

«ГЕОФИЗИКА»

Темы: 3. Физические модели Земли
4. Геофизические поля

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ



Санкт-Петербург
2004

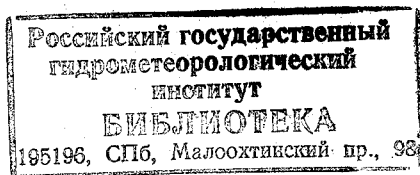
УДК 550.3

Павлов А.Н. Геофизика: Тема 3. Физические модели Земли. Тема 4. Геофизические поля. Конспект лекций. СПб.: изд. РГТМУ, 2004. – 69 с.

Рецензент: И.А. Одесский, проф. СПбГГИ

Рассматриваются основные оболочки Земли, их внешние и внутренние границы, современные представления о происхождении геосфер. Впервые выделен слой жизни и техносфера. Обсуждается их связь с другими геосферами. Устройство поверхности Земли анализируется с позиций географических гомологий и принципа дисимметрии П. Кюри.

Геофизические поля обсуждаются на основе общих оснований теории поля. Впервые в курс введены радиационные поля и рассматриваются вопросы воздействия на естественные поля Земли техногенных факторов. В тему о геофизических полях введено обсуждение ноосферы как оболочки разума и духа (Леруа, Вернадский, Шарден). Рассматривается возможность ее полевого исследования.



© А.Н. Павлов, 2004

© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГТМУ), 2004

Тема 3. ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗЕМЛИ

Земля в своей основной массе
видится под вуалью геометрии.

П.Т. де Шарден

3.1. Устройство поверхности

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 так называемой гипсографической кривой, показывающей связь средних высотных отметок в пределах выбранного шага изменения высот между двумя соседними горизонталями или изобатами с площадями, для которых они определены (рис. 3.1).

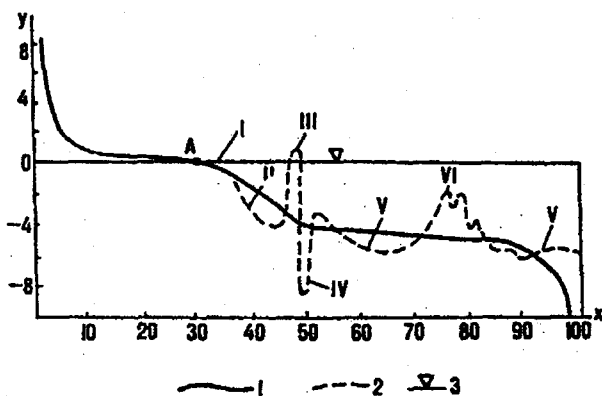


Рис. 3.1. Гипсографическая кривая Земли (по Е. Коссину).

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 (каменной оболочки Земли) и вместе с поверхностью океана делит координатную плоскость на три части (рис. 3.2). Рисунок внешне напоминает диаграммы фазовых равновесий. При этом точка А фиксирует равноправное сосуществование трёх фаз: твердой, 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.

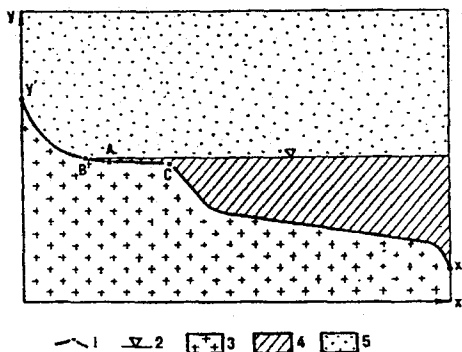


Рис. 3.2. Иллюстрация к пояснению понятия береговой линии и шельфа.

1 – гипсографическая кривая $y(x)$; 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.

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 морфометрические характеристики (табл. 3.1, 3.2).

Таблица 3.1

Основные морфометрические характеристики океанов

Океаны	Площадь поверхности, 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

Материк	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
г. Джомолунгма ур. Мёртвого моря				
Европа	~10,00	300	48,07	-29
г. Монблан ур. Каспийского моря				
Азия	43,44	950	8848	-395
Африка	30,32	750	5895	-153
влк. Килиманджаро ур. оз. Ассаль				
Сев.Америка	24,25	720	6193	-85
г. Мак-Кинли долина Смерти				
Южн.Америка	17,87	580	6990	-40
г. Аконкагуа на п-ве Вальдес				
Австралия	7,63	215	2230	-12
г. Косцюшко оз. Эйр				
Антарктида	14,11	2040	5140	ур. океана
с шельфами и ледниками гора Массив Винсон				

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

Вспомним:

1. *Антиподальность материков и океанов.* Она хорошо видна на рис. 3.3, взятом из работы Г.Н. Каттерфельда: Антарктида – Северный Ледовитый океан; Африка, Европа – Тихий океан и т.д.

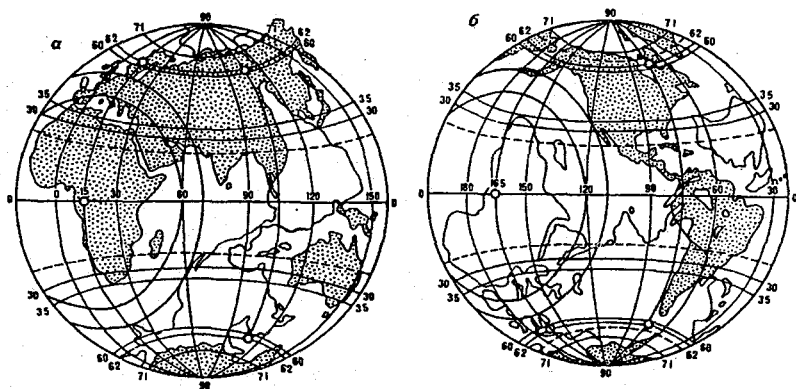


Рис. 3.3. Антиподальное расположение материков и океанов.

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

Антиподальность проявляется и в более общей форме, через распределение суши и моря по широтам (см. рис. 3.4). 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 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.

2. Рис. 3.4 подводит нас ко второй гомологии: *северное полушарие является преимущественно континентальным, а южное – преимущественно океаническим*. Кроме того, он довольно хорошо иллюстрирует существование так называемых северной и южной кругполярных параллелей, представляющих собой *теоретическую границу океанов и материков в северном и южном полушариях*, соответственно с широтами $\varphi = \pm 71^{\circ} 39'$ (при округлении $\sim 71^{\circ}$).

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

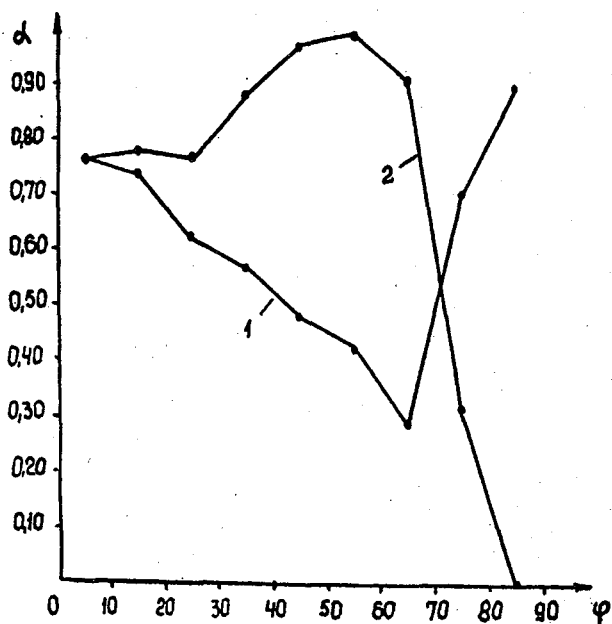


Рис. 3.4. Изменение «водности» северного и южного полушарий Земли.

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

3. Закономерности в распределении суши и океана создают третью гомологию – *клиновидную форму материков*, определяющую так называемый эпейрогенический меридиан с долготами (105–75)⁰. Он рассматривается как физическая граница между западным и восточным полушариями (линия наибольшей протяженности суши вдоль меридиана).

4. Часто обращается внимание на *попарное соединение северных и южных материков и их S-образную форму*. Такая форма рассматривается как следствие эффекта кручения, благодаря которому теоретические круги (только что названные, а также обсуждаемые ниже) деформируются.

