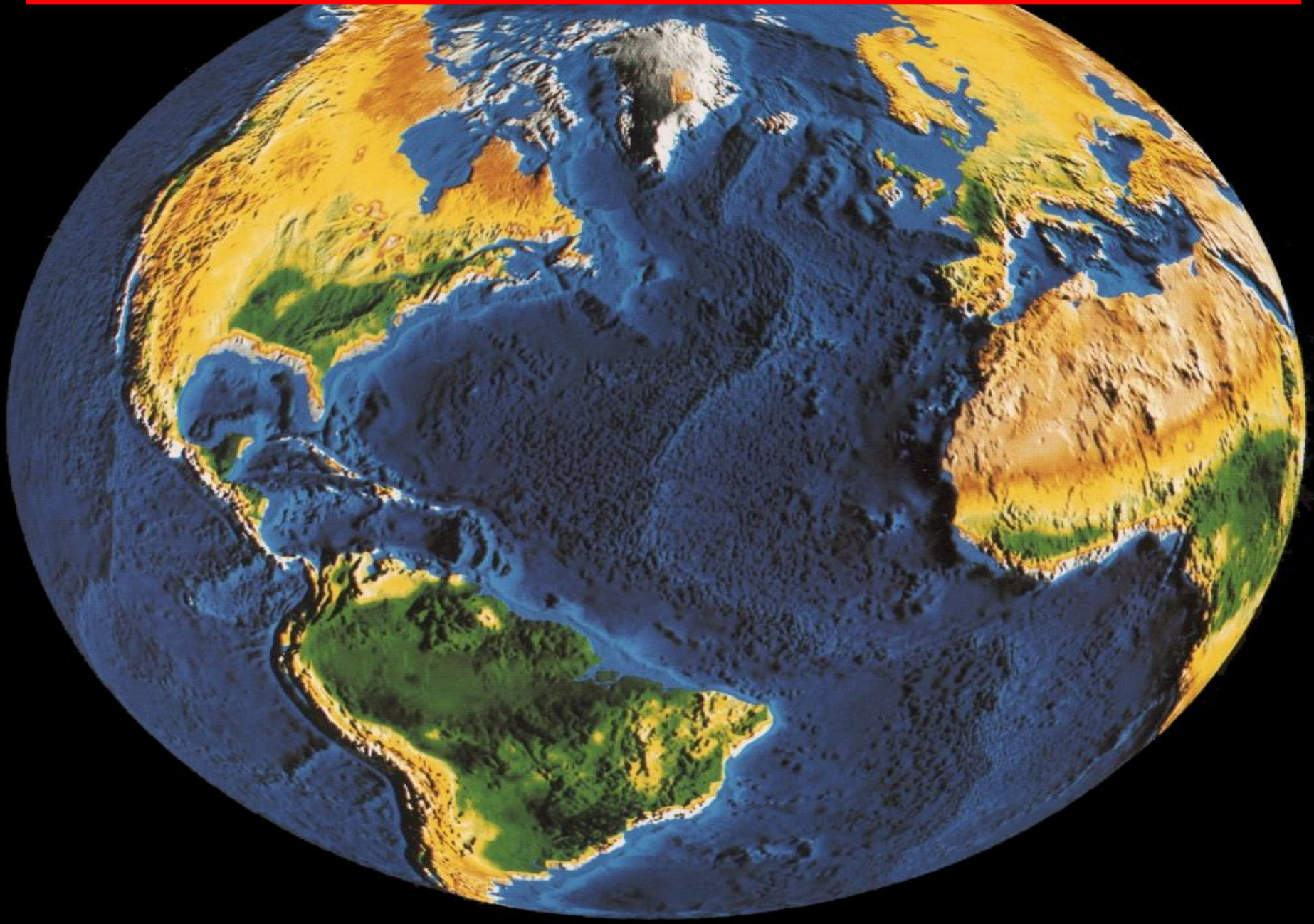
ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ



- **Тектонические движения – это любые механические перемещения земного вещества, приводящие к формированию или изменению каких-либо структур.**

- **К сожалению, нет общепринятой классификации тектонических движений.**

- **Одной из наиболее простых классификаций, используемых до сих пор, является классификация Гилберта-Штилле, по которой выделяются два основных типа движений:**

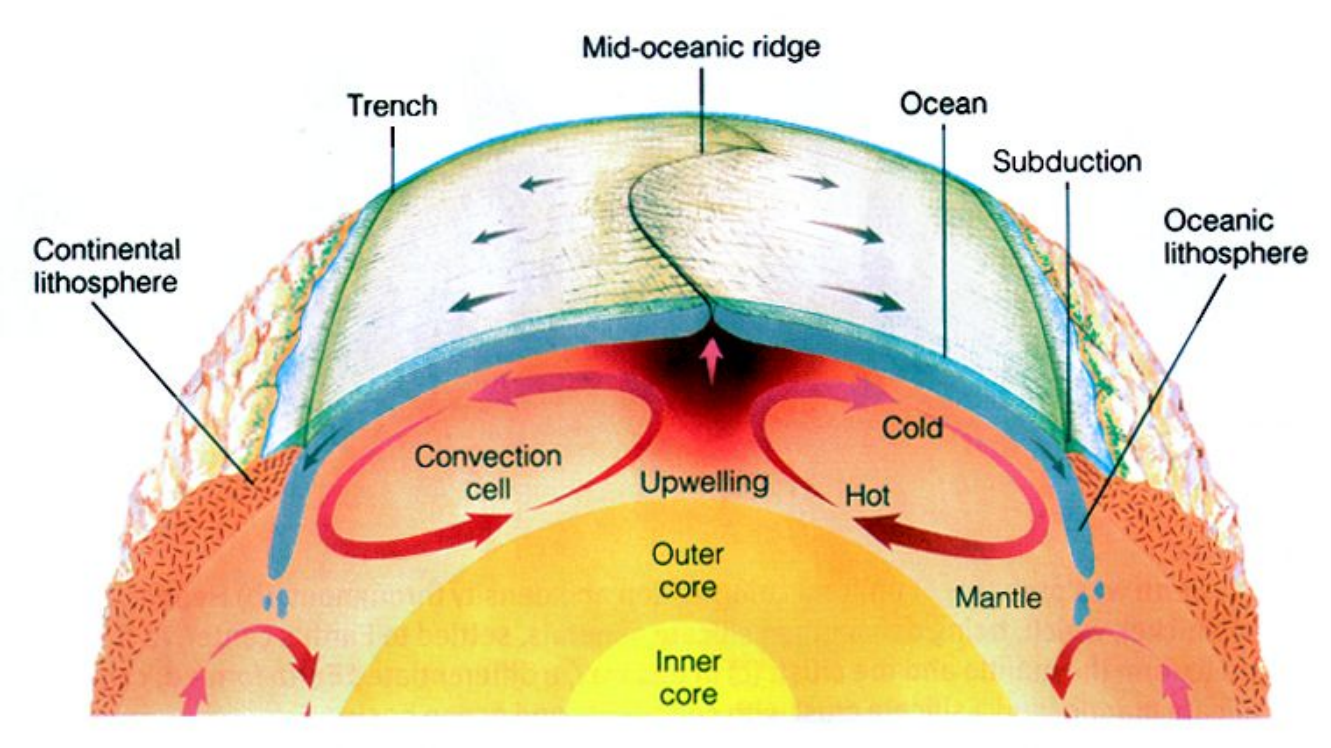
- ***<u>эпейрогенические движения;</u>***
- ***<u>орогенические движения.</u>***

Эпейрогенические движения (буквально – создающие континенты) – **это движения медленные и длительные, охватывающие значительные территории и не приводящие к существенному изменению их структуры** (в первую очередь – не приводящие к формированию складчатых структур; по существу это вертикальные колебательные движения (вверх–вниз)).

