



Институт геологии, горного и нефтегазового дела
Кафедра: Геофизика

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОД

**ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 7М07105
«НЕФТЕГАЗОВАЯ И РУДНАЯ ГЕОФИЗИКА»**

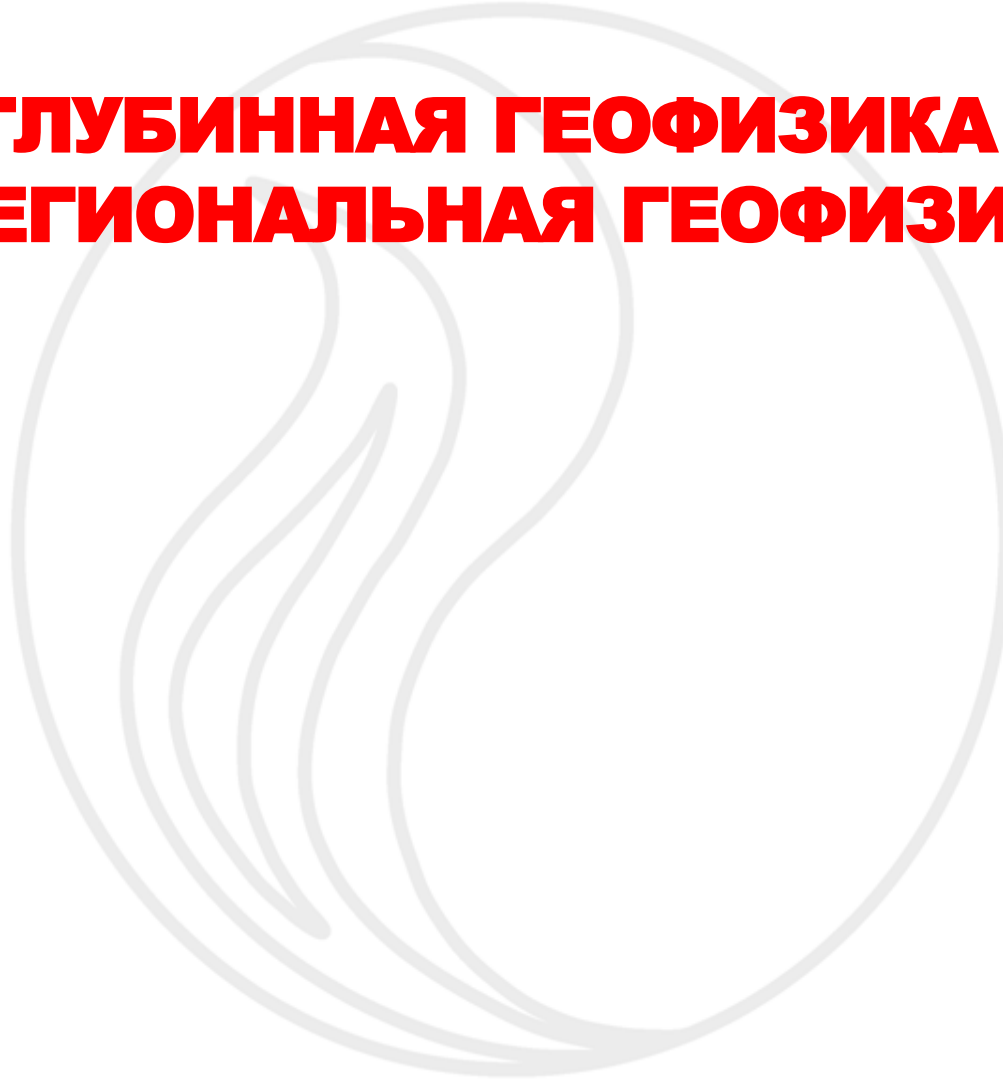
**ИСТЕКОВА С.А.,
ДОКТ. ГЕОЛ.-МИНЕРАЛ.
НАУК, ПРОФ. КАФ.
ГЕОФИЗИКИ**

АЛМАТЫ 2021

**КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ ПРИ РЕШЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

ЛЕКЦИЯ 8

ГЛУБИННАЯ ГЕОФИЗИКА И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОФИЗИКА



МЕТОДЫ СВЕХГЛУБИННОЙ ГЕОФИЗИКИ.