5. К гомологиям относят и *факт различной изрезанности 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.

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

Теоретические значения горных параллелей были вычислены советским математиком М.В. Стовасом. Позже оказалось, что с этим углом ($35^0 15' 52''$ и *дополнительным к нему* – $54^0 44' 08''$) 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 ещё до сих пор. Б.Л. Личковым и И.И. Шафрановским была лишь высказана мысль, что данные углы, возможно, являются энергетически наиболее выгодными. Реально же ситуация сводится к тому, что в полосе широт $\pm (30 - 40)^0$ 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 высотам и глубинам, а также по распределению высочайших вершин мира (см. табл. 3.3 и 3.4).

Таблица 3.3

Зональная гипсометрия северного полушария Земли

Пояс, °	Средняя высота, м	Средняя глубина, 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 приведенной таблице достаточно чётко выделяется более широкая полоса с $\phi = (40 - 20)^\circ$, что основной закономерности не нарушает.

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 $(60 - 120)^\circ$ и $(150 - 30)^\circ$. 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 60° в.д. – 120° з.д., к которому «прикреплён» Уральский хребет.

Таблица 3.4

Зональное распределение высочайших вершин (м) Земли

Зона, °	Северное полушарие	Южное полушарие
80 – 70	Петермана 2939	В горах Земли 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 6880
20 – 10	Орисаба 5700	Сахама 6780
10 – 0	Каямбе 5840	Чимборасо 6262

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. 3.5).

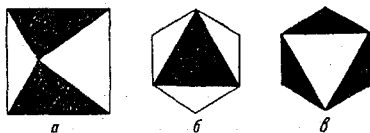


Рис. 3.5. Октаэдрическая модель симметрии Земли.
Белые грани изображают сушу; черные — океаны
(по И.И. Шаfranовскому).

Речь идет не о том, что Земля — кристалл, в частности, октаэдр, а о том, что ее поверхностная симметрия напоминает симметрию октаэдрического типа. Октаэдр — это просто прототип теоретической правильности устройства поверхности нашей планеты. Эта игра в теоретический прототип дает очень много для понимания устройства Земли как планеты. Ее верхняя грань изображает Северный Ледовитый океан (а). Вид сверху (б) обозначает положение трех обобщенных континентальных структур: Северной и Южной Америк, Еврафрики и Азии (белые грани). Перегруппировав эту игрушку (в), мы увидим Антарктиду (белый треугольник) и три обрамляющих океана.

Известно, что октаэдры могут быть оформлены в виде двух тетраэдров кубической сингонии, когда грани одного развиваются по вершинам другого. Совокупность этих тетраэдров, одна из тройных осей которого совпадала бы с осью вращения Земли, дает чёрно-белый октаэдр.

Более поздние разработки, в которых земная симметрия поверхностей океан — материи исследовалась с генетических позиций (А.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 совпадают с осями второго порядка (см. рис. 3.6).

Мы только что обозначили длинную ось экватора долготами 15° в.д. и 165° з.д., а короткую 105° в.д. и 75° 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. 3.6). Спроектировав грани тетраэдров на поверхность трёхосного эллипсоида, получим систему сферических треугольников, пересекающихся в области оснований. Причём северные и южные части эллипсоида (на рис. 3.6 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 вращением верхних рёбер тетраэдров.

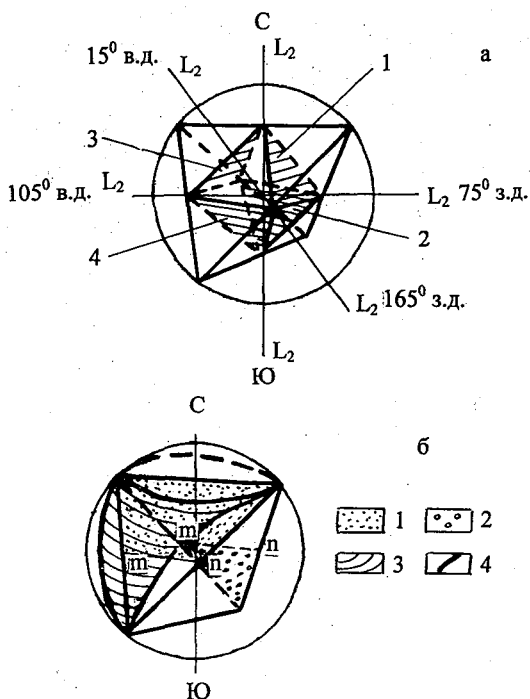


Рис. 3.6. Схема сочетания континентальных и океанических тетраэдров.

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, развивающимися 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. Причём, 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. 3.7).

Допустим, что в обоих полушариях это перекрытие было максимально уравновешенным, т.е. возникала фигура, близкая к чёрно-белому октаэдру (рис. 3.7 – 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 :

$$\alpha = S_k / S_0$$

где S_k – суммарная площадь континентальных граней,

S_0 – суммарная площадь океанических граней.

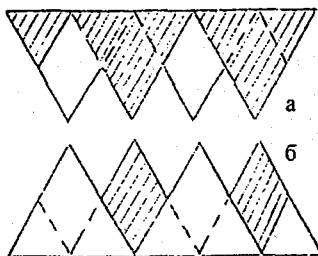


Рис. 3.7. Схема перекрытий граней континентального и океанического тетраэдров.

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_0 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:

$$\begin{aligned} & \text{северное полушарие, млн. км}^2 \\ & S_k = 96,7 ; S_0 = 142,8 ; \alpha_c = 0,677, \\ & \text{южное полушарие, млн. км}^2 \\ & S_k = 36,4 ; S_0 = 203,1 ; \alpha_{ю} = 0,179. \end{aligned}$$

Однако, 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:

$$\begin{aligned} & \text{теоретическая задача} - \alpha_{ю} / \alpha_c = 0,25, \\ & \text{фактическое соотношение} - \alpha_{ю} / \alpha_c = 0,26. \end{aligned}$$

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, наверное, 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.

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 железоникелевый материал.

2. По мере роста массы ядра гравитационная потенциальная энергия Земли возрастала и вокруг твёрдого ядра возникала расплавленная зона с устойчивой стратификацией. При таком начале формирования Земли ядро оказывалось первичным и возникло в процессе аккреции (слияния) 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 возникла 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 % 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. ÷ 10 млн. 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 неодинаков: наиболее древним является ядро, а самой молодой – атмосфера.

3.2. Внешние оболочки

Поверхность Земли, о которой только что шла речь, является одной из внутренних ее границ как планеты. Она разделяет тело Земли с расположенными на ней довольно тонким слоем воды океанов, морей, озёр, ледников и ещё более тонким слоем воды рек от внешней газовой оболочки, называемой атмосферой.

Атмосфера. По результатам исследований Международного геофизического года (1957–1958) верхнюю границу атмосферы принято проводить по высоте 700 – 800 км. Мы говорим «принято» потому, что граница эта в известном смысле условна и в данном случае связана с началом так называемой экзосферы – области рассеяния (*диссипации*), 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. Переход к безвоздушному пространству космоса постепенный и потому с учётом экзосферы верхнюю границу атмосферы проводят уже по высоте 2000 – 3000 км.

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 они градиентны, т.е. фиксируются по резкой смене температур и ветровых скоростей, а также по составу и состоянию газа (рис. 3.8).

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

Тропосфера. 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 и 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 семейства 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).

