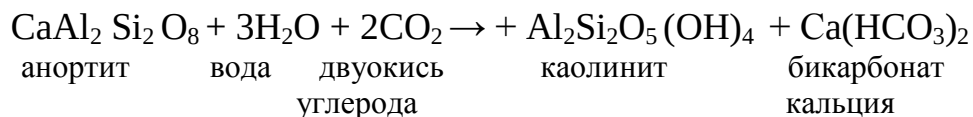
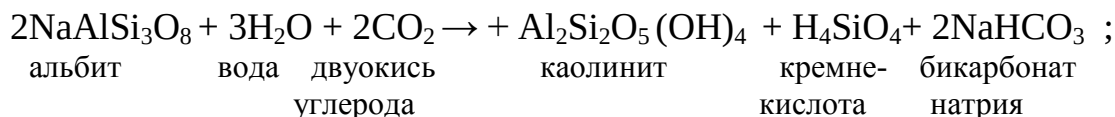
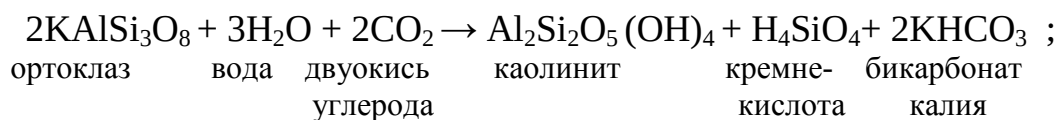
Мощное механическое воздействие на поверхность литосферы оказывает и деятельность людей: проходка туннелей, разработка карьеров,

рудников, строительство дорог, городов, распашка земель и т. д.

Химические процессы.

Гидролиз. Характерным примером гидролиза может служить разложение полевых шпатов, которые наиболее широко распространены в земной коре. Схема этого процесса определяется такого рода цепочкой:

Полевые шпаты → промежуточные минералы (гидрослюда, гидрохлориты и др.) → каолинит



Эти реакции сопровождаются различными превращениями. В частности, *реакциями гидратации*, в результате которых возникает каолинит, и *карбонизации*, когда бикарбонаты калия, натрия и кальция могут растворяться в воде. Кварц выносятся из ортоклаза и альбита в виде слабых кремниевых кислот или в коллоидной форме в растворах бикарбонатов калия, натрия и кальция.

Каолинит в условиях поверхности Земли является довольно устойчивым минералом. Однако при большом количестве атмосферных осадков, высокой температуре и большом растительном отпаде связь между алюминием и кремнием в процессе гидролиза алюмосиликатов полностью нарушается, и возникают минералы, еще более устойчивые в условиях земной поверхности – боксит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), опал ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) и др. (последняя стадия выветривания – латеритная).

Гидратация. Реакции с присоединением к минералам гидроксильной группы (ОН)⁻ распространены в природе довольно широко. Это не только образование каолинита, которое рассмотрено выше, но и образование таких минералов, как хлорит, серпентин, тальк, цеолиты. К реакциям гидратации относятся также и такие процессы, как образование гипса из ангидрита и лимонита из гематита:



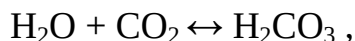
ангидрит

ГИПС

гематит

ЛИМОНИТ

Карбонизация. Углекислый газ, содержащийся в атмосфере или в почве, поступает в поверхностные воды и реагирует с водой. При этом образуется углекислота:



которая диссоциирует на ионы водорода (H^+), бикарбоната (HCO_3^-) и карбоната (CO_3^{2-}). Насыщенная ими вода растворяет многие вещества легче, чем вода чистая, и потому является активным агентом выветривания. Для многих пород карбонизация сопровождается растворением. Наиболее масштабным является процесс формирования карста в известняках и доломитах.

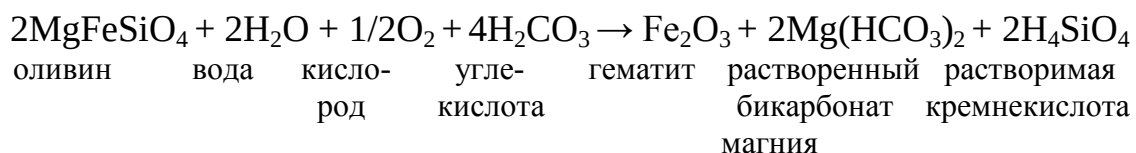
Растворение. Из природных минералов очень хорошо растворяются сильвин (KCl), галит (NaCl) и гипс, с участием которых формируются горизонты и пласты каменной соли и целые гипсово-ангидритовые толщи. В них, а также в известняках, возникают огромные карстовые пещеры, образуются специфические формы карстового рельефа (см. рис. 8.5).



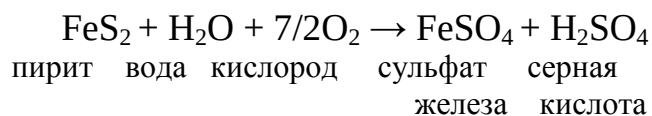
Рис. 8.5. Карровые поля в Альпах.

Воронцовские пещеры (Хоста).

Окисление. В геологических процессах окисление наиболее ярко и широко проявляется в минералах, содержащих железо. Воздух и вода разрушают железистые силикаты (оливин, пироксены, амфиболы и др.) и переводят двухвалентное железо в трехвалентное. При этом черная или зеленая окраска окисляемых минералов становится красной, бурой или желтой. В качестве типичной реакции такого рода можно привести процесс окисления оливина:



В качестве другой характерной реакции окисления можно привести реакцию превращения пирита (FeS_2) в сульфат железа:



При дальнейшем гидролизе сульфат железа распадается на серную кислоту и лимонит ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Возникающая при этом серная кислота активно воздействует на вмещающие породы, создавая каверны растворения. Окись и гидроокись железа окрашивают поверхность породы в желтые и бурые тона. Подобные реакции можно записать и для других природных сульфидов.

Химическое выветривание определяется не только воздействием на породы минеральных растворителей и атмосферных газов, но и реагентов органического происхождения, возникающих в циклах жизнедеятельности растений и животных.

Общим для всех процессов выветривания является комплексность и часто определенная последовательность. Именно совокупность рассмотренных процессов создает тот *геологический продукт, который называется корой выветривания.*

Характеристика современных и древних кор выветривания

Остаточная кора выветривания. Как правило, этот тип коры сохраняет особенности структуры и текстуры исходных (материнских) пород, на которых он залегает. К этому типу принадлежат также размытые и преобразованные коры выветривания. Они по своей сути являются остаточными и находятся на месте разложения материнских пород, но по своему минералогическому и химическому составу, а часто и структуре, существенно изменены наложенными химическими процессами и привнесением новых компонентов. Верхние горизонты могут быть даже смыты.

Перемещенная кора выветривания. Образуется за счёт изменения остаточной древней коры выветривания в результате её переноса и перебивания. Поэтому состав перемещённых кор выветривания не связан с подстилающими породами. Известны, например, залежи бокситов на известняках. Бокситы же являются остаточными продуктами так называемого латеритного выветривания, которое представляет собой третью наиболее глубокую стадию химического разрушения пород (см. выше) (см. рис 8.8).

Коры выветривания формировались в различные периоды геологической истории. Наиболее древние из них связаны с выветриванием архейских и протерозойских кристаллических пород и перекрыты палеозойскими осадочными образованиями. Наиболее древние метаморфизованные коры выветривания известны в районе Курской магнитной аномалии. С ними связаны железные руды. Широко распространена также девонская кора выветривания (на Украине, в Воронежской области, на Урале). Мезозойская кора установлена на Урале, в Казахстане, Западной Сибири. Палеогеновая и неогеновая коры развиты на Южном Урале, в Казахстане, на Украине. На Кавказе обнаружена кора выветривания четвертичного периода.

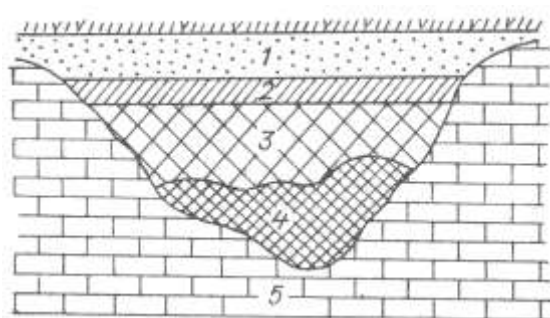


Рис. 8.6. Залегь боксита на закарстованных известняках.

1 – почва; 2 – лигнит; 3 – белый боксит; 4 – красный боксит; 5 – известняки. Лигнит – ископаемая древесина, находящаяся не в окаменелом, а в слабо обугленном состоянии. Обычно бурого цвета. Сохраняет анатомическое строение тканей *неизменной древесины*.

В корях выветривания часто наблюдается зональность, обусловленная стадийностью процессов, формирующих кору (см. рис.8.9).

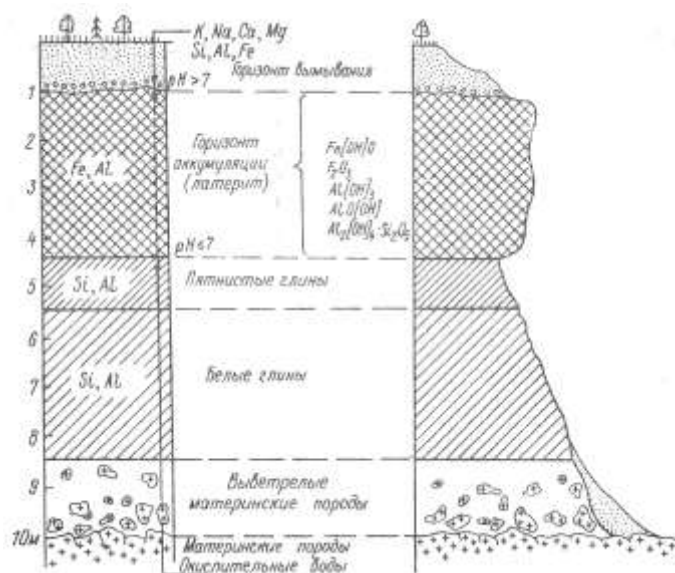


Рис. 8.7. Зональное строение коры выветривания [Общая..., 1991].
Стрелками показано движение грунтовых вод.

Современные коры выветривания известны во многих регионах мира. Особенно интенсивно коры формируются в условиях влажного тропического климата с чередованием дождливых и сухих периодов.

В коре выветривания могут накапливаться многие устойчивые минералы, такие, например, как алмаз, хромит (FeCr_2O_4), касситерит (SnO_2) и др. Поэтому коры выветривания обычно являются перспективными объектами для поисков многих полезных ископаемых.

Образование почв

Образование почвы связано с размельчением и разрушением массивных горных пород до мелкообломочного состояния, так называемого «рухляка», а также с разложением органических и минеральных соединений. В результате деятельности микроорганизмов образуются новые минеральные, органогенно-минеральные и органические вещества, придающие почве её главное свойство – плодородие.

Физические и химические свойства почв зависят от состава подстилающих материнских пород, климата, жизнедеятельности растений и животных, а также рельефа местности и продолжительности процесса почвообразования. В зависимости от климата в распределении различных почв наблюдаются две зональности:

- горизонтальная широтная, развитая преимущественно на равнинах;
- вертикальная, характерная для горных областей.

Широтная зональность подчинена природным поясам:

- полярному;
- умеренному, субэзральному;
- экваториальному.

В горах от подножия к вершине наблюдается приблизительно такая же система температурных поясов.

В зависимости от типа микроорганизмов, населяющих почву, выделяют два основных вида разложения органических веществ:

- Аэробный процесс, связанный с жизнедеятельностью грибной микрофлоры и бактерий, которые могут жить и размножаться в условиях свободного доступа кислорода воздуха. Этот процесс характерен для дернового и степного почвообразования.
- Анаэробный процесс вызывается жизнедеятельностью бактерий, развивающихся в условиях отсутствия кислорода. Разложение органического вещества при этом происходит значительно медленнее в сравнении с аэробным процессом.

Во всякой почве одновременно на различных уровнях могут протекать оба процесса разложения – аэробный и анаэробный. Благоприятное сочетание этих процессов создает оптимальные условия для

жизнедеятельности растений.

Если при формировании почвы преобладает движение веществ сверху вниз, обычно возникает почвенный профиль из трех горизонтов (рис. 8.8). Под иллювиальным горизонтом (С) залегает горная порода, не затронутая процессом почвообразования (слой R).

Ещё В.В. Докучаев выделил 5 основных природных зон:

- тундровую (бореальную),
- таёжную (или лесную),
- чернозёмную (степную),
- аэральную (пустынную),
- краснозёмную (латеральную) – зону экваториальных влажных лесов и саванн.

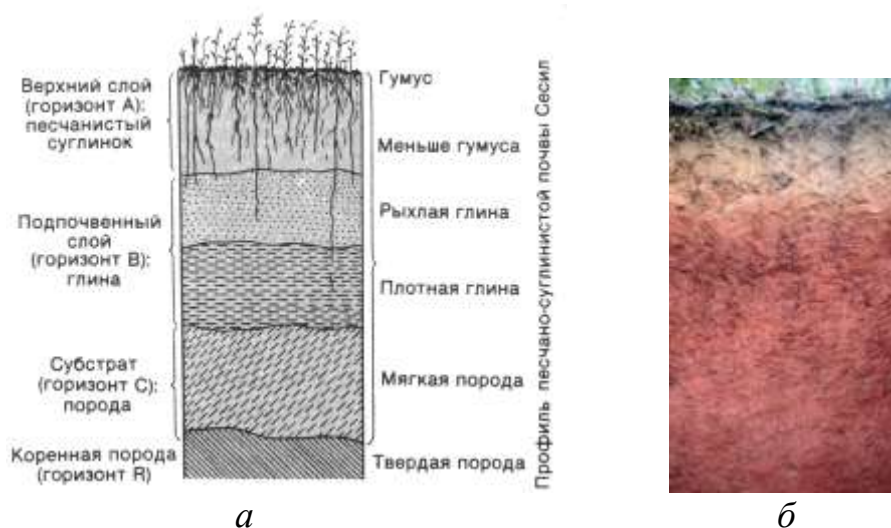


Рис. 8.8. а – Разрез типичной зрелой почвы с чётко выраженной зональностью [Аллисон. Палмер, 1984]. б – Разрез почвы в районе штата Алабама.

Внутри зон он выделял естественно-исторические районы, которые сегодня принято называть ландшафтами. Ландшафты характеризуются определенными закономерными соотношениями элементов природной среды: климатом, геологическим строением, рельефом, поверхностными и подземными водами, почвами, растительным и животным миром.

Общий вывод:

выветривание формирует верхний слой земной коры, защищающий ее первичные вещественно-структурные формы от разрушения атмосферными факторами.

8.2. Геологическая деятельность ветра

Основные понятия

1. **Эоловые процессы** – процессы, обусловленные деятельностью ветра.
2. **Дефляция** – процесс выдувания и развевания ветром частиц горных пород.

3. **Корразия** – процесс обтачивания, шлифования и высверливания горных пород обломочным материалом, перемещаемым водой, ветром и льдом, а также обтачивание самих обломков.
4. **Эоловые отложения** – континентальные образования, возникшие при ветровой аккумуляции.
5. **Бархан** – асимметричный песчаный холм, представляющий собой морфологически наиболее резко очерчиваемую форму подвижного песка.
6. **Дюны** – холмы и гряды песка, иногда полулунной формы, образующиеся в результате деятельности ветра на песчаных побережьях морей, озёр и крупных рек, покрытых редкой растительностью.
7. **Лёссы** – однородная тонкозернистая, обычно неслоистая рыхлая горная порода, состоящая из мельчайших зёрен кварца, глины и углекислого кальция с примесью гидратов окиси железа, слюды и других минералов. Характерной структурной особенностью лёсса являются тончайшие вертикальные каналцы, остающиеся в нем после отмирания стеблей травы, засыпанные пылью. Лёссы отличаются высокой пористостью и водопроницаемостью.

Эоловые процессы.

Дефляция – процесс, характерный для пустынных областей и горных вершин, где породы обнажаются (отсутствие или слабое развитие почв и растительного покрова). Струи воздуха, проходя через трещины твердых пород, выносят из них рыхлые продукты выветривания. Трещины становятся свободными. Активное физическое выветривание первичных пород продолжается. Таким образом, дефляция укладывается в простую схему:

выветривание → ветровой вынос → выветривание → ветровой вынос → и так далее.

Сочетание выветривания и дефляции приводит к расширению трещин и обтачиванию скал. При этом возникают причудливые морфологические формы в виде башен, колонн, выступов, ниш, карнизов и т.п. (см. рис. 8.9).

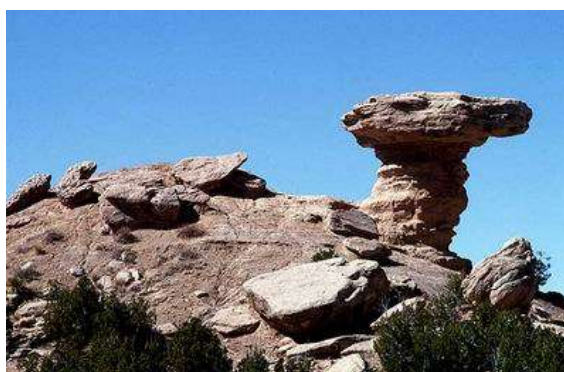
*а**б*

Рис. 8.9. Характерные формы рельефа при дефляции. а – Столбы из плитчатых пород. б – Скала «Верблюд» (Нью-Мексика, США).

В местах накопления разнообразного обломочного материала в результате дефляции происходит очищение этих отложений от песчаных и мелкозернистых фракций, и эти отложения превращаются в скопления каменистого и щебнистого материала.

Помимо простого выдувания мелкозёма из трещин пород (вертикальных, горизонтальных и наклонных) дефляция активно проявляет себя и при возникновении турбулентных потоков восходящих струй воздуха. Такие потоки возникают вследствие разницы в нагревании различных частей поверхности земли. Наиболее активно такой процесс протекает в котловинах с так называемым пухлым солончаком на дне котловин. Обычно это глубокие бессточные котловины пустынь, дно которых часто находится ниже уровня моря. За счёт испарения поднимающейся к поверхности таких впадин капиллярной каймы грунтовых вод, а также испарения атмосферных осадков происходит засоление верхнего слоя пород. Соли разрыхляют этот слой и формируют пухлый порошкообразный солончаковый горизонт, который легко развевается ветром. Восходящие потоки воздуха и ветер способны полностью вынести весь этот «пухообразный» материал, очистить и тем самым углубить котловину. Инструментальные наблюдения в Закаспии показали, что при среднегодовой скорости ветра 6-7 м/с с поверхности солончаков сдувается слой в 3-5 см.

Мощные дефляционные выносы наблюдаются при ураганных и штормовых ветрах и в средней полосе. С ними связаны так называемые чёрные бури, разрушающие, иногда почти полностью, пахотный черноземный слой. Такого рода явления относят к *плоскостному выдуванию*. В отличие от него выделяют еще *бороздовый вид выдувания*. Его проявление часто обусловлено техногенными факторами. Например, в Китае выемки старых дорог в лессовых породах превращаются в своеобразные ущелья глубиной до 30 м. Они получили название *хольвегов*.

Корразия. Этот процесс обычно сопровождает дефляцию. Песчаные частицы поднимаются и переносятся ветром. При их ударе об обнаженные породы происходит обтачивание, шлифование и высверливание поверхностей этих пород. Поскольку наибольшей концентрации такие песчаные потоки достигают в нижних приземных слоях (1-2 м от поверхности земли), наибольшая корразия наблюдается именно на таких высотах, хотя песчаные частицы иногда поднимаются и на большие высоты (до 8-10 м). В результате избирательного по высоте воздействия нижние части скал как бы подрезаются и утоняются в сравнении с вышележащими (см. рис. 8.10).

В пустынях на глинистых поверхностях при устойчивых по направлению ветрах песчаные корразионные струи образуют борозды и желоба глубиной до 1-2, иногда до 6 м. Эти борозды и желоба разделены грядами. В Китае, где это явление широко распространено, они получили название *ярданги* (см. рис. 8.11).

Перенос и отложения. Ветер переносит захваченные им частицы двумя способами: в виде взвеси и волочением. Величина транспортируемых частиц и дальность переноса зависят от силы ветра:

- при скорости ветра до 6,5 м/с переносятся частицы до 2 мм в диаметре (пыль и тонкий песок);
- при скорости 10 м/с в перенос вовлекаются песчинки до 1 мм;
- при скорости 20 м/с в ветровую транспортировку втягиваются частиц до 4-5 мм;
- при ураганах ветер поднимает с поверхности даже мелкие камешки.



Рис. 8.10. Примеры корразионных форм.

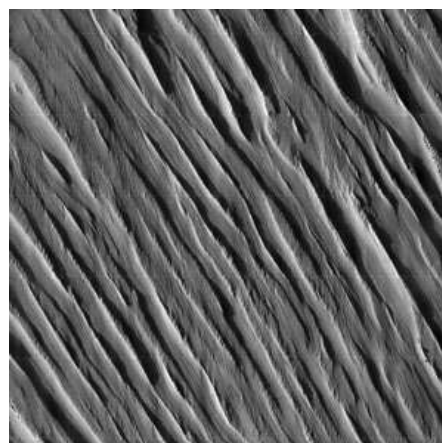
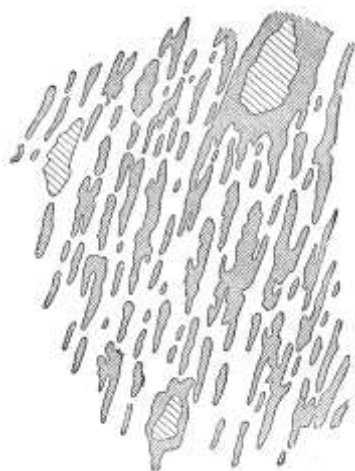


Рис. 8.11. а - Схематический план пустыни с гребнями, называемыми *jardangs* (ярданги) (по Свэн Гедину (Э. Ог. Геология. Т.1.– М.: Гос.изд-во, 1913).
б – Марсианские ярданги.

Дальность переноса может быть огромной. Известно, например, что пыль из пустынь Африки пассатами переносится на тысячи километров и обнаружена в виде примеси в донных осадках Атлантического океана. В 1863 г. масса выпавшего на Канарских островах пыльного дождя составила около 10 млн. т. Из африканского тонкого песка здесь образуются дюны. Гигантскую транспортную работу совершает так называемый «афганец» – ветер, дующий со стороны Афганистана в направлении пустыни Каракум. При этом ветре воздух бывает настолько насыщен пылью и песком, что не видно солнца, а стекла в окнах домов через 2-3 года становятся матовыми.

При порывистых ветрах и относительно небольшой их скорости *значительная часть песчаного и пылеватого материала переносится* волочением частиц по поверхности или перемещается скачками.

Пылеватые и глинистые частицы, если они подняты на большую высоту, могут переноситься на «планетарные» расстояния. Установлено, например, что пепел, выброшенный в 1883 г. при взрыве вулкана Кракатау (см. тему 7), три раза облетел вокруг нашей планеты и держался в воздухе около трех лет. По существу, речь может идти о временном насыщении почти всей тропосферы.

Первого мая 1892 г. пыльная буря подняла в воздух огромный по площади слой чернозема в Восточной Украине. А уже 2 мая черные дожди прошли в районе Каунаса, 3 мая – в Германии, 4 мая – в Балтийском море, немного позже – в Скандинавии. Таким образом, ветер разметал украинский чернозем по прибалтийским странам Центральной и Восточной Европы.

По подсчетам А.П. Лисицына общее количество эолового материала, переносимого с суши на море, превышает цифру в 1,6 млрд. т в год.

Перенос глинистых, пылеватых и песчаных частиц носит во времени дискретный характер и рано или поздно заканчивается их возвращением на поверхность Земли. Большая их часть выпадает в морях и океанах, являясь добавками к осадкам морского происхождения. Меньшая часть выпадает на поверхность суши и формирует осадки, называемые *эоловыми отложениями*.

Современные эоловые отложения в основном являются рыхлыми, так как их уплотнение и цементация происходят существенно медленнее, чем у осадков водных. Среди них наибольшее распространение на суше имеют песчаные отложения. Самых крупных размеров они достигают в пустынях (до нескольких десятков метров). Эоловые пески имеют целый ряд специфических признаков, по которым они довольно легко отличаются от песков другого происхождения (рис. 8.12).



Рис. 8.12. Барханы в пустыне Каракумы.



Песчаные барханы на Марсе

При ветровом переносе происходит отчётливая сортировка влекомого и особенно взвешенного материала. Отделяемые при такой транспортировке пылеватые частицы откладываются вслед песчаным и при уплотнении формируют континентальные осадки, называемые лёссом (см. рис. 8.13).



Рис. 8.13. Вид с самолета на грядовый лёссовый рельеф [Горшков. Якушова, 1973].

Типичный лёсс не имеет слоистости, малосыпуч и легко размывается текущими водами. При этом формируются овраги с очень крутыми, почти отвесными стенками. Наибольшее количество лёссов образовалось в четвертичный период на огромной территории, простирающейся от Украины до Южного Китая. Мощность древних лёссов в Китае, например, достигает 100 м.

Эоловые отложения встречаются в любой части света и практически в любой ландшафтной зоне, хотя наиболее мощные их скопления известны в областях с аридным климатом.

Общий вывод:

ветер разрушает горные породы и переносит продукты разрушения, перераспределяя их по поверхности Земли в соответствии с законами газодинамики.

8.3. Геологическая деятельность вод.

Основные понятия.

1. **Эрозия** – процесс разрушения горных пород водным потоком в результате механического размывания водной струей, шлифования и царапания пород переносимыми твёрдыми частицами и химического растворения.
2. **Аккумуляция** – накопление на поверхности суши, дне водного потока или бассейна минерального вещества или органических остатков. Аккумуляция бывает эоловая (см. раздел 8.2), вулканическая, морская (см. тему 7), речная, ледниковая, флювиогляциальная (см. ниже).
3. **Базис эрозии** – поверхность, на уровне которой водный поток теряет свою живую силу и ниже которой не может углубить своё русло.