Орогенические движения (буквально – создающие горы) – **это движения кратковременные, проявляющиеся со значительной интенсивностью на ограниченных площадях и приводящие к существенному преобразованию структуры этих площадей** (в первую очередь – приводящие к формированию складчатых структур и горных сооружений).

- **Одной из наиболее полных является классификация тектонических движений В. Е. Хаина, который различал движения:**

- ***<u>по кинематическим особенностям;</u>***
- ***<u>по глубине зарождения и проявления;</u>***
- ***<u>по времени проявления</u>*.**



Классификация тектон. движений В.Е. Хаина

Разновидности движений по кинематическим особенностям

- **Движения *горизонтальные* (или тангенциальные) и движения *вертикальные* (или радиальные).**

- **Движения *быстрые* и *медленные*.**

- **Движения *плавные* (связные или складчатые) и *разрывные* (дизъюнктивные).**

(Первичными могут все перечисленные типы движений. Система сопряженных положительных и отрицательных структур (форм рельефа) может возникнуть за счет проявления как горизонтальных, так и вертикальных движений)

Классификация тектон. движений В.Е. Хаина

Разновидности движений по глубине зарождения и проявления

- ***Экзотектонические движения*** (проявляются в самой верхней части коры – оползни, обвалы и др.)
- ***Поверхностные движения*** (зарождаются и проявляются в осадочном слое земной коры)
- ***Коровые движения*** (зарождаются в консолидированной части земной коры)
- ***Глубинные движения*** (зарождаются в верхней мантии)
- ***Сверхглубинные движения*** (зарождаются в нижней мантии)

Классификация тектон. движений В.Е. Хаина

Разновидности движений по времени проявления

- ***Современные движения*** (движения последних 300 или 6000 лет)
- ***Новейшие движения*** (движения олигоцен-голоценового времени (последние 25-30 миллионов лет))
- ***Движения*** (***доолигоценовые или древние движения***, проявлялись в доолигоценовое время)

Современные тектон. движения и методы их изучения

- ***Современные движения*** **– это движения последних 300 лет или последних 6000 лет (они проявляются и сейчас – на наших глазах).**

- **Современные движения могут быть *вертикальными* и *горизонтальными*, *медленными* и *быстрыми* (наиболее быстрая форма движений – землетрясения)**

Основные методы изучения современных медленных вертикальных движений

1. Исторический метод

2. Метод водомерных наблюдений

3. Метод повторного нивелирования

Основные методы изучения современных медленных вертикальных движений

1. Исторический метод

- Заключается в изучении древних литературных источников и в проведении наблюдений на морских побережьях. Последние могут показать либо затопление, либо обмеление древних морских гаваней.

- Показателен пример с Голландией. В настоящее время большая часть территории этой страны находится ниже уровня моря. От затопления спасают дамбы и дренажные каналы. Высота дамб – 15–20 м, начало их строительства – X–XI века. Отсюда скорость опускания голландского побережья – 0,5–0,7 мм/год.
- На о. Новая Земля колья, к которым древние поморы привязывали свои лодки, в настоящее время расположены в 10-15 м над уровнем моря (т.е. Новая Земля в отличие от Голландии активно поднимается)

Основные методы изучения современных медленных вертикальных движений

2. Метод водомерных наблюдений

- **Заключается в периодическом определении положения уровня моря. Это осуществляется с помощью *футштоков* (длинные чугунные линейки) или *мареографов* (самозаписывающие устройства).**

- **В настоящее время мареографы установлены во всех портах Мира и на крупных внутренних водоемах.**

- **Обработка футшточных наблюдений за последние 100-150 лет выявила непрерывное повышение уровня Мирового океана со скоростью 1,2 мм/год.**

Основные методы изучения современных медленных вертикальных движений

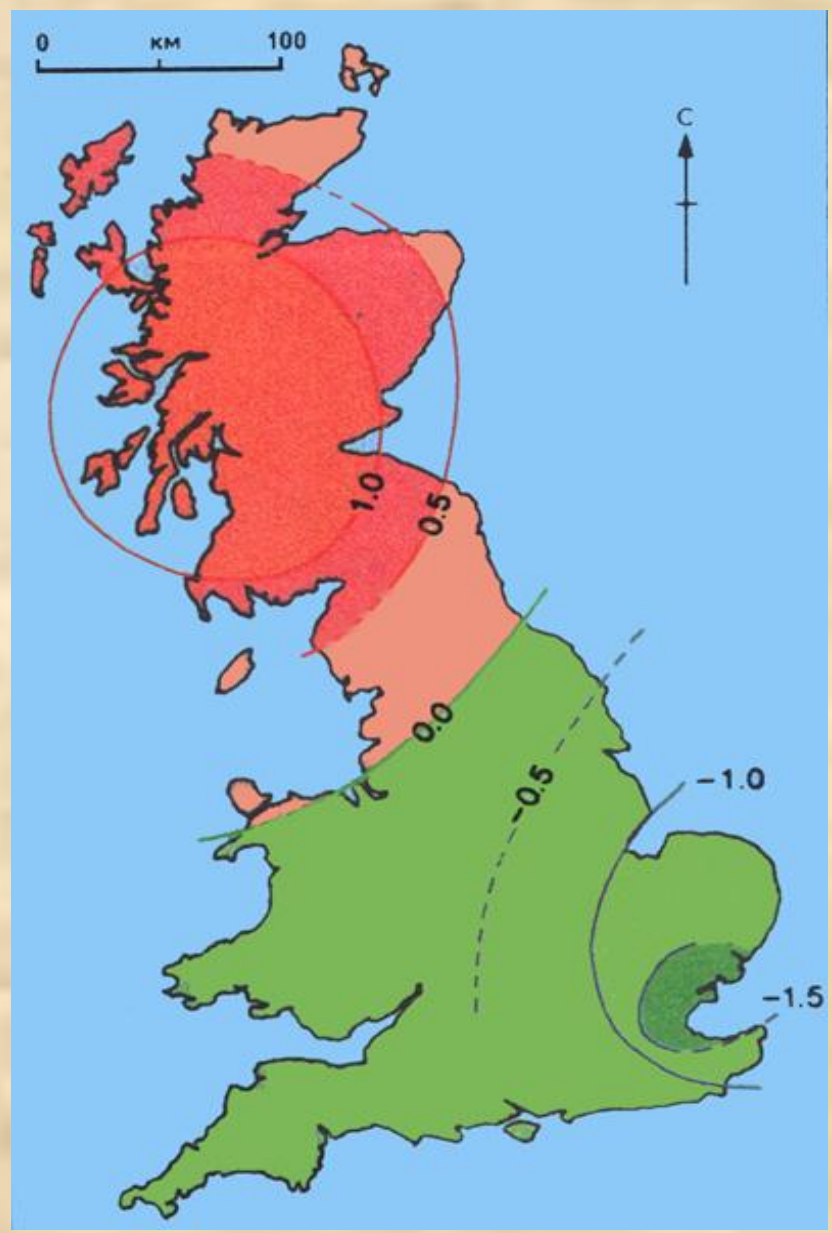
3. Метод повторного нивелирования

- Заключается в периодическом определении высотного положения отдельных опорных пунктов.
- Первоначально повторное нивелирование проводилось вдоль линий железных дорог. В настоящее время метод активно используется на геодинамических полигонах, площадях разрабатываемых нефтегазовых месторождений, в сейсмоактивных зонах и т.д.
- Метод позволяет определить как факт проявления вертикальных движений определенного знака, так и их скорость.
- Обработка данных повторного нивелирования и привязка их к футшточным наблюдениям позволила к 1960-м гг. построить карту современных тектонических движений на территорию европейской части бывшего СССР.