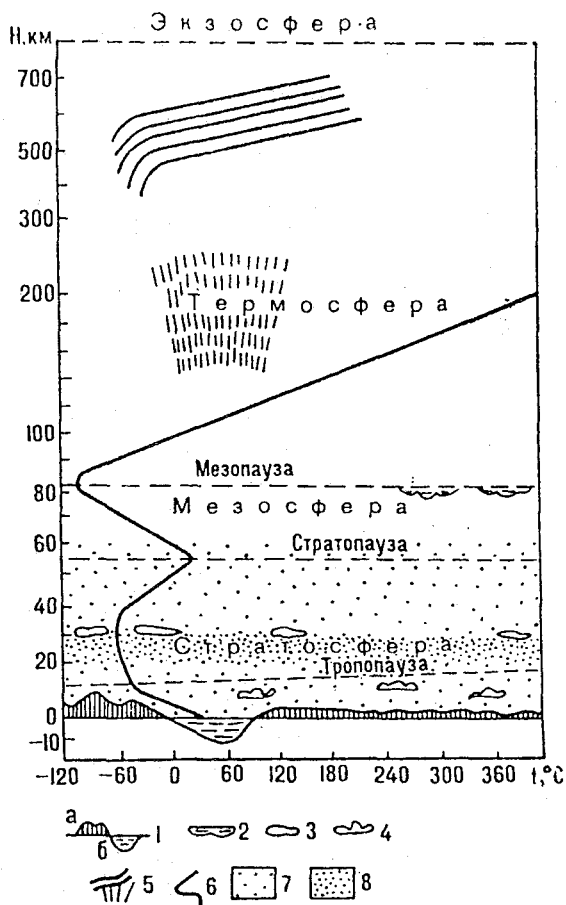


Рис. 3.8. Схематический разрез атмосферы.

- 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).

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

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°C . До появления спутниковой метеорологии о стратосфере знали очень мало, и 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 так называемого **озонового слоя** (см. рис. 3.8), 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 «**озоновой 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 пока полностью не выяснены. Обсуждаются в основном две гипотезы:

- по первой гипотезе появление озоновой дыры связывается с изменением интенсивности привноса озона в южную полярную область;

- по второй гипотезе – 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: *«озоновая 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. Её газовый состав, в котором преобладают азот и кислород, весьма устойчив, температура от нижней границы к верхней существенно понижается, достигая минус $(75 \div 90)^\circ\text{C}$. У верхней границы характерно образование так называемых серебрястых облаков, представляющих собой скопления мельчайших ледяных кристалликов.

Термосфера. Наиболее разреженный слой, для которого характерной чертой является относительно повышенная ионизация входящих в её состав газов, а также существенное повышение температуры (см. рис. 3.8). Общая повышенная ионизация термосферы способствует возникновению здесь полярных сияний. В сравнении с нижележащими областями в термосферной циркуляции значительную роль играют ветры меридионального направления.

В завершении общей характеристики атмосферы укажем, что среднее содержание водяного пара в ней 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 бактерий.*

Гидросфера – объединяет все известные нам формы природных вод:

- 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 (скажем, 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 $(100 - 300)^\circ\text{C}$]. 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;
- на поверхности Земли – воды океанов, морей и суши;
- в недрах Земли – воды литосферы и мантии;
- 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 то же 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.

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).

Гидросфера обладает, по крайней мере, **двумя фундаментальными свойствами (присущими только гидросфере в целом):**

- *Консервативностью отношений вода $\Leftrightarrow$ среда, обеспечивающей её гетерогенность.*
- *Способностью обеспечить наиболее высокий к.п.д. тепловой машины Земля, т.е. наиболее выгодную форму теплопередачи из недр Земли к её периферии как планеты.*

Открытие этих свойств коренным образом меняет представление о гидросфере как прерывистой водной оболочке Земли, располагаю-

шейся между атмосферой и литосферой, как простой совокупности океанов, морей континентальных водоёмов и ледяных покровов, которым всё ещё 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).

Возникновение гидросферы во многом ещё дискуссионно. До недавнего времени большинство специалистов разделяло взгляды 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:

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

На первой фазе в 20 %-ном 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 (А. Павлов, 1990).

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 табл. 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

Вид воды	Объём, млн.км ³	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 многолетнемерзлых		
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. Объем 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. Наверное, 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.

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. км². 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. км² 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» подсчетами, не в них наша цель. Заметим только, что скорей всего мы не сильно ошибемся, если примем среднюю плотность равной 100 человек на 1 км².

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, мегаполисы, 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 ее 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 ее 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, кстати, почти 90 % всей воздушной массы атмосферы, 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 осознать космический масштаб наших реалий:

- *слой нашей "взаправдашней" нормальной жизни ничтожно тонок, он почти невидим.*

Он составляет всего лишь 0,03 % от радиуса Матери-Земли. Если вы хотите наглядности, представьте 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 дает им смешиваться, не позволяет им исчезнуть друг в друге. Он их индивидуализирует, гарантирует их 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 еще 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, ведет себя как временщик.

Фактов человеческой глупости и наглости по отношению к Природе так много, что лишь одно 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 хо-

чу 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.

2. Человек строит города, проводит в огромных объемах 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, урбанизует целые ландшафты не только на отдельных участках, но и в крупных регионах, а через них, так или иначе, и на планете в целом. 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. т 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 было создано специальное предприятие «Грузберегозащита», занимавшееся искусственной отсыпкой пляжей. Так замкнулся круг – одни организации отнимали у моря существенную часть приходной статьи баланса песчано-гравийно-галечного материала, другие 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.

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 попадая».

И вот мы подошли к концу нашего разговора о том, как живет 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.

Мы показали, что человек живёт в слое между Небом и Землей. 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. Андрей Битов в книге «Оглашенные» эту тонкость очень глубоко подметил:

- *пока человек действует вдоль слоя, он живёт в реальности, но как только он движется 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 снова взял не своё и продолжает брать всё больше и больше. То, что он берёт, он сжигает, изменяя тепловой и газовый баланс своего слоя. Он *корёжит границы слоя жизни.* 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? Наверное. 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 Природой. Для этого человеку и дан разум.

Как надо относиться к природе? Как мы должны жить на Земле? Никто нам ничего объяснять не будет и не должен. *Человеку даден разум. И этого довольно.*

3.3. Внутренние оболочки

По различным геофизическим характеристикам, 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.

Земная кора. В первоначальном, можно сказать, классическом варианте понятие земной коры отождествлялось с понятием **литосферы**, т.е. самой верхней каменной оболочки Земли (литос – камень, греч.). 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 (*magmium*). 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, составу и мощностям. Их суммарная мощность составляла 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 превышавшую 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, нам хотелось бы подчеркнуть, что эти модели по-

* А. Мохоровичич – югославский геофизик-сейсмолог, впервые выделивший эту границу в 1909 г.

строены преимущественно на косвенных данных, в основном на геофизической информации. Это продукт её интерпретации, контролируемый достаточно общими теоретическими концепциями, принимаемыми большинством специалистов. Правда, за последние полтора-два 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.

Такая 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*.

Теперь приведём характеристику коры по В.В.Белоусову.

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 19-го века.

По Дж.Эри в пределах земной коры плотность везде одинакова и постоянна во времени. Поэтому положительные неровности планетарного рельефа, создающие локальный избыток массы, должны компенсироваться отрицательными неровностями поверхности *Мохо*, обеспечивающими уравнивающую выталкивающую силу в поле силы тяжести Земли со стороны подстилающего слоя *сима*. Отрицательным неровностям рельефа, наоборот, должны соответствовать положительные морфологические формы *Мохо*. Для пла-

* Рифт – расселина, ущелье (англ. rift). В геологии обозначает разлом с растяжением. Примеры: Байкальский рифт, рифт Красного моря, Срединно-Атлантический подводный хребет с рифтом в осевой части. Трубка взрыва – трубообразный канал, образующийся в результате прорыва газов. Наиболее крупные достигают 1 км в диаметре. Некоторые трубки являются алмазоносными, например трубка «Мира» в Якутии.

нетарных 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 *сиали*.

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 сейсмологии она есть, а по данным петрологии* её нет.

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

* Петрология – наука, изучающая магматические и метаморфические горные породы с точки зрения их вещественного состава, геологических особенностей и генезиса.

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, вытянутом 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.

В наше время дно Мирового океана активно 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, пожалуй, 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.*

Деление земной коры на два типа, как и всякая классификационная схема, представляет собой некую конвенцию (соглашение). Её можно усложнить и при необходимости, наверное, довольно сильно. Поэтому неслучайно некоторые авторы стали выделять ещё и промежуточные типы коры: *субокеанический* и *субконтинентальный*. Мы 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. 3.9.



Рис. 3.9. Схематический разрез западной части Средиземного моря (по В.В. Белоусову).

Современный фактический материал по вещественной и физической структуре земной коры на континентах и океанах показывает их весьма существенное различие, причины которого во многом еще 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.

