

Курс лекций по специальности
25.00.03 «Геотектоника и геодинамика»

(по программе кандидатского минимума по геолого-минералогическим наукам)

занятие 8

раздел 3 Методы изучения тектонических движений,

(часть 2)

раздел 4 Современные тектонические обстановки

(часть 1, общие понятия)

Институт физики Земли РАН,
аспирантура ИФЗ РАН
доцент Ф.Л. Яковлев, 2020-2021,
Дата занятия 01-02-2021

ПЛАН ЗАНЯТИЙ (01-02-2021)

3Б Методы изучения тектонических движений

(Хаин, Ломизе, 1995, стр. 45) с добавлениями

Палеомагнитные методы, основанные на определении ориентировки векторов остаточной намагниченности и на изучении линейных аномалий океанского дна.

Специфика изучения новейших (неотектонических) движений, структурно-геоморфологический анализ.

(45 минут)

4А Современные тектонические обстановки (общие понятия)

Неравномерность распределения современной тектонической активности, фрактальность литосферы, ее деление на плиты и микроплиты.

Границы литосферных плит: дивергентные (рифтогенные) и конвергентные (субдукционные, коллизионные), границы по трансформным разломам.

Тройные сочленения границ, их виды.

Главные геодинамические обстановки на границах литосферных плит, внутриплитные обстановки континентов и океанов.

(45 минут)

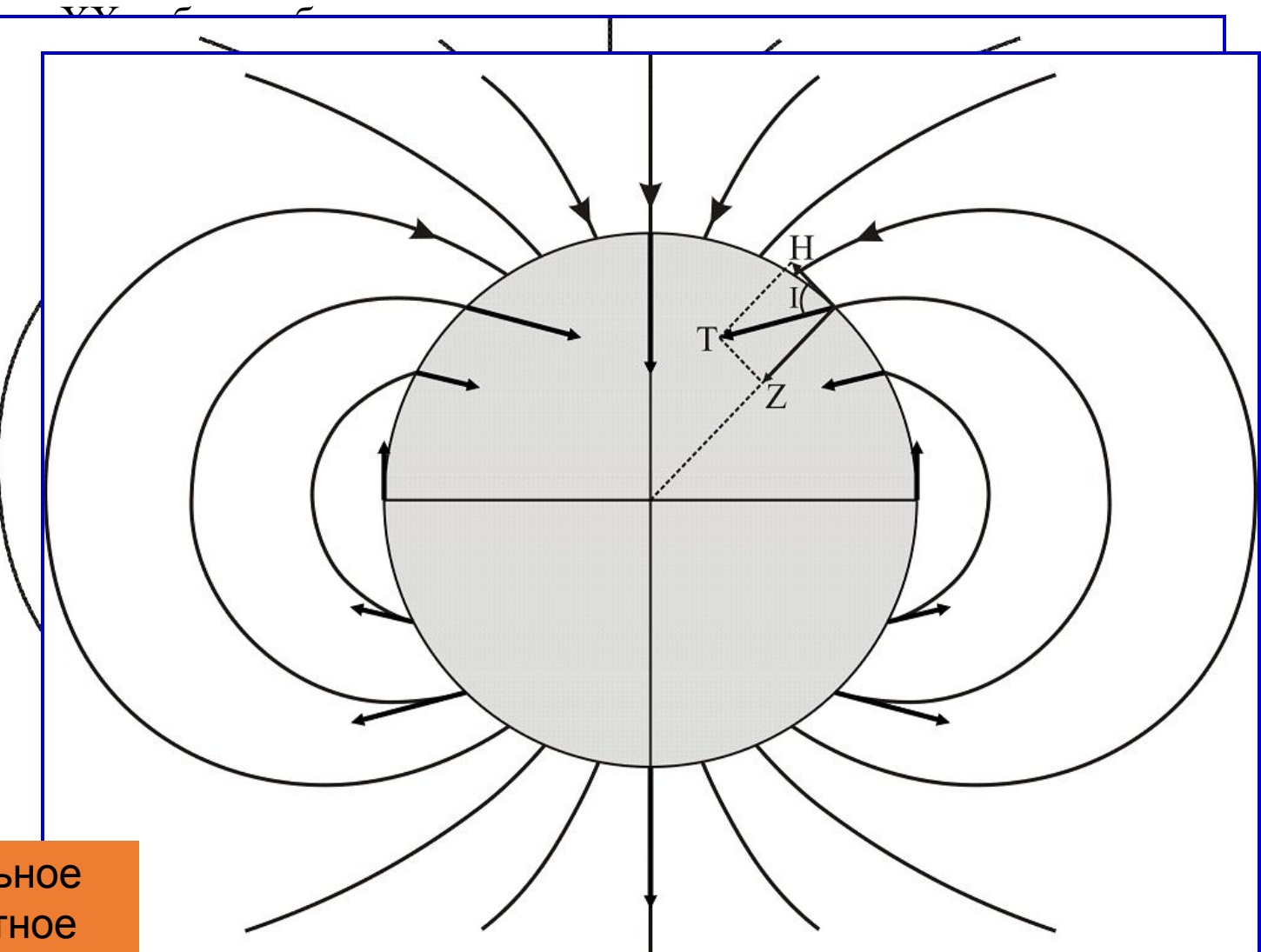
4Б

Субдукция, Коллизия, внутриплитная активность (следующие занятия)