Карта современных вертикальных движений европейской части СССР

Рис. 4.1. Современные вертикальные движения в Восточной Европе по результатам повторных нивелировок. С карты под редакцией Ю. А. Мещерякова (1971), упрощено

Современные вертикальные движения в пределах Великобритании



Основная причина проявления современных вертикальных движений

- **В большинстве случаев проявления вертикальных движений связывают с *изостатическим механизмом***

(воздымание происходит за счет снятия нагрузки, опускание – за счет дополнительной нагрузки или латерального оттока вещества в астеносфере; опускания на локальных площадях могут происходить и за счет интенсивной откачки подземных вод – Венеция, Токио, Мехико и др.)

Изостатическое поднятие Балтийского щита

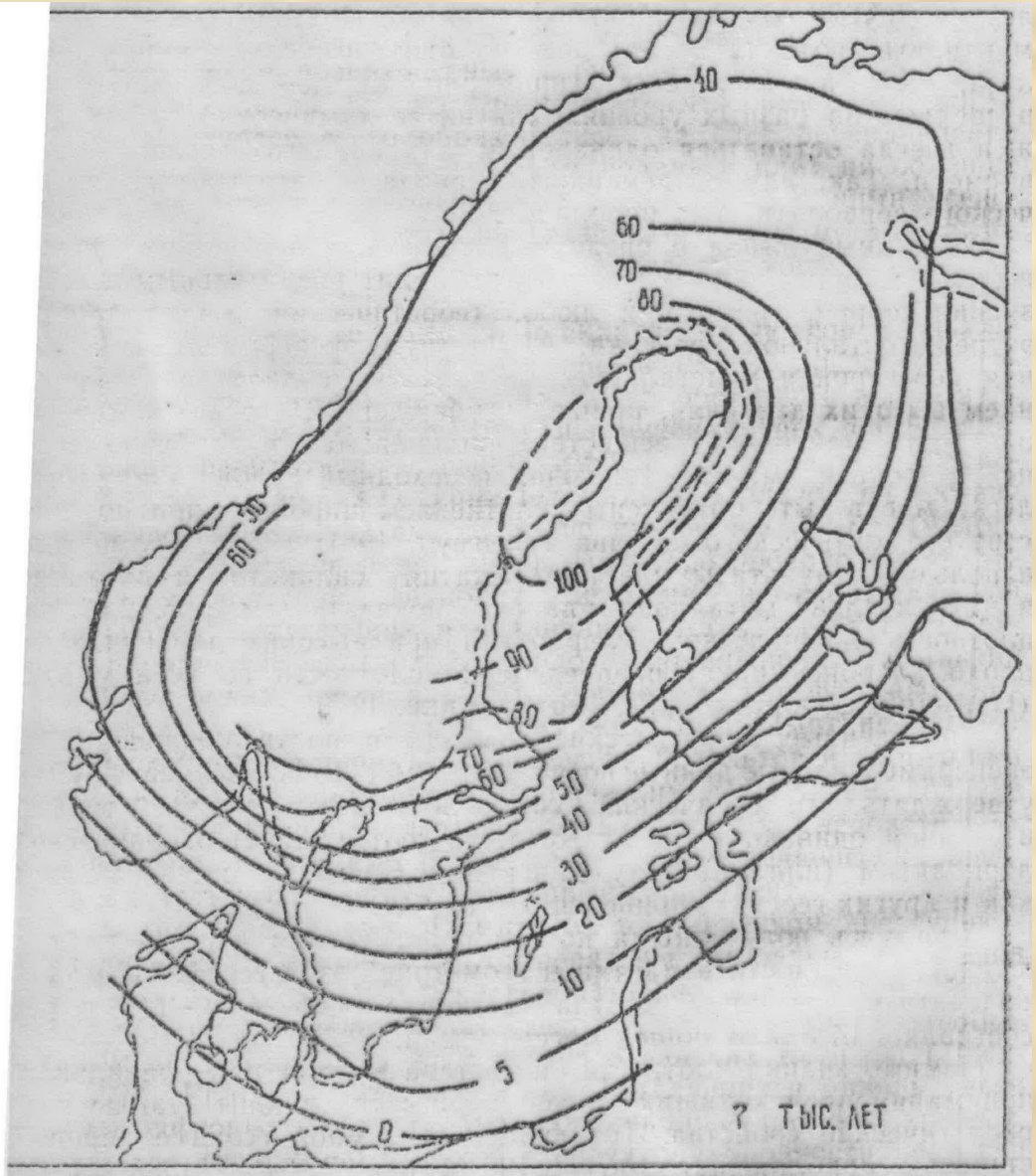


Рис. 2.8. Величины изостатического поднятия Балтийского щита (в метрах) за последние 7 тыс. лет, после полного исчезновения материкового оледенения. (Извилистая пунктирная линия — берег Балтийского моря 7 тыс. лет назад)

Дополнительные (вспомогательные) методы изучения соврем. медленных вертикал. движений

- Поднятие территорий приводит к снижению уровня грунтовых вод, деградации многолетней мерзлоты.

- Опускание территорий приводит к повышению уровня грунтовых вод, заболачиванию территорий.

Основные методы изучения современных медленных горизонтальных движений

1. Метод повторной триангуляции

2. Метод регистрации лазерных сигналов, отраженных от спутников

3. Метод регистрации радиосигналов от квазаров

Основные методы изучения современных медленных горизонтальных движений

1. *Метод повторной триангуляции*

- **Заключается в периодическом определении относительного положения отдельных опорных пунктов (чаще всего тригопунктов).**

- **Метод позволяет определить как факт проявления горизонтальных движений, так и их направление и скорость.**

- **Метод используется, в основном, в сейсмоопасных зонах (т.к. изменение характера и скорости движений может выступать в качестве предвестника землетрясений), на геодинамических полигонах. Он может быть использован в любом месте, где необходимо выявление направления и скорости горизонтальных движений.**

Основные методы изучения современных медленных горизонтальных движений

2. *Метод регистрации лазерных сигналов, отраженных от спутников*

- **Заключается в периодической регистрации отраженного лазерного сигнала в одном и том же пункте, при этом сам лазерный сигнал периодически направляется на определенный спутник также из одного и того же пункта (допустим сигнал отправляется с прибрежной части одного континента, а регистрируется в прибрежной части другого континента).**

- **Метод позволяет определить факт проявления горизонтальных движений, их направление и скорость.**