Теперь обратим внимание на один известный, но почему-то практически не обсуждаемый в учебной литературе факт. Поверхность Мохо — это только сейсмическая граница. Ее 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, следует проводить не по поверхности Мохо, а ниже — в верхней мантии.

Очевидно, что при таком подходе к пониманию литосферы (при рассмотрении ее 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. 3.10).

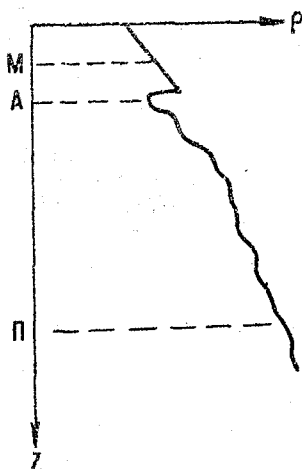


Рис. 3.10. Принципиальный график изменения плотности пород ρ с глубиной Z . А – нижняя граница литосферной плиты (около 70 км под океанами и около 140 км под шитами). М – поверхность Мохо. П – граница так называемой переходной области (глубина около 870 км).

Верхняя ее часть до глубины 250–400 км называется *астено-сферой*.

Именно так обстоит дело в *тектонике плит* – *глобальной геологической концепции*, разработанной для создания кинематической модели верхних слоев Земли.

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.

Наряду с рассмотренными представлениями в геологии существует еще 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 Мохо, 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. 3.10). Это слой, который не выдерживает касательных напряжений и его реологическое состояние (реология – наука о текучести вещества) соответствует условиям частичного плавления пород. Астеносфера обладает вязко-пластичными свойствами. Теоретически в ней могут возникать конвективные течения. Более глубокие слои мантии мы знаем лишь по косвенным, главным образом, геофизическим данным. Сегодня они позволяют сказать следующее:

1. Структура мантии, особенно верхней, достаточно сложна и заметно изменяется как по направлению радиуса Земли, так и вдоль самой сферы.

2. Один из способов оценки вещественного состава мантии состоит в измерении скоростей сейсмических волн в различных горных породах. Эксперименты такого рода позволили предположить, что мантия представлена преимущественно породами ультраосновного состава [породы с низким содержанием кремнекислоты (< 45 %) – дуниты оливины, перидотиты].

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 она выделяется многими специалистами. Внешнее ядро, по-видимому, является жидким, а внутреннее – твёрдым. Состав ядра рассматривается как железо-

никелевый с примесями серы и кремния. Считается, что все три его зоны по составу близки, хотя полного совпадения теоретически ожидать нельзя.

3.4. Современные представления о происхождении геосфер

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 ее вещества. Суть зонной плавки состоит в конвективном перемешивании расплава:

- *нижние, более нагретые массы, перемещаясь вверх, плавят кровлю расплавленной зоны,*
- *верхние, менее нагретые, перемещаясь вниз, кристаллизуются.*

Перемещение расплавленной зоны вверх энергетически обеспечивается выделением тепла при кристаллизации на нижней границе зоны. Эта схема основана на гипотезе «холодного» начала Земли, получившей 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, 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 газофлюидной фазы в процессе магнаобразования. Именно

летучие компоненты и вода главным образом лимитируют количество магмы, выплавленной 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. Пожалуй, наиболее характерной из них является модель С.П. Кларка (мл.), К.К. Турекьяна и Л. Гроссмана, рассматривающая 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.

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?
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. Приведите основные черты модели неоднородной аккреции Земли.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Аллисон А., Палмер Д. Геология. – М.: Мир, 1984. – 565 с.
2. Общая и полевая геология. Под ред. А. Павлова. – Л.: ЛО Недра, 1991. – 456 с.
3. Якушова А.Ф., В.Е. Хаин, В.И. Славин. Общая геология. – М.: МГУ, 1988. – 445 с.

Тема 4. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ

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

Бытие

4.1. Понятие геофизического поля

Когда мы говорим о поле, то имеем в виду некую область, которая может быть охарактеризована той или иной величиной, какими-то параметрами. Чаще всего имеются в виду величины физические, такие, как температура, масса, заряд и т.п. Именно ими и занимается до сих пор современная наука, пытаясь на базе частных исследований создать общую теорию поля.

Однако в современном мире понятие поля трактуется более широко, хотя в этом случае чаще говорят не о поле, а о пространстве, в котором существуют и действуют определённые силы или проявляются те или иные свойства, скажем, обсуждаются геополитическое пространство, духовное, информационное, экологическое и т.п.

С общей теорией поля у физиков пока ещё ничего дельного не получается. Может быть причина неудач кроется в том, что в основу строительства такой теории закладываются лишь материальные поля, т.е. общая теория поля видится как теория чисто физическая. Наверное, со временем этот психологический барьер в науке будет преодолен.

Физическое поле создаётся определёнными материальными источниками, через взаимодействие которых поле воспринимается и изучается. Поэтому за основную характеристику поля принимают силу, с которой оно воздействует на источник. Эту силу называют *напряжённостью поля*. Напряжённость поля 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 каса-

тельной. Напряжённость может быть изображена через потенциал, под которым понимают работу, произведенную внешними силами для внесения единицы положительного источника в данную точку поля из бесконечности, при условии, что напряженность в бесконечности равна нулю. Эта работа и создаёт источнику некоторый энергетический потенциал (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. Обе величины, и напряженность и градиент, нормальны к эквипотенциальным поверхностям.

Реальные источники поля всегда имеют некоторый объем, однако при решении конкретных задач приходится, так или иначе, схематизировать природную обстановку, сводя её к ситуациям, достаточно близким нашим теоретическим моделям. Самой простой моделью источника является точка, которая отвечает понятию бесконечно малого объема и 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, что, с одной стороны, противоречит атомному строению зарядов и масс, а, с другой – согласуется с тем, что такие теоретические поля практически не отличаются от реальных полей, продуцируемых большой совокупностью атомов.

Теперь коротко охарактеризуем основные физические поля Земли.

4.2. Поле 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 массой m ,

r – расстояние между центрами масс,

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

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 свободного падения 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):

$$f_R = f \cos \varphi .$$

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.

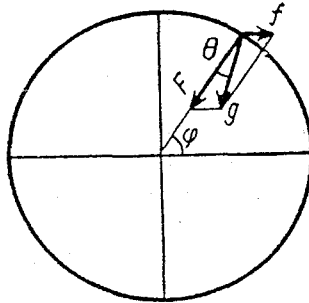


Рис. 4.1. К оценке силы тяжести на поверхности Земли (модель шара). (Цубои Т., 1982).

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 $g = 0$.

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. Вначале, 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, увеличение плотности уже не спасает положение: масса вещества Земли уменьшается и, как видно из выражения (4.7), при выражении в нем массы через плотность и объем

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

при $R = 0$ $g = 0$.

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.

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

$$\delta_F = g_{ho} - g_h. \quad (4.10)$$

Имея в виду выражения (4.6), (4.7),

$$\delta_F = GM [1 - 1/(1 + 2h/R)] / R^2, \quad (4.11)$$

$$\delta_F \approx g_{ho} (2h/R) \quad (4.12)$$

(h — имеет знак «+» или «-» в зависимости от положения точки над поверхностью отсчета). Под величиной g_{ho} понимается ускорение свободного падения на поверхности принятой модели Земли (шара, сфероида, трехосного эллипсоида вращения и т. д.) с учетом широты ($g_{ho} = g_\varphi$). Выражение (4.12) хорошо отражает реальные условия при $2h/R \ll 1$.

Таким образом, мы можем констатировать, что величина g_h зависит как от высоты точки наблюдения над поверхностью Земли h , так и от ее широты φ и в строгой постановке характеризует напряженность поля силы тяжести

$$g = F_h. \quad (4.13)$$

Поправка Фая используется при оценке гравитационных аномалий

$$\Delta_{gF} = g_i - (g_\varphi - \delta_F), \quad (4.14)$$

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.

Нетрудно понять, что только введение поправки Фая позволяет результаты измерения g_i и расчета g_φ принятого за эталон, сравнить, поскольку операция

$$g_{\varphi} - \delta_F,$$

или, что то же самое, $g_i + \delta_F$ совмещает в пространстве (по координатам h и φ) точку измерения и точку вычисления величины g . Если сказать проще, то *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, и любая отметка Z , занимаемая физическим телом, отражает его потенциальную энергию в этом поле относительно геоида.