Палеомагнитные методы, основанные на определении ориентировки векторов остаточной намагниченности и на изучении линейных аномалий океанского дна. (Хаин, Ломизе, 1995)

В середине XX в. было установлено, что в магнитных минералах сохраняются ориентировки векторов остаточной намагниченности, полученные в процессе кристаллизации или кристаллического ориентирования. Эта ориентировка сохраняется, если минералы не подвергнутся нагреванию выше температуры Кюри или кристаллического ориентирования. Эта ориентировка сохраняется, если минералы не подвергнутся нагреванию выше температуры Кюри или кристаллического ориентирования.

Эта ориентировка сохраняется, если минералы не подвергнутся нагреванию выше температуры Кюри или кристаллического ориентирования. Эта ориентировка сохраняется, если минералы не подвергнутся нагреванию выше температуры Кюри или кристаллического ориентирования.



ие,
дка
Г
будут
ля
о
ой

Дипольное магнитное поле

Для палеомагнитных исследований достигаются определенные ориентиры.

Первые парадоксы заключаются в том, что эта зависимость не совпадает с тем, что мы можем сделать по положению континента.

Но доводилось находить образцы с разными магнитными полюсами, с которыми не совпадают очертания континента.

самых мощных импульсов к возрождению мобилизма и появлению тектоники плит.

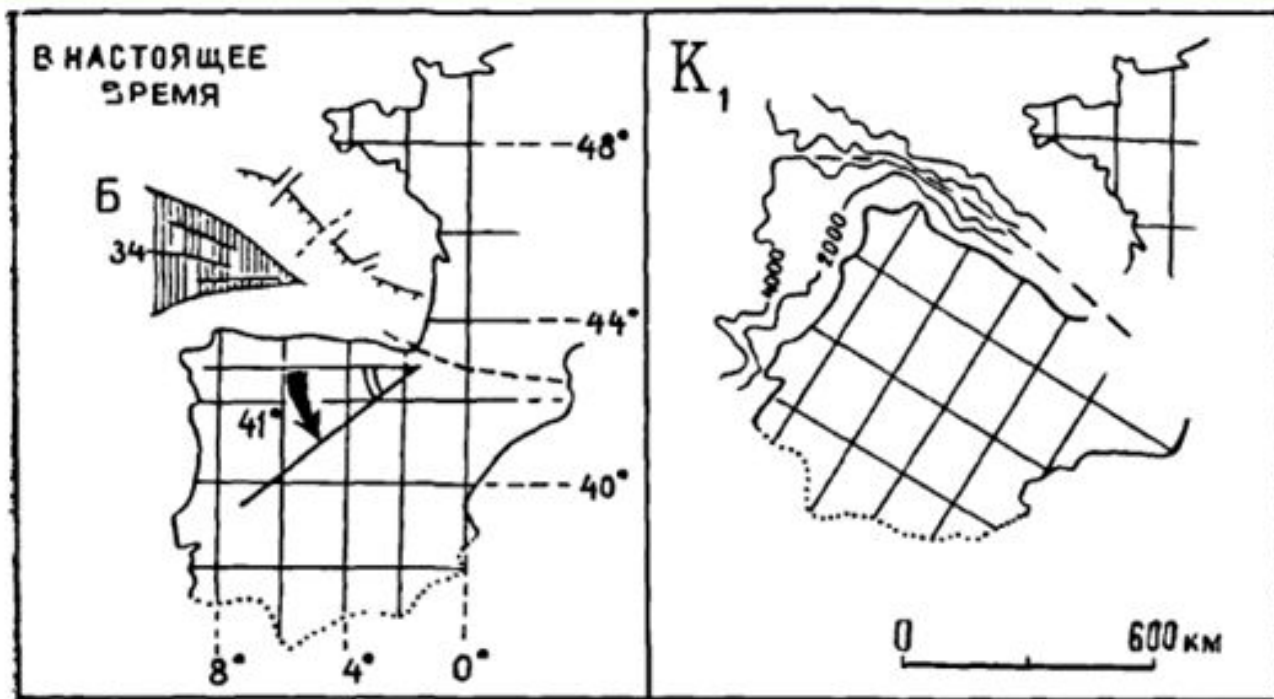


Рис. 9.11. Поворот Иберийского континентального блока на 41° против часовой стрелки (после раннего мела), определенный по склонению векторов остаточной намагниченности в породах готерива—апта; Б—клинообразное раскрытие (сфенохазм) Бискайского залива с океанской корой, датированной линейными магнитными аномалиями. Справа — палинспастическая реконструкция (по А. Гольдеано и др., 1989). Внизу — магнитные силовые линии при диполе в центре шара и схема, иллюстрирующая зависимость магнитного наклона от географической широты