2. *Метод регистрации лазерных сигналов, отраженных от спутников*

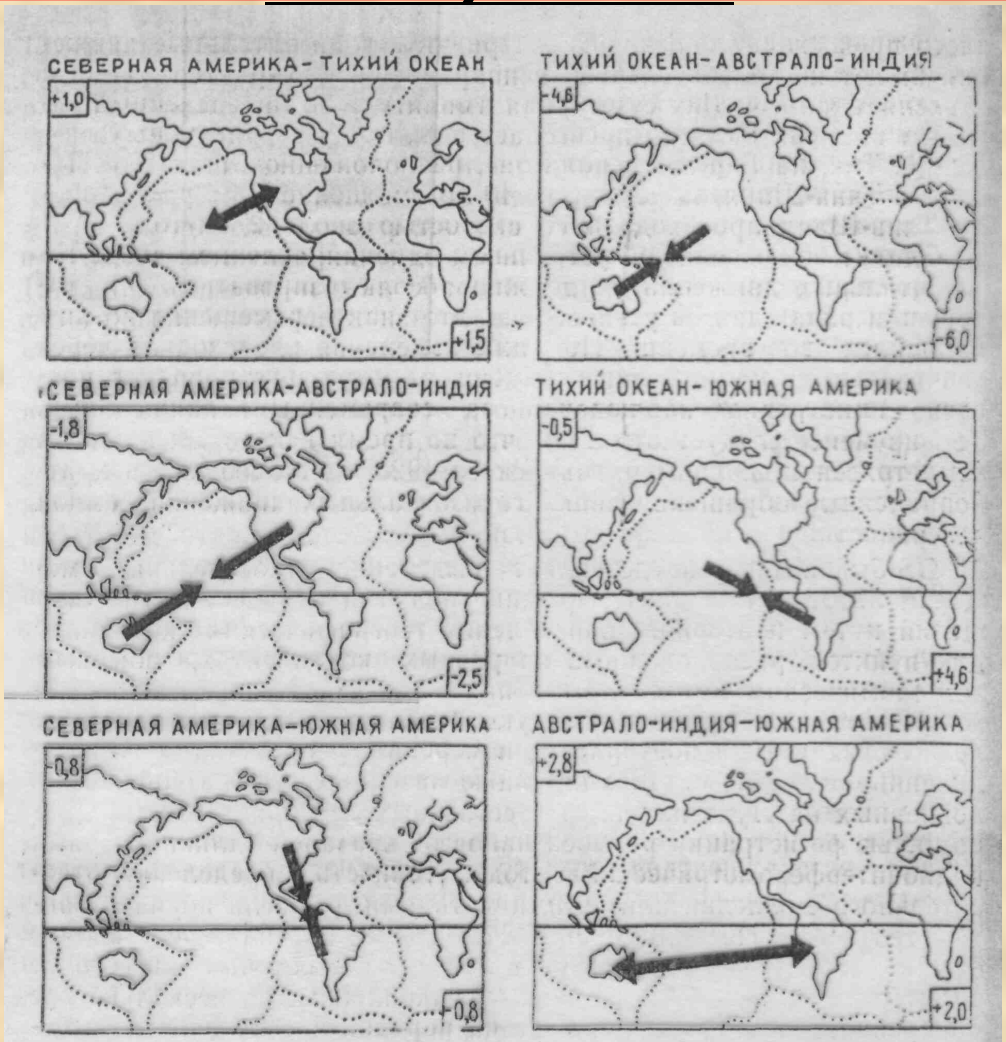


Рис. 4.2. Относительные перемещения литосферных плит, установленные с помощью лазерных отражателей на спутниках. По Д. К. Христодулидису и др., 1985.

Скорости (в см/год) по данным лазерных измерений указаны в левых верхних углах рисунков. В правых нижних углах для сравнения даны скорости, вычисленные для последних нескольких миллионов лет Дж. Б. Минстером и Т. Джорданом (1978) по линейным магнитным аномалиям океанов. Знак минус означает сближение, знак плюс — расхождение литосферных плит

Основные методы изучения современных медленных горизонтальных движений

3. *Метод регистрации радиосигналов от квазаров*

- **Заключается в периодической и одновременной регистрации несколькими радиотелескопами сигналов от одного и того же квазара (квазары – объекты, характеризующиеся максимальным электромагнитным излучением в радиодиапазоне).**

- **Метод позволяет определить направление горизонтальных движений и их скорость.**

3. *Метод регистрации радиосигналов от квазаров*

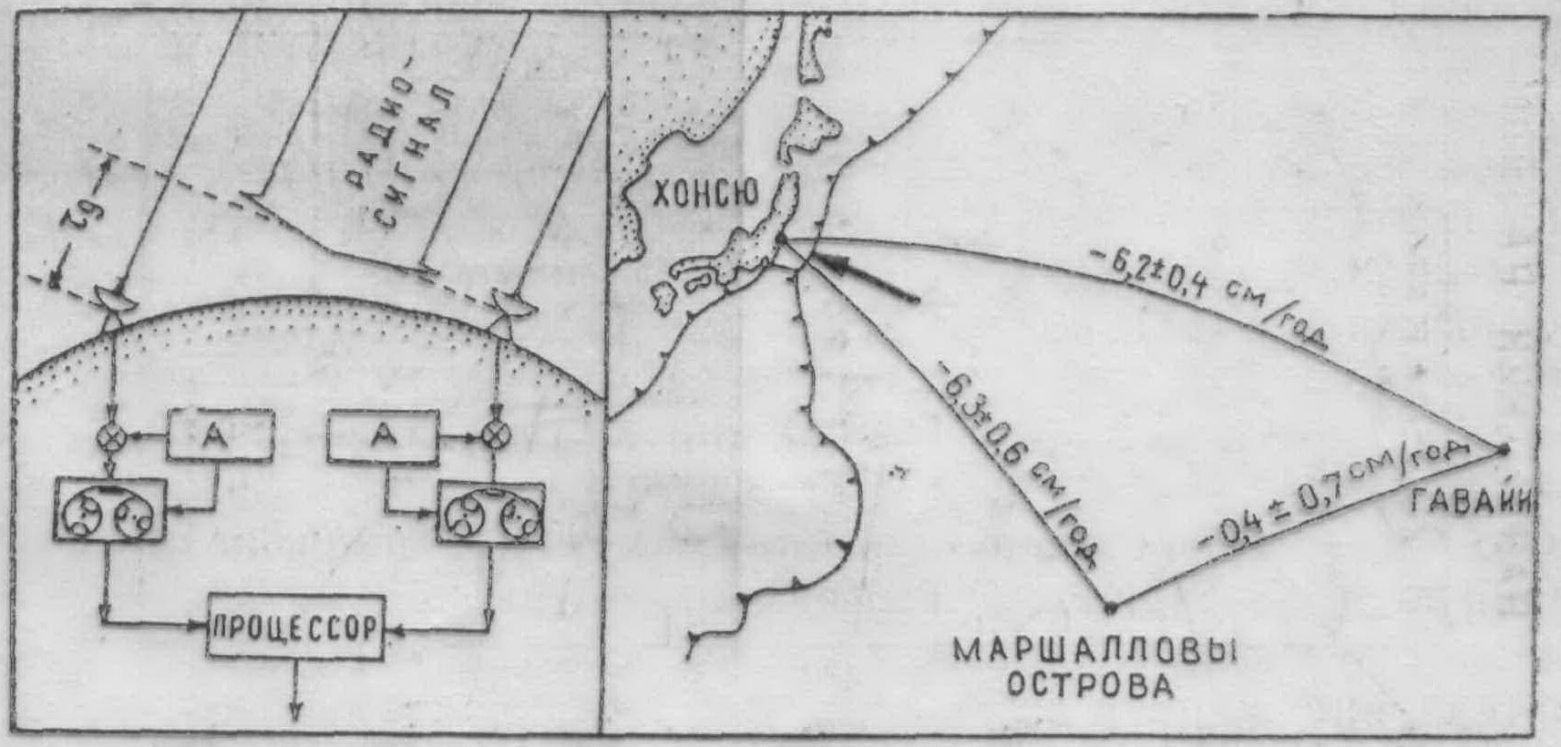


Рис. 4.3. Схема, поясняющая высокоточное измерение расстояний между удаленными радиотелескопами методом радиоинтерферометрии, и результат определения этим методом скорости субдукции Тихоокеанской плиты под Японскую островную дугу. По К. Хэки, 1989.