Как мы только что видели, 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 учетом морфологии и геологического строения отдельных участков Земли. И 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 учет влияния массы так называемого «промежуточного слоя»* – поправки Буге* (Bouga) (δ_B). Этот слой чаще всего рассматривается как бесконечно горизонтальный, наполненный водой или горными породами с известной плотностью ρ ,

$$\delta_B = 2\pi G h \rho. \quad (4.15)$$

Тогда суммарная гравитационная аномалия будет оцениваться следующим образом:

$$g_{\varphi h} = g_{\varphi} - \delta_F, \quad (4.16)$$

перенос значения g_{φ} на эквипотенциальную поверхность с высотой h ,

$$g_{\varphi h \rho} = g_{\varphi h} + \delta_B, \quad (4.17)$$

увеличение теоретического значения g_{φ} на высоте h за счет влияния массы промежуточного слоя.

* Часто под редукцией Буге понимают суммарную поправку «за свободный воздух» и за «промежуточный слой».

И тогда

$$\Delta g_{F,B} = g_i - g_{ф.т.р.} \quad (4.18)$$

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

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.

4.3. Тепловое поле

Как и поле силы тяжести, тепловое поле Земли формируется под действием внешних и внутренних источников. Они подробно обсуждаются в многочисленных публикациях и, кроме того, знакомы по школьным курсам географии. Поэтому остановимся лишь на некоторых сторонах этого интереснейшего и сложного вопроса, подчеркнув, что 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 $0,034 \text{ Дж}/(\text{с} \cdot \text{см}^2)$ ($1 \text{ джоуль} = 10^7 \text{ эрг}$, $1 \text{ кал} = 4,187 \text{ Дж}$). Однако 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). Однако помимо теплового излучения Земля теряет глубинное тепло и другими способами: с помощью магматических расплавов, вулканических газов, подземных вод, процессов горообразования, мета-

морфизма и тому подобных геологических процессов. Оценить долю этих потерь в общем тепловом балансе Земли весьма трудно и до сих пор сколь-нибудь достоверных цифр получить не удалось. Тем не менее, ориентировочные расчёты позволили сделать вывод: тепловой поток в этом балансе является основной статьёй.

Вам, безусловно, знаком тот факт, что температура горных пород с глубиной (вдоль координаты Z , направленной по радиусу Земли), как правило, возрастает. Интенсивность этих изменений характеризуется величиной геотермического градиента, среднее значение которого для Земли оценивается в $3,3^{\circ}\text{C}$ на каждые 100 м погружения. Однако в разных геологических структурах этот градиент существенно отличается, и в истории развития Земли навряд ли был постоянным. Наибольших значений он достигает в молодых горноскладчатых областях. Например, в Курило-Камчатской вулканогенной зоне известны градиенты до 20°C . Наиболее низкие значения характерны для древних кристаллических щитов ($0,6 - 1,0^{\circ}\text{C}$). 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:

$$E_T = - \text{grad} T. \quad 4.19$$

Плотность теплового потока (q) связана с температурным градиентом простой зависимостью, получившей название закона Фурье:

$$q = - K \text{ grad} T, \quad 4.20$$

где K — коэффициент теплопроводности (скалярная величина). Из (4.20) 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 не-

зависимых переменных уменьшается. При сферической симметрии, соответствующей понятию изотропности, $K = \text{const}$.

В верхних областях земной коры основная доля переноса связана с подземными водами, которые, проникая с поверхности Земли в глубину, 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.

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.

Естественное тепловое поле имеет сложную структуру, определяемую как анизотропией тепловых свойств горных пород и неравномерным распределением источников тепла, так и механизмом теплопереноса.

4.4. Магнитное и электрические поля

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 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 собой 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 магнит-

ным 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. 4.1).

$$T^2 = H^2 + Z^2, \quad 4.21$$

$$\operatorname{tg} J = Z/H. \quad 4.22$$

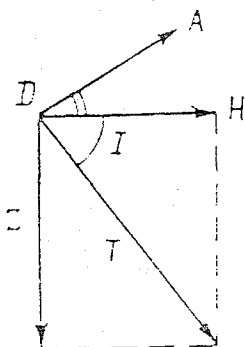


Рис. 4.1. Элементы земного магнетизма.

H – магнитный меридиан, A – географический меридиан.

Магнитные полюса не совпадают с географическими. Поэтому для характеристики магнитного поля используют еще одну величину – магнитное склонение (D):

$$D = A - T, \quad 4.23$$

где A – направление географического меридиана.

В системе СИ за единицу напряженности магнитного поля (величин 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). Элементы поля D и J измеряются обычно в градусах, минутах, секундах.

Связь между основными составляющими магнитного поля, выраженная простыми соотношениями (4.1; 4.2; 4.3), выполняется приблизительно, 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° .

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.

Помимо вековых магнитное поле испытывает суточные колебания, связанные уже не с Землей, а, главным образом, с действием ультрафиолетового излучения Солнца (ионизация атмосферы). Известны и очень резкие колебания продолжительностью от нескольких часов до нескольких суток. Их называют *магнитными бурями*.

Археомагнитные исследования показывают, что около 200 г.н.э. напряженность магнитного поля Земли была приблизительно в 1,6 раза выше современной. Экстраполяция этих данных приводит к выводу, что XXI в. напряженность может стать равной нулю и, возможно, произойдет 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.

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:

$$E = Q / (\varepsilon R^2), \quad 4.24$$

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. Основными среди них в настоящее время принято считать *поля природных электронных проводников, а также поля фильтрационных, диффузионно-адсорбционных, «меняющиеся во времени», поля теллурических токов и грозových разрядов. Исследования в акваториях позволили установить ещё и поля седиментационные, литодинамические, магнитодинамические и биогенные.*

4.5. Радиационные поля

В настоящее время в природе обнаружено свыше 230 типов радиоактивных ядер. Среди них главное место занимают три семейства тяжелых 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). [Период полураспада – это время, за которое происходит самораспад половины начального количества радиоактивного элемента (величина постоянная, для каждого элемента своя).]

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. Эманации, распадаясь, дают короткоживущие изотопы.

4. Короткоживущие изотопы испытывают конкурирующие α и β распады.

5. Ряды заканчиваются стабильными изотопами свинца (атомные массы 206, 207, 208 с порядковым номером 82).

Изучение радиационных полей Земли показывает, что наряду с другими физическими полями они оказывают безусловное влияние на функционирование и эволюцию экологических систем.

Особенно сильно это влияние в зонах искусственных, аномально сильных полей, связанных с испытаниями ядерного оружия, аварийными выбросами АЭС, захоронениями и складированием радиоактивных отходов.

4.6. Техногенные воздействия на физические поля Земли

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 прово-

дились серьезные исследования, например, по вопросам радиоактивного загрязнения.

Здесь же ставится самая скромная задача – познакомить вас с этой темой, очертив только некоторый круг проблем.

Я уже говорил и ещё раз подчеркну, что наш разговор идёт не об экологических катастрофах, не о трагических ситуациях, а об обыкновенной человеческой деятельности, о техногенезе как элементе современной эволюции слоя жизни.

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 он 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 мезопауз в атмосфере*, что увеличит диссипацию (рассеяние) паров воды и газов в космос.

Вот только некоторые цифры, иллюстрирующие участие человека в перераспределении масс в слое жизни. Сегодня в мире действуют свыше 40 000 горно-обогачительных предприятий с общим объёмом переработки горных пород около 30 млрд.м³. Экстраполированная по кривой роста добычи масса сжигавшегося к 2000 г. углеродного топлива составляла около 6 млрд.тонн (по углероду). И, конечно, сильная перестройка рельефа Земли связана со строительной индустрией.

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 транспор-

та, запашка степных территорий 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.

На магнитное и электрическое поля основное влияние оказывает огромное число коммуникаций связи и мощные линии электропередачи, опутывающие 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, трансатлантическая.

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. 4.2. На нём чётко просматривается приуроченность сильных аномалий к известному ядерному полигону на севере Новой Земли. Комментарии, как говорится, здесь излишни.