Строение Земли и ее оболочек (геосфер) недоступно для непосредственных исследований и может быть изучено с помощью косвенных свехглубинных геофизических методов.

Они объединяют геофизические методы исследования Земли и ее геосфер, основанные на изучении различных физических полей в атмосфере и ближнем космосе, на поверхности суши, в океанах и морях.

Свехглубинная геофизика предназначена для выявления в Земле физических неоднородностей и вместе с физикой вещества при

высоких давлениях и температурах, геохимией составляет физику Земли, т.е. науку, изучающую физические поля Земли, ее строение, физические и химические свойства вещества недр.

Она основана на использовании таких свехглубинных методов, как сейсмология, глубинная сейсморазведка, гравиметрия, магнитометрия, глубинная геоэлектрика.

Теоретической основой для изучения строения Земли служат механика, электромагнетизм, геотермия сплошных сред в приложении к горным породам и минеральным ассоциациям в условиях больших давлений и высоких температур.

Интерпретируя материалы названных методов геофизики, удалось расчленить Землю на сферические оболочки, определять скачки и плавные изменения физических свойств в них, как по глубине, так и по латерали, строить физико-химические модели недр Земли.

Истолкование результатов невозможно без использования данных глубинной геологии, геодинамики, геохимии, астрофизики с привлечением вычислительной техники, информатики и других наук.

СЕЙСМОЛОГИЯ

Важные источники фактической информации о строении Земли дает *сейсмология* – наука о землетрясениях и глубинная сейсморазведка, основанная на изучении упругих волн от больших взрывов (в том числе

ядерных, проводимых в XX веке).

Землетрясения связывают с деформациями вещества мантии, проявляющимися в виде быстрых его смещений по разрывам в недрах Земли.

Выделяющаяся при этом энергия проявляется в виде деформации вблизи очага, а также передается по всем направлениям в виде упругих волн.

Землетрясения, располагающиеся, как правило, на глубинах 10-700 км, принято характеризовать следующими параметрами:

очагом (гипоцентром),

сейсмическим моментом (M_0);

смещением в гипоцентре (u) среды,

обладающей упругим модулем сдвига (μ);

площадью смещения (s) за время (t); скачком сдвиговых напряжений ($\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma_1$), где σ_0 и σ_1

– напряжения до и после сдвига; энергией, затра-

чиваемой на деформацию среды (V) и создание упругих колебаний (E).

СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

В результате анализа времен прихода (кинематика) и амплитудно-фазовых характеристик (динамика) различных упругих волн (продольных и поперечных, объемных и поверхностных, отраженных, преломленных и рефрагированных от землетрясений и больших взрывов), проведены расчеты скоростей упругих волн, их затуханий на разных глубинах.

В результате интерпретации этих и других данных оценены изменения плотностей вещества Земли по глубине и латерали.

В СЕРЕДИНЕ XX ВЕКА ПОЛУЧЕНЫ СЛЕДУЮЩИЕ ОБЩИЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ ЗЕМЛИ

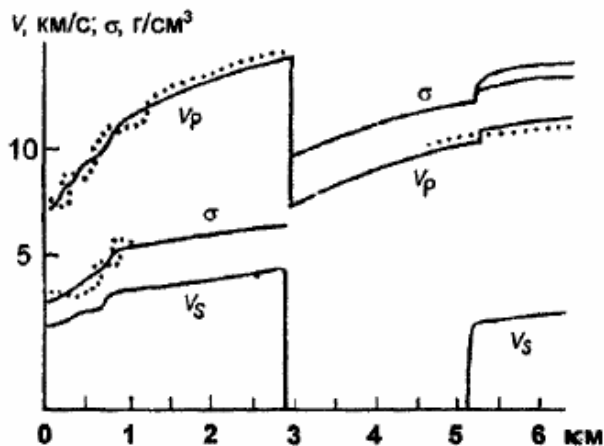


Рис. 6.1. Графики изменения скоростей продольных (V_p) и поперечных (V_s) упругих волн и плотности (σ) с глубиной (по В.А. Магницкому и М.С. Молоденскому)