Общий базис эрозии – уровень Мирового океана. Принимается условно, так как реки, впадающие в моря и океаны, способны углублять свои русла ниже уровня моря. Причина такого явления заключается в том, что в устье река имеет ещё достаточно большой запас кинетической энергии.

Местный базис эрозии может располагаться на любой высоте и может быть относительно постоянным или временным. Любые точки русла реки могут рассматриваться как местные базисы эрозии, поскольку они определяют возможность эрозии на выше расположенном участке.

4. **Дождевая эрозия** – размыв поверхности за счёт кинетической энергии дождевых капель.
5. **Склоновый сток** – разновидность поверхностного стока. Перемещение воды по склонам местности.
6. **Русловый сток** – разновидность поверхностного стока. Перемещение воды по руслам рек и временных водотоков.
7. **Плоскостная эрозия (плоскостной смыл)** – эрозия, возникающая за счёт склонового стока. Обычно эрозии подвергается только тонкий алевритовый или глинистый материал.
8. **Временные потоки** – водные потоки, возникающие при быстром таянии снега или сильных ливнях.
9. **Овраг** – крутосклонная долина, часто сильно разветвленная, сформированная деятельностью временного, редко небольшого постоянного, потока. Овраги характерны для возвышенно-равнинных пространств, сложенных легко размываемыми рыхлыми породами (лёссы, лёссовидные суглинки и т.п.).
10. **Реки** – водный поток сравнительно больших размеров, как правило, постоянный, питающийся стоком атмосферных осадков и подземными водами и текущий в разработанном им русле.
11. **Гидрограф** – график изменения во времени расходов воды в створе реки за год или часть года (сезон, половодье или паводок).
12. **Замкнутая речная система** – совокупность рек какой-либо территории, сливающихся в один общий поток, который выносит воду за пределы этой территории. Речные системы отделяются друг от друга водоразделами.
13. **Речной бассейн** – водосборная площадь реки с её притоками.
14. **Водораздел** – линия наиболее высоких точек земной поверхности, фиксирующая границу между соседними бассейнами главных рек речной системы. Речные бассейны включают в себя поверхностный и подземный водосборы.
15. **Русловая сеть** – система постоянно и периодически действующих водотоков.

- 16. Гидрографическая сеть** – русловая сеть, включающая в себя другие водные объекты.
- 17. Исток** – место начала реки. Если река образуется из слияния двух рек, то за её исток принимается начало более длинной из них, а общая длина должна отсчитываться от наиболее удаленного истока. Это так называемая гидрографическая длина главной реки.
- 18. Устье** – место впадения реки в другую реку, озеро, море или другой водоприемник. Если река впадает двумя и более рукавами, то за устье принимается окончание более длинного рукава. В районах аридного климата из-за очень высокого испарения река часто теряется в песках, и понятие «устье» в этом случае отсутствует. Конец реки фиксируется в месте исчезновения воды и носит название «слепой конец».
- 19. Речные долины** – относительно узкие и вытянутые формы рельефа, имеющие уклоны, большей частью извилистой формы, выработанные или оформленные на конечной стадии развития текучими водами (в основном реками).
- 20. Меандры** – изгибы, образованные рекой.
- Меандры врезанные (долинные)* – сформированы изгибами долины. При этом в каждую излучину входит выступ коренного склона.
- Меандры блуждающие (свободные или поверхностные)* – созданы рекой среди рыхлых аллювиальных отложений на плоском дне долины. Склоны долины в образовании этих излучин участия не принимают. Такие меандры постоянно меняют свою форму и положение, особенно при половодьях.
- Старица* – старое, брошенное рекой русло, обычно дугообразно изогнутое, оставленное ею при прорыве узкой части (шейки) меандра. Представляет собою сухую или заболоченную ложбину, иногда с водой (старичное озеро).
- 21. Речные террасы** – площадки на склонах речной долины, ограниченные уступом и образованные в результате эрозионно-аккумулятивной деятельности реки. По происхождению различают *террасы размыва (структурные), аккумулятивные (наносные) и смешанные*.
- 22. Бифуркация** – раздвоение. Термин имеет медицинские корни.
- 23. Аллювиальные отложения** – отложения, накопившиеся в речных долинах в результате сноса и отложения постоянным водным потоком рыхлых продуктов выветривания, а также разрушения горных пород самим потоком. Состоит из обломочного материала различной степени окатанности и сортировки.
- 24. Денудация** – снос, удаление продуктов выветривания. Главной движущей силой процессов денудации является сила тяжести, которая проявляется либо прямым способом (частицы породы передвигаются сами по себе – сползают, скатываются и т.п.), либо переносятся различными подвижными средами (водой, льдом).
- 25. Базис денудации** – уровень, соответствующий перелому профиля склона (от крутого к более пологому). По отношению к базису денудации определяется плоскостной снос гравитационного перемещения. Ниже этого уровня гравитационное перемещение прекращается.
- 26. Базис аккумуляции** – точка, выше которой аккумуляция не может происходить и сменяется денудацией.
- Уровень базиса аккумуляции* – горизонтальная плоскость, проходящая через базис аккумуляции. На этом уровне происходит аккумулятивное выравнивание рельефа и образование аккумулятивных равнин.

- 27. Тальвег** – линия, соединяющая самые глубокие части русла реки. Иногда термин употребляется в более широком смысле, в применении ко всему руслу реки.
- 28. Сель** – кратковременный разрушительный поток, перегруженный грязекаменным материалом. Возникает при выпадении обильных ливней (реже интенсивного таяния снега) в предгорных и горных районах, обычно в бассейне небольших речек и логов с большими уклонами тальвега (более 0,10). Проходит с большой скоростью в виде одного или нескольких последовательных валов.
- 29. Подземный сток** – перемещение воды в толще земной коры под действием гидравлического уклона от области питания к области разгрузки.
- 30. Водоносный горизонт** – толща горных пород, насыщенная водой, залегающая между водоупорными толщами или только подстилаемая водоупорными породами. Горизонт может быть представлен породами различного литологического состава.
- 31. Источники** – сосредоточенный естественный выход подземных вод непосредственно на земную поверхность или под водой (субаквальный источник).
- 32. Карст** – совокупность явлений, связанных с деятельностью вод (поверхностных и подземных) и состоящая в растворении горных пород и образовании в них пустот разного размера и формы.
- 33. Оползни** – отрыв земляных масс и перемещение их по склону под влиянием силы тяжести.

Процессы

Склоновый сток. Атмосферные осадки выпадают на поверхность суши в основном в виде дождя и снега. Часть воды, дождевой или талой, насыщает почву и лежащие под ней горные породы, а часть стекает по поверхности вниз по склону.

Дождевые капли сами по себе обладают достаточно высокой кинетической энергией. Подсчитано даже, что при сильных ливнях скорость таких капель у поверхности земли может достигать 7 м/с [Аллисон, Палмер, 1984]. Этого достаточно, чтобы создавать эффект дождевой эрозии, которая наиболее сильно проявляется на открытых поверхностях, не защищенных растительным покровом.

Если склон пологий, вода стекает по нему в виде тонкой плёнки, вызывая *плоскостную эрозию*, которую называют еще *плоскостным смывом*. Подсчитано, что с распаханых полей плоскостной смыв вместе с дождевой эрозией способен перемещать десятки тонн почвы в год с одного акра (около 4000 м²) пашни. Эрозионная деятельность плоскостного стока и дождевых капель, как правило, захватывает лишь тонкий слой земной поверхности, сложенной преимущественно пылеватыми и глинистыми породами.

Плоскостное перемещение воды по склону довольно быстро перерождается в систему отдельных ручейков, из которых постепенно формируется речная сеть. Представление об этом может дать модель

формирование гидросети. В основе решения этой задачи лежит модель случайного блуждания, использованная с позиций картирования [Павлов, 2004].

Временные потоки (струи) и ручьи могут существенно изменять конфигурацию первичных склонов, создавая рытвины, овраги и формируя из них небольшие долины с крутыми склонами (см. рис. 8.14).

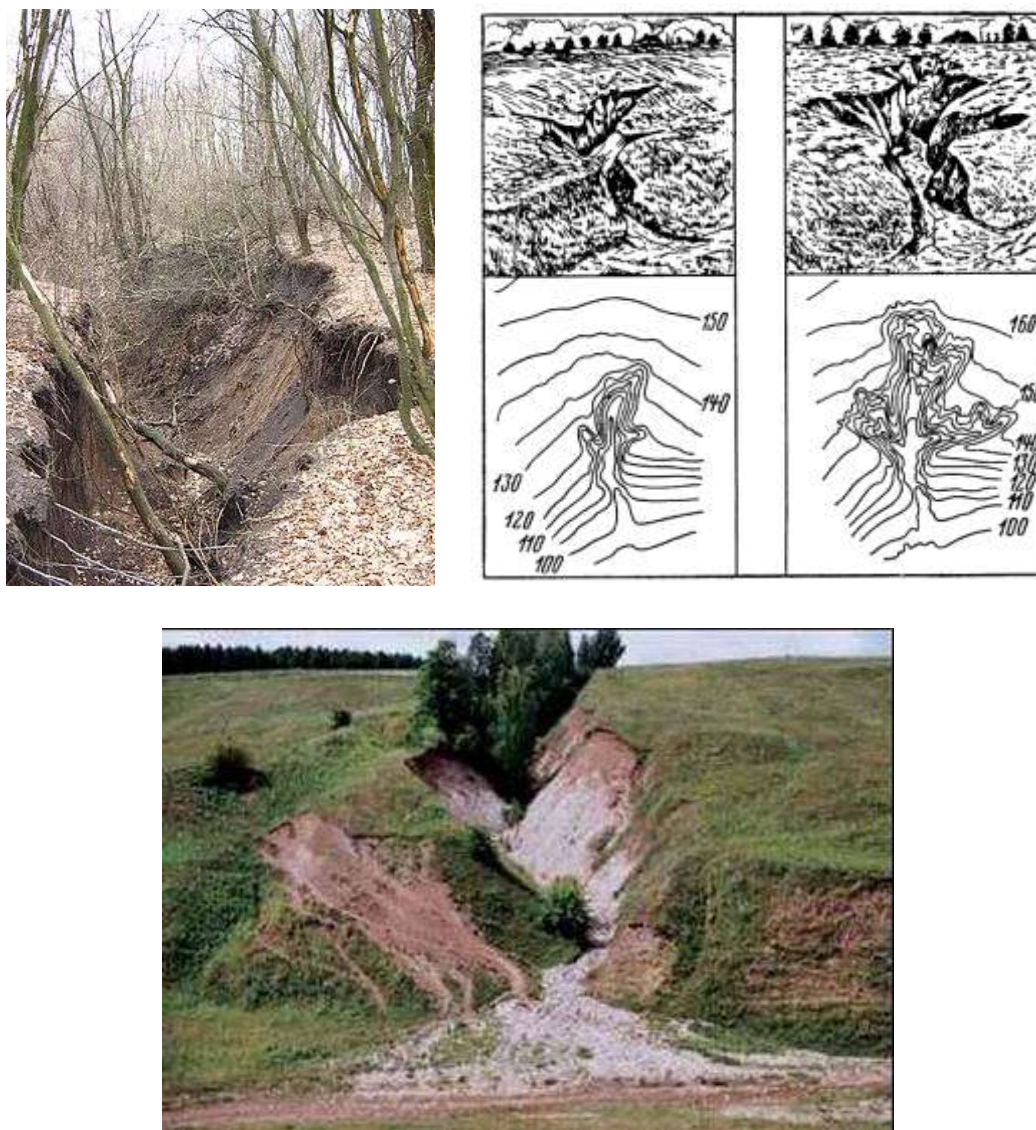


Рис. 8.14. Схема развития оврага [Горшков, Якушова, 1973] и фотоиллюстрации.

Речной сток. Представление о формировании речного стока даёт гидрограф реки (см. рис. 8.15). Речная эрозия связывается с так называемой живой силой реки, которая тождественна по смыслу кинетической энергии речного потока.

Если кинетическая энергия достаточно велика и обеспечивает перенос материала, которым водная струя наполнена, считается, что происходит эрозия. Если масса влекомого речной струей и взвешенного в ней

материала превосходит транспортные возможности реки, происходит аккумуляция наносов. В случае уравниваемости этих составляющих между эрозией и аккумуляцией также наблюдается равновесие.

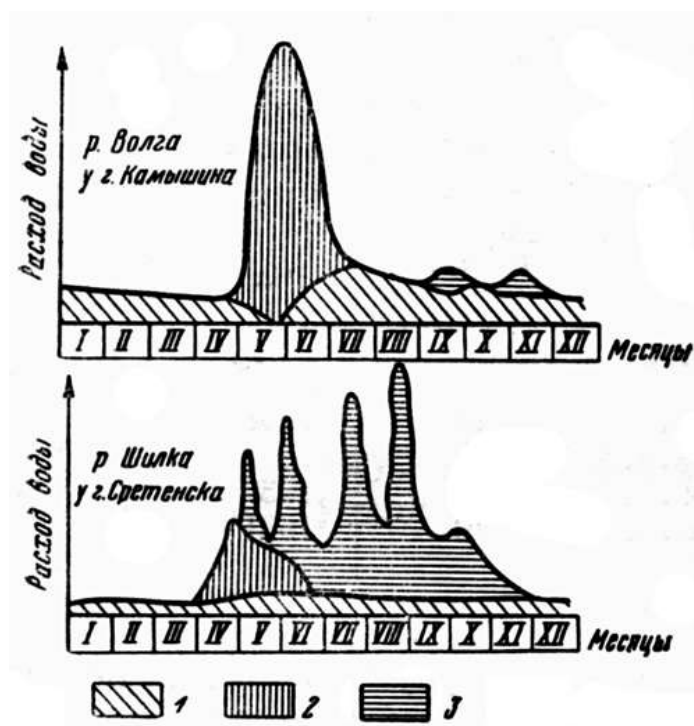


Рис. 8.15. Характер режима рек.

Виды питания: 1 – подземное; 2 – снеговое; 3 – дождевое.

- *Донная (или глубинная) эрозия.*

Река врезается в горные породы, таким способом формируя своё русло. Этот процесс протекает до тех пор, пока не возникнет так называемый профиль равновесия (или предельный профиль). Теоретически он представляет собой кривую, характеризующую кинетические возможности речной струи в конкретных геологических условиях. Речь идет о соотношении разрушающих возможностей водного потока и прочностных свойствах подстилающего его ложа. Донная эрозия контролируется положением базиса эрозии и высотой истоков реки, которые могут меняться под влиянием многих причин: подтоплением в устье, появлением искусственных (дамбы, плотины) и естественных (сели, наледи, тектонические взбросы и сбросы) преград, поднятием областей питания и др.

- *Боковая эрозия.*

В силу эффекта блуждания наряду с глубинной эрозией всегда проявляется еще и эрозия боковая. На первых этапах развития реки она может быть малозаметна. По мере приближения общей кривизны русла к предельному

профилю активность боковой эрозии возрастает. Река расширяет свою долину, приближаясь и разрушая то один коренной берег, то другой. Формируется плоское дно. При этом река образует крупные излучины, называемые меандрами (см. рис. 8.16).

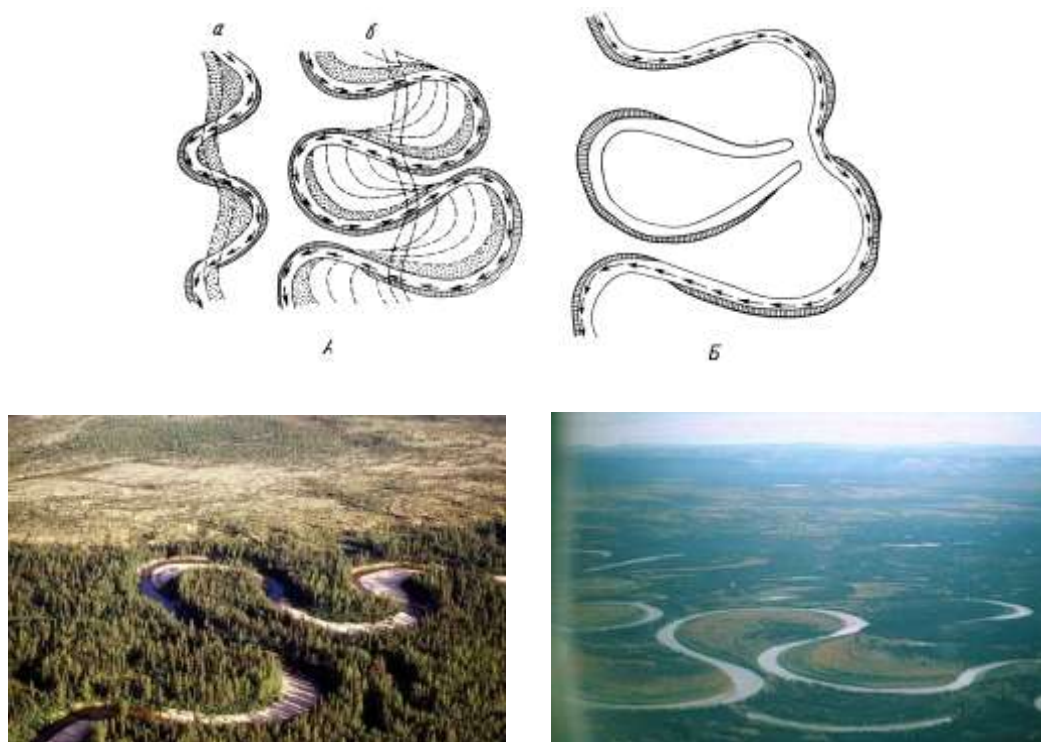


Рис. 8.16. Схема формирования излучин (меандр) [Якушова, Хаин, Славин, 1988]. а – начальная стадия; б – последовательные положения на более поздних стадиях (А); образование старицы (Б). Фотоиллюстрации.

- *Аккумуляция.*

Эрозия практически всегда сопровождается аккумуляцией. Активность аккумуляции зависит от живой силы реки. По мере её убывания влекомый и взвешенный материал, который несет водный поток, начинает оседать на дно, формируя так называемые аллювиальные отложения. Их состав и структура могут быть исключительно разнообразными, создавая иногда довольно причудливые соотношения слоев, линз, горизонтов как по разрезу отложений, так и по площади. Общее представление о формировании аллювиальных отложений даёт рис. 8.17, иллюстрирующий стадию, близкую к равновесной (*перстративный или перестилаемый аллювий*).

- *Основные типы профилей речных долин.*

В своем развитии речные долины проходят несколько стадий, определяемых преобладанием той или иной формы эрозии и аккумуляции. Молодая река как фреза прорезает толщу горных пород и формирует узкие

и глубоко врезаемые долины. В зависимости от своеобразия и крутизны склонов таких долин они носят разные названия: *щель или теснина, ущелье и каньон*. В случае, когда склоны сложены мягкими и непроницаемыми породами (например, глинами), возникают долины, напоминающие в разрезе латинскую букву V. Такие долины называются *V-образными*. На стадии зрелости реки и наступающей затем стадии старости процессы боковой эрозии и аккумуляции приводят к развитию широких плоскodonных долин с пологими склонами и низкими водоразделами. Принципиальная схема типизации речных долин по их профилю показана на рис. 8.18.

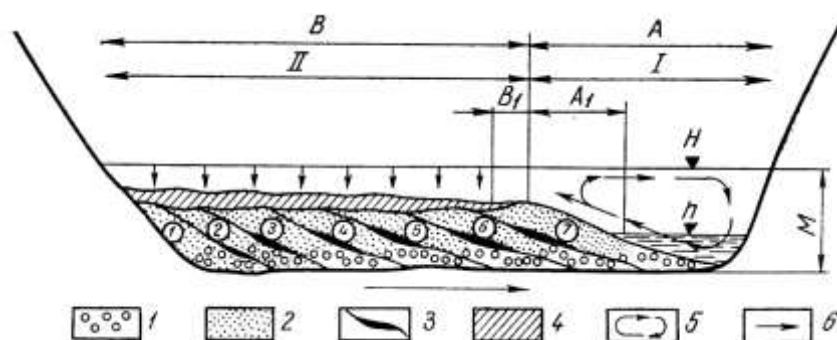


Рис. 8.17. Схема перстративной фазы аллювиальной аккумуляции (по Е.В. Шанцеру [Якушова, Хаин, Славин, 1988]).

А – русло (A_1 – русловая отмель); В – пойма (B_1 – прирусловой вал); Н – уровень полых вод (половодья); h – уровень межи (низкого стояния вод); М – нормальная мощность аллювия; I – зона намывания наносов, влекомых поперечными циркуляционными токами; цифры в кружках (1-7) – последовательно образующиеся слои руслового аллювия; II – зона осадения взвешенных наносов. Русловой аллювий: 1 – грубозернистые пески, гравий и галька; 2 – мелко- и тонкозернистые пески; 3 – прослойки заиления; 4 – пойменный аллювий; 5 – токи поперечной циркуляции в русле; 6 – направление смещения русловой ложбины в ходе накопления аллювия.

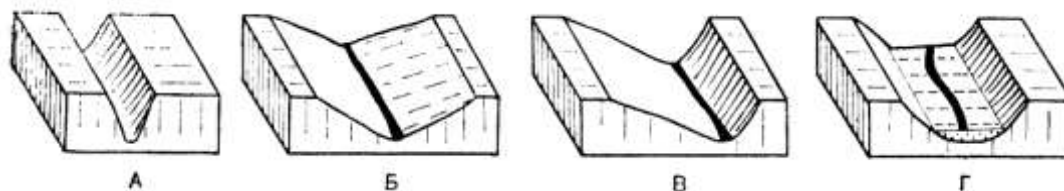


Рис. 8.18. Типовые поперечные профили речных долин [Якушова, Хаин, Славин, 1988].

А – долина в виде ущелья; Б – долина с V-образным поперечным профилем; В – асимметричная долина; Г – плоскodonная долина с развитой поймой.

На формирование речных долин оказывает влияние огромное число факторов. Изменение базиса эрозии может приводить как к омоложению реки, так и к преждевременному ее старению с точки зрения эрозионно-аккумулятивной деятельности. Например, при понижении базиса эрозии в долине с хорошо представленными аллювиальными отложениями могут

вновь активизироваться процессы глубинной эрозии, и река начнет врезаться в свои собственные отложения. Такого рода явление может происходить многократно. История жизни реки «записывается» в ее террасах. Этот факт хорошо виден на рис. 8.19.

Поверхностная денудация. Поверхностная денудация определяется преимущественно процессами механического и химического разрушения горных пород. Основным её результатом является образование стока взвешенных и влекомых наносов и части стока растворенных веществ с той или иной территории. И та и другая величины могут быть измерены в приустьевом створе реки и характеризуют денудацию на её водосборе. Для оценки денудации правильнее пользоваться данными по малым незарегулированным рекам, формирующимся за счет местного стока, т.е. стока, представляющего собой воды, образующиеся из атмосферных осадков, выпавших на поверхность данного водосбора. Соотношение между годовым стоком взвешенных, влекомых и растворённых веществ в среднем для всей суши оценивается как 10:1:2,8 (см. гл. 7. **Речной сток**).

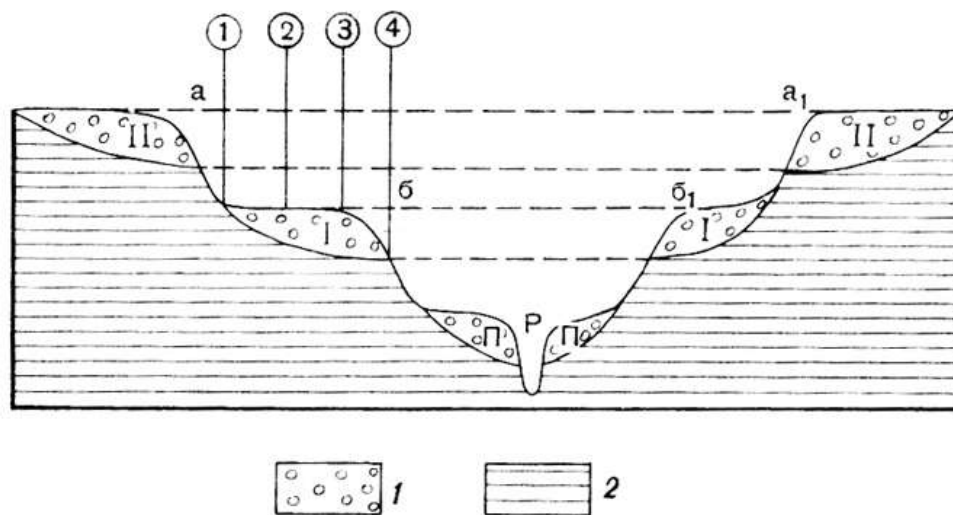


Рис. 8.19. Схема надпойменных речных террас.

Р — русло; П — пойма; I — первая надпойменная терраса; II — вторая надпойменная терраса; а-а₁ и б-б₁ — прежние поймы, прорезанные рекой; цифры в кружках: 1 — тыловой шов; 2 — террасовидные площадки; 3 — бровка террасы; 4 — уступ террасы.
1 — аллювий; 2 — коренные породы.

Сток взвешенных наносов принято оценивать через модуль эрозии $M_э$, который представляет собой отношение массы твердого стока реки R к единице площади F в единицу времени t . Поскольку поверхностная денудация (эрозия) всегда определяется, по крайней мере, двумя составляющими — механической и химической, то величину $M_э$ правильнее называть модулем механической эрозии $M_{мэ}$, который может быть представлен как сумма модулей эрозии по взвешенным $M_{вз}$ и

влекомым $M_{\text{вл}}$ наносам:

$$M_{\text{мэ}} = M_{\text{вэ}} + M_{\text{вл}} \quad (8.1)$$

Общий же модуль эрозии, характеризующий поверхностную денудацию, определяется формулой:

$$M_{\text{э}} = M_{\text{вэ}} + M_{\text{вл}} + M_{\text{хэ}} \quad (8.2)$$

где $M_{\text{хэ}}$ – модуль химической эрозии.