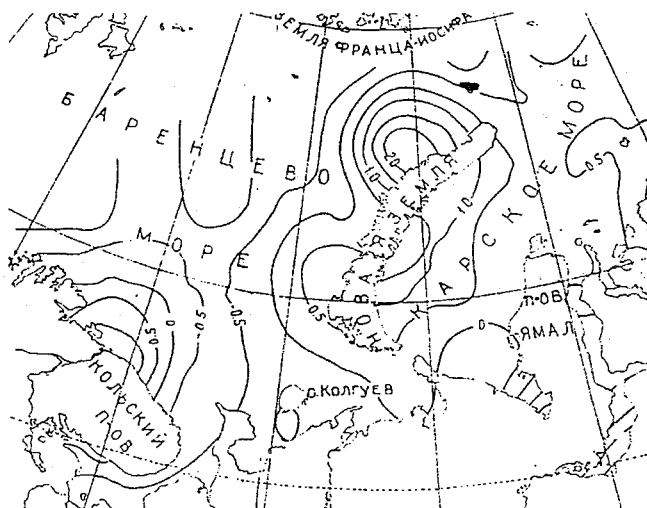


Рис. 4.2. Распределение гамма-излучения в донных осадках.
Изолинии стандартных отклонений от среднего.
(По материалам НИС «Академик Карпинский», 1991).

Новая Земля, к сожалению, не единственный полигон такого рода. Есть еще Семипалатинский, штат Невада, атоллы Тихого океана, наконец, есть множество АЭС и ядерных подводок.

То, что мы видим на рис. 4.2, 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. 4.3, взятый из той же работы, что и предшествующая иллюстрация.

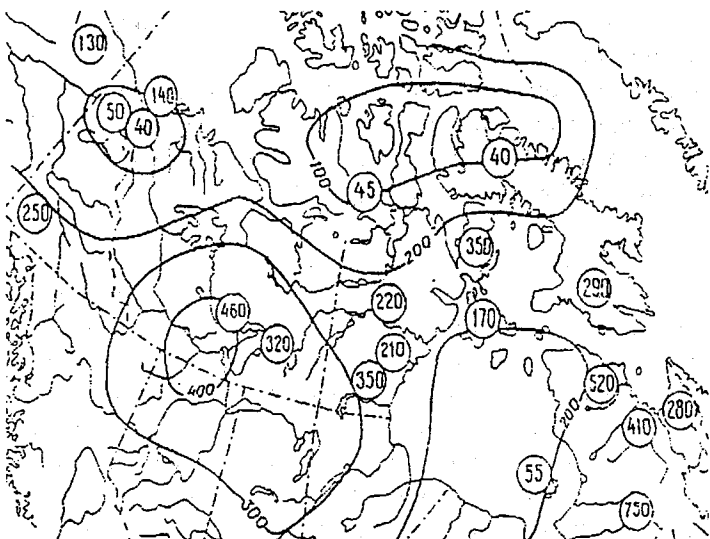


Рис. 4.3. Распределение ^{137}Cs (Бк/кг) в оленях Канады*.

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*.

* ^{137}Cs (цезий-137). Период полураспада 33 года. Бк – беккерель, единица активности нуклида в радиоактивном источнике (в системе СИ). Один беккерель соответствует одному распаду в секунду для любого радионуклида.

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.

Теперь попробуем подвести итоги, сделав шаг к широкому обобщению с помощью перехода на другую независимую от конкретного поля терминологию. Но чтобы читатель правильно понял этот шаг, приведём вначале слова одного из крупнейших физиков нашего времени Р. Фейнмана, сказанные им в одной из лекций, прочитанных в Корнеллском университете (1964 г.):

«... если мы хотим, чтобы от науки была какая-то польза, мы должны строить догадки, чтобы наука не превратилась в простые протоколы проделанных экспериментов, мы должны выдвигать законы, простирающиеся на ещё не известные области».

Знакомство с основными физическими полями Земли показывает, что разговор о них без особого труда можно перевести в информационную плоскость. Поле – это пространство, заполненное взаимодействующими источниками. Именно через взаимодействие этих источников поле и воспринимается. А взаимодействие это нечто иное, как обмен информацией с помощью различных передаточных (коммуникационных) механизмов.

4.7. Ноосфера как поле

Человек создал ноосферу – ещё одну, новую, оболочку Земли. Понимание этого факта завершилось для человечества в виде одного шага. Как правило, история науки приписывает такого рода шаги какому-то одному человеку. Им почти всегда является тот, кто сде-

* 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).

лал этот шаг во'время. Во'время в том смысле, что общество этот шаг уже ждало, и готово было услышать его научное оформление как собственное откровение. Немаловажное значение при этом имеет удачность термина.

Понятие ноосфера завоёвывало признание и находило своё место в жизни в течение почти полувека. Но сам шаг, который определил будущую дорогу, был один.

Сделал его в 1927 г. Э. Ле Руа – французский философ и математик. «Ноос» в переводе с греческого означает разум. Таким образом, речь идёт о сфере (оболочке) разума планеты Земля. Э. Ле Руа рассматривал её как современную стадию существования биосферы.

Естественно, чтобы говорить о новой геосфере, необходимо было знать или верить, что Земля вообще состоит из оболочек. Нужен был свой предтеча.

Таким предтечей здесь оказался выдающийся австрийский геолог профессор Эдуард Зюсс. В своём знаменитом трёхтомном труде «Лик Земли» (1883–1909 гг.) 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 впервые, правда, под другими терминами, это понятие обсуждалось ещё в трудах Ж. Б. Ламарка.

Однако в своём обобщении Э. Ле Руа опирался не на представления австрийского профессора, 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 гг. – 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. Этот факт явствует не только из содержания основного труда П.Т. де Шардена «Феномен человека», но и прямо указан самим Э. Ле Руа, который подчёркивал, что к представлению о ноосфере он пришёл вместе со своим другом П.Т. де Шарденом. Но и у этой выдающейся «команды» были предшественники – два

крупнейших американских геолога: Джеймс 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*» (совершенствование центральной нервной системы), 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 – 1788) – директор Ботанического сада в Париже, автор 36-томного сочинения «Естественная история», опираясь на натурные данные, говорил не только об изменяемости 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.

Таким образом, мы видим, что к пониманию ноосферы подходили многие исследователи, но её научное осмысление как самостоятельной и уникальной оболочки Земли началось только после того, как для неё было придумано название. Это хорошо видно из двух писем В.И. Вернадского Б.Л. Личкову – профессору Ленинградского государственного университета и давнего его друга (1936 г.):

«Я принимаю идею Леруа о ноосфере. Он развил глубже мою биосферу. Ноосфера создалась в постплиоценовую эпоху – человеческая мысль охватила биосферу и меняет все процессы по-новому, и в результате энергия, активная, биосферы увеличивается ...» (Карлсбад, 7 сентября).

И уже 15 ноября из Москвы:

«Ввожу новое понятие <ноосферы>, которое предложено Леруа ... и которое позволяет ввести исторический процесс человечества как продолжение биогеохимической истории живого вещества».

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. Шарден исследовал появление, развитие и существование ноосферы как палеонтолог и антрополог, Вернадский – как геохимик и естествен-

ник. Кроме того, у этих учёных по-разному складывалась и жизнь. Это обстоятельство тоже существенно повлияло на популярность их взглядов. Современная наука всё ещё опирается в целом на материалистическое мировоззрение, и, возможно, поэтому взгляды В.И. Вернадского для неё ближе и понятней. Однако я бы не сказал, что построения П.Т. де Шардена менее интересны.

Ноосфера формируется в недрах биосферы и из неё. Это – новообразование, это – структура высочайшей сложности в сравнении со всеми предшествующими структурами Природы. Понятно, что *она формируется не из ничего, а за счёт чего-то*. Это что-то и есть, в первую очередь, биосфера и, конечно, другие косные и биокосные составляющие Земли. 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. Но, вероятно, восхищение достижениями научной мысли, бурное развитие которой происходило на его глазах, заставило поверить в то, что, в конечном счёте, человеческий разум призван творить доброе и вечное.

Человеку трудно допустить, что он может уничтожить сам себя, если он этого не захочет. Человечество, по мнению каждого человека, не похоже на самоубийцу. Он верит, что разум победит даже стихию геологического развития. Такая идея позволяет спокойней жить и думать, что всё как-то обойдётся. *Человек верит в свою ноосферу*.