- 1) Земля в целом имеет *кристаллическое строение*, о чем свидетельствует ее «звон» в течение ряда дней после крупных землетрясений.
- 2) Для Земли характерно *центрально-симметричное, концентрически-зонально-слоистое строение оболочек*.
- 3) Основными наиболее *четкими оболочками* в Земле с *неравномерным увеличением скоростей упругих волн с глубиной*, иногда с резким скачком на границах основных оболочек, иногда с плавным градиентным изменением вблизи поверхностей раздела, являются следующие:

Сверху залегает *земная кора*, Земная кора включает **осадочный чехол** мощностью от 0 до 15 км, *поверхностную гидросферу*

В подстилающей земную кору **мантии** скорости продольных и поперечных волн (V_p и V_s) *сначала плавно возрастают, а затем резко уменьшаются*: V_p от 13,6 км/с до 8,1 км/с, V_s с 7,2-7,3 км/с почти до нуля, на глубине 2900 км.

— Ниже залегает **ядро Земли**, или поверхность раздела, называемая **границей Гуттенберга**.

Ядро Земли сверху называется *внешним «жидким»* со скоростями упругих волн, изменяющимися до глубины 5150 км/

В Земле выделяют твердую хрупкую оболочку, состоящую из земной коры и верхней мантии, простирающуюся в разных регионах Земли до глубин 50-400 км, называемую **литосферой**.

До глубин порядка 1000 км располагается более пластичная оболочка, называемая **астеносферой**.

В ней отмечается небольшое плавное увеличение скоростей сейсмических волн. Литосферу и астеносферу иногда объединяют в периферическую оболочку Земли, называемую **тектоносферой**.

ПЛОТНОСТНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ НЕДР ЗЕМЛИ ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ И СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ.

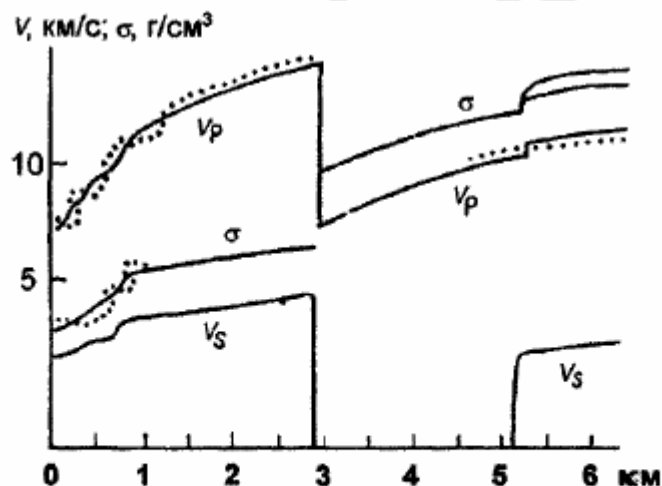


Рис. 6.1. Графики изменения скоростей продольных (V_p) и поперечных (V_s) упругих волн и плотности (σ) с глубиной (по В.А. Магницкому и М.С. Молоденскому)

По данным спутниковой альтиметрии и полевой гравиметрии выявлена плотностная неоднородность литосферы до глубин свыше 100 км.

Плотностная неоднородность Земли на больших глубинах определяется по сейсмическим данным.