Модуль эрозии по взвешенным наносам можно выразить через мутность речной воды ρ и модуль склонового стока $M_{\text{сс}}$, производящего эту эрозию. Если мутность выразить в граммах на кубический метр, модуль склонового стока в литрах в секунду с 1 км^2 водосборной площади, а за единицу времени принять 1 год, то

$$M_{\text{вэ}} = 0,0315\rho M_{\text{сс}} \quad (8.3)$$

Модуль эрозии по влекомым наносам систематически не изучался, однако было установлено, что для большинства равнинных рек он составляет небольшую часть модуля эрозии по взвешенным наносам (обычно 0,2–10 %). Для полугорных и горных рек это доля достигает 20 % без учета селей и 40–185 % с учетом селевых выносов (А.В. Волин, 1946).

Доля химической денудации на равнинных реках достигает приблизительно 50% от весового количества взвешенного материала, а величина донных (влекомых) наносов весьма мала. Поэтому для равнинных территорий можно записать

$$M_{\text{э}} \approx M_{\text{вэ}} + M_{\text{хэ}} \quad (8.4)$$

Химическая денудация (эрозия) земной поверхности производится склоновыми водами главным образом в весенние и дождевые паводки. Если минерализацию паводковой воды $C_{\text{п}}$ выразить в граммах на кубический метр (миллиграммах на литр), то модуль химической эрозии определится формулой:

$$M_{\text{хэ}} = 0,0315C_{\text{п}}M_{\text{сс}}, \text{ т}/(\text{км}^2 \cdot \text{год}) \quad (8.5)$$

Тогда окончательное выражение модуля эрозии примет вид:

$$M_{\text{э}} = 0,0315M_{\text{сс}}(\rho + C_{\text{п}}), \text{ т}/(\text{км}^2 \cdot \text{год}) \quad (8.6)$$

где $M_{\text{э}}$ – модуль эрозии; $M_{\text{сс}}$ – модуль склонового стока, $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$; ρ – мутность воды, $\text{г}/\text{м}^3$; $C_{\text{п}}$ – минерализация воды в паводок, $\text{г}/\text{м}^3$ (мг/л).

Подземный сток. Подавляющая масса подземных вод представляет собой бывшие атмосферные осадки, просочившиеся в горные породы и сформировавшие там водоносные горизонты. Подземный сток определяется в основном движением этих вод в речную сеть, в меньшей степени – в озера и моря. Различные формы подземного стока уже обсуждались в этом курсе в главе 6 – «Взаимодействие геосфер» (см. раздел 6.3 «Круговороты природных вод»). Характерной формой разгрузки

подземных вод на поверхность земли являются родники. Общее представление о них дает рис.8.20.

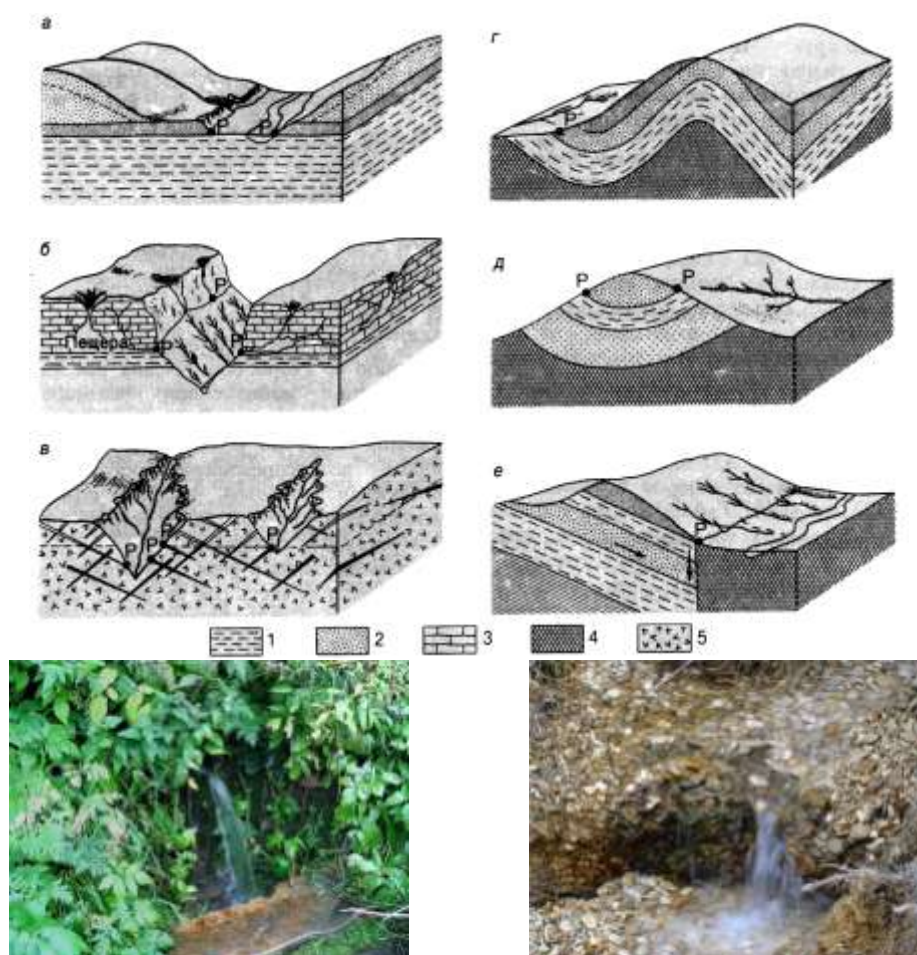


Рис. 8.20. Типы строения коренных пород, благоприятные для образования родников [Аллисон, Палмер, 1984].

Родники обозначены буквой Р. 1 – глинистые породы; 2 – песчаники; 3 – известняки; 4 – алевролиты; 5 – магматические породы. Фотоиллюстрации.

Геологическая деятельность подземного стока связана преимущественно с процессами растворения горных пород и выносом продуктов растворения за пределы водоносных горизонтов.

Подземная денудация. Термин «подземная денудация» был предложен известным отечественным гидрогеологом Ф.А. Макаренко, который понимал под ним денудационную деятельность грунтовых вод в толще пород водосборного бассейна. В отличие от поверхностной денудации подземная определяется в основном выносом растворимых соединений. Процессы же механического выноса частиц грунтовыми водами (суффозия) в масштабе речных бассейнов составляет ничтожно малую долю и, как правило, не учитывается.

Количественную оценку подземной денудации обычно дают по

меженному ионному стоку, поскольку основным источником питания большинства рек в межень являются грунтовые воды. По аналогии с формулой (8.5) формула для расчета модуля подземной денудации может быть записана в следующем виде:

$$M_{\text{пд}} = 0,0315 M_{\text{г}} C_{\text{г}} \quad (8.7)$$

$M_{\text{пд}}$ – модуль подземной денудации, т/(км² · год); $M_{\text{г}}$ – модуль грунтового стока, л/(с · км²); $C_{\text{г}}$ – средняя минерализация грунтовых вод, мг/л.

При оценке подземной денудации по меженному стоку растворенных веществ во всех случаях требуется тщательный геологический и гидрогеологический анализ исходных данных и полученных результатов. В частности, следует иметь в виду, что часть солевого состава подземного стока может иметь не только денудационное, но и иное происхождение. Например, в верхние водоносные горизонты часто разгружаются соленые и солоноватые воды артезианских бассейнов, химический состав которых сформировался в течение длительной геологической истории (см. главу 5). Кроме того, часть веществ, содержащихся в подземных водах верхних горизонтов, имеет атмосферное происхождение, и доля таких веществ в ряде районов может быть достаточно большой.

К процессам подземной денудации относится и образование карстовых пустот и полостей в известняках, доломитах, гипсах, галоидных солях. Процессы денудации в этом случае протекают быстрее, чем в силикатных породах, и приводят к появлению пор, каверн, крупных пещер и карстовых ходов. Характерный вид поверхности района карстообразования показан на рис. 8.21.

Современную активность процесса карстообразования принято выражать формулой:

$$A = V/V_1 \cdot 100, \% \quad (8.8)$$

где A – показатель современной активности карстового процесса; V – объем породы, растворенной за определенный отрезок времени; V_1 – объем закарстованного массива.



Рис. 8.21. Схематическая блок-диаграмма части карстового района на юге шт. Индиан [Аллисон, Палмер, 1984].

Объём растворенной породы определяется по составу карстовых вод и суммарному дебиту источников. Этот метод наиболее приемлемый для сравнительно медленно развивающегося карбонатного и гипсового карста.

Для карбонатного карста, связанного со слабо растворимыми породами – известняками и доломитами – атмосферные воды, попадающие в массив пород, обычно быстро достигают предела насыщения по CaCO_3 и MgCO_3 . Скорость развития карбонатного карста зависит от насыщенности воды углекислым газом, морфологии карстового массива, глубины залегания грунтовых вод, агрессивности атмосферных осадков (степени насыщенности карбонатами магния и кальция) и ряда других факторов. Поэтому значение показателя активности карстового процесса изменяется в широких пределах.

Использование формулы (8.8) во всех случаях требует тщательного анализа геологической обстановки, химического состава атмосферных осадков, минеральных примесей в карстующихся породах (особенно наличие пирита – FeS_2). Формальное использование этой формулы может привести к грубым ошибкам.

При оценках скорости образования соляного карста существует своя специфика, связанная с очень высокой растворимостью хлоридных солей. При залегании пород ниже уровня грунтовых вод растворение известняков, доломитов и гипсов резко снижается. Воды, как правило, достигают предела насыщения. Соляные же тела часто интенсивно растворяются ниже уровня грунтовых (надсолевых) вод, причём растворение происходит по верхней части соляного тела или пласта. Для такого случая Г.В. Короткевичем была предложена следующая формула карстообразования:

$$H = V/F \cdot 1000, \quad (8.9)$$

где H – средняя величина понижения погребенной поверхности соляного тела за счет растворения, мм/год; F – площадь тела, м^2 ; V – суммарный объём соли, выносимый за год за пределы площади F (определяется по химическому составу воды источников); 1000 – коэффициент, учитывающий размерность (перевод из метров в миллиметры).

Все приведенные формулы и интерпретации имеющегося гидрохимического материала по оценке процессов карстообразования основаны на оценке фактического результата природных процессов. Но существуют и другие подходы, основанные на термодинамических расчётах, использующих данные по составу атмосферных осадков и минералогии карстующихся пород.

Любые вычислительные оценки должны опираться на анализ геологических данных по территории исследования. Получение критериальных чисел и отношение к ним не могут быть формальными и оторванными от натуры.

Оползни. Эти гравитационные смещения горных пород обычно возникают на крутых склонах речных долин, оврагов, берегах озер и морей. Своим происхождением они обычно обязаны поверхностным и подземным водам. Характер и размер оползневых смещений могут быть разными:

- от небольших объемов, охватывающих лишь поверхностные части склонов и возникающие в результате сильного переувлажнения почв и грунтов атмосферными осадками (*оплывины или сплывы*),
- до крупных смещений земляных масс, захватывающих различные горные породы на значительные глубины (собственно оползни), и, наконец,
- *обвалов* – внезапных обрушений огромных масс горных пород, которые сопровождаются дроблением и даже опрокидыванием всего сорвавшегося массива.

В качестве примера одного из крупнейших обвалов часто приводят обрушение массива горных пород, произошедшее на Памире в 1911 г. Масса горных пород в 7-8 млрд. т перекрыла реку, на которой в результате возникло Серезское озеро длиной около 80 км. Новообразованная естественная плотина имела высоту свыше 500 м, длину около 2 км и ширину у основания около 5 км.

Классификационное представление о структуре оползня дают рисунки 8.22 и 8.23.

Образование оползней представляет собой сложный процесс, на который влияет целый ряд факторов. Среди них главную роль могут играть такие, как подмыв берегов, атмосферные осадки, изменение состояния глинистых грунтов, вызываемое воздействием подземных и поверхностных вод, суффозия (см. выше), гидродинамическое давление, создаваемое подземными водами, специфические условия залегания горных пород, тектонические причины, инженерная деятельность людей.

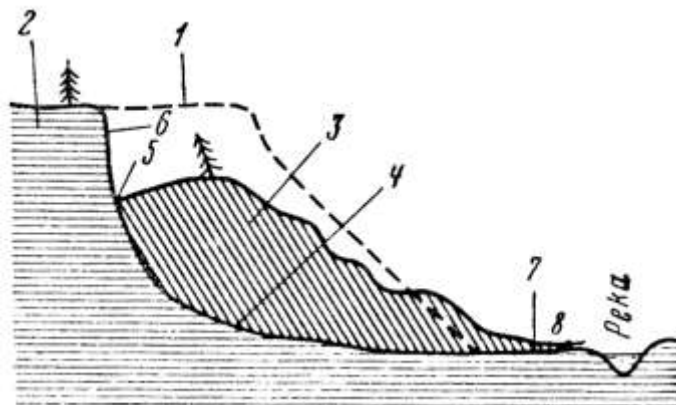


Рис.8.22. Схема оползневого склона [Горшков, Якушова, 1973].

1 – первоначальное положение склона; 2 – ненарушенный склон; 3 – оползневое тело; 4 – поверхность скольжения; 5 – тыловой шов; 6 – надоползневой уступ; 7 – подошва оползня; 8 – источник (родник).

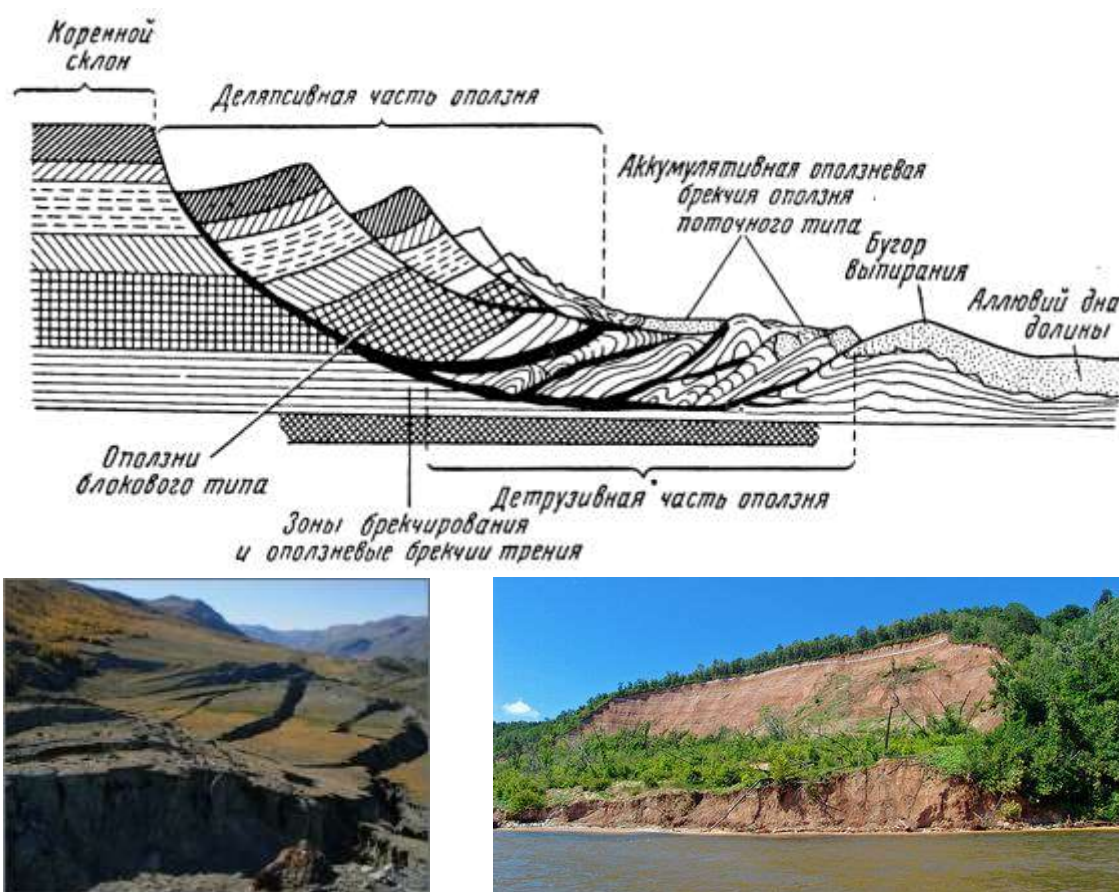


Рис. 8.23. Схема сложного оползня [Горшков, Якушова, 1973]. Фотоиллюстрации.

Деляпсивная часть оползня — часть, в которой сохраняется последовательность слоев и только наблюдается их запрокидывание в сторону ненарушенной части склона. *Детрузивная* часть оползня — возникает вследствие толкания оторвавшихся сверху блоков; давление оползневых масс может создавать в основании склона бугры выпирания пород.

Региональный эрозионный цикл

Этот цикл принято определять как время, которое необходимо, чтобы регион прошел развитие от низменного рельефа к высокому и снова к низменному. Очевидно, что середина цикла связывается с тектоническим поднятием региона. Региональные эрозионные циклы делят на три стадии: *юности, зрелости и старости*. Основные характеристики этих стадий удобно свести в таблицу, которая достаточно полно отражает их особенности (см. табл. 8.1).

Приведенная схема эрозионного цикла носит классификационный характер. Реальные же варианты развития речной сети и рельефа могут в значительной мере отличаться от него. Например, тектоническое поднятие территории может начаться значительно раньше наступления стадии старости. И в этом случае градиенты потоков увеличиваются «раньше

времени». Реки опять начинают прорезать каньоны в днищах своих прежних долин, область вновь приобретает черты, характерные для юной стадии развития рельефа. Регион тогда называют омоложенным, а реки – омоложенными. Широкие русла таких рек углубляются, и старые излучины превращаются во *врезанные меандры*.

Если суша опускается или повышается уровень моря, то происходит повышение базиса эрозии, и реки быстро дряхлеют. Их разрушающая и транспортирующая сила быстро сходит на нет.

Таблица 8.1

Основные изменения в развитии реки за эрозионный цикл (по [Алиссон, Палмер, 1984]).

Характеристика реки	Стадия юности	Стадия зрелости	Стадия старости
Характер русла	Прямое	Обычны меандры	Многочисленные меандры
Градиент и скорость	Высокие	Умеренные	Низкие
Пороги и водопады	Много	Мало	Отсутствуют
Характер эрозии	Преобладает врезание	Заметная роль боковой эрозии	Боковая эрозия преобладает
Ширина долин	Узкие V-образные	Широкие, хорошо выделяются в рельефе	Очень широкие с низкими берегами
Глубина долин	Умеренно глубокие	Самые глубокие	Мелкие
Количество притоков	Мало	Максимальное количество	Мало, крупные
Характер водоразделов	Широкие, от низких до высоких	Высокие и узкие	Низкие и узкие
Рельеф	Максимальный для речной системы в целом	Максимальный в верховьях реки	Низкий
Количество озер	Много на возвышенностях	Мало, если вообще есть	Много на низменностях
Структурный контроль	Не контролируются структурами	Контролируются структурами	Слабо контролируются структурами
Транспортируемый материал	Грубый и тонкий	Заметная роль песка и алеврита	Преобладает алеврит и растворенные вещества
Речное осадконакопление	Минимальное	Отложение осадка на внутренних сторонах излучин	Отложение осадков в руслах и на прирусловых валах
Речная сеть	Развита слабо	Хорошо развита, в высшей степени действенна	Вялое дренирование

Симметрия и асимметрия речных бассейнов

Общие положения

Симметрия – одно из коренных свойств мироздания. Это уравниловенность, сбалансированность, связь систем и миров. Симметрию **как идею** можно сформулировать следующим образом:

1. Любoй объект обладает различными свойствами, в которых он может быть описан (параметризован).
2. С каждым из параметров или группой параметров может быть совершена кака-то операция: перемещение, отражение, поворот и т.д. и т.п.
3. Если после выбранной операции получают тождественный результат, т.е. объект не отличается от своего первоначального вида, говорят, что в этих параметрах по отношению к данной операции объект симметричен.

Из такого понимания симметрии вытекает два простых следствия:

1. Можно выбрать любые параметры, характеризующие объект, и подбирать для них операции, которые бы дали тождественный результат.
2. Можно задаться операциями и подбирать параметры, в которых также будет получен тождественный результат.

Иными словами, нет вещей не симметричных. Всё симметрично, но в определенных характеристиках при соответствующих преобразованиях.

Однако симметрия реальных объектов лишь похожа на симметрию теоретических образов. Стратегический замысел здесь ясен:

- Принципиальная недостижимость равновесия в природе, равновесия как символа всеобщей смерти, неподвижности и конца.
- Тактических же приёмов для обеспечения недостижимости смерти, по-видимому, бесчисленно много.

Например, в кристаллах геометрический образ заложен генетически в особенностях строения их кристаллической решетки. Так в галите ионы натрия и хлора организуются по вершинам куба и никак иначе. Что же искажает этот природный замысел? Во-первых, наличие примесей. Во-вторых, сложность движения вещества к центрам кристаллизации и различные эффекты на формирующихся поверхностях кристаллов. И третье, — **дисимметрия**.

У разных авторов этот термин записывается по разному: дисимметрия и диссимметрия. Первая форма записи подчёркивает двойственную природу явления — взаимодействие симметрии среды и объекта. Вторая – ту дисгармонию, которая этой двойственностью создается.

Если симметрия – это фундаментальное свойство мира, то дисимметрия может быть квалифицирована как вселенский механизм гарантирующий принципиальную недостижимость симметрии с помощью самой же симметрии. Именно он формирует «почти симметрию».

Базовая интерпретация дисимметрии состоит в следующем:

- Любoй объект развивается в определенной среде.

- И объект и среда обладают некоторой первородной симметрией, под которой понимается некий идеальный образец, некий эталон, некое задуманное клише.
- В объекте развиваются только те внешние формы симметрии, которые совпадают с элементами симметрии среды, в конкретном их проявлении — для потока, вихря, покоя и т.д.
- Формы, не совпадающие с элементами симметрии среды, не развиваются и остаются как не востребуемый потенциал.
- При снятии внешних ограничений не востребуемые элементы начинают развиваться. В этом и состоит смысл известного выражения Пьера Кюри — дисимметрия творит явления.

Асимметрия – это отсутствие симметрии. Для поверхности Земли такая неуравновешенность проявляется в известных географических гомологиях (см. главу 3).

Эти гомологии позволили разработать систему теоретических кругов и центров, которые некоторым образом формализовали натурные данные.

Я напомнил эти морфологические особенности устройства поверхности Земли, чтобы обратить внимание на геометрический характер параметров и принципы их сравнения на основе планетарной геодезической сети.

Можно ожидать, что глобальная асимметрия планеты как общая структурная закономерность должна проявляться и в устройстве различных морфометрических деталей, в частности в геометрии речных бассейнов.

Симметрия и асимметрия сосуществуют. Их связь отражает фундаментальную двойственность устройства Мира (Беляев, 2007). Без их единства (неразделимости и неслиянности (см. главу 1) Мир не мог бы существовать и развиваться) [Павлов, 2007, 2009].

Статистический закон Фёдорова-Грота

- *Веществу с простым химическим составом присуща высокая симметрия его кристаллов.*
- *С усложнением химического состава кристаллического вещества его симметрия, как правило, становится ниже.*

С этим законом согласуются современные взгляды на процессы развития Земли [Павлов, 1985]. Можно ожидать, что такие тенденции проявляются и в развитии речных бассейнов.

Речной бассейн – это водосборная площадь реки с её притоками. В соответствии с современными представлениями (Милюков, 1984) русло реки со всеми прилегающими территориями, с которых оно собирает воду (поверхностную и подземную) образует сложную ландшафтную структуру. Она получила название – *бассейновая парагенетическая система*. Эти три слова отражают идею целостности речного бассейна, проявляющуюся в генетическом единстве составляющих её элементов

(через их взаимодействие).

Понятие симметрии эту сущность и составляет. Поэтому, естественный путь изучения симметрии и асимметрии является параметрическим. Разумеется, что среди множества параметров главными будут те, которые традиционно характеризуют речной бассейн, могут быть измерены или вычислены по натурным данным.

Среди них я бы выделил следующие:

Морфометрическая группа

1. Площади (горизонтальная проекция) – F , км².
2. Средние уклоны – I , град.
3. Числа фрактальности (мера самоподобия) – D .
4. Средние высоты – Z , м
5. Амплитуда высот – A_z .

Гидрологическая группа

1. Средний многолетний сток – Q .
2. Средний минимальный сток – $Q_{\min}$.
3. Средний максимальный сток – $Q_{\max}$.
4. Соответствующие модули стока – M , $M_{\min}$, $M_{\max}$.
5. Соответствующие коэффициенты стока – K , $K_{\min}$, $K_{\max}$.
6. Соответствующие многолетние гидрографы – G , $G_{\min}$, $G_{\max}$.

В качестве операции сравнения (как меры симметрии) можно использовать отношения этих параметров (C), условно правых к левым, считая за границу раздела русло основной реки. Например, для площадей $C_F = F_{\text{пр}}/F_{\text{л}}$. Очевидно, значения $C=1$ означает симметричность речного бассейна по данному параметру. В случае, когда $C \neq 1$, бассейн по рассматриваемому параметру асимметричен. Мера асимметричности выражается числом. По различным параметрам она будет различной, что позволит обсуждать причины асимметрии.

Внешние проявления симметрии и асимметрии речных бассейнов.