Ноосферный оптимизм В.И. Вернадского чётко просматривается в подходе к оценке современных экологических проблем. Наш разум нас спасёт, надо только срочно придумать какой-то выход, какую-то сильную идею и реализовать её на практике. Ведь человеку так многое уже удавалось. Неужели теперь не получится, когда ситуация в принципе понятна?

Но что такое человечество и может ли оно остановиться само, ... , по существу, остановиться в своём развитии? Разве оно может не потреблять? Это ведь тоже смерть.

Я не верю во всемогущество ноосферы как царства только разума, потому что *не вижу доказательств, что разум всемогущ настолько, что может обуздать сам себя*. Пока есть основания лишь констатировать его разрушительную деятельность в отношении той

природы, которая его породила. Сегодня об этом говорить так много, что любой пример окажется повторением уже сказанного, написанного или увиденного. Ясно одно: *за что бы разум не взялся, он всё портит и уничтожает*. Разум нашёл электроэнергию, придумал и создал гидроэлектростанции. Результат – исковеркал реки, затопил плодородные земли, леса, пастбища, загубил рыбные богатства и т.д. Построил тепловые электростанции – завалил золошлакоотвалами землю, отравил атмосферу. Открыл радиоактивность – получилась атомная бомба. Примерам нет числа. Где же спасительные функции разума? Человек даже не способен прогнозировать и контролировать результаты своих открытий и изобретений. Рано или поздно он обращает их во зло самому себе. Так что навряд ли ноосфера в том понимании, которое в неё вкладывал В. И. Вернадский, спасёт мир.

В феномене ноосферы надо разбираться глубже. И здесь вторая сторона исследований В.И.Вернадского, которая практически не обсуждается в учёном мире и остаётся скрытой от большинства читающей публики, выглядит значительно интересней первой. Суть этих изысканий, пожалуй, сводится к двум утверждениям:

1. Между живым и косным существует непроходимая грань. Анабиоз отрицается в принципе.

2. В основе этого отличия лежит диссимметрия как особое строго определённое состояние пространства.

В своём анализе В. И. Вернадский опирается на понятие диссимметрии, разработанное французским микробиологом, химиком и кристаллографом Луи Пастером (1822 – 1895) и позже развитое Пьером Кюри. Речь идёт о принципиальном отличии симметрии живого вещества от симметрии твёрдых кристаллических структур и, в частности, о правых и левых явлениях. Л. Пастер нашёл, что в организмах резко преобладают правые изомеры. Примером могут служить правые повороты спиральных раковин, правые ориентации в деятельности у большинства людей (правая рука сильнее и активнее левой, правый шаг больше левого) и т.д. В то же время на глубоком молекулярном уровне у человека проявляется левая симметрия (левые белки). Но главное, что проявление правого и левого не тождественно. *Проявляется что-то одно – либо правое, либо левое. И этот факт принципиален.*

П. Кюри диссимметрию Пастера развил до понятия диссимметрии. Напомним, что у П. Кюри, в отличие от пастеровской нетождественной симметрии тел, речь идёт о двух симметриях – среды и объекта, о воздействии первой на вторую. Каждому телу присуща какая-то своя внутренняя, генетически первородная, симметрия. Внешние же проявления получают только те её элементы, которые совпадают с симметрией среды. Остальные формы остаются не востребованными. Потому П. Кюри говорил о том, что *диссимметрия творит явления*.

И последнее, что мы отметим у В.И. Вернадского, это ожидание у пространства, в котором возникла и развивается биосфера, большего числа состояний, чем то, которое нам известно – правое и левое. В одном из писем Б.Л. Личкову, о котором уже упоминалось, он писал следующее:

«Основным является особое состояние пространства, занятое живым организмом, которое выражается для нас в существовании правизны и левизны, названное (неудачно) диссимметрией Пастером. Состояний пространства может быть несколько (? – не доказано, но два есть) ...» [Москва, 15 ноября 1936 г.].

И, наконец, ещё раз сошлёмся на гениальную интуицию Л. Пастера. Он осознавал открытую им диссимметрию как главное для жизни явление и понимал, что оно имеет космический размах. При этом он, что особенно подчёркивал В.И. Вернадский, опирался на опыт и наблюдения.

Однако ноосфера, о которой мы с вами прямо или косвенно говорим, навряд ли исчерпывается только разумом. По-видимому, это ещё и *сфера духа*.

Ближе всего к пониманию *духовного содержания ноосферы* подошёл, пожалуй, Мари-Жозеф Пьер Тейяр де Шарден, неполное имя которого уже упоминалось.

В.И. Вернадский написал о ноосфере немало, но всё же у него нет на эту тему такого крупного и последовательного исследования, как у Шардена. П.Т. де 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.Т. де 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».

Иначе говоря, *из ничего может быть только ничего*. Он показывает, как после металлической барисферы, силикатной литосферы, гидросферы и атмосферы на Земле намечаются очертания особой оболочки — зоны полимеризации, в которой *«плавают освещаемые солнечными лучами вода, аммиак, углекислота»*. В этой, вначале примитивной, плёнке концентрируется *«внутреннее Земли»*. Что П.Т. де Шарден имеет в виду?:

«Этим выражением ... я обозначаю «психическую» сторону той порции космической ткани, которая с самого начала оказалась ограниченной скромными размерами молодой Земли. В этом обособившемся лоскуте звёздного вещества, как и везде в универсуме внешняя сторона вещей неизбежно сопровождается соответствующим внутренним миром. ... с самого начала в земной материи была замкнута некоторая масса элементарного сознания.»

Точнее и проще сказать трудно. Поэтому я и воспользовался цитатой. Кстати, заметим, как 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.Т. де 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. Таким образом, можно говорить, что к вершине биологического ряда подошли многие, но последний, принципиальный шаг удалось сделать только Homo sapiens. Именно на его долю выпал тот квант энергии и вещества космоса, который *формы психики поднял до уровня разума*.

П.Т. де Шарден показывает, что любая зоологическая группа окружает себя определённой психологической оболочкой в виде тех или иных инстинктов. И человек здесь не является исключением. Человеческая фила (ветвь) внутри своей оболочки обладает чрезвычайной силой слияния, которая, в конечном счёте, создаёт конвергенцию духа, определяющую *неизбежность центра омега* как конца филы и высшего её достижения.

Ноосферу он называет то *«мыслящим пластом»* вне биосферы и над ней, то сам *ноогенез рассматривает как развитие духа*. Он пишет, что с появлением человека ... *«Земля «меняет кожу»»* ... и даже ... *«более того, обретает душу»*.

Таким образом, в соответствии с теорией П.Т. де 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. Таким образом, *своё спасение человек должен видеть не в разуме, а в собственном духе, в тех духовных началах, которые заложены и развиваются в ноосфере*.

Совершенно независимо от В.И. Вернадского и П.Т. де Шардена это направление было реализовано Шри Ауробиндо – величайшим мыслителем нашего времени. Глубоко изучив западную культуру и индуизм, он смог найти *точку, где западный и восточный миры сходятся*. Его постоянная сотрудница и последовательница, Мать, позже назвала это третьим состоянием. Уже после смерти Ш. Ауробиндо (1950 г.) французский писатель и исследователь их учения, доверенное лицо Матери, Сатпрем (это имя было дано Матерью), издаёт в 13 томах беседы с ней под названием «Легенда Матери. Хроника супраментального воздействия на Землю», а позже – трилогию о Матери: 1. «Божественный материализм», 2. «Новый вид», 3. «Мутация смерти». В последней своей работе «*Разум клеток*» он оформляет суть открытия Матери как явление изменения генетической программы и в связи с этим иное видение смерти. Я сознательно привел названия главных работ Сатпрема, в которых развиты философские взгляды Шри Ауробиндо, потому что они говорят сами за себя, может быть больше, чем дало бы их толкование и чужая интерпретация.

В учении Шри Ауробиндо 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 церковь, 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.