Для этого используются эмпирически установленные связи между V_p , V_s , с одной стороны, и плотностью, упругими модулями — с другой.

За основу берется очевидное предположение о возрастании плотности с глубиной под действием гидростатического давления.

ГЛУБИННЫЕ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ.

Основными методами *глубинной геоэлектрики* являются методы *магнитотеллурического и магнитовариационного зондирования (МТЗ и МВЗ)*.

В этих методах измеряются компоненты естественного переменного электромагнитного поля

В них регистрируются горизонтальные взаимно перпендикулярные электрические и магнитные (в МТЗ), магнитные (в МВЗ) составляющие поля.

В теории электроразведки установлено, что высокочастотные составляющие этого поля несут информацию об удельном электрическом сопротивлении (УЭС) верхней части разреза, а по мере понижения частоты получается информация об УЭС на все больших глубинах.

Для изучения мантии Земли необходимо зарегистрировать колебания поля с очень большими периодами (до суток и более для изучения верхней и до нескольких лет – для изучения нижней мантии).

Наибольшая глубинность разведки МТЗ и МВЗ составляет порядка 1000 км.

Характерно, что для глубоких недр Земли УЭС по-разному изменяется с ростом глубин.

Геоэлектрические и геотермические методы геофизики являются родственными.

При этом УЭС уменьшается как с ростом температур, так и с увеличением пароводонасыщенности и рудоносности, а также графитизации пород. Интенсивности радиоволновых полей сантиметрового и миллиметрового диапазонов частот (*радиотепловая (РТС) и инфракрасные (ИКС) съемки*) растут с увеличением температуры.

Поэтому РТС и ИКС относят и к терморазведке, и к электроразведке. В целом по мере увеличения глубины температура возрастает, и для многих регионов достигает *температуры плавления (солидуса) пород верхней мантии*, когда появляется некоторое количество расплавов.

В тектонических зонах и в астеносфере области частичного плавления встречаются чаще.

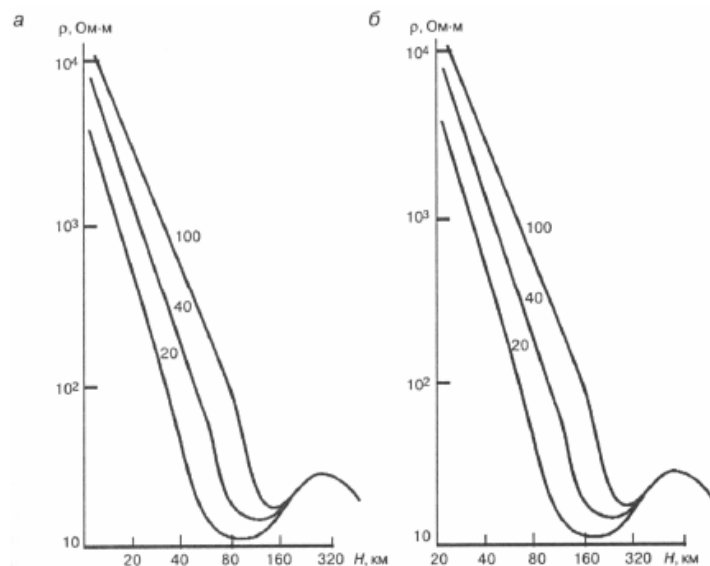


Рис. 6.3. Обобщенные зависимости УЭС от глубины для различных регионов:

а) Океанические, шифр кривых – возраст тектоносферы в млн лет; б) Континентальные, шифр кривых – тепловой поток в мВт/м²: 1-40 (тектонически стабильные регионы, 2-60 (промежуточные области), 3-90 (тектонически активные регионы)