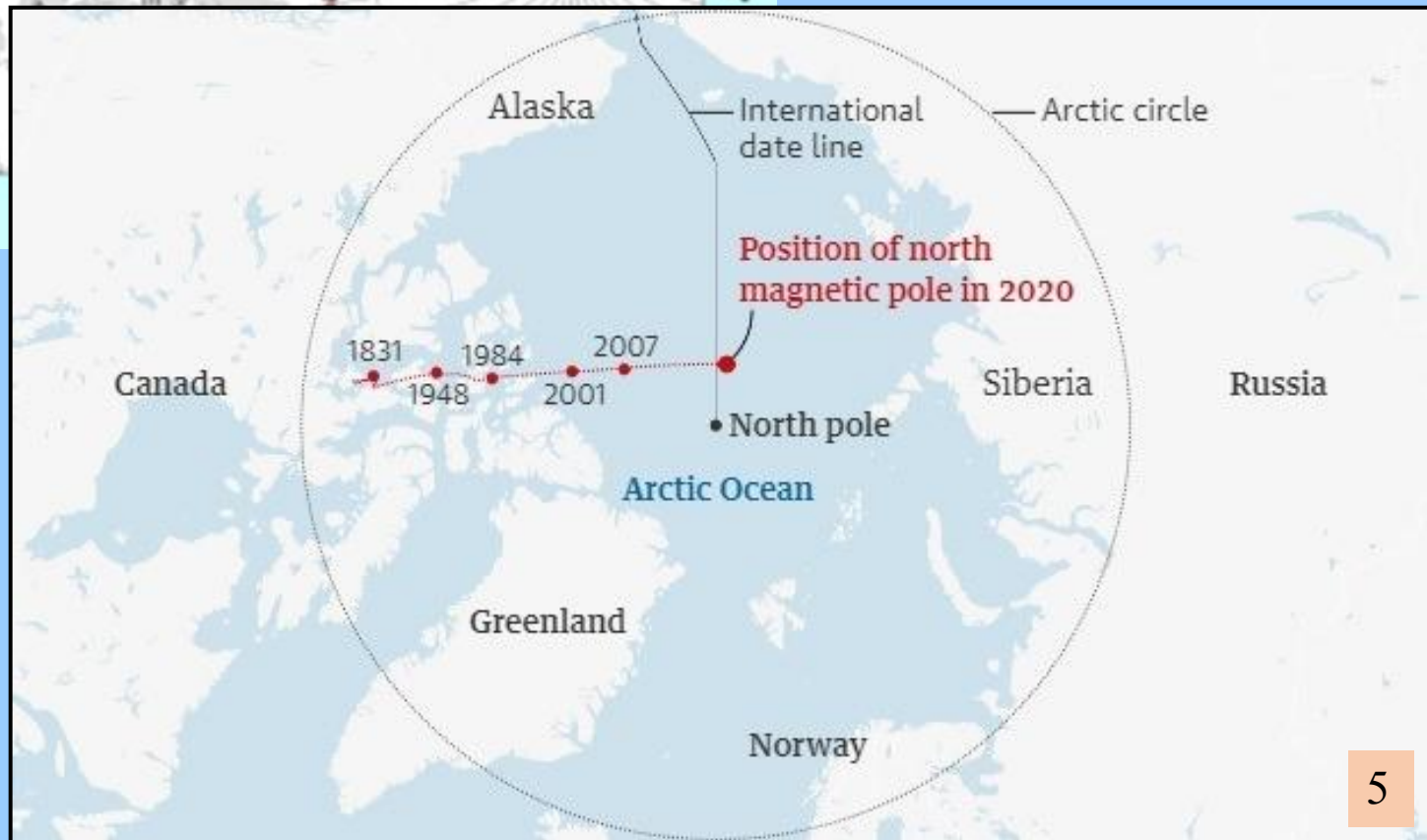
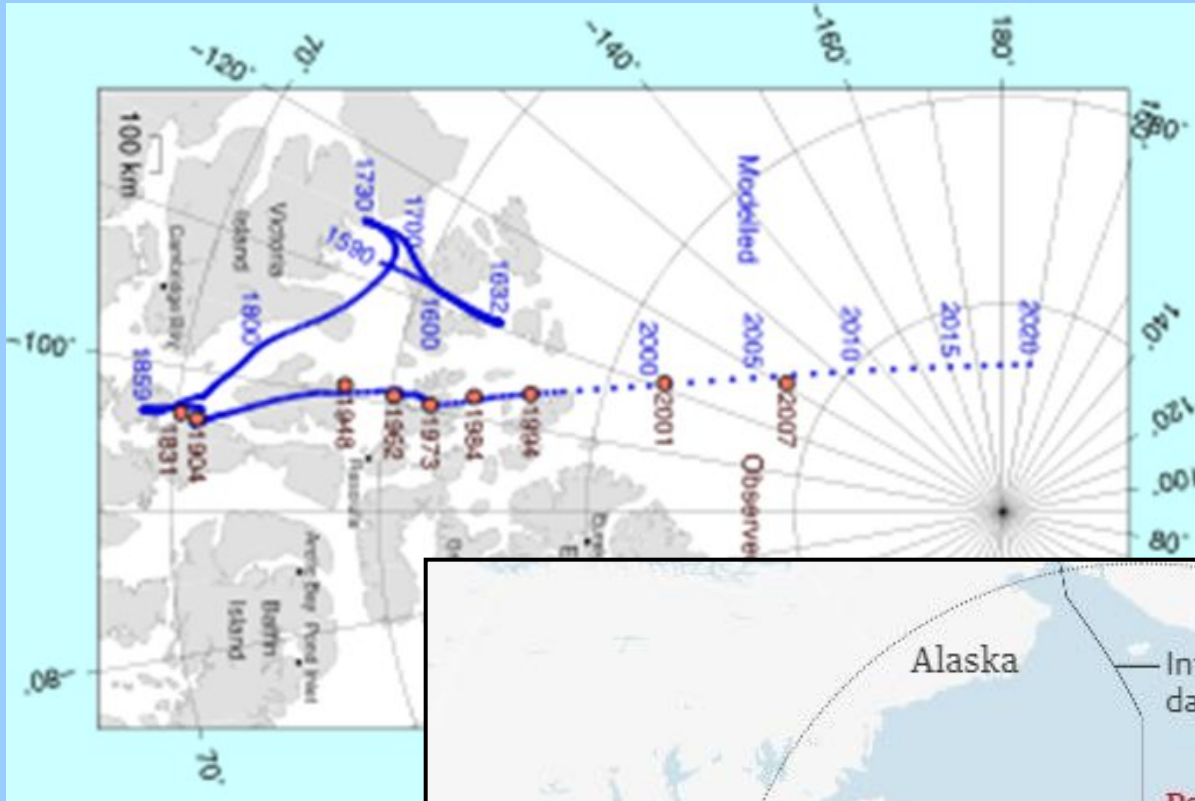
ов, что