На схеме: А — атомные часы; τ — время опоздания радиосигнала

Дополнительные (вспомогательные) методы изучения соврем. медленных горизонт. движений

- Периодическое определение координат определенных опорных пунктов. Самой простой вариант – использование GPS-навигации.

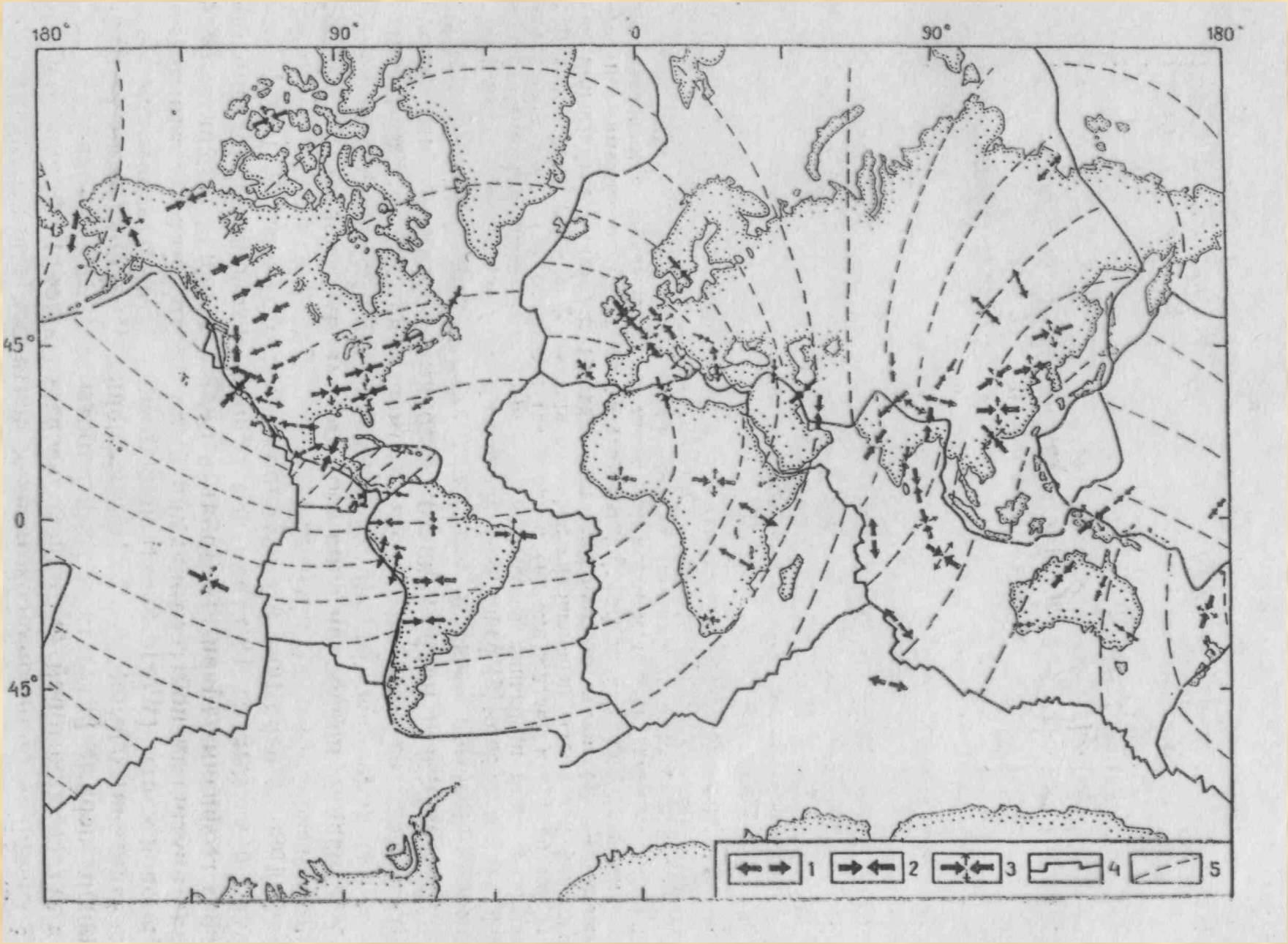
Обобщение по современным медленным движениям

- **Ни одна точка земной поверхности не находится в состоянии покоя** (проявляются вертикальные и (или) горизонтальные движения).
- **Скорость современных вертикальных движений – до +/- 10–15 мм/год.**
- **Скорость современных горизонтальных движений – до 15-18 см/год** (т.е. скорость горизонтальных движений как минимум на 1 порядок превышает скорость вертикальных движений).
- **Скорость современных вертикальных движений на несколько порядков превышают скорость новейших и древних движений** (это связано с колебательным характером вертикальных движений).
- **Основная причина проявления горизонтальных движений – мантийная конвекция, обусловливающая перемещение литосферных плит; вертикальных движений – изостатический механизм.**
- **Современные движения изучаются с помощью точных инструментальных методов** (в первую очередь геодезических).

Современные быстрые движения

- Наиболее быстрой формой современных движений являются землетрясения, когда возможны “мгновенные” вертикальные смещения на несколько десятков метров и горизонтальные смещения на несколько сотен метров.
- Для предсказания землетрясений в сейсмоопасных зонах часто используют наклономеры и деформографы (дополнительно к сейсмостанциям, режимным гидрогеологическим скважинам и др. объектам прогнозирования землетрясений)
- С помощью наклономеров ведутся непрерывные наблюдения за изменением уклона земной поверхности, а с помощью деформографов непрерывные наблюдения за напряженным состоянием горных пород (малейшие изменения наклона земной поверхности и (или) напряженного состояния недр могут являться предвестниками землетрясений)

Современное напряженное состояние земной коры



Новейшие тектонические движения и методы их изучения

- ***Новейшие движения*** **– это движения олигоцен-голоценового времени (*последние 25-30 миллионов лет*).**

- **Новейшими движениями создан современный рельеф земной поверхности, в связи с этим для изучения новейших движений используют преимущественно *геоморфологические методы.***

- **Новейший этап развития Земли (олигоцен-голоценовое время) изучается так называемой *неотектоникой.***

Новейшие тектонические движения и методы их изучения

В палеоцене и эоцене на месте большей части горных сооружений (Альпы, Тянь-Шань, Саяны и др.) существовал выровненный рельеф с высотами до 500 м, горные сооружения “вздыбились” в олигоцен-голоценовое время

г. Эльбрус (Кавказ)

г. Аконкагуа (Анды)

Основные методы изучения новейших тектонических движений

1. Орографический.
2. Батиметрический.
3. Морфометрический.
4. Метод изучения морских побережий и морских террас
5. Метод изучения речной сети и речных террас.
6. Метод изучения поверхностей выравнивания.