У Грегори (1972) сформулирована важная, хотя, на первый взгляд, и очевидная истина:

- *Мы верим в то, что видим, и видим то, во что верим.*

Общие положения, которые были только что приведены, отражают нашу веру в принципы симметрии и асимметрии. Рассматривая с этой верой географические карты речных бассейнов, мы обращаем внимание на их асимметричное или почти симметричное строение относительно главного русла. Такое внешнее впечатление полезно закрепить хотя бы на одном примере.

Бассейн реки Кубань.

Бассейн **резко асимметричен**. По площадям водосбора это сразу бросается в глаза уже на рис. 8.24.

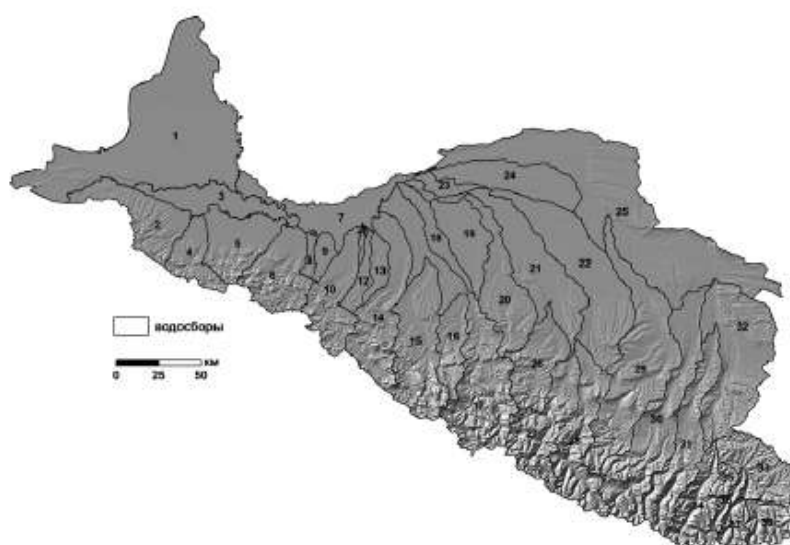


Рис.8.24. Модель поверхности бассейна р. Кубань, представленная аналитической отмывкой рельефа. Линии водоразделов построены по цифровой модели рельефа (Погорелов, Думит, Куркина, 2008).

Оценка симметрии бассейна Кубани, сделанная на основе многочисленных работ [Клименко, 1987, (Погорелов, Думит, Куркина, 2008)], приводит к довольно интересным результатам (табл.8.2).

Таблица 2.

Значения коэффициента симметрии бассейна реки Кубани по различным параметрам

Коэффициент симметрии	Поверхн. сток	Уклоны	Площади водосбора	Фрактальная размерность	Подземн. питание
<i>C</i>	0	$\approx 0,25$	0,36	0,95	$\approx 1,0$

По различным параметрам, предложенный для оценки симметрии коэффициент *C* меняется от нуля до единицы. Это обстоятельство даёт основание ожидать, что в любых других бассейнах картина может повторяться [Павлов, Голосовская, Соноцкая, 2011]:

- В одних параметрах симметрия есть.
- В других характеристиках наблюдается резкая асимметрия.

При осторожном подходе к такому выводу правильнее было бы обсуждать не симметрию бассейновой парагенетической системы, а **симметрию и асимметрию подобия**. Такой тип симметрии обсуждался в

ранних работах по проблеме симметрии в Природе [Шафрановский, 1968, со ссылкой на статью А.В. Шубникова, 1960]. Позже появилась книга А.В. Шубникова и В.А. Копчик [2004].

Применительно к речным бассейнам мысль о симметрии подобия высказывалась Б.Н. Лузгиным [статья в Интернете, без указания года]. Правда, он говорит о сечении речных долин как подобных симметричных образам. Но, возвращаясь к этому вопросу, уже пишет *о речных бассейнах*, рассматривая их симметрию как отражение внутренней структуры, определяемой элементарными водно-эрозионными площадями.

Общий вывод:

- *текущие воды производят механическое и химическое разрушение горных пород, переносят продукты этого разрушения и перераспределяют их по поверхности Земли в соответствии с законами гидродинамики и гидрохимии.*
- *симметрия и асимметрия речного бассейна сосуществуют. Их взаимосвязь, скорее всего, определяет генетическое единство этой системы и её неустойчивость, создающую потенциал развития.*

8.4. Озера и болота

Основные понятия

1. **Озёра** – водоёмы с замедленным водообменом, занимающие впадины рельефа и не имеющие непосредственной связи с морями и океанами [Догановский, Малинин, 2004].
2. **Озёрная система** – озеро и территория его водосбора.
3. **Озёрно-речная система** – часть озёрной системы, состоящей из нескольких озёр и соединяющих их рек и протоков.
4. **Котловина озера** – углубление в поверхности суши (пониженные участки рельефа замкнутой формы), заполненные водой до некоторого уровня.

Как и в морях, в озерных котловинах различают мелководную часть – литораль, ее продолжение при резко увеличивающихся уклонах – сублитораль и глубинную область – *пелагиль*. Кроме того, в плане в озёрах различают *заливы* и *бухты*, *плёсы* и *острова*.

5. **Озёрность** – отношение суммарной площади всех озёр к общей площади рассматриваемой территории.
6. **Сейши** – стоячие волны. Возникают благодаря быстрому изменению атмосферного давления в одной части озера. Создаётся колебательное движение уровня воды, вследствие чего появляются стоячие волны.
7. **Сапропели** – органно-минеральные отложения озёрных водоемов.
8. **Сапропелиты** – одна из групп ископаемых углей, образовавшихся преимущественно за счёт скопления остатков простейших животных и растительных организмов.
9. **Оолиты** – шаровидные или эллипсоидные образования из углекислой извести, окислов железа и марганца и др. Образуют концентрически-слоистые, иногда радиально-лучистые тела, формирующиеся вокруг центрального ядра.

- 10. Болото** – природное образование, представляющее собой переувлажнённый участок земной поверхности со слоем торфа и специфическими формами растительности, приспособившимися к условиям избытка влаги, слабой проточности и недостатку кислорода [Догановский, Малинин, 2004].
- 11. Заболоченные земли** – территории, на которых слой торфа не превышает 30 см. Растительность этих территорий в отличие от растений болот имеет корневую систему, проникающую в подстилающий минеральный грунт.
- 12. Болотный массив** – практически то же, что торфяная залежь. Граница проводится по контуру развития торфа.

Общая характеристика. Озера занимают свыше 2 % территории суши, но распределены по поверхности Земли неравномерно. В северном полушарии выделяют два озерных пояса: *северный и южный*.

Генетическая классификация озерных котловин [Якушова, Хаин, Славин, 1988]

Категория	Группа	Тип
I.Эндогенная	вулканогенная	кратерный, кальдерный, фумарольно-гейзерный, лавово-плотинный, лахаро-плотинный
	сейсмогенная	провальный, обвально-плотинный
	тектоногенная	грабенный (рифтовый), синклинальный
II.Экзогенная	гравитационная	провально-гравитационный, провально-карстовый, провально-суффозионный, обвально-плотный
	эрозионная (речная)	руслевой, пойменный (старичный), дельтовый
	эоловогенная	дефляционный
	гляциогенная*	экзарационный, каровый, термокарстовый, гляциально-плотинный
	талассогенная (морская)	приморский, реликтивно-морской
	биоогенная	атолловый, биогенно-плотинный
	метеоритная (астрооблемная)	ударный, взрывной

См. следующий раздел 8.5. Геологическая деятельность льда.



Оз. Байкал – вид из Космоса



Небольшое озеро

Рис. 8.25. Примеры озёр.

Северный озёрный пояс связан с зоной высокого увлажнения и своим происхождением обязан в основном последним покровным оледенениям. Большая часть озёрных котловин появилась здесь 8-25 тыс. лет назад при отступлении ледников: Валдайского (Восточная Европа), Вюрмского (Западная Европа), Висконсинского (Северная Америка). В этом же поясе сосредоточены и наиболее крупные озёра и озёрные системы – Великие Американские озера, Великие Европейские озера. Их котловины имеют преимущественно тектоническое заложение. В отдельных регионах этого пояса озёрность достигает 10-20 %.

Южный озёрный пояс расположен в зоне недостаточного увлажнения. К наиболее крупным озерам этого пояса относятся такие бессточные озёра, как Каспий, Арал, Алаколь, Большие Чаны и множество озер меньших размеров. Эти озёра формируются в основном за счёт притока воды со стороны более увлажнённых территорий. Малые озера часто пересыхают.

В южном полушарии северный и южный озерные пояса выражены менее четко.

Процессы

Озерная абразия (лимноабразия). Озёрные береговые процессы во многом схожи с процессами на морских побережьях, особенно когда речь идет о крупных озерах. Это естественно, потому что движущие силы, определяющие их, принципиально одинаковы. Это – и волновые течения, и волноприбойный фактор, и работа ветра. Однако в небольших озерах эти процессы существенно сглажены и ослаблены, особенно в случаях, когда абразионный профиль уже выработан и абразионные уступы отодвинуты на недостижимые для волн расстояния. Тогда абразионная деятельность озера в основном сводится к перетиранию и размельчению обломочного материала пляжей. Кроме того, разрушение озёрных берегов в значительной мере ослабляется прибрежной растительностью.

Осадконакопление. В озерах образуются все известные сегодня генетические типы осадков:

- обломочные или терригенные,
- органогенные и
- хемогенные.

Озёрные обломочные отложения имеют свою специфику, связанную с относительно спокойным гидродинамическим режимом водных масс. Терригенные отложения озёр отличаются тонкой и прямой слоистостью и даже могут иметь микрослоистость. Слойки часто отражают сезонные колебания в гидродинамическом режиме озера. В периоды многоводности формируются осадки крупно- и даже грубообломочные, в меженные периоды малой воды (обычно зимой и летом) откладывается мелко- и

тонкозернистый материал, а сами слойки имеют небольшую мощность. Для озёрных отложений межленного периода характерно прекрасное сохранение отпечатков растений, следов водных животных. В периоды сейш могут сохраняться следы наземных животных, приходящих на водопой, а иногда и ямки от дождевых капель.

В крупных озёрах, а также озёрах проточного и дельтового типов обломочный материал может быть достаточно крупным (песок, галька) и хорошо сортирован. Обычно такие отложения связаны с участками, прилегающими к устьям рек, а также у берегов с активной абразией. Принципиальная схема распределения озерных осадков показана на рис. 8.26.

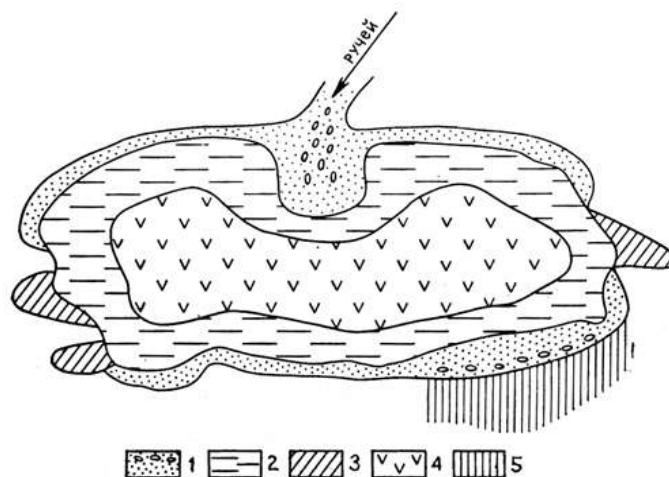


Рис. 8.26. Схема распределения осадков в озере [Якушова, Хаин, Славин, 1988].

Обломочные осадки: 1 – галька, пески; 2 – глинистые, известковистые и другие илы; 3 – органогенно-детритовые (растительные) илы. Хемогенные осадки: 4 – тонкие органомогенные (диатомовые, см. тему 7) илы; 5 – крутой берег.

В озёрах благодаря спокойной гидродинамической обстановке хорошо представлены органогенные отложения. (См. рис. 8.27). Хемогенные отложения озёр чаще всего представлены пресноводными известняками и мергелями. Встречаются известковые конкреции, железистые и марганцевые илы. Из них могут формироваться озерные оолиты. В условиях тропиков возможно появление алюминия. Солёные озёра в аридном климате продуцируют отложения соды, мирабилита, поваренной и калийной соли, боратов.

Среди органогенных отложений в озёрах могут встречаться известняки-ракушечники, диатомовый ил и его продукт – диатомит.

Типизация болот

Верховые болота. Характерны для низких слабовогнутых водоразделов. Также могут развиваться на речных террасах и пологих склонах возвышенностей. Их питание осуществляется за счёт атмосферных

осадков. Их воды бедны солями, комплекс растительности довольно беден и приспособлен к маломинерализованной воде. Они быстро зарастают от центральных частей к периферии. Это обстоятельство определяет их выпуклую форму. Для них характерно развитие древесной растительности представленной главным образом сосной и лиственницей. Отличительной чертой является также развитие вереска, багульника и клюквы.

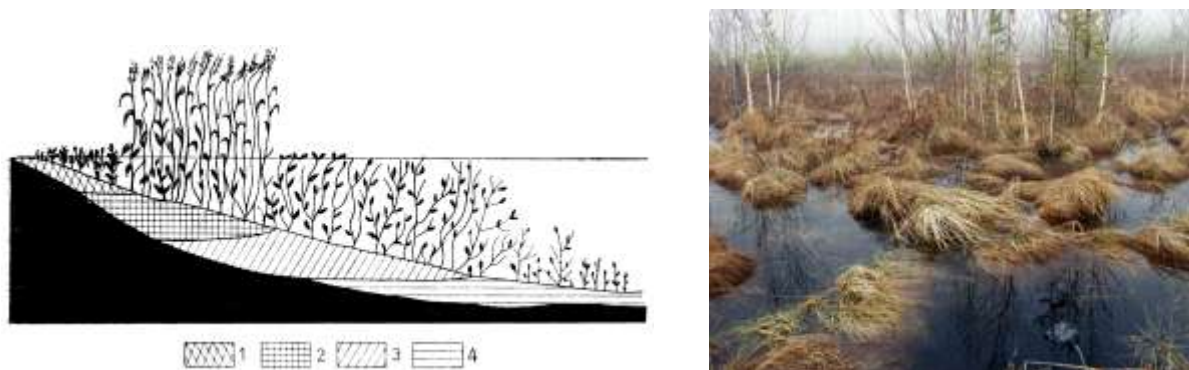


Рис. 8.27. Схема зарастания озера и образования торфа:
1 – осоковый торф; 2 – тростниковый и камышовый торф; 3 – сапропелевый торф;
4 – сапропелит. Фото болота.

Низинные болота. Обычно развиваются в котловинах и в процессе заболачивания озёр. Питание их происходит в основном за счет подземных и поверхностных вод. В связи с этим низинные болота более богаты минеральными солями и комплекс характерной для них растительности более разнообразен, чем на верховых болотах: зеленые мхи, осоки, тростники, кустарники, из деревьев преобладают ольха и береза (рис. 8.27).

Приморские болота. Распространены на морских побережьях с влажным климатом. Питаются в основном атмосферными осадками. Во время приливов могут покрываться водой. Такая смешанная форма питания определяет довольно богатую и необычную растительность. В основном это древесные формы, приспособленные к долгому пребыванию под водой. В области тропиков это широко известные мангровые заросли.

Процессы

Основным процессом жизнедеятельности болот является образование торфяников. Торф рассматривается как органогенная горная порода, состоящая преимущественно из растительных остатков, подвергшихся частичному разложению при затруднённом доступе кислорода воздуха. В нормальном состоянии торф насыщен водой (до 85-95 %). Помимо растительных веществ в нем содержатся и минеральные частицы, обычно до 2-20% (к сухой массе). Этот процент называется *зольностью торфа* и связан с типом болот, на котором торф формируется. Торфяники в мире

распространены довольно широко – 1,75 млн. км² (общая площадь суши на Земле составляет 148,8 км²). Основные их площади приходятся на территорию бывшего СССР.

В болотах образуются и хемогенные осадки, хотя и в небольших количествах. Они представлены в основном болотной известью и болотными железными рудами, обычно это сидерит FeCO_3 , как правило, горохообразной текстуры. В процессе выветривания сидерит переходит в скопления лимонита $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. В закисной среде вместе с сидеритом в торфе и подстилающих глинах часто образуется вивианит $(\text{Fe}_3\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, создавая небольшие линзы синего цвета.

Общий вывод:

озера и болота на поверхности суши производят в основном нивелирующую геологическую работу, заполняя впадины и котловины осадками различного типа.

8.5. Геологическая деятельность льда

Основные понятия

1. **Ледники** – естественные массы кристаллического льда и в меньшей степени – фирна. Имеют значительные размеры. Образованы из атмосферных, преимущественно твёрдых осадков. Расположены, главным образом, на суше и находятся в движении. Существуют длительное время. Зарождаются выше снеговой границы, где располагается их область питания.
2. **Сублимация** – возгон, улетучивание твердого вещества в газообразной форме, без предварительного перехода в жидкое состояние.
3. **Фирн** – масса, состоящая из крупнозернистого снега и зернистого льда. Часто внутри находятся ледяные пласты. Формируется выше снеговой границы. Фирн постепенно переходит в фирновый лед (неподвижный), который формирует кристаллический лед ледника.
4. **Снеговая линия (граница)** – уровень, ниже которого снег летом стаивает, а выше сохраняется. Это линия, на которой формируется равновесие между притоком снега и его убылью. Самое низкое положение снеговой линии по отношению к уровню океана наблюдается в Антарктиде. Различают нижнюю и верхнюю снеговую границу. Над верхней снеговой границей, несмотря на достаточно низкие температуры, снег не образуется в силу того, что в воздухе существует дефицит влаги.
5. **Хионосфера** – сфера, заключенная между верхней и нижней снеговыми границами. В полярных областях хионосфера опускается к поверхности суши, в экваториальных – лежит на значительной высоте, достигающей 6500 м.
6. **Оледенение** – широкое развитие ледников как горного, так и материкового типа, проявлявшееся в истории Земли несколько раз. Наиболее изученными являются оледенения четвертичного периода, хотя по ледниковым отложениям (*тиллиты – древние морены*) выделяют и очень древние оледенения (в верхнем палеозое и на границе протерозоя и палеозоя).

7. **Абляция** – 1) снос продуктов разрушения горных пород ледником, водами, стекающими по склонам, или ветром; 2) уменьшение массы ледника путем таяния, испарения и механического разрушения.
8. **Экзарация (выпахивание ледниковое)** – разрушение ледником горных пород, слагающих ложе ледников, и вынос продуктов разрушения к краю или концу ледника.
9. **Нунатаки** (эскимосское слово) – одиночные скалы или скалистые горные породы, возвышающиеся над поверхностью ледника.
10. **Бараньи лбы** – возвышенности в виде холмов или отдельных скал, сложенные плотными породами, сглаженные и отполированные ледником.
11. **Курчавые скалы** – округлённые и отполированные ледником скалы, состоящие из крепких пород. Представляют собой группу бараньих лбов.
12. **Ледниковые борозды (ледниковые шрамы)** – борозды, обычно параллельные, образованные при движении ледника по отшлифованной поверхности твёрдых коренных пород вмещающим в лед моренным материалом, а также на поверхности валунов.
13. **Ледниковая полировка** – сглаживание скал, вызываемое трением моренного материала и льда о твёрдые породы. От водной полировки (речной и морской) отличаются блеском и наличием борозд.
14. **Ледниковая долина** – эрозионная долина, разработанная ледником, имеющая в поперечном сечении форму корыта с крутыми склонами и вогнутым дном.
15. **Ледниковые цирки** – котловины в виде амфитеатра, замыкающие на верхнем конце ледниковую долину и вмещающие большое количество фирна и льда, за счёт которых питаются долинные ледники.
16. **Кары** – нишеобразные углубления, врезанные в верхние части склонов, располагающиеся выше ледникового цирка.
17. **Морена** – обломочный материал, переносимый или отлагаемый ледником. Среди перемещаемых морен выделяют поверхностные, внутренние и донные (нижние). Среди отложенных морен выделяют основные, конечные и продольные.
18. **Друмлины** – холмы продолговато-овального очертания длиной до 2,5 км, шириной до 200-150 м и высотой 5-25 м. Сложены моренным материалом. Встречаются группами в краевой части области оледенения позади гряд конечных морен. Ядро друмлинов часто бывает представлено коренными породами, реже флювиогляциальными песками.
19. **Флювиогляциальные отложения (водно-ледниковые)** – отложения талых ледниковых вод, образующиеся непосредственно перед ледниковыми отложениями. Представлены галечным и галечно-песчаным материалом, постепенно переходящим в пески.
20. **Зандр, зандровая равнина (поле)** – пологоволнистая равнина, расположенная перед внешним краем конечных морен. Принадлежит к внешней зоне ледникового комплекса. Сложена слоистыми осадками ледниковых вод: галечниками, гравием, песками. Представляет собой слившиеся пологие плоские конуса выноса большого радиуса.
21. **Озы** – гряды в виде узких извилистых валов с волнистой линией гребня длиной 30-40 км, с небольшими перерывами – до сотен километров. У основания 5-150 м, высота от 15 до 50 м, редко до 100 м. Крутизна достигает 30-45°.
22. **Камы** – ледниковые аккумулятивные холмистые формы рельефа, беспорядочно разбросанные в виде округлых конусовидных куполов часто с плоскими вершинами, никогда не превышающими определенного уровня. Разделены

понижениями, иногда в виде бессточных котловин, занятых озёрами или заболоченных. Крутизна склонов достигает 45°. Сложены отсортированным гравием, песками и супесями с горизонтальной и диагональной слоистостью озерного типа.

- 23. Мерзлота** – физическое состояние мерзлой горной породы, как сезонно-мерзлой, так и многолетнемерзлой, являющейся функцией отрицательной температуры.
- 24. Зона многолетнемерзлых пород (криолитозона)** – близповерхностная мерзлая зона с отрицательной температурой горных пород, сохраняющаяся веками даже тысячелетиями. Основные признаки: отрицательная температура и наличие льда (замерзшая свободная вода).
- 25. Криогенез** – криогенные процессы (мерзлотные). Совокупность теплофизических, физико-механических и физико-химических процессов, происходящих в промерзающих, мерзлых и протаивающих грунтах и горных породах.
- 26. Альтипланация** – выравнивание рельефа, происходящее в гольцовой зоне, а также в полярных и субполярных областях в результате совокупного действия процессов физического выветривания, солифлюкции, нивации и гравитационных перемещений.
- Гольцовая зона* – зона, располагающаяся выше границ лесной растительности.
- 27. Нивация** – снеговая эрозия.
- 28. Морозное пучение** – местная деформация поверхности увлажненных горных пород в результате их промерзания.
- 29. Термокарст** – явление неравномерного проседания или провала почвы и подстилающих её дисперсных горных пород в результате вытаивания подземного льда.
- 30. Солифлюкция** – медленное передвижение протаивающих переувлажнённых почв и дисперсных пород на пологих склонах рельефа. Возникает в результате попеременного промерзания и оттаивания почв и пород и действия силы тяжести.
- 31. Наледь** – слой замерзающей или замерзшей воды на поверхности речного льда или земной поверхности. В Якутии площади наледей достигают десятков и сотен квадратных километров.

Происхождение и структура ледников

Ледники образуются из снега. Процесс этот длительный и сложный. Он определяется воздействием солнечного тепла, сублимацией и давлением.

Под действием солнечного тепла снежинки оплавливаются. Часть талой воды проникает на глубину и под её влиянием там тоже происходит оплавливание снежинок. В ночное время оплавленные снежинки замерзают и принимают форму зерен. Так повторяется много раз и с каждой порцией выпавшего снега. Постепенно рыхлый снег превращается в фирн. Образованию фирна способствует и сублимация, которая при суточных понижениях температуры сменяется новой кристаллизацией. Таким образом, зерна фирновой массы растут и сливаются между собой. По мере нарастания толщины снежного покрова нижние слои фирнового материала испытывают всё возрастающее давление, под влиянием которого фирн уплотняется, из него выдавливается межзерновой воздух, образуются

кристаллические сrostки, которые постепенно формируют вначале белый *фирновый* лед, а затем прозрачный и голубой лед – *глетчерный*. В результате из $10\text{--}11\text{ м}^3$ снега образуется примерно 1 м^3 льда.

Одним из важнейших свойств ледников является их движение. В горных районах перемещение происходит по долинам, а при материковых оледенениях – от центральных областей с большой мощностью льда к окраинам, где мощность льда существенно меньше. По оценкам второй половины XX века общая площадь ледников охватывает около 11 % суши, составляя примерно $16\,199\text{ тыс. км}^2$. Основная масса льда сосредоточена в Антарктиде (площадь $13\,900\text{ тыс. км}^2$, мощность льда достигает 4335 м) и в Гренландии (площадь 1803 тыс. км^2).

Представление о структуре ледников дают рисунки 8.28 и 8.29.

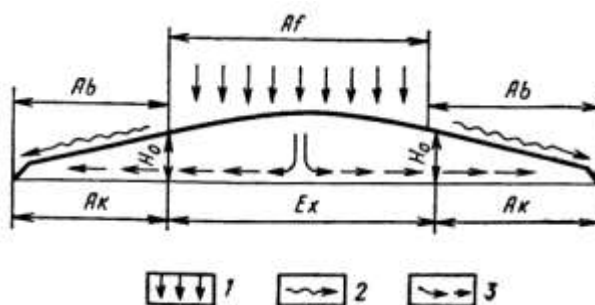


Рис. 8.28. Схема динамики ледникового щита [Горшков. Якушова, 1973].

Af – область питания ледника; Ab – область абляции; Ex – зона экзарации; Ak – зона ледниковой аккумуляции; H_0 – максимальная мощность льда, при которой возможно подледниковое наклонение основной морены; 1 – приход снежных осадков; 2 – поверхностное стаивание; 3 – направление движения льда.



Рис. 8.29. Горные ледники.