Человек – это субстанция пространственно-временная. В его структуру помимо материальных элементов входят разум и душа. Именно последние и отличают Homo-sapiens от остальной части биосферы. Смерть эту пространственно-временную структуру разрушает. Точнее, *разрушение этой структуры и есть смерть.* Материальные её остатки формируют новые более устойчивые пространственно-временные формы и переходят в то прошлое, которое у людей принято называть вечностью. На самом деле такая вечность это просто более длительное прошлое. *Новое прошлое!* А куда же делись разум и душа?

Этот вопрос напоминает незатейливую, но весьма мудрую загадку. Может быть, помните, в фильме-сказке о соловье-разбойнике солдат выигрывает спор вопросом:

когда съедает бублик, куда девается от него дырка?

Кажется, на первый взгляд, смешно. Но это только на первый взгляд. Ведь дырка-то была и именно она отличала бублик, скажем, от булочки, пирожка или хлеба. Дырка представляла собой элемент структуры бублика, пространственный элемент, связанный с материальным (в бублике с тестом). Так куда же всё-таки девалась дырка от бублика? Она осталась. Осталась как часть пространства, потому что человек не может её съесть. *Человек не способен съесть пространство, потому что в нём его уже достаточно. Простран-*

ство-время в нём сбалансировано под его человеческую суть.

Но кроме дырки в бублике ещё было спрятано время, время изготовления бублика. И какие-нибудь «вмороженные», точнее, в случае с бубликом впечённые в него радиоактивные, например, часы, время, прошедшее от изготовления бублика, могли бы довольно точно отсчитать. Куда же делось это «впечённое» время? Оно не исчезает в никуда. Оно должно остаться во времени, т. е. пополнить то будущее, из которого когда-то было взято. А вы хотите предложить другое объяснение? Пожалуйста. Его тоже можно обсудить.

Ноосфера связана с человеком и человечеством, это сфера их разума и духа. Люди приходят и уходят, а созданная ими ноосфера остаётся и развивается.

Все сказанное о ноосфере заставляет воспринимать ее 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, например, 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 г.

– 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 смерть.

– 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.

Возможную материальность идеального чувствовали ещё в средние века. Вдумайтесь в слова одного из классиков итальянской литературы Торквато Тассо (1544 – 1595):

– ... хотя собственно материей называется то, что образует первоэлементы и наши тела, а также статуи, пирамиды, мосты и корабли — всё, что можно увидеть и чего можно коснуться, и что дано нам в ощущении, всё же и в вещах духовных есть нечто похожее на материю и по аналогии или сходству (назовем это как угодно) может быть обозначено тем же словом. (Из книги «Рассуждения о героической поэме», 1564 г.)

Прогноз наращивания «материальности», который мы видим у Б.Н. Абрамова, 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, мы наблюдаем явную ориентацию 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.*

Наиболее высокие умы это понимали ещё в начале ушедшего века. Обратимся хотя бы к малоизвестной широкой публике работе крупнейшего русского художника-авангардиста Василия Васильевича Кандинского «О духовном в искусстве». Она была написана и впервые напечатана на немецком языке в 1911 г. В этом же году была и переведена на русский язык. Приведём из неё тоже несколько выдержек:

– *Наша душа, только ещё начинающая пробуждаться после долгого материалистического периода, скрывает в себе зачатки отчаяния, неверия, бесцельности и беспричинности. Не прошёл ещё кошмар материалистических воззрений, сделавших из жизни вселенной злую бесцельную шутку.*

– *Искусство, ведущее в такие времена низменную жизнь, употребляется исключительно для материальных целей. Оно ищет*

содержания в твёрдой материи, потому что оно не видит тонкой.

Исследования П.Т. де Шардена и его представления о ноосфере прекрасно согласуются с приведенными взглядами. Вот, что он пишет, например, в разделе «Духовная энергия» (глава «Внутреннее вещей» в книге «Феномен человека»):

– Нет более привычного для нас понятия, чем духовная энергия. Но нет также и более неясного с научной точки зрения. С одной стороны, объективная реальность психического усилия и психического труда столь хорошо установлена, что на ней основывается вся этика. С другой стороны, природа этой внутренней силы столь неуловима, что за её пределами оказалось возможным построить всю механику.

– Нигде более резко не выступают трудности, с которыми мы всё ещё сталкиваемся, пытаясь соединить в одной и той же рациональной перспективе дух и материю.

– Последовательно связать между собой две энергии – тела и души – эту задачу наука решила пока игнорировать.

– ... по существу всякая энергия имеет психическую природу.

И вот через 30 лет после Живой Этики Елены Ивановны Рерих и почти через 15 лет после «Феномена человека» появляются Записи Б.Н. Абрамова. Они прямым образом нацеливают науку на исследование физики Тонкого и Огненного Миров.

В 80 – 90-е годы XX века в России появляются серьёзные 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, биолокация, биопатогенный эффект, факт экстрасенсорного характера, психокинез, левитация,

психотронное воздействие, 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. Появление торсионного направления в физике не должно удивлять. «Офизичивание» непонятого в науке уже было. Достаточно вспомнить историю с мировым эфиром и электромагнитным полем (см. тему 2). Как только физика отказалась от существования эфира, ей пришлось признать, что *электромагнитное поле представляет собой самостоятельный вид материи. Это был новый материальный объект.*

Таким образом, существуют основания ожидать, что *за различными формами идеального мира могут быть скрыты очень тонкие материальные структуры.* Материальность этих тонких структур, на мой взгляд, со временем позволит прийти к пониманию материальности ноосферы. Но это будет не обычная геосфера, а оболочка в виде какого-то поля, может быть торсионного. Поля, генерируемого человеком и человечеством. При этом его *составляющие – разум и дух – будут рассматриваться как аналоги составляющих электромагнитного поля.*

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое потенциал и напряженность физического поля Земли?
2. Чем отличается поле силы тяжести Земли от ее 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. Объясните техногенные воздействия на геофизические поля.
8. Что современная наука понимает под ноосферой?
9. Почему ноосферу можно рассматривать как геофизическое поле?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Общая и полевая геология. Под ред. А. Павлова. – Л.: ЛО Недра, 1991. – 456 с.
2. Овчинников Н.К. Теория поля. – М.: Недра, 1971. – 312 с.
3. 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. Волгин Л.И. Информационная парадигма мироздания Г.И. Шипова. – Ульяновск. Ул. ГТУ, 1997. – 45 с.
4. Грани Агни Йоги. 1960, 1961 гг. Записи Б.Н. Абрамова. В 2-х томах. / Составитель Б.А. Данилов Новосибирск. ППК Полиграфист, 1993, 1994. – 279 с., 399 с.
5. Денисов А.А. Теоретические основы кибернетики. Информационное поле. – Л.: ЛПИ, 1975. – 40 с.
6. Кандинский В.В. О духовном в искусстве. Буклет к выставке. Л., 1989. – 68 с.
7. Сатпрем. Шри Ауробиндо или путешествие сознания. – Л.: ЛГУ, 1989. – 334 с.
8. П.Т. де Шарден Феномен человека. – М: Наука, 1987. – 240 с.
9. Шипов Г.И. Теория физического вакуума: теория, практика, эксперимент. – М.: Наука, 1997.

СОДЕРЖАНИЕ

Тема 3. Физические модели Земли	3
3.1. Устройство поверхности	3
3.2. Внешние оболочки	14
3.3. Внутренние оболочки	28
3.4. Современные представления о происхождении геосфер.	36
Контрольные вопросы	38
Литература	38
 Тема 4. Геофизические поля	 39
4.1. Понятие геофизического поля	39
4.2. Поле силы тяжести	40
4.3. Тепловое поле	45
4.4. Магнитное и электрические поля	47
4.5. Радиационные поля	49
4.6. Техногенные воздействия на физические поля Земли	50
4.7. Ноосфера как поле	54
Контрольные вопросы	67
Литература	67

Учебное издание

Павлов Александр Николаевич

«ГЕОФИЗИКА»

Темы: 3. Физические модели Земли

4. Геофизические поля

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Редакторы И.Г. Максимова

Л.В. Ковель

ЛР № 020309 от 30.12.96.

Подписано в печать 06.05.04. Формат 60х90 1/16. Гарнитура Times New Roman.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл.-печ.л. 4,4. Уч.-изд.л. 4,4. Тираж 500 экз. Заказ № 18
РГГМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.
ЗАО «Лека», 195112, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 68.