Данными методами изучаются в основном вертикальные движения.

Основные методы изучения новейших движений

1. Орографический метод

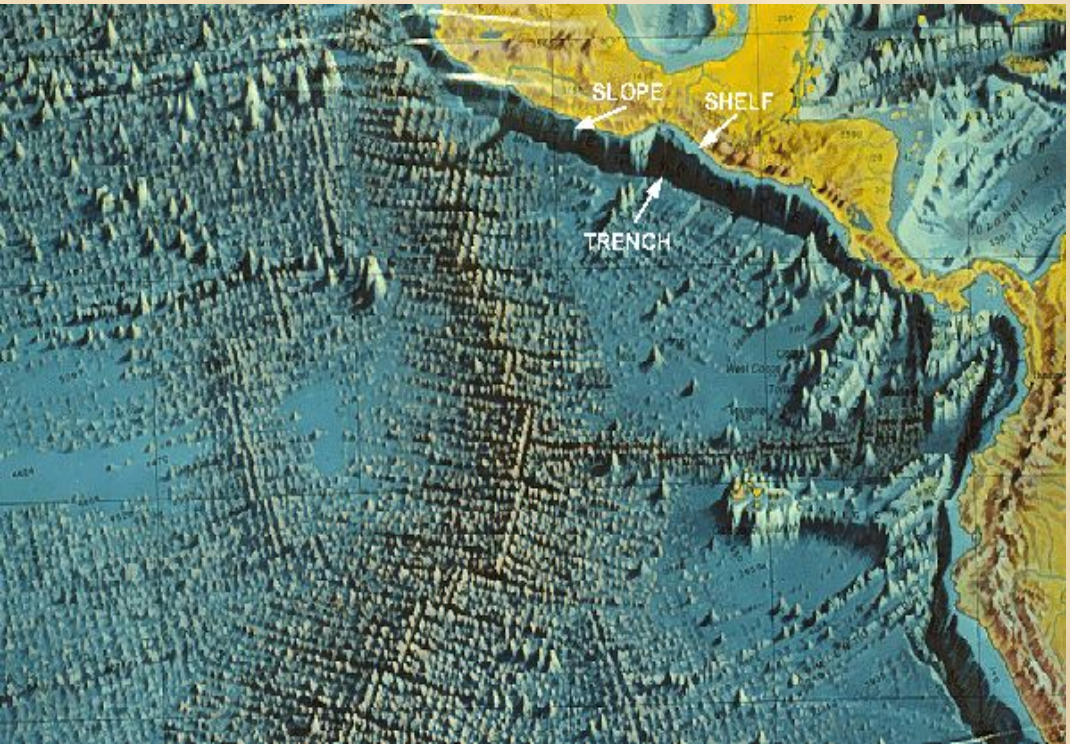
- О тектонических движениях судят по плану распределения и особенностям строения основных форм рельефа.

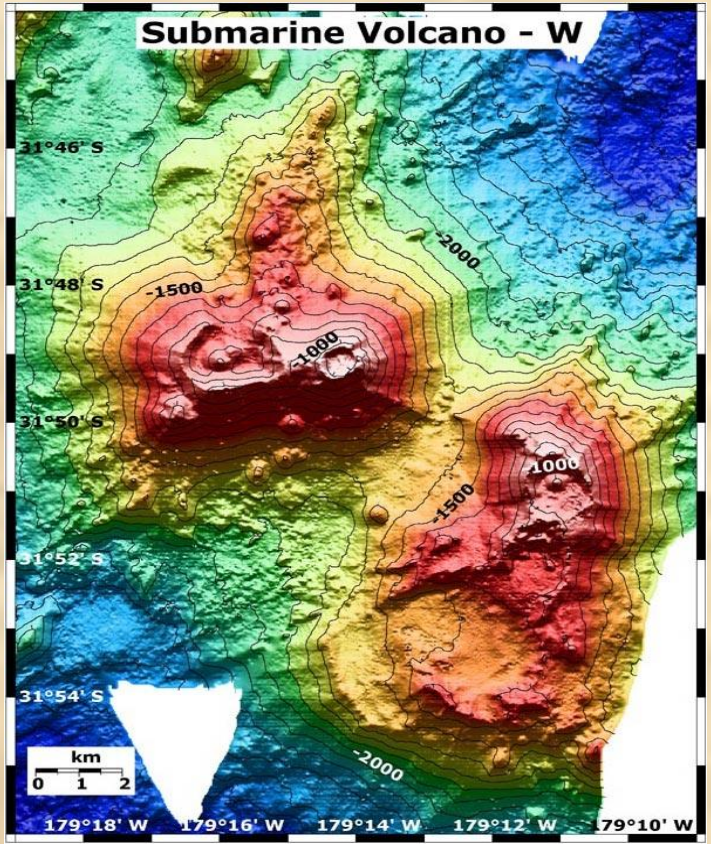
- В горных областях горные хребты обычно соответствуют равновеликим зонам новейших поднятий, а впадины –зонам опусканий.

Основные методы изучения новейших движений

2. Батиметрический метод

- **Батиметрический метод аналогичен орографическому. О тектонических движениях судят по рельефу морского дна.**
- **Неровности морского дна обычно являются отражением проявления восходящих или нисходящих вертикальных движений.**





Основные методы изучения новейших движений

3. Морфометрический метод

- **Один из количественных геоморфологических методов, позволяющий определить области проявления и интенсивность нисходящих и восходящих движений, расположение локальных положительных структур.**

- **Существует несколько морфометрических методов, используемых для изучения горных и равнинных областей.**

- **При изучении равнинных платформенных областей обычно применяют морфометрический метод Философова В. П., разработанный в 1960-1970-х гг.**

Основные методы изучения новейших движений

4. Метод изучения морских побережий и морских террас

- **Это один из основных методов, т.к. уровня моря является тем естественным репером по отношению к которому и определяется факт проявления тектонических движений.**

- **Наличие морских террас свидетельствует либо о подъеме суши, либо о снижении уровня моря, либо об одновременном проявлении этих процессов (если бровки террас выдержаны на значительном расстоянии (многие десятки и сотни километров), это свидетельствует об опускании уровня моря; если высотное положение бровок террас меняется на коротких расстояниях (первые километры, первые десятки километров) – это свидетельство образования террас за счет подъема суши).**

- **Наличие затопленных террас свидетельствует либо об опускании суши, либо о повышении уровня моря, либо об одновременном проявлении этих процессов.**

Основные методы изучения новейших движений

4. Метод изучения морских побережий и морских террас

- **По форме береговой линии и устьям впадающих рек можно судить о преобладающих тектонических движениях.**

- **Спрямленные береговые линии, обычные устья рек или устья в виде дельт свидетельствуют о проявлении восходящих движений на морских побережьях.**

- **Побережья, испытывающие нисходящие движения, характеризуются неровной береговой линией и устьями рек в виде эстуариев (лиманов)**