Типизация и общая характеристика ледников

Все известные ледники принято разделять на два типа:

- горные и
- покровные.

По площади, занимаемой современными ледниками, лидирующее значение

занимают ледники покровные – 98,5 %.

Основными характеристиками горных ледников являются следующие признаки:

- небольшие площади распространения;
- достаточно четкая граница между областью питания и стока (движения льда);
- принципиальное совпадение направления движения ледника с уклонами рельефа подстилающей поверхности.

Покровные ледники обычно разделяют на три подтипа:

- шпицбергенский (по названию архипелага Шпицберген);
- ледниковые купола;
- ледниковые (материковые) щиты.

Шпицбергенский подтип характеризуется относительно небольшой мощностью льда. Обычно она составляет не более нескольких сотен метров. Поверхность ледника повсеместно повторяет рельеф подстилающей поверхности. Важной особенностью этого подтипа являются *нунатаки*.



Ледник Норденшельда



Нунатаки

Рис 8.30. Ледники на Шпицбергене.

Ледниковые купола. Их отличает возрастание мощности льда от периферии ледника к центру (часто мощность льда в центральных районах достигает нескольких сотен метров). Благодаря возникающей при этом разнице давлений, движение льда может не совпадать с уклонами рельефа подстилающих пород. Лед в таких ледниках способен двигаться и вверх по уклону коренного ложа.

Этот подтип ледников характерен для архипелагов Северная Земля, Земля Франца-Иосифа, для Исландии и островов Антарктиды.

Ледниковые (материковые) щиты. Это огромные по площади ледяные толщи с мощностями льда до 3000 м и более. В них действуют те же законы движения, что и в ледниковых куполах. По существу это тоже купола, только гипертрофированных размеров. Для них характерно радиальное «растекание». Обычно они выходят за пределы материковой

суши и оказываются на плаву. При этом огромные куски ледника могут отрываться от материнского тела. Они превращаются в автономные дрейфующие в океане льдины, называемые *айсбергами* (*ледяные горы* – *англ.* Представление о них дает рис. 8.30). В наши дни ледниковые щиты известны только в Гренландии и Антарктиде.

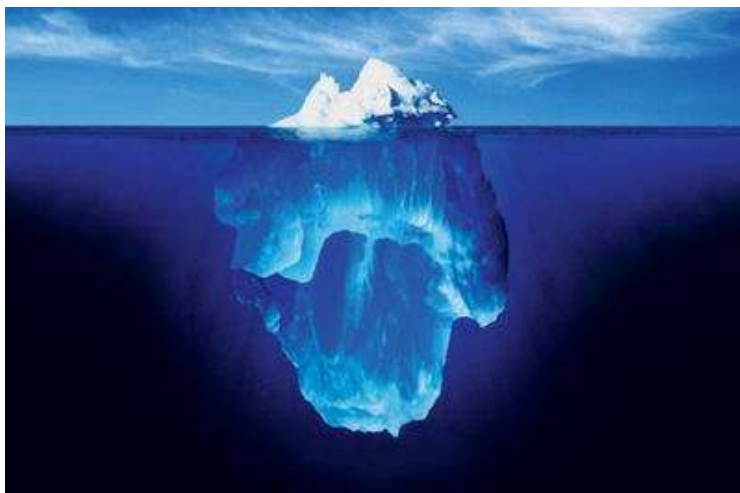


Рис. 8.30. Айсберг.

Воздействие на поверхность суши

При своем движении ледники разрушают горные породы, по которым они перемещаются, переносят и откладывают продукты этого разрушения. Талые ледниковые воды продолжают эту работу. В результате возникают характерные водно-ледниковые образования (породы и формы рельефа).

Работа при перемещении ледника. В основе разрушительной деятельности ледников лежит экзарация. Ледники, особенно материкового подтипа, оказывают на подстилающие породы огромное давление и уже тем самым могут разрывать подстилающие их горные породы на отдельные крупные блоки. Вмерзшие в лед обломки горных пород усиливают их экзарационную деятельность. Возникают так называемые ледниковые шрамы, бараньи лбы, курчавые скалы и другие эрозионные формы.

Обломочный материал, вмерзший в лед, дробится, истирается, оглаживается, покрывается штрихами и царапинами. Это – ледниковые валуны. Они могут достигать огромных размеров. Ледники способны формировать также *гляциодепрессии* – *пологосклонные понижения в рельефе подстилающих пород, которые иногда называют ваннами ледникового выпахивания или ложбинами ледникового выпахивания и размыва (в случае, когда в их формировании принимают участие ледниковые воды)*. Движение ледников может вызывать и смятие пород в складки (*гляциодислокации*). При этом может происходить срыв огромных

глыб пород и даже перенос их на значительные расстояния (до нескольких сотен километров). Такие перенесенные массивы называют *отторженцами*.

Горные ледники создают специфические формы рельефа: *кары*, *ледниковые цирки* и *ледниковые долины*, называемые *трогами* (нем. *корыто*). Эти долины представляют собой переработанные ледниками V-образные речные долины. Продольные разрезы таких долин обычно осложнены скалистыми уступами (ригелями) и расположенными между ними ваннами выпахивания (см. рис. 8.31).

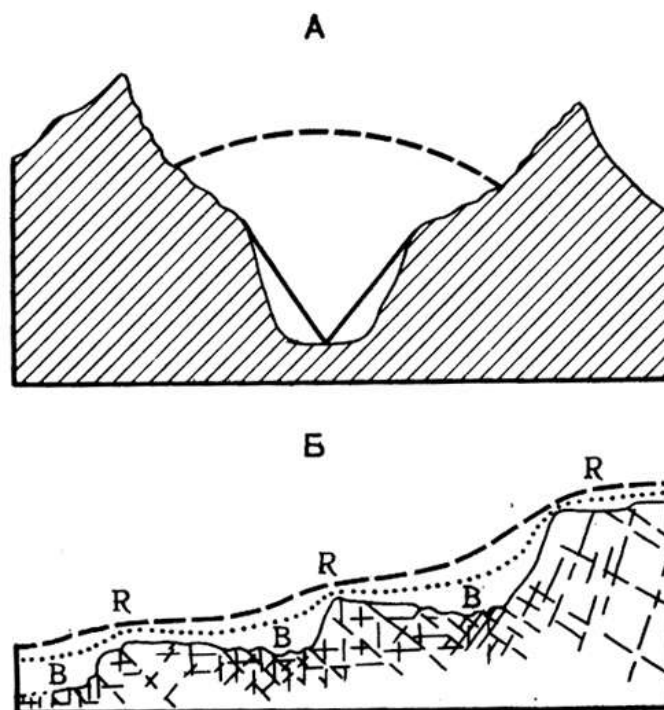


Рис. 8.31. Морфологические элементы ледниковой долины [Якушова, Хаин, Славин, 1988].

А – трог (пунктиром показана поверхность исчезнувшего льда, жирной линией – первичная V-образная долина. Б – продольный профиль части ледниковой долины (R – ригели; B – котловины (ванны ледникового выпахивания).

Работа перемещения. Ледники переносят разнообразный обломочный материал. В его состав входят крупные глыбы и валуны, щебень, пески, пылеватые и глинистые частицы. Этот материал является продуктом не только экзарационной деятельности ледника, но и результатом надледного и подледного выветривания горных пород и называется мореной (см. рис. 8.32).

Ледниковые и водно-ледниковые отложения. Характеристика этих отложений дана в разделе «Основные понятия», а общая схема пространственного размещения представлена на рис. 8.33.

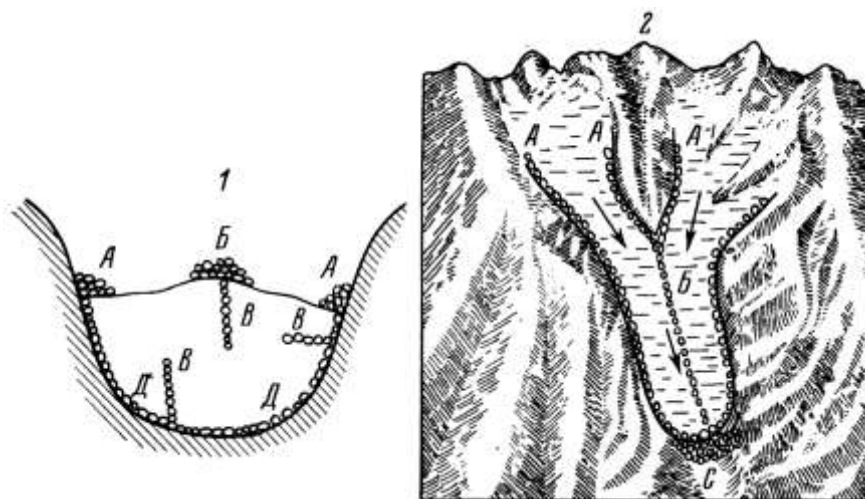


Рис. 8.32. Схема расположения морен в поперечном разрезе (1) и плане (2) [Якушова, Хаин, Славин, 1988].

А – боковая, Б – срединная, В – внутренняя, Д – донная, С – конечная.

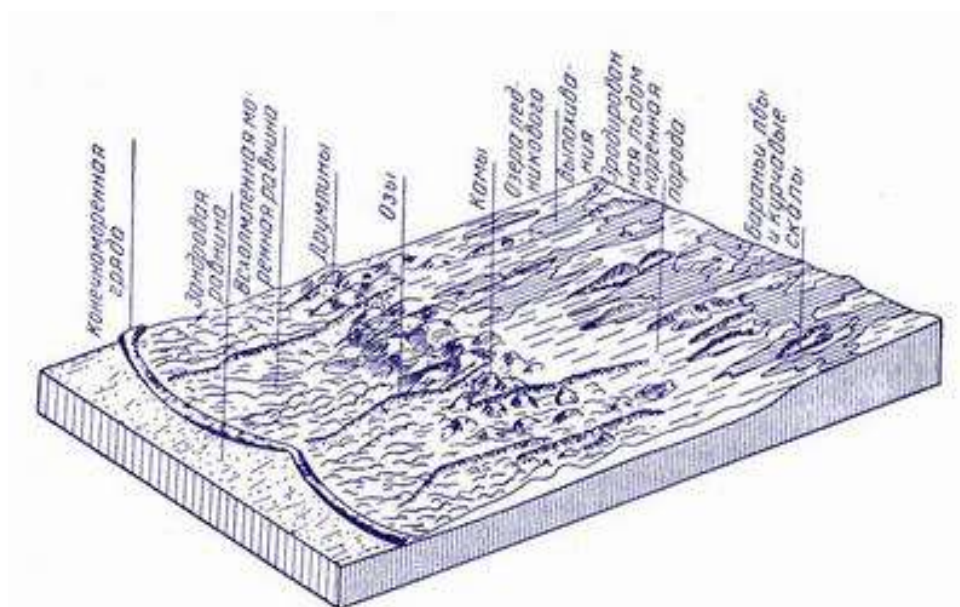


Рис. 8.33. Схема соотношения ледниковых и водно-ледниковых форм [Якушова, Хаин, Славин, 1988].

Периоды оледенения

В истории Земли сегодня удастся выделить четыре крупных периода оледенений.

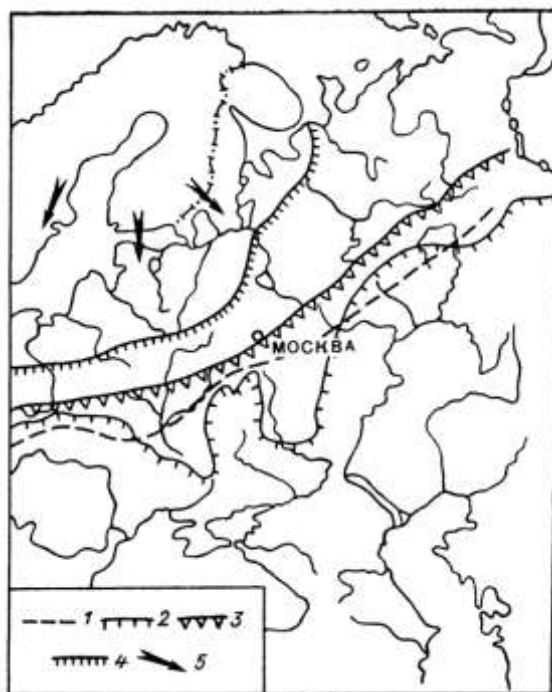
1. Наиболее древнее оледенение относится к криптозою (докембрию). См. тему 5. Его следы обнаружены в виде тиллитов во многих местах земного шара (на западе Северной Америки, в Европе, Северо-Западной Африке. Наиболее полно они исследованы в Шотландии, где их выделяют в отдельную формацию мощностью до 870 м.

Абсолютный возраст этих тиллитов довольно разнообразен, что дало повод предполагать формирование нескольких оледенений с различными центрами похолодания.

2. Второе фактурно обоснованное оледенение связывают с ордовикским периодом палеозойской эры. Началось оно около 480 млн. лет назад и продолжалось в течение 40 млн. лет. Его центр находился *вблизи западного побережья Центральной Африки и представлял собой Южный полюс нашей планеты*. Считается, что площадь ордовикского оледенения в 1,5 раза превышала площадь современной Антарктиды.
3. Третье, пермско-каменноугольное, оледенение охватывало огромные территории, и потому его часто называют Великим. Оно продолжалось в целом около 100 млн. лет, но наибольшей активности достигало во временном интервале 310-270 млн. лет назад при максимальном развитии на границе каменноугольного и пермского периодов (около 280 млн. лет назад) [см. тему 5, табл. 5.2.1]. Тиллиты этого оледенения обнаружены на территории Африки, Южной Америки, Австралии, Индии и Антарктиды. Считается, что центр этого оледенения располагался в Южной Африке (современная Намибия). Наибольшая мощность тиллитов (1000 м), относящихся к этому оледенению, зафиксирована в Южной Бразилии.
4. Последние крупные оледенения на нашей планете датируются кайнозойской эрой. Они изучены наиболее детально. В северном полушарии самые ранние датировки ледниковых отложений составляют 5 млн. лет назад (Исландия). В соответствии с геологическими интерпретациями в конце этой эры, в четвертичном периоде, происходила многократная смена оледенений и межледниковий. Представление о границах распространения оледенений в четвертичный период дают рисунки 8.34 и 8.35.



Рис. 8.34. Распространение максимального оледенения в четвертичный период.



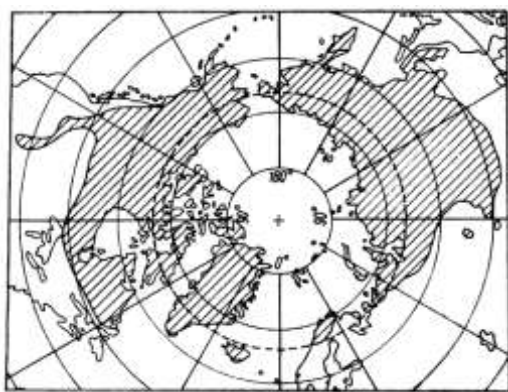
8.35. Распространение материковых оледенений в четвертичном периоде на территории Европейской части бывшего СССР [Общая...,1991].
1-4 – границы оледенений: 1 – окского, 2 – днепровского, 3 – московского, 4 – валдайского; 5 – направление движения ледников.

Геологические материалы по четвертичным оледенениям явились основой для создания ледниковой теории формирования специфичного и сложного комплекса отложений на всей нашей планете.

Процессы в криолитозоне (криогенез)

Криолитозона является продуктом устойчивого охлаждения литосферы до температуры ниже 0 °С и распространена преимущественно в северном полушарии нашей планеты (см. рис. 8.36). На этой огромной территории выделяются регионы развития сплошной и не сплошной мерзлоты. При не сплошной мерзлоте отсутствие многолетнемерзлых пород приурочено обычно к долинам рек и к депрессиям, занятым крупными озерами. У южной границы криолитозоны многолетняя мерзлота представлена в виде «островов», обычно приуроченных к гористым и возвышенным местам рельефа, а также к склонам северной экспозиции, где среднегодовая температура ниже, чем на равнинах и южных склонах.

Пояс криогенной эрозии. Формируется в основном в результате расклинивающего действия замерзающей воды в порах и трещинах горных пород, а также под действием дробления пород на отдельные частицы размером от крупных глыб до мелких песчинок. Дезинтегрированный материал переносится при помощи талой воды в периоды таяния льда.



а



б

Рис. 8.36. а – Развитие криогенных образований в северном полушарии (показано штриховкой), по В. Путнаму, 1971 [Общая..., 1991].
б – Натурная иллюстрация.

В таёжной лесотундровой полосе криогенная эрозия охватывает верхние экспонированные части склонов, вершины и водоразделы, а в тундровой зоне пояс криогенной эрозии опускается до нижних частей склонов, захватывая тундровые равнины.

В нагорных районах широко развивается высотное выравнивание – *альтипланация*. При альтипланаии на поверхности склонов, образованных скальными породами, обычно возникает нагорное террасирование. При этом уступы террас представляют собой «морозные забои», где происходит криогенное разрушение пород, а горизонтальные площадки формируются из скоплений обломков, вынесенных из «морозных забоев» в результате выравнивающего действия солифлюкции.

Ландшафт областей морозной альтиплинации представляет собой сочетание плоских, горизонтальных вершин, водоразделов и террасированных склонов. Повторяющиеся процессы промерзания, пучения, оттаивания и просадки способствуют выталкиванию (вымораживанию) каменного грубообломочного материала и концентрации его на поверхности в форме своеобразных каменных полей.

К широко развитым формам криогенной эрозии относятся так называемые *полигональные образования*, представляющие собой плоские или слегка вогнутые многоугольные формы, окаймленные валиками травянистой дернины, либо щебенистых обломков, перемешанных с глинистым материалом. Диаметр полигональных образований обычно составляет несколько метров, но может достигать и десятков метров (от 25 до 40) (см. рис. 8.37).



Рис. 8.37. Каменные полигоны [Якушова, Хаин, Славин, 1988].

Для криогенной эрозии характерны также *тундровые медальоны* (*своеобразные блюда*). По размеру они меньше полигональных образований, имеют форму круга, их поверхность состоит из мелкообломочным древесным и песчано-глинистым материалом. Образование медальонов связывают с выбросами воды в периоды образования льда в слоях сезонного промерзания (рис. 8.38).

Криогенная аккумуляция. Области криогенной аккумуляции располагаются преимущественно в пониженных частях рельефа. Для них характерны специфические формы рельефа, формируемые такими процессами, как *морозное пучение*, *солифлюкция*, *термокарст* и *наледь*.

Морозное пучение происходит за счет разницы объемов воды и льда, почвенных перемещений рыхлого водонасыщенного грунта и гидравлического давления. В первом случае образование вздутий происходит как при замерзании воды с возникновением рассеянных кристаллов льда, так и в результате образования цементирующего льда, способного *сегрегировать* (*отделяться*) в согласные или секущие по форме самостоятельные льдистые тела. Во втором случае пучение возникает при появлении льда-цемента. При этом происходит сжатие воды фронтом льдообразования.

При большом сопротивлении мерзлой кровли изгибу и слабом ее сцеплении с подстилающей породой возникает плоский «интрузивный пласт» (в полоске отрыва, как межграницное образование). При меньшем сопротивлении кровля изгибается и возникает выпуклое линзовидное тело, называемое ледяным лакколитом. Если основание этого лакколита достаточно податливо, возникает ледяная линза.

Многолетние крупные ледяные лакколиты называют булгунняхами [якутское слово]. Их высота может достигать 40 м, а диаметр 200-250 м при перекрывающем чехле от 2 до 8 м. Подошва булгунняха может продавливать подстилающий слой пород на 5-10 м. При высоком давлении воды или грунтово-водной жидкой массы снизу кровля ледяного лакколита растрескивается и происходит излияние воды или грязи на поверхность. В результате появляется наземная наледь и даже «ледяные горы» различных размеров и формы. Это процесс может быть многократным.

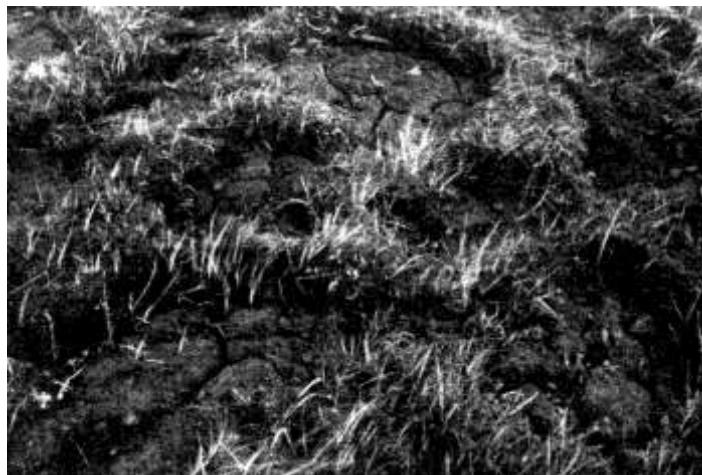


Рис. 8.38. Пятна-медальоны (фото Н.Н. Романовского) [Якушова, Хаин, Славин, 1988].

Солифлюкция. Развитие солифлюкции связывается со следующими условиями:

- наличием супесчано-суглинистых и пылеватых грунтов, обычно с включениями обломочного материала;
- высокой влажностью грунтов, приближающейся или даже превосходящей предел текучести [*предел текучести – состояние влажности грунта, при которой он не в состоянии сохранять приданную ему форму, т.е. расплывается*];
- существованием уклонов, достаточных для возникновения течения увлажненных масс (обычно они составляют 3-15°).

При сезонном протаивании тонкодисперсные породы достигают вязко-пластичного состояния и начинают медленно сползать по склону со скоростью несколько сантиметров в год. При этом возникают разнообразные натечные формы (см. рис. 8.39).

К криогенным аккумулятивным формам могут быть отнесены ещё и скопления грубообломочного каменного материала на склонах рельефа с крутизной от 2-5 до 40-45°. Они довольно разнообразны и потому в литературе их обозначают разными терминами: «каменные россыпи», «каменные поля», «каменные реки» и «курумы» (каменный поток, с тюрского).

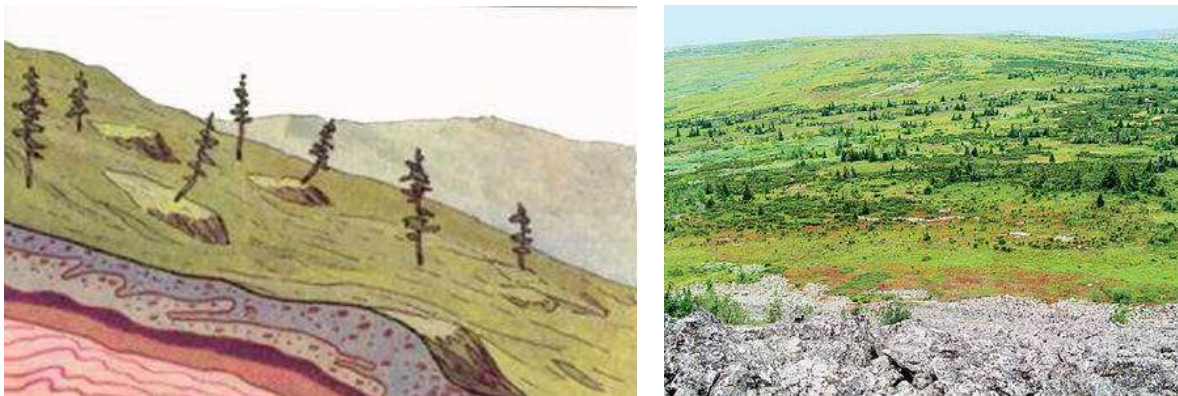


Рис. 8.39. Явление солифлюкции.

Термокарст. Возникает при таянии льда. В результате мерзлый грунт теряет несущие способности и опускается под влиянием своей собственной массы. Термокарст может формироваться с образованием свободных полостей и без них. При этом формируются отрицательные формы рельефа значительных размеров. Так, котловинообразные депрессии (*якутское название аласы*), возникающие при вытаивании крупных линз, слоев льда и льда-цемента, могут достигать размеров до нескольких километров по ширине и глубине до 15 м. Иногда они заполнены водой и тогда возникают так называемые *аласные озера*.

Общий вывод:

воздействие атмосферы на земную кору в областях с отрицательными среднегодовыми температурами связано с воздействием на горные породы льда; при этом, как и в других случаях, происходит эрозия поверхности литосферы и сопровождающие её процессы аккумуляции – разрушение старых форм и возникновение новых.

Контрольные вопросы

1. Понятие выветривания горных пород (обзор).
2. Основные процессы выветривания.
3. Понятие кор выветривания.
4. Основные эоловые процессы.
5. Общие представления о речном стоке.
6. Эрозионно-аккумулятивная деятельность рек.
7. Морфологическая характеристика речных долин.
8. Поверхностная и подземная денудация.
9. Региональный эрозионный цикл.
10. Общая характеристика озер.
11. Типизация болот.
12. Происхождение и структура ледников.
13. Эрозионно-аккумулятивная деятельность ледников.
14. Периоды оледенений.
15. Основные процессы в криолитозоне (криогенез).

Литература

Основная

1. Аллисон А., Палмер Д. Геология. – М.: Мир, 1984. – 565 с.
2. Догановский А.М., Малинин В.М. Гидросфера Земли. – СПб.: Гидрометеиздат, 2004. – 630 с.
3. Горшков Г.П., Якушова А.Ф. Общая геология. Учебник для вузов. – М.: МГУ, 1973. – 592 с.
4. Общая и полевая геология. Учебник для вузов. Под ред. А.Павлова. – Л.: ЛО Недра, 1991. – 456с.
5. Павлов А.Н. Справочное руководство к практическим занятиям по геологии. – СПб.: РГГМУ, 2004. – 54 с.
6. Павлов А.Н. Основы экологической культуры. – СПб.: Политехника, 2004. – 334 с.
7. Якушова А.Ф., Хаин В.Е., Славин В.И.. Общая геология. Учебник. – М.: МГУ, 1988. – 445 с.