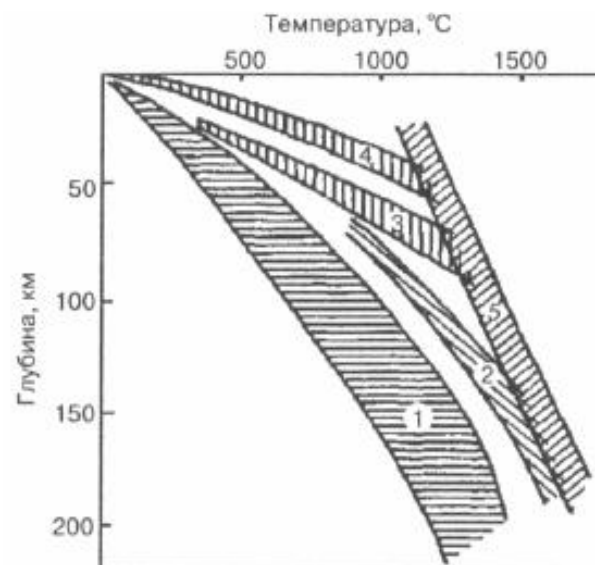


Рис. 6.2. Зависимости температуры от глубины для различных регионов:

1) Докембрийские платформы; 2) Герциниды; 3) Океанские плиты; 4) Альпиды; 5) Солидус пород верхней мантии

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ КОНТИНЕНТОВ

С точки зрения геологического строения и особенностей геофизических исследований, можно выделить два типа континентальных структур:

- 1) платформенные области и
- 2) горно-складчатые сооружения.

При этом для первых характерен стабильный, а для вторых – активный тектонический режим.

Платформенные области.

Эти структуры отличаются чётким двухъярусным строением. Сверху залегает относительно молодой осадочный чехол, обладающий довольно простым квази-слоистым строением.

В нём нередко формируются залежи углеводородов, поэтому осадочный чехол является объектом исследований нефтегазовой геофизики

Горно-складчатые области. Для этого вида структур характерен активный тектонический режим (классический пример – Средиземноморско-Тихоокеанский пояс).

Их глубинное строение существенно отличается от строения стабильных областей.

СТРОЕНИЕ НЕДР ПОД ОКЕАНАМИ

Методы и задачи морской геофизики. Изучение геологического строения недр океанов, морей, озер и рек проводится *геофизикой, называемой морской.*

Объектом и предметом ее исследования являются донные осадки, изучаемые малоглубинными методами геофизики, строение коренных пород, земной коры и мантии с помощью глубинной и сверхглубинной геофизикой.

Целью и практическим выходом морской геофизики являются:

-изучение состава и строения донных осадков и выявление в них россыпных скоплений металлических руд ;

-выяснение инженерно-технических свойств пород шельфа для прибрежного строительства

- определение структуры и строения коренных пород для поисков и разведки углеводородного сырья ;

глубинные исследования Земли .

В морской (аквальной) геофизике используются методы: гравиметрические, гидромагнитные, электромагнитные, сейсмоакустические, термические, ядерно-физические.

ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГЕОДИНАМИКА ЛИТОСФЕРЫ

Палеомагнитные данные являются часто единственным инструментом, позволяющим количественно интерпретировать взаимные перемещения и вращения различных блоков земной коры.

В зависимости от надежности палеомагнитных данных определяется надежность геодинамических реконструкций прошлого.

Применение палеомагнитного метода в тектонике основано на использовании следующих явлений:

- ☐ Фиксации направления геомагнитного поля в магнитных минералах горных пород;
- ☐ Смена полярности геомагнитного поля (запись инверсий);
- ☐ Связь параметров геомагнитного поля (наклонения I) с местоположением (широтой φ);
- ☐ Тектонические движения литосферных плит, являющихся жесткими (квазиупругими) телами, способными передавать прилагаемые к ним напряжения на любые расстояния не испытывая при этом внутренней деформации;
- ☐ Неизменность радиуса Земли.