Основные методы изучения новейших движений

5. Метод изучения речной сети

- **Реки очень чувствительны к изменениям уклонов земной поверхности, поэтому само русло реки и строение её долины хорошо отражают проявления разнонаправленных вертикальных движений.**

Речная долина в области преобладающего поднятия

Речная долина в области преобладающего опускания

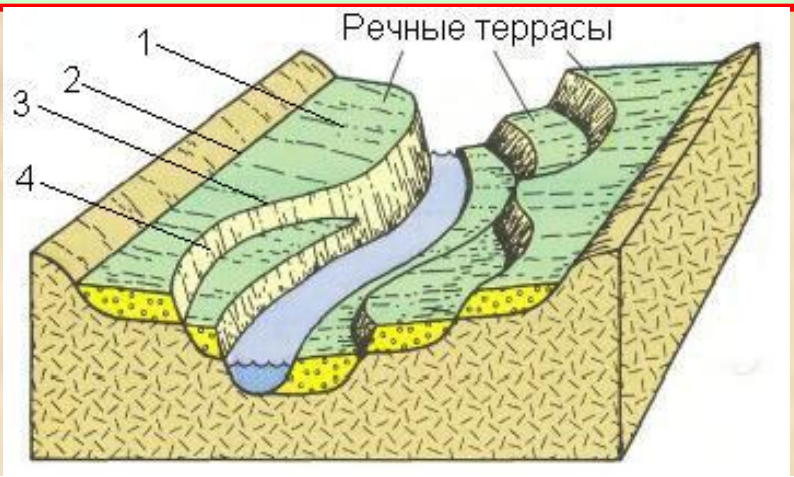
5. Метод изучения речной сети

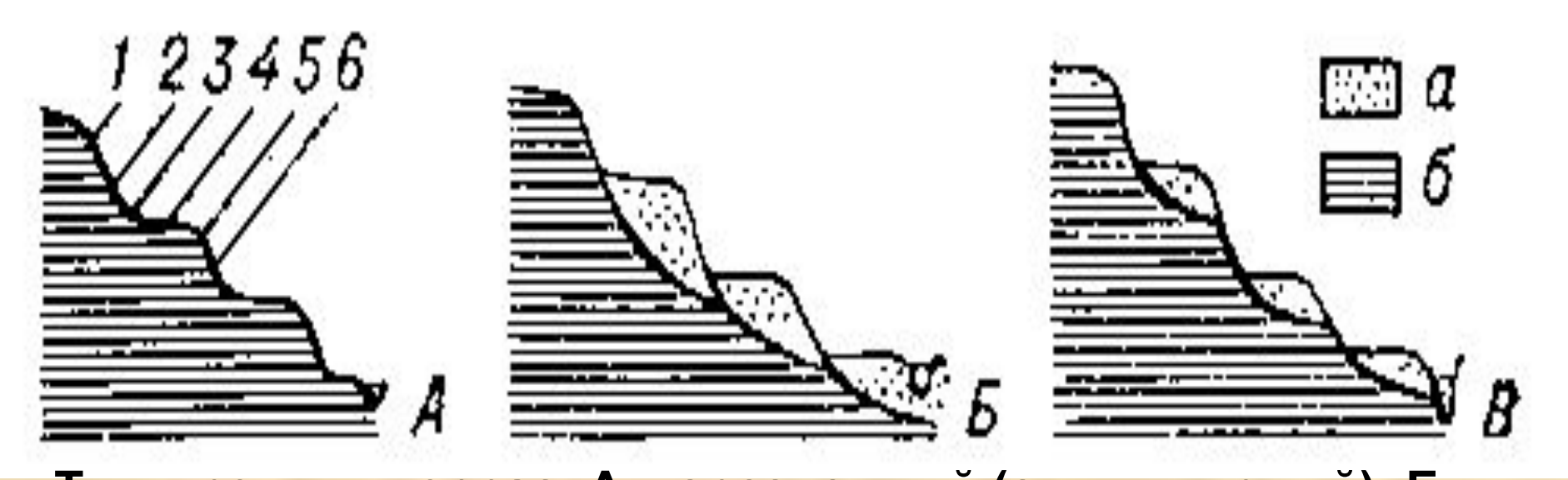
Характеристика русел рек и их долин

На участках восходящих движений	На участках нисходящих движений
- русла спрямленные; - продольные уклоны значительные; - долины неширокие и представлены значительным количеством террас (часто более 3-5); - террасы обычно скульптурного (эрозионного) и цокольного (эрозионно-аккумулятивного) типов; - аллювий обычно маломощный и представлен грубыми разностями (галечники, гравийники, грубо- и крупнозернистые пески).	- русла интенсивно меандрируют; - продольные уклоны незначительные; - долины широкие и представлены незначительным количеством террас (до 3-5); - террасы обычно аккумулятивного типа; - аллювий характеризуется довольно высокой мощностью и представлен тонкими разностями (суглинки, супеси, мелкозернистые пески).

5. Метод изучения речной сети

Строение основных типов речных террас





Типы речных террас: А – эрозионный (скульптурный); Б – аккумулятивный; В – эрозионно-аккумулятивный (цокольный)

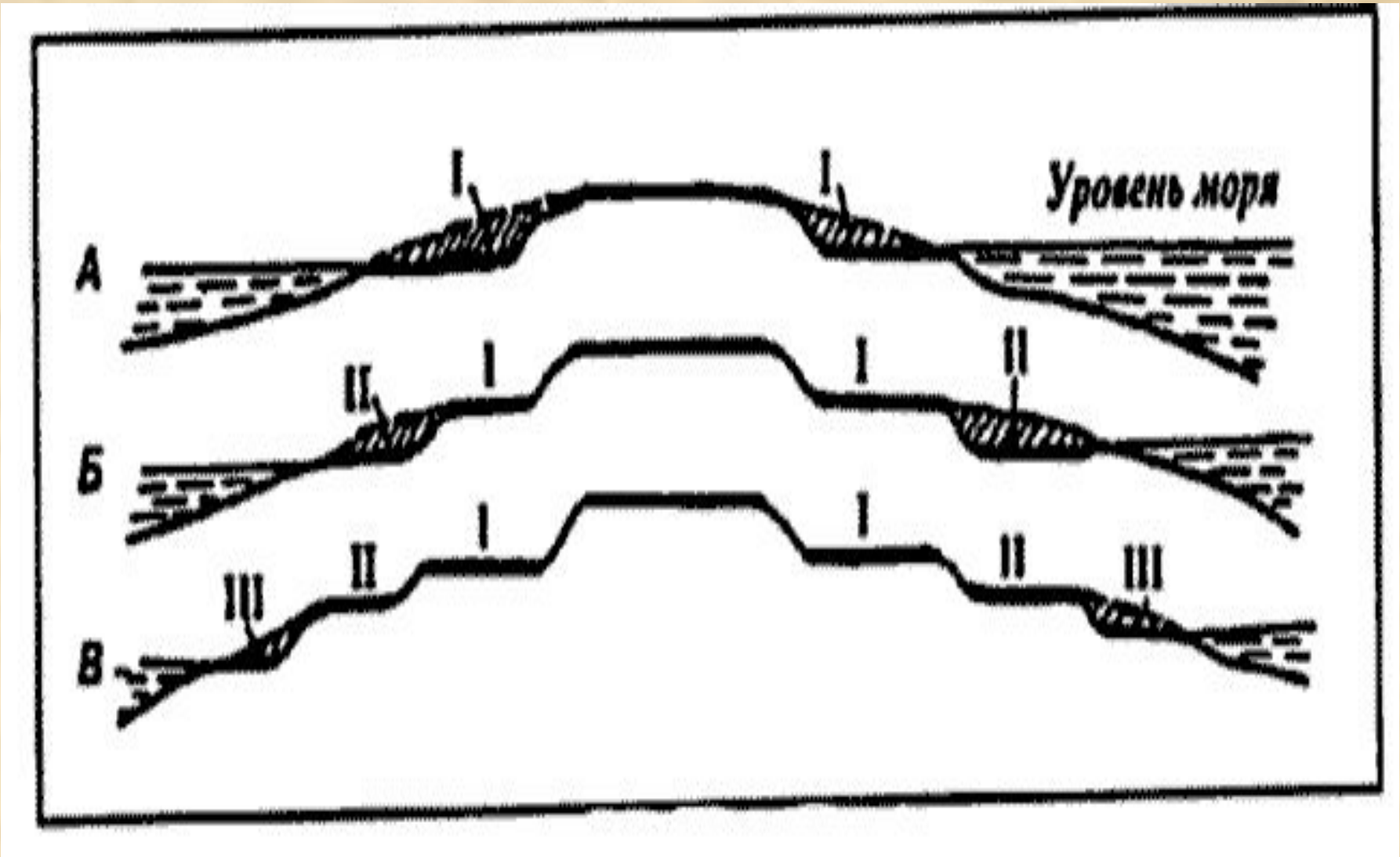
(а – аллювий, б – коренные породы)