Дополнительная

1. Геологический словарь. Т.1-2. – М.: Недра, 1973. – 486 с., 456 с.
2. Кинг Л. Морфология Земли. – М.: Прогресс, 1967. – 559 с.
3. Клименко В.И. Оценка ресурсов подземных вод в сложных гидрогеологических условиях. – М.: Наука, 1987. – 149 с.
4. Павлов А.Н. Системная модель подземной гидросферы. – В кн. Подземные воды и эволюция литосферы. Том I. – М.: Наука, 1985 – С. 139-150.
5. Павлов А.Н. Неразделимость и неслиянность. //Уч. Записки РГГМУ, №7. –Спб., 2007. С.172-180.
6. Павлов А.Н., Голосовская В.А., Соноцкая Н.А. Симметрия и асимметрия речных бассейнов. Обсуждение задачи. //Уч. Записки РГГМУ, №17. – Спб., 2011. С..
7. Шафрановский И.И. Симметрия в Природе. – Ленинград. Недра. Л.О.,1968. –184 с.
8. Шубников А.В, Копчик В.А. Симметрия в науке и искусстве.2-ое изд. М. 1972; Из-во ИКИ, 2004. – 560 с.

Глава 9. ОБЩАЯ ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЛИТОСФЕРЫ

*Какой прекрасный товар –
знать правду о сущности дела!
Низами.*

9.1. Теории пенеплена.

Основные понятия.

1. **Пенеплен** – почти равнина (по В.М. Дэвису), предельная равнина (по А.П. Павлову). Форма земной поверхности, образовавшаяся в результате разрушения горной страны под действием атмосферных агентов и работы текучих вод при условии устойчивого положения базиса эрозии.
2. **Пенепленизация** – выравнивание рельефа в процессе эрозионного (или географического) цикла.

Сущность теории пенеплена.

Теория пенеплена была предложена и разработана американским географом Вильямом Морисом Дэвисом [1912-1914 гг.] в рамках его учения о *циклах эрозии (географических циклах)*. О *региональном эрозионном цикле*, построенном на основе схемы В. Дэвиса, уже говорилось в главе 8 (см. раздел 3 – Геологическая деятельность вод). В нём середина цикла связывается с тектоническим поднятием региона.

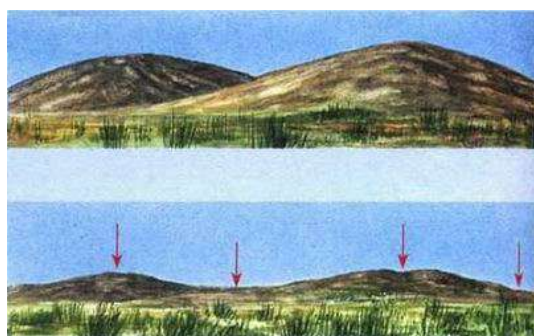
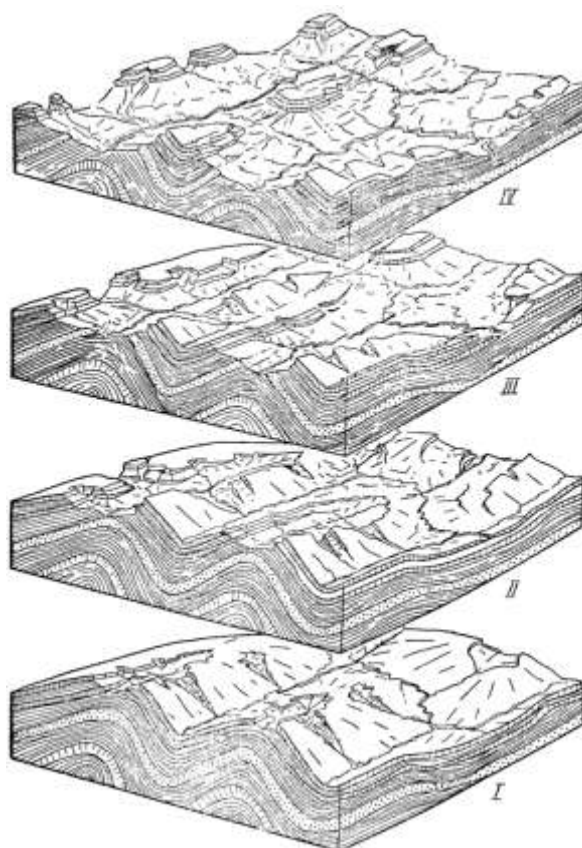
Теория же В.Дэвиса начинается с того, что приподнятая в результате эндогенных процессов территория подвергается глубокому более или менее густому эрозионному расчленению. При этом вначале возникают многочисленные, первоначально крутые и высокие, склоны, затем в результате дальнейшей денудации образовавшиеся водораздельные возвышенности постепенно разрушаются до уровней незначительно превышающих общеземной базис эрозии. На конечной стадии суша приобретает вид невысокой, слегка волнистой возвышенности. Представление о процессе *пенепленизации* дает рис. 9.1.

В результате пенепленизации горизонтальной и идеально ровной равнины возникнуть не может, так как, во-первых, денудация фактически прекращается уже при углах наклона в 2-3°, а во-вторых, эрозионная устойчивость пород, слагающих территорию пенепленизации, не является однородной, также как и активность воздействующих на неё климатических факторов. В. Дэвис различал несколько типов эрозионных циклов, которые отличались по характеру преобладающих денудационных процессов:

- нормальный цикл, который он связывал с вводно-эрозионной деятельностью текучих вод;
- гляциальный или ледниковый;

- морской и
- аридный или эоловый.

Кроме того, одним из определяющих условий протекания эрозионного цикла В. Дэвис считал структуру горных пород, слагающих литосферу.



а



б

Рис. 9.1. Последовательные стадии развития речной сети складчатой области [Щукин. 1960 (по Э. Мартонну)]. Смотреть следует от I к IV.
а – Иллюстрация к процессу пенепленизации.
б – Пенеплен Центрального Казахстана.

Теория пенеплена В. Дэвиса подвергалась и сегодня подвергается вполне обоснованной критике, поскольку любая теория не может быть совершенной по определению (см. гл. 1. Раздел 1.4 – Объективность и

истинность). Тем не менее, правильность основной идеи В.М. Дэвиса не вызывает сомнений и сегодня. Оппоненты настаивают лишь на том, что уплощение рельефа Земли и отдельных её регионов происходит не только сверху вниз, но и по механизму параллельного отступления (подрезания) склонов. И именно этот механизм оппоненты считают главным. На нём и основана вторая теория развития рельефа планеты – *педипланация*.

Общий вывод:

теория пенеплена – это первое достаточно строгое и последовательное обобщение известных фактов и наблюдений в геоморфологии.

9.2. Теория педиментов (педипланации).

Основные понятия.

1. **Педимент** – выровненная, слабонаклонная ($3-5^\circ$) от гор поверхность (по периферии гор и возвышенных равнин).
2. **Педиплен** – совокупность всех педиментов вместе с останцовыми холмами и поймами крупных рек.
3. **Педипланация** – выравнивание рельефа Земли по механизму параллельного отступления склонов.

Сущность теории педиментов.

Теория педиментов была предложена немецким исследователем Альп Вальтером Пенком [1924 г.– посмертная публикация]. Он рассматривал механизм выравнивания (уплощения) рельефа Земли как процесс уничтожения водораздельных высот в горизонтальном направлении в результате роста долин в ширину и уничтожении водораздельных плато при сравнительно малом на первых стадиях уменьшения их высоты (рис.9.2).

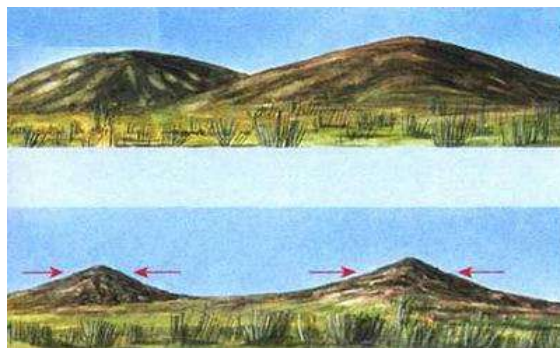


Рис.9.3. Схема формирования педиплена.

По теории В. Пенка водоразделы начинают быстро разрушаться после того, как склоны смежных долин при отступлении навстречу друг другу пересекутся. Там, где такое пересечение не достигается сохраняются

изолированные возвышенности – останцы, как свидетели существования прежних возвышенностей и водоразделов (см. рис. 9.3).



Рис.9.3. Останцы, отчленённые эрозией. Возвышаются над денудационной равниной (педиментом) в районе с аридным климатом («Долина монументов». Шт. Юта и Аризона).

Основные положения теории педипланации формулируются в виде следующих четырех тезисов:

1. Главная характеристика развивающегося рельефа заключается в образовании уступов, возникающих повсеместно.
2. Достигнутое на ранних стадиях формирования рельефа постоянство уклонов сохраняется и на более поздних стадиях.
3. Молодые уступы, разделяющие поверхность со зрелым рельефом, остаются молодыми в течение всего своего существования.
4. Теория *педипланации* опирается на представление о двух поверхностях, отделенных уступом, – нижней и верхней.
5. Такая позиция не совпадает с прежней идеей о постепенном изнашивании рельефа сверху вниз до превращения его в единую выровненную поверхность – *пенеплен*.
6. Теория *педипланации* хорошо объясняет встречающиеся в рельефе всех материков циклические поверхности.

Общий вывод:

основные идеи теории пенеплена и теории педипланации совпадают. Обе они говорят о том, что интегральное воздействие атмосферы на поверхность литосферы направлено на ее нивелирование. Уничтожаются возвышенности и водоразделы, расширяются долины. В идеале должна формироваться общеземная волнистая равнина. Существование останцовых возвышенностей и плато говорит лишь о том, что теоретический «идеал» никогда ещё не был достигнут.

Контрольные вопросы

1. Объясните суть теории пенеплена.
2. Приведите схему географического цикла В. Дэвиса.
3. Раскройте механизм теории педипланации.
4. Сравните теории В. Дэвиса и В. Пенка.
- 5.

Литература

Основная

1. Кинг Л. Морфология Земли. – М.: Прогресс, 1967. – 559 с.
2. Щукин И.С. Общая геоморфология. Том I. – М.: МГУ, 1960.– 425 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Земля – продукт развития Вселенной. Продукт достаточно молодой, возникший в последнюю четверть жизни Метагалактики. Основными структурными элементами Земли являются геосферы и физические поля. Их взаимодействие формирует целостность нашей планеты.

Сегодняшние представления о Земле являются результатом наших интерпретаций тех наблюдений и измерений, которые воспринимаются человеком как факты реального мира. Построенная на них система представлений – суть модели. Это смесь фактов и размышлений. Факты обновляются и дополняются. Меняются модели и теории. Так развивается наука в целом. Так же развивается и геофизика.

Что нас ждет впереди? Об этом узнают наши потомки.

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Биографические справки

Боги людям открыли не всё.
В поиск пустившись, люди
сами познали немало.

Ксенофан

Приводятся краткие сведения из жизни учёных, на которых даны ссылки в этой книге.



Агрикола Георг. Agricola Georg, Bauer Agricola Georg, Bauer. (24.03.1494 – 21.11.1555). Агрикола – латинский перевод настоящей фамилии Бауэр (нем. – земледelec). Немецкий ученый в области горного дела и металлургии. По образованию врач. Впервые обобщил опыт горно-металлургического производства, систематизировав его по процессам: поиски и разведка месторождений полезных ископаемых; вскрытие и разработка месторождений; обогащение руд; пробирное искусство и металлургические процессы. В минералогии им описаны 20 новых минералов и установлены методы определения их по внешним признакам.



Араго Доменик Франсуа, Arago (26.02.1786 – 02.10.1853, Париж). Французский астроном, физик и политический деятель, член Парижской АН (с 1809). Учился в Политехнической школе в Париже. С 1805 секретарь Бюро долгов в Париже. В 1809-31 профессор Политехнической школы. С 1830 – неперенный секретарь Парижской АН и директор Парижской обсерватории. Его научные труды относятся к астрономии, оптике, электромагнетизму, метеорологии. Изобрел полярископ и исследовал поляризацию света. Впервые получил искусственные магниты из стали. В 1824 открыл так называемый магнетизм вращения, установил связь между полярными сияниями и магнитными бурями.



Ауробиндо Шри Гхоша, Sri Aurobindo (15.08.1872, Калькутта – 1950). Выдающийся индийский мыслитель и поэт, основоположник интегральной йоги, заложивший основы проникновения в тайны человеческого вида. После изучения западной культуры ему удалось изучить и усвоить индуизм. В результате он нашел ту точку, в которой западный и восточный миры сходятся. Это был не синтез, а то, что потом назвали *третьим состоянием*. В Шри Ауробиндо соединились утонченнейшие западные традиции и глубокая духовная жажда Востока.



Владимир Владимирович (30.10.1907, Москва – 1990, Москва). Видный геолог, специалист в области тектоники и тектонофизики. Член-кор. АН СССР (1953). На основании фациального анализа осадков разработал новые методы изучения колебательных движений Земной коры и выделил новые самостоятельные виды складчатости. Автор радиомиграционной геотектонической гипотезы о развитии

Земли в результате процессов дифференциации Земного вещества с постепенным разделением его по плотности. Организатор создания международной организации «Проект верхней мантии».



Блаватская Елена Петровна (31.07.(12.08.)1831, Екатеринослав (сейчас Днепропетровск) – 28.04(08.05).1891, Лондон). В девичестве Хаан. Рано осиротела. Воспитывалась у бабушки – княгини Е.П. Долгорукой. Создатель теософии – древней религии разума. Главные труды: «Разоблачённая Изида», «Тайная доктрина» (основная работа), «Ключ к философии». Русский философ Е.И. Рерих писал о ней: – Елена Петровна Блаватская, истинно, наша национальная гордость. Великая мученица за Свет и Истину. Вечная слава её.



Больцман Людвиг, Boltzmann, Ludwig Eduard (20.02.1844, Вена – 05.09.1906, Италия). Австрийский физик. Самыми крупными его работами являются классические исследования по статистической физике, т.е. систем, состоящих из очень большого числа частиц (молекул, атомов, электронов). Уже в начале 1870-х гг. он показал, что при исследовании приложений второго начала термодинамики необходим статистический подход. Исследования по энтропии термодинамических систем, как меры вероятности пребывания системы в данном состоянии (принцип Больцмана) опровергли гипотезу о так называемой тепловой смерти Вселенной.



Бор Нильс, Bohr, Niels Henrik David (07.10. 1885, Копенгаген – 18.11.1962, Копенгаген). Датский физик, один из создателей квантовой физики. Работал в лабораториях Дж. Томпсона и затем Э. Резерфорда. В 1922 за работы по созданию модели атомного ядра получает Нобелевскую премию по физике. В 1940 Дания оккупирована гитлеровской Германией. В 1943 в связи с угрозой ареста и отправки в концлагерь, из-за еврейского происхождения Бора по материнской линии, Датское сопротивление вывозит его вместе с семьёй на рыбацкой лодке в Швецию. Несколькими днями позже на английском бомбардировщике он прибывает в Англию. Вскоре он уже в США, в Лос-Аламосе, где вместе с сыном Ааге, будущим Нобелевским лауреатом, работает в проекте по созданию атомной бомбы. После окончания войны и возвращения в Данию занимается философскими проблемами естествознания, ведёт общественную работу по мирному использованию атома.



Браге Тихо, Brahe Tycho (14.12.1546, Кнудstrup – 13.10.1601, Прага). Датский астроном. В 1576-97 возглавлял обсерваторию, построенную на острове Вен близ Копенгагена. С непревзойдённой для невооружённого глаза точностью наблюдал звёзды, планеты, кометы. В 1597 покинул Данию и после двух лет проведённых в Германии работал в Праге. Здесь его помощником стал Иоганн Кеплер, которому он оставил результаты всех своих астрономических измерений. На основании этих материалов и своих собственных наблюдений И. Кеплер вывел законы движения планет.



Бриллюэн Леон, Brillouin Léon (1889, Париж –1969 Нью-Йорк). Французский физик. Основные работы посвящены физике твёрдого тела и радиофизике. Разрабатывал квантовую теорию твёрдого тела. Один из авторов зонной теории твёрдого тела (1930). В настоящее время зонная структура твёрдых тел является основой современных представлений о механизме различных явлений и процессов в изоляторах, полупроводниках и металлах. Леон Бриллюэн разработал новую концепцию распространения электромагнитных волн в радиоволноводах, заключающуюся в последовательных отражениях энергии волн от стенок волновода, и создал метод расчёта длинноволновых антенн.



Броньяр Александр (Brogniart Alexandre, 05.02.1770, Париж - 07.10.1847, Париж). Выдающийся минералог, геолог и горный инженер. Директор фарфоровой фабрики в Севре. С 1882 профессор минералогии в Jardin des Plantes. Основной его работой является монография по палеоген-неогеновым (третичным отложениям) Парижа, написанная совместно с Ж. Кювье (Description geologique et mineralogique des environs de Paris). Дал классификации горных пород, основанные на минералогических и стратиграфических признаках. Действительный член МОИП (Московское общество испытателей природы).



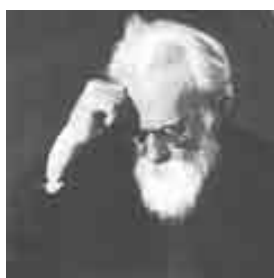
Буллен Кэйт Эдуард (Bullen Keith Edward (1906 –1971). Новозеландский математик и геофизик-сейсмолог. Окончил Кембриджский университет. Профессор в Новой Зеландии (1928-40), в Мельбурне (1940-45), в Сиднее (1946-71). Известен сейсмологическими исследованиями глубинных слоёв Земли.



Бюффон Жорж Луи Леклерк, de Buffon Georges-Louis Leclerc (07.09.1707, Бургундия – 16.04.1788, Париж). Французский натуралист и естествоиспытатель. Член Лондонского Королевского общества (1732). Член Парижской академии (1733). Член Петербургской АН (1776). В 1739 назначен директором Ботанического сада в Париже. В своём труде «Естественная история» (Histoire naturelle générale et particulière) (тт.1-36, 1749-1788) в основном изложил всю имевшуюся в то время информацию по естественным наукам. Разделил историю Земли на длительные периоды.



Вегенер Альфред Лотар, Wegener Alfred Lothar (01.11.1880, Берлин – ноябрь 1930, Гренландия). Метеоролог и геофизик. Впервые сформулировал гипотезу дрейфа континентов. Познакомившись с данными геологии, о сходстве расположенных на столь значительном расстоянии друг от друга геологических разрезов, по литологическому составу и содержащейся фауне, пришёл к выводу о существовании в прошлом единого материка, названного им Pangea. В 1915 опубликовал книгу «Происхождение континентов и океанов» (Die Entstehung der Kontinente und Ozeane). Главным объектом его исследований была Гренландия. Совершил первую экспедицию в Гренландию (1906-08). В 1930 во время своей 4-й экспедиции в Гренландию в день своего пятидесятилетия он ушёл в маршрут и не вернулся.



Вернадский Владимир Иванович (28.02. (12.03).1863, Петербург – 06.01.1945, Москва). Русский естествоиспытатель, минералог, кристаллограф, один из основоположников геохимии и биогеохимии. С 1890 В.И. Вернадский доцент, с 1898 профессор Московского университета. В 1899 опубликован его курс минералогии, где он подробно рассматривает процессы выветривания, строение силикатов, полиморфизм. В 1900 появляются его очерки об истории науки.

Занимается изучением геохимии отдельных элементов, радиоактивностью. В 1915 по его инициативе и председательством была создана Комиссия по изучению естественных производительных сил России. В 1916 заканчивает 2-й том «Опыта описательной геохимии», пишет первые работы по биогеохимии. В 1918 президент Академии Украины. В 1920-21 профессор Таврического университета. С 1921 в Петрограде, где в 1922 создаёт радиевый институт. В 1923-26 за границей, читает лекции по геохимии в Сорбонне. По возвращении в Петроград в Океанографическом институте создаёт отдел химии моря (1926), организует Биогеохимическую лабораторию (1927), Комиссию по изучению вечной мерзлоты (1928), продолжает работы по изучению радиоактивности. В 1937 организовал Международную комиссию по определению абсолютного возраста горных пород, в 1939 комитет по метеоритам. Последней напечатанной при его жизни была статья «Несколько слов о ноосфере». В.И.Вернадский был глубоким мыслителем, Его влияние на нашу культуру огромно.



Виноградов Александр Павлович (09(21).08.1895, Санкт-Петербург – 16.11.1975, Москва). Выдающийся учёный и государственный деятель. Организатор науки. Ученик В.И. Вернадского. Специалист в области геохимии и биогеохимии. Член-кор. АН СССР по отделению химических наук (1943). Академик АН СССР по отделению геолого-географических наук (1953). Вице-секретарь отделения наук о Земле АН СССР (1963-67). Вице-президент АН СССР (1967-75). Окончил Военно-Медицинскую Академию (1924) и химический факультет Ленинградского университета (1925).

Создатель нового направления – геохимии изотопов. Автор выдающихся работ по фотосинтезу. Предложил гипотезу об образовании оболочек планет в результате зонного плавления силикатной фазы.

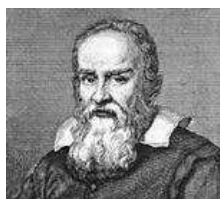


Винер Норберт, Wiener, Norbert (26.11.1894, Колумбия, США – 18.03.1964, Стокгольм). Американский математик, философ. Уже в детстве проявились выдающиеся способности. В 1909 окончил университет по специальности математика. С 1919 преподаватель и с 1932 профессор Массачусетского технологического института, сотрудником которого он оставался до самой пенсии. Получил известность своими работами по математике: математический анализ, случайные процессы (винеровские процессы), теория

функций (ввёл меру в пространстве непрерывных функций – винеровская мера). Изучение аналогий между процессами, протекающими в электрических, электронных системах и живых организмах, привели его к мысли о создании единой науки, изучающей процессы управления и контроля информацией. Для этой новой науки Винер предложил название «кибернетика». В 1948 им была опубликована «Кибернетика».



Вокулер Жерар, de Vaucouleurs Gerard Henri (25.04.1918, Париж – 07.10.1995, Остин, Техас). Американский астроном французского происхождения. Исследовал Марс, разработал новую классификацию галактик, открыл вращение галактики «Большое Магелланово облако», в 1950 ввёл термин «Сверхгалактика».



Галилей Галилео, Galilei Galileo (15.02.1564, Пиза – 08.01.1642 Арчетри; вилла близ Флоренции). Физик, механик, астроном, математик, один из основателей точного естествознания. В 1681 поступил в Пизанский университет, где изучал медицину, но, увлечшись трудами Архимеда, Эвклида, стал заниматься математикой, механикой. В 1589 получил кафедру математики в Пизе, а в 1592 в Падуе. В Падуе стал окончательно убеждённым сторонником теории Коперника. В 1609 сконструировал первый телескоп, дававший 3-кратное увеличение, и вскоре построил телескоп с 32-кратным увеличением. В 1632 во Флоренции он опубликовал книгу «Диалоги о двух важнейших системах мира», где учение Коперника рассматривается, как одна из возможных гипотез. До конца жизни он оставался «узником инквизиции». В 1637 он ослеп. Завещал похоронить себя во Флоренции. Его последняя воля была исполнена только 1737, когда его прах был перезахоронен в церковь Санта Кроче рядом с прахом Микеланджело.



Галлей Эдмунд, Halley Edmund (Edmond) (29.10.1656, Хаггерстон – 14.01.1742, Гринвич). Английский астроном, геофизик, математик. Член Лондонского Королевского общества (1678). С 1720 директор Гринвичской обсерватории. Математические работы посвящены логарифмированию тригонометрических функций, теории вероятности и математической статистике. В 1676 на основании собственных наблюдений во время экспедиции на остров Святой Елены составил каталог 341 звезды неба южного полушария. Предложил теорию земного магнетизма (1683) и опубликовал первую карту магнитных склонений (1701). В 1705, изучая траектории движения комет, предсказал появление в 1758 г. кометы, названной позже его именем. В 1718 г. открыл явление собственных движений звёзд, до этого считавшихся неподвижными объектами.



Гамов Георгий Антонович (04.03.1904, Одесса – 19.08.1968, Колорадо, США). Удивительно широкий круг научных интересов; физика, химия, астрофизика, космология, биохимия, генетика. В каждой из областей выдающиеся результаты. В 1928 году окончил Ленинградский университет, где он одно время учился с А.А.Фридманом. В 1928-29 работал в Копенгагене у Нильса Бора, с 1934 года в США. Предложил модель внутреннего строения красных гигантских звёзд. Доказал, что источником солнечной энергии является энергия термоядерных реакций. Был сторонником концепции расширяющейся Вселенной, предложенной А.А.Фридманом. Им был предложен термин «Большой взрыв».



Гейзенберг Вернер, Heisenberg Werner Karl (05.12.1901, Вюрцбург – 01.02.1976, Мюнхен). Физик-теоретик, один из создателей квантовой механики. Лауреат Нобелевской премии (1932). В 1923 окончил Мюнхенский университет. В 1924-24 работает в Копенгагене у Нильса Бора. С 1927 профессор теоретической физики Лейпцигского университета. С 1941 профессор Берлинского университета. С 1946 директор института теоретической физики в Гёттингене. В 1925

сформулировал квантовую механику в матричных терминах. В 1927 установил, получивший широкую известность, принцип неопределённости, который показал ограниченную применимость понятий макромира к явлениям микромира. Его вторым увлечением, кроме науки, была классическая музыка. Был замечательным пианистом, и, по мнению многих музыкантов, мог сделать карьеру пианиста-виртуоза.