ТЕКТОНИКА ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ И ДРЕЙФ КОНТИНЕНТОВ

Высокая степень геолого-геофизической изученности Мирового океана и выявление структуроопределяющей роли срединно-океанических хребтов послужили основой для создания современной теории тектогенеза, сердцевинной которой является гипотеза *тектоники литосферных плит*.

Согласно концепции *тектоники литосферных плит* на Земле выделяют 8 крупных и 8 мелких плит (Евразийская, Африканская, Индо-Австралийская, Американская, Тихоокеанская, Наска и др.).

Их структура отличается наличием в центре каждой континентальной плиты ядра жесткой литосферы с большой общей мощностью (до 120 км), в том числе мощной (35-75 км) земной корой.

На границах плит развиваются конвекционные потоки вещества из мантии: в восходящих потоках формируются зоны растяжения (их называют *дивергентными межплитовыми границами*), а в нисходящих потоках образуются зоны сжатия (их называют *конвергентными межплитовыми границами*).

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОФИЗИКА

Региональная геофизика – это раздел геофизики, находящийся на стыке между Физикой Земли и прикладной геофизикой.

Если в Физике Земли используются *сверхглубокие методы изучения всей Земли и глубинные методы исследования земной коры (до 10-70 км)*, то в региональной геофизике, кроме глубинных, применяются *среднеглубинные (свыше 1 км) и малоглубинные методы (до 1 км)*.

Объектом исследования региональной геофизики является земная кора, особенно верхняя ее половина (до 10-15 км).

В верхней половине земной коры *располагаются или идет формирование большинства полезных ископаемых: рудных, нерудных, геознергетического сырья (углеводородного, ядерного, гидротермального тепла горячих подземных вод и петротермального тепла «сухих» горных пород)*.

ОСОБЕННОСТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЛУБИННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Глубинные геофизические исследования при региональных съемках континентов обычно проводятся по геотраверсам протяженностью в тысячи километров, пересекающим крупные геотектонические районы и проходящим, как правило, через скважины опорного глубинного бурения.

На геотраверсах ставятся комплексные геофизические работы методами сейсморазведки, гравиразведки, магниторазведки, глубинной геоэлектрики (магнитотеллурические и частотные зондирования).

В результате расчленяется осадочный чехол, выясняется положение кровли кристаллического фундамента, мощность земной коры и гипсометрия ее подошвы (поверхность Мохоровичича).

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОФИЗИКА

Много новой информации о строении земной коры дало бурение сверхглубоких скважин .

Глубинные геофизические исследования океанов решают фундамен-тальные проблемы геофизики и геологии, направленные на изучение пород под дном Мирового океана

Достаточно эффективны для расчленения донных осадков *непрерывные сейсмоакустические профилирования (НСП), электромагнитные зондирования на акваториях (ЭМЗ), такие как магнитотеллурические (МТЗ), дипольные, осевые (ДОЗ), частотные (ЧЗ), становлением поля (ЗС).*

В результате комплексных геофизических исследований земной коры строятся физико-геологические модели (ФГМ) по данным каждого метода геофизики используемого комплекса (*методная интерпретация*), а затем строится *согласованная комплексная модель ФГМ*

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите методы глубинной геофизики в порядке убывания степени их информативности по изучению недр Земли.
2. В чем отличия понятий «сейсмология» и «сейсморазведка»? Как связаны балльность и магнитуда землетрясения?
4. Как меняются физические свойства оболочек Земли от поверхности до ее центра?
5. Каковы отличия в структуре аномальных геофизических полей над разными континентальными океаническими структурами? Роль палеомагнитных данных в магнитотектонике.
6. В чем заключается концепция тектоники литосферных плит?
7. Структура и физическое состояние недр Земли. Понятие литосферы, тектоносферы, астеносферы
8. Роль и задачи морской геофизики при изучении строения Земли
9. Каковы основные структуры земной коры и как они проявляются в региональных геофизических аномалиях?
10. Назовите основные геофизические методы изучения земной коры, кристаллического фундамента и осадочного чехла?