6. Метод изучения поверхностей выравнивания

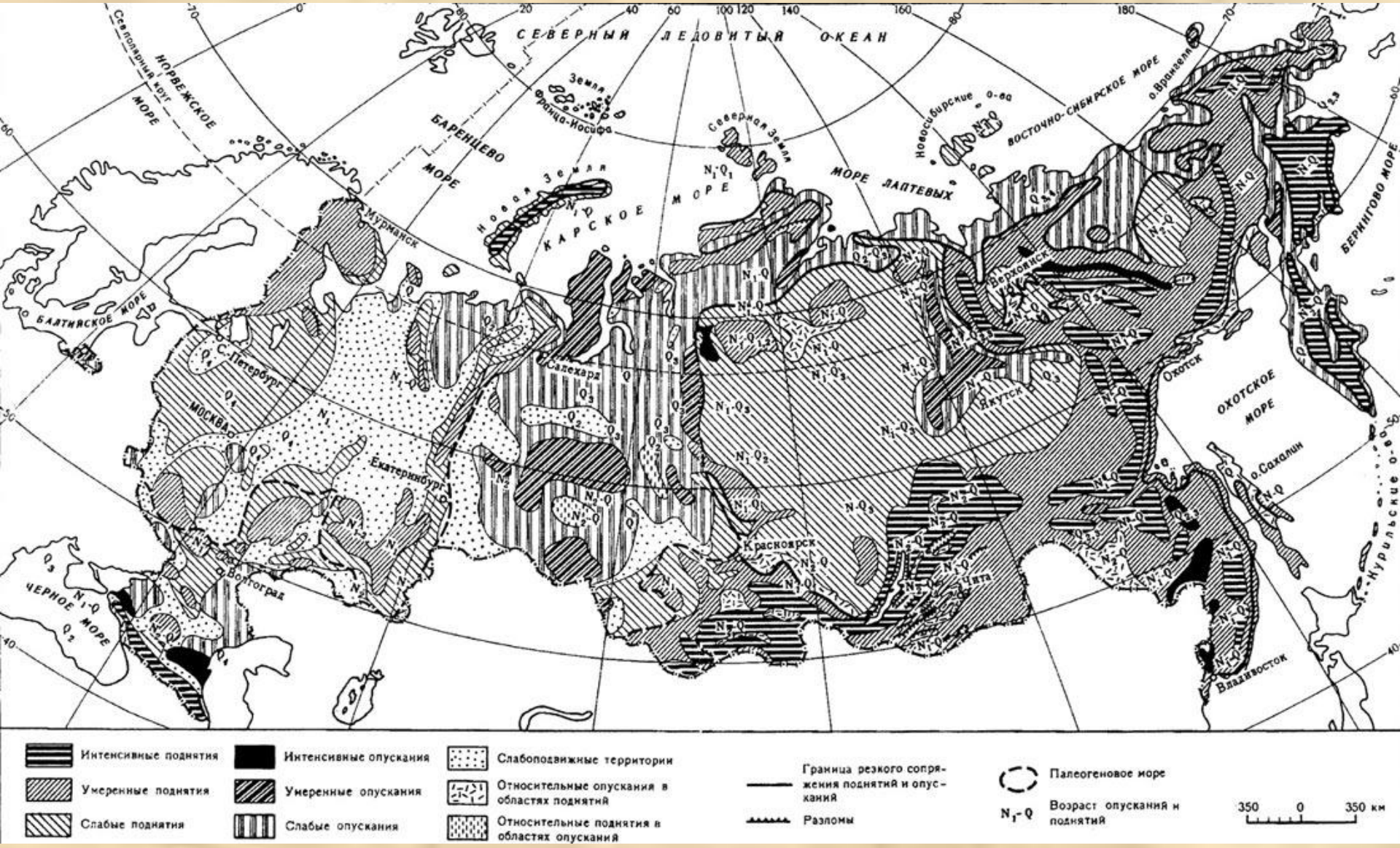
- **Поверхности выравнивания (ПВ) представляют собой выровненные субгоризонтальные площадки (равнины), срезающие геологические структуры (в горных областях ПВ – это нагорные равнины, срезающие складчатую структуру орогенов).**
- **ПВ развиты как в горных, так и равнинных (платформенных) областях. Протяженность ПВ может достигать нескольких сотен километров, их ширина – до нескольких десятков км.**
- **Наиболее древние ПВ имеют позднеюрский возраст (Урал, Аппалачи).**
- **В горных областях часто фиксируется целая серия ПВ, которые располагаются в виде лестницы (при этом наиболее верхняя ПВ является и наиболее древней).**
- **Первоначально ПВ представляют собой денудационные, абразионные, абразионно-аккумулятивные равнины, которые с течением времени оказываются приподнятыми на ту или иную высоту.**
- **Имея данные по возрасту ПВ и её современной высоте можно определить скорость подъема территории.**

6. Метод изучения поверхностей выравнивания

Схема формирования поверхностей выравнивания



Карта новейших движений территории России



Обобщенные данные по изучению современных и новейших движений

- Современные движения – движения последних 300 или 6000 лет, а новейшие – движения олигоцен-голоценового времени (последние 25-30 млн. лет).
- Современные движения изучаются с помощью геодезических методов, а новейшие – геоморфологических методов.
- Скорость вертикальных современных движений – до 10-15 мм/год, а новейших – до 5 мм/год в горных областях, до 0,5 мм/год в равнинных областях.
- Более высокая интенсивность современных движений связана с колебательным характером вертикальных движений, когда суммарная скорость движений за длительный промежуток времени оказывается меньшей скорости движений за короткий отрезок времени (последние 300 или 6000 лет не являются аномально активными в тектоническом отношении) .
- В новейшее и современное время происходило и происходит проявление движений всех типов и формирование тектонических структур всех типов.