Геттон Джеймс, Hutton James (03.06.1726, Эдинбург – 26.03.1797, Эдинбург). Шотландский геолог, химик, натуралист. С 1768 живёт в Эдинбурге, где занимается исключительно научной деятельностью. В 1788 Геттон опубликовал «Теорию Земли», где указывал на необходимость изучения геологических явлений только на основе наблюдений и законов механики, физики и химии. Историю Земли рассматривал, как бесконечное чередование циклов разрушения одних морфологических структур и возникновения новых. Признавал огромную длительность геологических процессов. Его мысль о сходстве древних и современных геологических процессов позже была развита Чарльзом Лайелем.



Гёдель Курт Gödel Kurt (28.02.1906, Брно – 14.01.1978, Принстон). Основатель современной математической логики. Преподавал в Венском университете. С 1940 г. жил в США. Доказал теорему о полноте (1930) и неполноте (1931). Из теоремы о неполноте следует, что если формальная система, содержащая арифметику непротиворечива, то утверждение об её непротиворечивости, выражаемое в этой системе, не может быть доказано средствами, формализуемыми в ней. Таким образом, в аксиоматически построенных системах обязательно присутствуют допущения, которые не могут быть ни доказаны, ни отвергнуты в пределах аксиоматики данной системы.



Гольдшмидт Виктор Мориц, Goldshmidt Victor Moritz (27.01.1888, Цюрих – 20.03.1947, Осло). Норвежский химик, геохимик, один из создателей современной геохимии и кристаллохимии, с 1914 профессор минералогии и геологии университета в Осло. В первой научной работе «Явления контактного метаморфизма в окрестностях Кристиании» (1911) дал физико-химический анализ геохимических процессов и впервые показал возможность применения правила фаз к минеральным системам. В серии работ (1923-1927) под общим названием «Геохимия элементов» изложил свои основные геохимические идеи и сформулировал законы геохимического распределения элементов. Предложил геохимическую классификацию элементов.



Гумилёв Лев Николаевич (01.10.1912, Царское Село – 15.06.1992, Ленинград). Историк, географ. Сын известных поэтов – Николая Гумилёва и Анны Ахматовой. Окончил исторический факультет Ленинградского университета. Добровольцем ушёл на фронт, дошёл до Берлина. После демобилизации в 1948 защищает кандидатскую диссертацию по истории Тюрского каганата. В 1961 защитил диссертацию «Древние тюрки» на звание доктора исторических наук и в 1974 защитил диссертацию «Этногенез и биосфера Земли» на звание доктора географических наук. Его учение об этносах как биосоциальных категориях является одним из самых смелых теорий о закономерностях в истории развития человечества. Был неоднократно репрессирован.



Гутенберг Бено, Gutenberg, Beno (04.06.1889, Дармштадт – 25.01.1960, Лос-Анджелес). Немецкий сейсмолог. Основоположник современной сейсмологии. С 1930 работал в США в Лос-Анджелесе, профессор геофизики и руководитель сейсмологической лаборатории Калифорнийского технологического института. Совместно с Чарльзом Рихтером в 1941-45 теоретически обосновал шкалу магнитуд землетрясений. В 1926, изучая сейсмограммы землетрясений в Альпах, доказал существование в верхней части мантии слоя с пониженной скоростью распространения сейсмических волн (слой Гутенберга). Ранее наличие этого слоя, получившего название астеносфера, только предполагалось.



Дана Джеймс Дуайт, Dana James Dwight (12.02.1813, Ютика, штат Нью-Йорк – 14.04.1895, Нью-Хейвен, штат Коннектикут). Американский геолог, минералог, зоолог, натуралист. Иностраннный член Петербургской АН. С 1849 профессор естественной истории в Йельском университете, в 1864-1890 занимает должность профессора геологии и минералогии. В труде «Система минералогии» (1837) предложил первую химическую классификацию минералов. Обратил внимание на существование прогибов в Земной коре и назвал их геосинклиналями. За научные заслуги был отмечен многими наградами.



Дарси Анри, Darcy Henri-Philibert-Gaspard (10.06.1803, Дижон – 03.01.1858, Париж). Французский инженер-гидравлик. После окончания курса обучения в Париже вернулся в родной город Дижон, где занимался городским водоснабжением, проектировал и руководил строительством водопровода. Проводил эксперименты по изучению скорости фильтрации воды в различных горных породах и по очистке воды при её прохождении через песок. Вывел уравнение ламинарного движения жидкости в однородных, пористых средах (закон Дарси), тем самым заложил теоретические основы для изучения динамики подземных вод.



Декарт Рене, Decartes René (31.03.1596, Лае – 11.02.1650, Стокгольм). Французский философ, математик, физик, физиолог. С 1628 г. жил и работал в Нидерландах. В 1649 г. по приглашению шведской королевы переехал в Стокгольм. Философия Декарта исходила из признания двух независимых субстанций – материальной и духовной. Разум при этом рассматривался им как определяющий принцип человеческого познания. Был сторонником дедуктивно-математического изучения всех вопросов естествознания. Внёс выдающийся вклад в развитие философии, математики, физики, физиологии, космологии. Признавал множественность миров и физическую однородность Вселенной. Образование планет объяснял свойствами вихревых движений частиц под действием центробежной силы. Эта концепция получила развитие в работах Канта и Лапласа.



Джеффрис Гарольд, Jeffreys, Sir Harold (22.04.1891 – 18.03.1989). Английский астроном и геофизик. Основные труды о строении Земли и космогонии Солнечной системы. По окончании Кембриджа сотрудник метеорологической службы (1917-22). За научные заслуги в 1953 возведён в рыцарское достоинство. Он исследовал термальную историю Земли и предположил жидкое состояние ядра. Был одним из составителей (1940) таблиц скоростей распространения сейсмических волн, позволивших с большой

точно определять положение эпицентров землетрясений. Установил скачок скоростей прохождения сейсмических волн на глубине приблизительно 400 км вследствие контакта двух сред с различными плотностями. Объяснил происхождение муссонов, континентальных и океанических, показал важность роли циклонов для циркуляции атмосферы. Автор ряда работ по теории вероятностей и математической физике. В 1971-77 было опубликовано 6-томное собрание его научных трудов.



Дикке Роберт Генри, Dicke Robert Henry (06.05.1916, Сент-Луис – 04.03.1997, Принстон). Американский физик, известен работами по космологии, общей теории относительности, атомной физике, теории радаров. С 1941 работает в Массачусетском технологическом институте в лаборатории по созданию микроволновых радаров. В 1960-х заинтересовался теорией гравитации. Сверхточными экспериментами подтвердил предположение Поля Дирака (1937) об изменяемости постоянной тяготения, которая убывает в связи с расширением Вселенной после Большого Взрыва. В 1964 Дикке поддержал предположение Георгия Гамова, высказанное 16 годами ранее, о том что Большой Взрыв должен был породить мощное излучение, остатки которого продолжают существовать. Начал исследования по обнаружению этого излучения. В том же году (1964) это реликтовое излучение было обнаружено Арно Пенциасом и Робертом Вилсоном, сотрудниками AT & T Bell Laboratories.



Доплер Христиан, Doppler Christian (29.11.1803, Зальцбург – 17.03.1853, Венеция). Австрийский математик, физик, астрофизик. Учился в Венском политехническом институте. Позже директор физического института и профессор физики Венского университета. Первые научные работы посвящены математике. В опубликованной в 1842 году работе «О цвете двойных звёзд» (Ueber das farbige Licht der Doppelsterne) впервые теоретически обосновал принцип, что частота колебаний, воспринимаемых наблюдателем, зависит от скорости и направления движения наблюдателя и источника колебаний (Доплера эффект).



Дэвис Вильям, Davis, William Morris (12.02.1850, Филадельфия – 05.02.1934, Калифорния). Американский, географ, геолог, метеоролог, один из основателей геоморфологии, как науки. По окончании Гарвардского университета (1870) три года работал метеорологом в Аргентине. В книге «Реки и долины Пенсильвании, 1889» (The Rivers and Valleys of Pennsylvania) он изложил свое учение о стадийном развитии рельефа суши. Представление о географических циклах сразу было поддержано геологами и географами. Предложенные Девисом блок-диаграммы для изображения рельефа применяются и в настоящее время. Автор более 500 научных работ.



Зюсс Эдуард Фридрих, Suess Eduard (20.08.1831, Лондон – 26.04.1914, Вена). Австрийский геолог и палеонтолог. Один из основоположников современной геологии. В 1898-1911 президент Венской АН. Первые работы посвящены анатомии и классификации брахиопод и аммонитов. Затем изучал геологию Альп. Результаты этих исследований были им опубликованы в 1857 в работе «Происхождение Альп» (Die Entstehung der Alpen). В опубликованном в 1883-1909 четырёхтомном труде «Лик Земли» (Das Antlitz der Erde) излагает результаты региональных исследований, проведённых на всех материках к началу

XX века, рассматривает структуру и эволюцию Земной коры и литосферы, вводит много новых терминов и понятий, большинство из которых употребляется в геологической литературе в настоящее время. Впервые обосновал неоднородность нашей планеты и, наряду с литосферой, гидросферой и атмосферой разработал понятие биосферы. Он также ввёл такие понятия, как Гондвана (гипотетический древний суперконтинент, включавший в себя современные Южную Америку, Африку, Индостан, Австралию и Антарктиду) и Тетис (океан, отделявший Гондвану от континента северного полушария). Зюсс был первым, кто рассматривал рифтовые структуры, например грабены восточной Африки, как зоны расширения литосферы.



Кеплер Иоганн, Kepler Johannes (27.12.1571, Вейль-дер-Штадт – 15.11.1630, Регенсбург). Немецкий астроном и математик. Последовательный сторонник теории Коперника. В 1602 был назначен преемником Тихо Браге. Впервые сконструировал телескоп из двух двояковыпуклых линз. Изучал оптику в приложении к астрономии. На основе многочисленных наблюдений в 1609 установил первый и второй и в 1619 третий закон движения планет.

Составил таблицы для вычисления положения планет в любой момент времени, изложил теорию солнечных и лунных затмений и способы их предсказания, описал траектории движения комет. Последние два года жизни, ввиду отсутствия средств к существованию, состоял астрологом при имперском дворе.



Кларк Франк, Clarke Frank Wigglesworth (19.03.1847, Бостон – 23.05.1931). Американский геохимик. Окончил Гарвардский университет (1867). В 1874-83 профессор университета в Цинциннати. В 1883-1924 главный химик Геологической службы США. Автор более 100 научных работ. Занимался определением химического состава различных природных образований и земной коры в целом. По разработанному им методу рассчитал средний химический состав земной коры. Результаты первых подсчётов

опубликованы в 1889. Числовые оценки средних содержаний химических элементов в земной коре, гидросфере, атмосфере по предложению А.Е. Ферсмана названы «кларками». Иногда термином «кларк» обозначают среднее содержание элементов в месторождениях или отдельных массивах горных пород, что неправильно.

42. Конрад Виктор, Conrad Victor (25.08.1876, Вена – 25.04.1962, Массачусетс). Австрийский геофизик и климатолог. В 1901-10 работал в Вене в центре по изучению климата и земного магнетизма. В 1910-20 профессор в Черновцах, в 1920-39 профессор в Вене. С 1939 профессор в США. В 1925, изучая землетрясения в Альпах, установил поверхность раздела между гранитным и базальтовым слоями континентальной земной коры (Конрада поверхность, граница). Глубина залегания 5-35 км. Рельеф границы Конрада позволяет судить о глубинной тектонике.



Коперник Николай, Kopernik Micolaj, лат.: Copernicus Nicolaus (19.02.1473, Торунь – 24.05.1543, Фромборк). Астроном, математик, врач, экономист, филолог, государственный деятель. С 1512 и до конца жизни жил в гор. Фромборке. Под его руководством Фромборк был так укреплён, что рыцари Тевтонского ордена больше не смогли захватить его. Коперник умер во Фромборке и был похоронен в городском соборе. Его могила не сохранилась. Своё учение о гелиоцентрической системе мира изложил в сочинении «Об обращении небесных сфер» (1543), где рассматривал Землю не как центр мироздания, а как одну из планет

Солнечной системы. Это сочинение было запрещено католической церковью с 1616 по 1828.

Красовский Феодосий Николаевич (14(26).09.1878, Костромская обл. – 01.10.1948, Москва). Русский астроном-геодезист. Окончил межевой институт (1900). С 1907 преподаватель и с 1917 профессор того же института. На базе этого института под



его руководством в 1930 был создан Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии. В 1924-30 руководил астрономо-геодезическими и картографическими работами в СССР. Разработал научно-теоретическую и программно-методическую часть построения астрономо-геодезической и нивелирной сетей СССР. Руководил гравиметрической съемкой. Проводил работы по определению размеров и формы земного эллипсоида (эллипсоид Красовского). На основании многочисленных градусных измерений, проведенных на всех континентах, фигура Земли может быть представлена трехосным эллипсоидом. Однако принят эллипсоид вращения, так как эта форма имеет достаточную точность для практических целей и значительно упрощает вычисления.



Кулон Шарль Огюстен, de Coulomb, Charles-Augustin (14.06.1736, Ангулем – 26.08.1806, Париж). Французский физик, инженер. После 9-ти лет военной службы в Вест Индии по состоянию здоровья демобилизовался и вернулся во Францию. Первые научные работы относятся к механике. В 1776 написал труд о теории сводов. В 1777 опубликовал результаты исследования о кручении нитей. В 1781 произвел опыты по трению и сформулировал законы сухого трения. Создатель крутильных весов (1784). В 1785-89 с помощью крутильных весов установил закон электростатических и магнитных взаимодействий, закон Кулона, послуживший основой для последующих исследований в области электро- и магнитостатики.



Кювье Жорж, Cuvier, Georges (23.08.1769, Эльзас – 13.05.1832, Париж). Французский зоолог, палеонтолог, государственный деятель. Член Парижской АН (1795). Член Петербургской АН (1802). Занимался изучением анатомии морских животных. Во время империи Наполеона был императорским комиссаром и членом Государственного совета, после Реставрации – пэром Франции, королевским комиссаром и членом Государственного совета. Изучая ископаемые остатки, показал, что при переходе от древних пластов к более молодым строение ископаемых организмов усложняется. В 1825 им была опубликована работа «Рассуждение о переворотах на поверхности Земли» (Discours sur les révolutions de la surface du globe), где для объяснения изменчивости организмов предлагает теорию катастроф.



Кюри Пьер, Curie Pierre (15.05.1859, Париж – 19.04.1906, Париж). Французский физик и химик. Получил домашнее образование под руководством отца, врача. Проявил большой интерес к математике, особенно к геометрии. С 1882 преподает в Школе физики и прикладной химии, где выполнил свои исследования по магнетизму. Им были открыты ферро-, пара- и диамагнитные тела, изучены их свойства. В 1895 защищает докторскую диссертацию по магнетизму. Весной 1894 в Париже знакомится с Марией Склодовской, и 25 июля 1895 они

сочетаются браком. Начинается их совместная исследовательская работа – изучение радиоактивности. Вводит термин «радиоактивность». Лауреат Нобелевской премии по физике (1903), совместно с М. Склодовской-Кюри и А. Беккерелем. Профессор Парижского университета (1904). Член Парижской АН (1905). 19 апреля 1906 погибает на улице Дофин под колёсами ломовой телеги.



Лайель Чарлз, Lyell Charles (14.11.1797, Шотландия – 22.02.1875, Лондон). Шотландский геолог. Создатель метода актуализма в геологии. Сначала в Оксфорде изучал древние языки и юриспруденцию. Но после одной из лекций увлёкся геологией, отказался от адвокатской практики и совершил ряд экскурсий по Шотландии, Англии, Франции, Италии и Швейцарии. В 1825 были опубликованы его первые работы по геологии Шотландии и Англии.

В 1830-33 вышел из печати его главный труд «Основы геологии» («Principles of Geology») в 3-х томах. Лайель обобщил весь накопившийся к тому времени материал и изложил свои выводы в виде стройной геологической концепции, сделав тем самым историю Земли познаваемой. В 1869 английский естествоиспытатель Т. Гексли назвал учение Лайеля униформизмом (термин был впервые употреблён Дж. Геттоном).



Ламарк Жан Батист, de Lamarck Jean-Baptiste-Pierre-Antoinede Monet (01.08.1744, Пикардия - 18.12.1829, Париж). Французский естествоиспытатель. После 9-ти лет полевых исследований в 1778 опубликовал трёхтомный труд «Французская флора» (Flore française), определитель растений, произрастающих во Франции. С 1783 член Парижской АН. Французскую революцию встретил с энтузиазмом. По его докладу в 1793 Конвент реорганизовал Королевский

ботанический сад в музей естественной истории, где Ламарк возглавил кафедру низших животных. Впервые разделил всех животных на беспозвоночных и позвоночных, разделив последних на 10 классов вместо 2-х по Линнею. Развивал взгляды о постепенном усложнении форм организмов под влиянии внешней среды – от простейших до человека. В своём главном труде «Философия зоологии» (2 тт., 1809) дал первую целостную теорию эволюционного развития живого мира. В 1815-22 вышел из печати его труд «Естественная история беспозвоночных животных» (7 тт.). Помимо ботаники и зоологии Ламарк написал много работ по геологии и метеорологии. В 1818 Ламарк потерял зрение и был вынужден диктовать свои работы.



Лейбниц Готфрид Вильгельм, Leibniz Gottfried Wilhelm (01.07.1645, Лейпциг – 14.11.1716, Ганновер). Философ, математик, физик, изобретатель, юрист, механик, историк, лингвист, натуралист. Член Лондонского королевского общества (1673). В 1700 первый президент созданного им Бранденбургского научного общества (позднее – Берлинская АН). Помимо вклада в развитие философии и математики (создание одновременно с Ньютоном дифференциального и интегрального исчисления) внёс большой

вклад в развитие биологии, языкознания, политологии и права, психологии (развил учение о бессознательной психической жизни). В работе «Protogea» (1693) высказал мысль об эволюции Земли и обобщил собранный им палеонтологический материал. Лейбниц был талантливым изобретателем: он проектировал оптические приборы и гидравлические машины, сконструировал первый интегрирующий механизм и уникальную для того времени счётную машину, работал над созданием

пневматического двигателя. Оказал значительное влияние на последующее развитие науки и философии. В 1711, 12 и 16 гг. встречался с Петром I, разработал по его просьбе ряд проектов по развитию образования и государственного управления в России.

52. Ле-Конт Джозеф, Le Conte Josef (26.02.1823, Джорджия – 06.07.1901, Калифорния). Естествоиспытатель-эволюционист, геолог. В 1856-69 Ле-Конт профессор химии и геологии в университете штата Южная Каролина. С 1869 профессор университета в Калифорнии. Тематику его геологических исследований были строение и стратиграфия западного побережья США, моренные отложения, вопросы рудообразования, горообразование и контракционная гипотеза. Автор ряда крупных монографий по геологии, из которых наибольшую известность получила книга «Основы геологии» (Elements of Geology, 1878), где, в частности, пишет о наступлении «психозойского периода», т.е. о ноосфере. Также автор работ по оптике, биологии, философии.

53. Леруа Эдуар, Le Roy Edouard (18.06.1870, Париж – 01.11.1954, Париж). Французский математик и философ бергсонианец. Член Французской Академии (1945). С 1921 профессор Коллеж де Франс. Работы по палеонтологии и антропологии. В 1927 ввёл понятие «ноосферы» как современной стадии, развития биосферы. Он подчёркивал, что пришёл к такому представлению о развитии биосферы вместе со своим другом, крупнейшим палеонтологом Тельяром де Шарден.



Личков Борис Леонидович (19.(31).07.1888, Иркутск – 20.10.1966, Ленинград). Геолог. Доктор геолого-минералогических наук (1943). Окончил Киевский университет (1912). Основные работы по гидрогеологии, геоморфологии, теоретическим проблемам геологии. Предложил одну из первых классификаций подземных вод (1928). Автор концепции о решающей роли гидросферы в истории Земли.

Его работы по геоморфологии и движению материков являются частью его исследований по общей теории развития Земли, как планеты Солнечной системы. В последних работах (1960, 1965) развивал гипотезу о возникновении Земли из крупного астероида.



Ломоносов Михаил Васильевич, (08(19).11.1711, Холмогоры, Архангельская губерния - 04(15).04.1765, Санкт Петербург). Учёный-естествоиспытатель, поэт, заложивший основы современного русского языка, художник. Родился в семье помора. В 1731 в 19 лет с обозом ушёл в Москву учиться, в 1735-36 учился в Санкт-Петербурге и в 1736-41 в Германии. Первый русский академик Петербургской АН (1745) и член Академии Художеств (1763). В 1748 основал первую в России химическую

лабораторию. В 1755 по его инициативе был основан Московский университет. Многие его идеи опережали науку того времени. Рассматривая явления природы с материалистических позиций, развивал атомно-молекулярные представления о строении вещества, заложил основы физической химии, открыл атмосферу на планете Венера, создал учение о цвете. Не было в то время науки, в развитие которой Ломоносов не внёс бы выдающийся вклад. Это химия, физика, геология и горное дело, география, астрономия, керамика, история, лингвистика, филология, экономика. Гениальный учёный М.В. Ломоносов был патриотом, боролся за развитие науки и просвещения в России.



Мать (Мирра Ришар) (21 .02.1878, Париж – 17.11. 1973, Пондишери?)
Имя Мать было дано ей Шри Ауробиндо, который признавал в ней воплощение Божественной Матери. В 26 лет видела Шри Ауробиндо во сне. Это видение интерпретировала как образ «индусского божества». Впервые встречается с Шри Ауробиндо в 1914. В 1920 переезжает в Пондишери и остается там, посвятив свою жизнь работе, которую начал Шри Ауробиндо.



Менделеев Дмитрий Иванович (27.01.1834, Тобольск – 20.01.1907, Санкт Петербург). Химик, открыл периодический закон химических элементов – один из основных законов естествознания. В 1855 окончил физико-математический факультет Петербургского педагогического института. С 1857 доцент Петербургского университета, читает курс органической химии. В 1861 публикует учебник «Органическая химия», первый в России. С 1865 профессор Петербургского университета. В 1868-71 работает над курсом «Основы химии». Открытие периодического закона сделало Менделеева одним из самых выдающихся химиков XIX-XX вв. В 1876 член-корреспондент Петербургской Академии. В 1880 выдвинут в члены Петербургской АН, но был забаллотирован. Член Лондонского королевского общества и некоторых других иностранных академий. В 1890 из-за конфликта с министром народного просвещения покидает университет и с 1892 работает в Главной палате мер и весов. Д.И. Менделеев – автор более 500 научных трудов по различным областям химии, химической технологии, физике, метрологии, воздухоплавания, технологии переработки нефти, метеорологии, сельскому хозяйству и агрохимии, экономике.



Минковский Герман, Minkowski, Hermann (22.06. 1864, Ковно (Каунас) - 12.01.1909, Гёттинген). Немецкий математик и физик. Профессор университетов в Бонне (1885–94), Кенигсберге (1894–96), Цюрихе (1896–1902) и Гёттингене (1902–09). Автор работ по математической физике, гидродинамике, теории капиллярности. Выполнены выдающиеся работы по теории чисел, геометрии выпуклых тел. Наибольшую известность получила его работа «Пространство и время» (Raum und Zeit), 1907, и другие работы, где Минковский, введя четырёхмерное пространство, дал геометрическую интерпретацию кинематики специальной теории относительности, что сблизило её с геометрией Лобачевского.



Мохоровичич Андрей, Mohorovichich, Andrija (23.01.1857, Волоско, Хорватия – 18.12.1936, Загреб). Хорватский метеоролог и геофизик, установивший поверхность раздела между земной корой и мантией, названную его именем.. В 1892 директор Загребской обсерватории и в 1897 в университете получает учёную степень. В 1908 ему удалось получить для обсерватории современные сейсмографы. Сопоставляя показания сейсмографов различных станций, разработал методику определения глубины сейсмического очага. Изучая природу распространения продольных (p) и поперечных (s) сейсмических волн в 1909 определил границу, разделяющую толщ горных пород с различными упругими свойствами, т.е. с различной плотностью. Эта граница принята за нижнюю границу Земной коры и позже была названа границей (поверхностью) Мохоровичича.



Ньютон Исаак, Newton Isaac (04.01.1643, Вулсторп, 75 км от Кембриджа – 31.03.1727, Лондон). Физик, механик, астроном, математик. Родился в семье фермера. Учился в Тринити-Колледже Кембриджского университета (1661-65). Там же с 1669 по 1701 возглавляет физико-математическую кафедру. С 1672 член и с 1703 президент Лондонского Королевского общества. Первый английский учёный, возведённый за научные труды в дворянское достоинство (1705). Похоронен в английском национальном пантеоне – Вестминстерском аббатстве.

Научные вопросы, разрабатывавшиеся Ньютоном, были связаны с решением актуальных проблем того времени. Он установил основные законы классической механики, открыл закон всемирного тяготения, разработал (одновременно с Лейбницем) дифференциальное и интегральное исчисление, исследовал свойства света и выполнил ряд важнейших экспериментальных работ по оптике. Главным своим орудием в физических исследованиях Ньютон считал математику. Академик С.И. Вавилов писал: «Ньютон заставил физику мыслить по своему ... На всей физике лежал индивидуальный отпечаток его мысли; без Ньютона наука развивалась бы иначе» (Вавилов С.И., Исаак Ньютон, 1961).



Оорт Ян Хендрик, Oort, Jan Hendrik (28.04.1900, Франекер – 05.11.1992, Лейден). Нидерландский астроном, один из крупнейших в XX веке исследователей нашей галактики – Млечного Пути. С 1924 работает астрономом в Лейденской обсерватории, с 1945 по 1970 директор. В 1927 наблюдениями движений звёзд подтвердил, высказанное в 1925 предположение шведского астронома Б. Линдблада о вращении нашей галактики, внеся целый ряд уточнений в динамику этого вращения. В 1935, работая с радиотелескопами, он определил, что Солнце находится от центра галактики на расстоянии 30000 световых лет. В 1951 установил спиральную структуру галактики. В 1950 Оорт предложил гипотезу о существовании кометного облака, вращающегося вокруг Солнца на расстоянии около одного светового года.



Павлов Алексей Петрович (01(13).11.1854, Москва – 09.09.1929, Москва). Русский геолог. Член Петербургской АН (1916). Окончил Московский университет (1878). С 1886 профессор Московского университета. Научные работы А.П. Павлова посвящены разнообразным вопросам геологии преимущественно мезозойских и кайнозойских отложений Русской платформы. Это тектоника, палеонтология, геоморфология и четвертичная геология, инженерная геология, гидрогеология. В своих работах по генетическим типам континентальных отложений выделил два новых типа четвертичных отложений – делювий и пролювий. Изучая тектонические структуры Поволжья, сделал прогнозы о присутствии нефтяных месторождений в районе Самарской Луки, впоследствии полностью подтвердившиеся. А.П. Павлову принадлежит ряд работ по оползням Поволжья. Он выяснил механизм их образования, дал классификацию типов и разработал методы борьбы с оползнями. Был вице-президентом Московского общества испытателей природы, принимал активное участие в работе международных геологических конгрессов



Пастер Луи, Pasteur, Louis (27.12.1822, Доль, Франция – 28.09.1895, Париж). Французский химик и микробиолог. Член Парижской АН (1862). Родился в семье кожевника. Окончил Высшую Нормальную школу в Париже (1847). Профессор университетов в Страсбурге (с 1849), Лилле (с 1854), Нормальной школы в Париже (с 1857) и Парижского университета (с 1867). В студенческие годы заинтересовался химией и кристаллографией. Им было доказано, что брожение – это процесс биологический, а не химический, как ранее полагали. Доказав, что микроорганизмы не самозарождаются, а происходят только от микроорганизмов, предложил для сохранения продуктов метод пастеризации. Пастеру принадлежат фундаментальные работы по бактериологии. За свои работы в области иммунизации против сибирской язвы, оспы, бешенства и др. болезней Пастер упоминается среди людей, облагодетельствовавших человечество. В 1888 на собранные по международной подписке деньги в Париже был выстроено здание института (Пастеровский институт), первым директором которого был Луи Пастер.



Пенк Вальтер, Penck Walther (30.08.1888, Вена – 29.09.1923, Штутгарт). Немецкий геолог и геоморфолог. Сын известного географа, геоморфолога, палеоклиматолога Альбрехта Пенка (1858-1945). Развил учение о формировании рельефа в результате вертикальных движений земной коры и сопряжённых денудационных процессов. Показал, что в зависимости от соотношения интенсивности процессов поднятия и денудации развитие рельефа может быть восходящим, уравновешенным и нисходящим. На основе разработанного им морфологического анализа установил зависимость между характером рельефа, экзогенными процессами и тектоническими движениями земной коры. Результаты его исследований опубликованы в работе «Морфологический анализ» (Die morphologische analyse, Stuttgart, 1924).



Планк Макс Карл, Planck, Max Karl Ernst Ludwig (23.04.1858, Киль – 04.10.1947, Гёттинген). Немецкий физик-теоретик, основоположник квантовой теории, преобразовавшей наши представления об атоме в такой же степени, как теория относительности наши взгляды о пространстве и времени. Планк был замечательным пианистом, Шуберт и Брамс его любимые композиторы. В 1889 становится профессором физики Берлинского университета, оставаясь в этой должности до конца своей активной творческой жизни. И в 1900 Планк получил функцию распределения энергии в спектре абсолютно чёрного тела на основе чуждого классической физике *предположения*, что атомы излучают и поглощают энергию не непрерывно, а дискретно, только определёнными порциями – квантами. Это был год создания квантовой теории. За эту и последующие работы по созданию квантовой теории и изучению её приложений в 1918 Планк стал лауреатом Нобелевской премии. В Берлин приезжали крупнейшие физики того времени. Это продолжалось до 1933, когда в Германии началась расовая чистка. Планк обращался лично к Гитлеру. В личной жизни Планк пережил много испытаний. В 1909 после 22 лет супружеской жизни умирает его жена Мария, оставив двух сыновей и двух дочерей. Старший сын Карл погибает на фронте в 1916. Дочери умирают в 1917 и 1919. Младший сын Ервин за участие в заговоре против Гитлера в 1944 арестован и в начале 1945 погибает в застенках гестапо. От этого удара Планка не мог оправиться. Его дом в Берлине был разрушен и в конце войны он переезжает в Гёттинген, где умирает в 1947 в возрасте 89 лет.



Птолемей Клавдий, Ptolemaeus Claudius (90? - 160?). Древнегреческий астроном, математик, географ. Известно, что большую часть жизни работал в Александрии, где проводил свои астрономические наблюдения. Основное сочинение по астрономии – «Великое математическое построение астрономии в XIII книгах», где Птолемей изложил геоцентрическую систему мира. Книгу стали называть «Мэгистэ» (с греч. «Величайшая» или в арабском произношении «Амальгест»). До появления сочинения Коперника о гелиоцентрическом строении мира, т.е. на протяжении примерно 1400 лет, эта книга, считалась, заключает в себе все возможные знания по астрономии.



Раушенбах Борис Викторович (18.01.1915, Петроград – 17.03.2001, Москва). После окончания Ленинградского института инженеров гражданской авиации занимался конструированием летательных аппаратов. На испытаниях новой техники в Крыму познакомился с С.П. Королёвым и с 1937 стал работать в ракетном НИИ Королёва. В 1938 работу над созданием ракетной техники закрыли, и Раушенбах занялся теорией горения в воздушно-реактивных двигателях. Осенью РНИИ был эвакуирован в Свердловск. В 1942 Б.В. Раушенбах арестован и направлен в трудовой лагерь под Нижним Тагилом. Вскоре новый руководитель РНИИ М.В. Келдыш добился возвращения Б.В. Раушенбаха в институт. С 1948 работает в Москве. С 1959 профессор физико-технического института. В середине 1950-х годов работал над созданием теории управления космическими аппаратами у С.П. Королёва. В 1960 участвовал в работе по подготовке первого полёта человека в космос. Занимаясь практической задачей «насколько правильно изображение на экране передаёт реальную обстановку и может ли космонавт управлять операциями, видя их только на экране», Б.В. Раушенбах занялся теорией перспективы. Стал изучать перспективу в живописи. Показал невозможность построения перспективы без искажений передающую пространственные характеристики объекта на плоскости картины.



Рерих Елена Ивановна (12..02.1879 – 1955). Философ. Литератор. Переводчица. Владела несколькими языками, профессионально играла на фортепиано. Родилась в семье архитектора И.И. Шапошникова, мать из рода Голенищевых-Кутузовых, внучка великого полководца. Е.И. Шапошникова в 1901 вышла замуж за Н.К. Рериха. Вместе с мужем основала в долине Кулу Институт Гималайский исследований для работы в различных областях науки: археология, лингвистика, медицина, биология, этнография и др. С институтом начали сотрудничать многие выдающиеся учёные – Альберт Эйнштейн, Луи де Бройль, Николай Вавилов и др. Деятельность института прекратилась с началом 2-й мировой войны. Автор «Учение живой этики» (14 томов), «Письма» (9 томов), «У порога нового мира», где изложен её научный опыт по овладению и ассимиляцией солнечной энергией и многих других книг, некоторые из которых не изданы до сих пор.



Рерих Николай Константинович (27.09.(09.10.)1874, Петербург – 13.12.1947, Долина Кулу, Штат Пенджаб, Индия). Живописец и театральный художник, археолог, писатель, общественный деятель. В Академии учился у А.И. Куинджи. В 1898 окончил юридический факультет, одновременно прослушал курс историко-филологического факультета. Совершенствовался в живописи в

Париже (1900-01). С 1909 член Петербургской Академии Художеств. Член объединения «Мир искусства», в 1909-1918 его председатель. В последующих работах Рерих осмысливает прошлое, сопоставляя его с настоящим, представляет историю развития человечества, как эпизоды единой «космической эволюции» (картины «Небесный бой», «Знамение» и др.). С 1918 живёт в США, с 1923 с перерывами, а с 1936 постоянно в Индии. Совершил две большие экспедиции по Центральной и Восточной Азии (1924-28, 1934-35), был собран большой археологический и этнографический материал. Н.К. Рерих автор около тридцати книг



Сатпрем (1923, Париж –). Имя Сатпрем было дано ему Матерью, сотрудницей и продолжательницей дела Шри Ауробиндо, и означает «тот, кто умеет истинно любить». Детство провел в Бретани. Участник французского Сопротивления. Был схвачен гестапо. Провел полтора года в Бухенвальде и Маутхаузене. В 1945 освобожден. Судьба привела его в Индию, где он знакомится с Шри Ауробиндо. Потом Гвиана, Бразилия, Африка и возврат (1953) в Индию. Работа с Матерью. Становится её доверенным лицом. Записанные им личные беседы Матери издаются в виде 13 томов под названием «Агенда Матери. Хроника супраментального воздействия на Землю». Затем издает трилогию о Матери (I. «Божественный материализм»; II. «Новый вид»; III. «Мутация смерти»). В последней книге «Разум клеток» раскрывает суть открытия Матери: изменение генетической программы и иное, новое видение смерти.

74. Смит Вильям, Smith William (23.03.1769, Чёчхилл – 28.08.1839, Нортхэмптон). Английский геолог, геодезист, инженер. Считается основателем стратиграфии. Сын деревенского кузнеца. С семи лет после смерти отца жил у дяди. Посещал деревенскую школу. Занимался самообразованием по книгам, которые ему удавалось достать, коллекционировал остатки фауны. В 1799 строит литолого-стратиграфическую колонку геологических отложений окрестностей Бата. В 1804 он переезжает в Лондон, где для всеобщего обозрения выставляет свою коллекцию окаменелостей и построенные им геологические карты. В 1815 публикует сводную геологическую карту Англии и Шотландии с разделением пластов горных пород по возрасту. Применённый им принцип составления геологических карт в основном сохранился до сих пор. В 1831 Лондонское геологическое общество награждает его медалью, а в 1832 ему была назначена ежегодная пенсия. Умер в 1839 по дороге в Бирмингем на научную конференцию.



Стенон, Стено Николаус, Stensen Niels; лат. Steno Nikolaus (10.01.1638, Копенгаген – 26.11.1686, Шверин, Германия). Датский врач и геолог. С 1660 в Амстердаме изучает медицину. В это время делает ряд важных открытий в области физиологии человека, некоторые из которых носят его имя. С 1665 он во Флоренции личный врач Великого герцога Фердинанда II. Много путешествует по Италии, проводя геологические наблюдения. В опубликованном в 1669 труде изложил закон постоянства углов кристаллов, заложив тем самым основы новой науки – кристаллографии. Высказал для своего времени совершенно революционную мысль, что находимые в пластах горных пород окаменелости фауны – это остатки живших в далёком прошлом организмов. Считал, что первоначально горизонтальное положение пластов таких горных пород могло в последующем нарушаться. Стенон был первым, кто понял, что, изучая последовательность напластования горных пород, т.е. стратиграфию, и содержащиеся в них органические остатки можно восстановить историю Земли.



Томсон Джозеф Джон, Thomson Sir Joseph John (18.12.1856, Manchester - 30.08.1940, Cambridge). Английский физик. Учился в Кембридже (1876-80). С 1884 там же профессор физики и в этом же году становится членом Лондонского королевского общества. В 1915-20 президент Лондонского королевского общества. Исследуя в 1897 прохождение электрического тока сквозь разреженные газы, доказал, что заряд переносится частицами, корпускулами, названные им электронами. В 1903 предложил первую в истории физики модель атома, Согласно этой модели вещество в атоме распределено равномерно по сфере диаметром порядка одного ангстрема. Вещество заряжено положительно, в нём плавают электроны. Модель явилась основой для последующих исследований строения атома. В 1906 Томсон стал лауреатом Нобелевской премии и в 1908 возведён в дворянское сословие. В последующие годы работал по изучению природы изотопов.



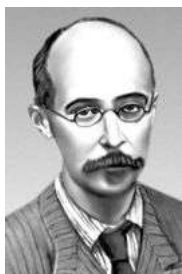
Фейнман Ричард Филлипс, Feynman Richard Phillips (11.05.1918, Нью-Йорк – 15.02.1988, Лос Анжелес). Выдающий физик-теоретик XX века. Его отец родился в Минске и в пятилетнем возрасте с родителями эмигрировал в США. Мать, уроженка Польши, также ребенком попала в США. В 1935 поступил в Масачусетский технологический институт и в 1939 стал бакалавром (Bachelor of Science). В это время его начинают интересовать приложения математики в теоретической физике. Для изучения теоретической физики и её раздела квантовой механики он отправляется в Принстон, где в 1942 получает степень доктора. В 1941 в Принстоне начинает работать над атомным проектом, затем в 1943-45 в Лос Аламосе. Осенью 1945 становится профессором Корнельского университета и возвращается к прерванным войной исследованиям в области квантовой теории электродинамики. С 1950 профессор Калифорнийского технологического института. Публикует ряд выдающихся работ по теории элементарных частиц. В 1965 за работы в области квантовой электродинамики становится лауреатом Нобелевской премии. Последние 9 лет жизни тяжело болел, перенёс ряд операций. Несмотря на болезнь, продолжал чтение лекций. Последний раз прочитал лекцию за две недели до кончины.



Ферсман Александр Евгеньевич, (27.10.(08.11).1883, Санкт-Петербург – 20.05.1945, Сочи). Русский минералог и геохимик. Академик (1919). Родился в семье военного. В 1901-07 учился Новороссийском (Одесса) и затем в Московском университете. По окончании университета работал во Франции, затем в Германии у Виктора Гольдшмидта, вместе с которым издал монографию об алмазах (Der Diamant, 1911). В 1909-11 профессор Московского университета. С 1912 старший хранитель минералогического музея АН и профессор Высших женских курсов в Санкт-Петербурге. А.Е. Ферсману принадлежат классические исследования по минералогии, геохимии, полезным ископаемым и другим разделам геологии. Был крупнейшим знатоком драгоценных и поделочных камней. А.Е. Ферсман вместе с В.И. Вернадским является одним из основателей геохимии. В 1933-39 им опубликован четырёхтомный труд «Геохимия». Заложил основы региональной геохимии.

Фик Адольф Эжен, Fick Adolf Eugen (03.09.1829, Кассель – 21.08.1901, Бланкенберге, Бельгия). Немецкий физиолог, врач, изобретатель. Защитил докторскую диссертацию по медицине (1851). В 1855 открыл законы диффузии газов

(законы Фика). Первый закон устанавливает пропорциональность диффузионного потока частиц градиенту их концентрации. Второй закон выражает зависимость в процессе диффузии концентрации от времени для данной точки. В последующем проводил исследования в области физиологии: термодинамика работы мышцы (доказал закон сохранения энергии при мышечном сокращении), диоптрика и цветоощущение, работа сердца и кровообращение (принцип Фика). Для своих исследований сам конструировал новую аппаратуру. В 1887 создал контактные линзы для коррекции зрения, которые, однако, нельзя было долго носить из-за несовершенства материалов того времени.



Фридман Александр Александрович (17(29).06.1888, Санкт-Петербург – 16.09.1925, Ленинград). Русский математик, физик, метеоролог. После окончания Санкт-Петербургского университета (1910) работал в Павловской аэрологической обсерватории. В 1914-17 находился в армии и занимался аэронавигационным и аэрологическим обеспечением. В 1918-20 профессор Пермского университета. С 1920 и до конца жизни работал в Петрограде в Главной физической обсерватории и в различных ВУЗах города. В 1925 для изучения тропосферы совершил полёт на аэростате, достигнув высоты 7400 м. Автор многочисленных работ по математике, механике, физике, метеорологии.. Известны его работы по гидродинамике сжимающихся жидкостей. Фридман был первым (1922), кто сформулировал математическую модель Вселенной, где доказал что Вселенная не может находиться в стационарном состоянии, и её эволюция началась с Большого Взрыва.



Фурье Жан Батист, Fourier Jean Baptiste Joseph (21.03.1768, Осер – 16.05.1830, Париж). Математик. Член Парижской академии наук (АН). Почётный член Петербургской АН. В 1798 г. участвовал в Египетской экспедиции Наполеона Бонапарта. Первые труды посвящены решению алгебраических уравнений. Основной областью занятий Фурье была математическая физика. Он работал над проблемой распространения тепла в твёрдом теле. Опубликованная в 1822 работа «Аналитическая теория тепла» (Théorie analytique de la chaleur) внесла большой вклад в последующее развитие математики и математической физики.



Хаббл Эдвин, Hubble Edwin Powell (20,11,1889, штат Миссури - штат Калифорния). Американский астроном. В 1910 окончил Чикагский университет по специальностям математика, астрономия. В 1917 году после защиты диссертации по астрономии (Ph.D.) работает в обсерватории Маунт-Вильсон (MountWilson). В 1923 году доказал существование множественности галактик. В 1929 году доказал, что Вселенная расширяется (закон Хаббла). Все галактики удаляются от нашей галактики Млечного Пути, причём, чем дальше расположена галактика, тем быстрее она удаляется. Скорость удаления галактики равна произведению постоянной Хаббла H_0 на величину расстояния до этой галактики.



Хокинг Стивен, Hawking Stephen William (08.01.1942, Оксфорд). Физик-теоретик. С 1966 профессор Кембриджского университета. Основные работы посвящены теории относительности, квантовой гравитации, теоретической астрофизике и космологии. В 1971 предложил новый механизм формирования чёрных дыр и впервые применил к их описанию законы

термодинамики. Доказал, что чёрные дыры испаряются (излучение Хокинга) и разработал квантовую модель их испарения. 21 июля 2004 представил доклад, в котором предложил разрешение парадокса об исчезновении информации в чёрных дырах. В середине 90-х годов показал, что с учётом характера расширения Вселенной на современном этапе её эволюции можно утверждать, что в прошлом её плотность была выше. С 1962 он тяжело болен, почти полностью парализован, и общаться с людьми может только с помощью компьютерного синтезатора речи.



де Шарден Пьер Тейяр, Teilhard de Chardin, Pierre (01.05.1881, Сарсенат (Франция) – 10.04.1955, Нью Йорк). Французский философ и палеонтолог. Сын мелкого землевладельца, интересовавшегося геологией. В 10 лет поступил в иезуитский колледж, в 18 вступил в орден иезуитов. В 1903-06 преподавал в иезуитском колледже в Каире. Имея духовный сан, он тем не менее отказался от должности капеллана, и всю Первую Мировую войну был санитаром на передовой, уносил раненных с поля боя. За проявленное мужество был награждён медалями и орденом Почётного Легиона. В 1920 в Сорбонне защищает диссертацию «Млекопитающие нижнего эоцена Франции». В 1923 после преподавания в Католическом институте в Париже отправляется в Китай, где занимается геологией и палеонтологией. В 1929 в северном Китае нашёл ископаемые остатки первобытного человека, названного синантропом, жившего около 400 тыс. лет назад. Главными философскими работами Шардена были Божественная среда (Le Milieu divin, 1957) и Феномен человека (Le Phénomène humain, 1955). В этих работах, а также в своих многочисленных статьях он пытался соединить Христианство с современной ему наукой.

86. Шафрановский Илларион Илларионович (24.03.1907, Санкт Петербург – 01.07.1994, Санкт Петербург). Выдающийся учёный-кристаллограф. Окончил Ленинградский горный институт (1930) и Ленинградский университет (1931). Автор более 600 научных работ, в том числе 20ти монографий. Внёс большой вклад в развитие кристаллографии. Основоположник генетической кристаллографии. Созданное им учение о формах кристаллов признано научным открытием. Портрет И.И. Шафрановского находится в портретной галерее Санкт-Петербургского горного института.



Шепард Френсис, Shepard, Francis P (10.05.1897, Массачусетс – 25.04.1985, Калифорния). Американский морской геолог. Изучал геологию в университетах Гарварда и Чикаго, где в 1922 получил степень доктора. Затем сотрудник института океанографии Скриппса, с 1948 профессор морской геологии. Главным объектом его исследований были подводные каньоны – долинообразные формы, характерные для крутых материковых склонов. Определял морфометрические показатели различных участков подводных каньонов и их литологический состав, гидродинамическую обстановку в районе каньонов. Признавал наличие оснований для существования трёх гипотез происхождения подводных каньонов – эрозионной, суспензионных потоков и тектонической.



Шкловский Иосиф Самуилович (18.07.(01.08.)1916, Глухов, Украина – 03.03.1985, Москва). Астрофизик. Член-корреспондент АН СССР (1966). В 1938 с отличием закончил физический факультет МГУ и поступил в аспирантуру астрономического института им. П.К. Штернберга, где в 1953 возглавил отдел радиоастрономии. С 1968

также был сотрудником института космических исследований, создателем и руководителем отдела астрофизики. Основные труды связаны с созданием современной эволюционной астрофизики. Автор количественной теории солнечной короны и её коротковолнового излучения. Занимался происхождением космических лучей, сверхновыми звёздами, излучением квазаров, природой космических источников рентгеновского и гамма- излучений. Предложил эволюционную модель планетарных туманностей.



Шмидт Отто Юльевич (18(30).09.1891, Могилёв – 07.09.1956, Москва). Математик, астроном, геофизик, исследователь Арктики, государственный и общественный деятель. Окончил Киевский университет (1913). Член АН СССР (1935). Научную деятельность начал в области математики (алгебраическая теория групп). В 30-х годах участвовал и возглавлял экспедиции по исследованию Арктики. Впервые в 1932 г. экспедиция на ледокольном пароходе «Сибиряков» под его руководством за одну навигацию прошла из Архангельска в Тихий океан. В 1937-38 гг руководил организацией и проведением экспедиции на дрейфующей станции «Северный Полюс – 1». Его имя присвоено островам в Карском и Чукотском морях. В 40-х годах выдвинул новую космогоническую гипотезу об образовании планет Солнечной системы.



Эддингтон Артур Стэнли, Eddington, Sir Arthur Stanley (28.12.1882, Кендал – 22.11.1944, Кембридж). Английский астроном, физик, математик. Член Лондонского королевского общества (1914). В 1906-13 работал в Гринвичской обсерватории. С 1913 профессор в Кембридже и с 1914 там же директор обсерватории. Основные работы посвящены изучению астрофизики, движения, внутренней структуры и эволюции звёзд, теории относительности. Впервые применил теорию лучистого равновесия к недрам звёзд, рассчитал модели звёзд, находящихся в лучистом равновесии.

2. Квантовость сознания

Такого рода эпизодов я в своей жизни
помню много. Даже очень много.
Но именно эпизодов. Какие-то небольшие
кусочки, кадры длинной ленты. Они всегда
чёткие и с множеством деталей. А между ними
пустота. Как будто ничего не происходило.
А Павлов

Наука – это организованное знание. Она представляет собой интеллектуальную конструкцию, архитектуру которой можно уподобить комплексу сооружений, объединённых некой общей идеей. Фундамент каждого такого «здания» создан разумом и духом выдающихся личностей человеческой истории.

Всякий учебник строится на результатах их работ. Эта книга не является исключением. В приведённой биографической справке мне хотелось, хотя бы немного рассказать о тех, кто прямо или косвенно причастен к созданию и развитию геофизики как науки о природе Земли.

Часто авторы учебников приводят результаты и собственных исследований. Я посчитал полезным ввести в это издание следующие разработки:

- Трансфиниту, как формализованное видение развития наук о Земле. Построена на основе теоремы К. Гёделя о неполноте.
- Авторские представления об актуализме.
- Видение ноосферы, как первичном феномене.
- Парадигму гелиоцентризма, основанную на квантовой идеологии геологического развития Земли.
- Авторский анализ прошлого, настоящего и будущего.
- Авторские построения по временны'м категориям в гидрогеологии.
- Опыт синхронизации геологических часов.
- Развитие принципа неслиянности и неразделимости.
- Исследование симметрии и асимметрии речных бассейнов.

Интеллектуальные сооружения строятся из кирпичиков человеческого труда и озарения. Иными словами, знание развивается дискретно. Можно утверждать, что *каждой такой порции соответствует некий энергетический квант, внешне зафиксированный как человеческая жизнь*. Или её часть, которая потрачена на получение результатов исследований. Сколько таких квантов вместила в себя современная наука? Очень много. Число их растёт. Растут и интеллектуальные корпуса.

Сегодня пришло глубокое понимание этого явления. Возникло направление под названием *квантовое сознание*. Термин в 90-е годы ввёл в современную науку английский физик и математик сэра *Роджер Пенроуз* совместно с американским биологом и пионером нанобиологии *Стюардом Хамероффом*. Они рассматривают связь жизни и сознания с квантовой природой Вселенной. Процессы мышления нельзя понять, не учитывая квантовый характер поведения электронов, переносящих нервные импульсы. Авторы уверены, что это ***научный путь к духовности***. Он даст возможность выйти на современное понимание фундаментальной Платонической реальности (неразделимости и неслиянности мира идей и материи). Это мир физики элементарных частиц. Несомненно, что в повседневной жизни он проявляется в квантованности нашей памяти и восприятия жизни. (Рекомендуется обратиться к материалам Интернета в поиске «Квантовое сознание», или искать информацию через авторов – сэра Роджера...).

Желаю удачи. ПАН

Учебное издание

Павлов Александр Николаевич

Рисунки в тексте дополнены материалами
из Интернета (преимущественно цветными фотографиями)

«Г Е О Ф И З И К А»

Общий курс
о природе Земли

Учебник

Редактор И.Г. Максимова
ЛР № 020309 от 30.12.96

Подготовлено к изданию в интернете ИВЦ РГГМУ (Е.Г. Григорьева, А.В. Черемных)
РГГМУ, 195196, СПб, Малоохтинский пр., 98