залось, для, и и можно е ми (они ну).

о ивают на е

орские бразцам ся в из

Современное смещение магнитного полюса (55 км/год)



линейные аномалии океанского дна

При проведении морских геофизических работ были обнаружены **линейные магнитные аномалии**, развитые в океанах и обязанные своим происхождением спредингу в условиях периодических инверсий магнитного поля. Эти аномалии

могут
изохр
то все
образ
карто
займу
аном
магни

—
нга,
ся и
Х
днего

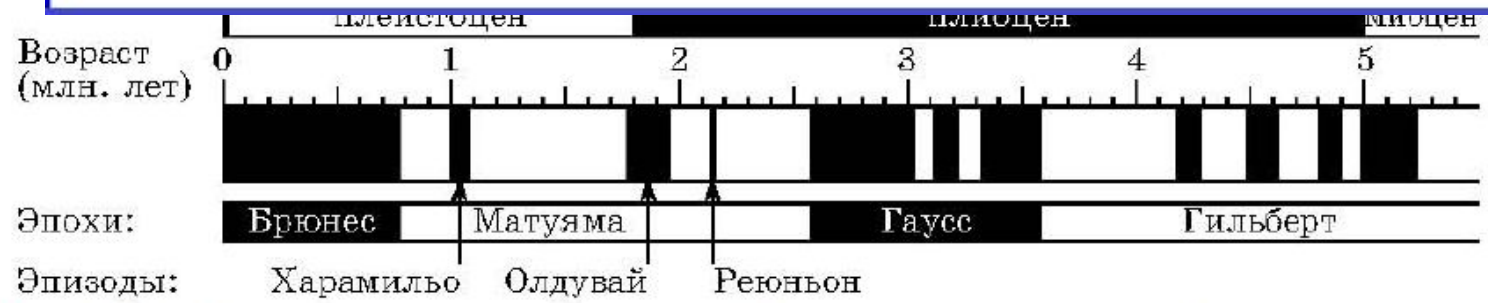


Рис. 2.8. Фрагмент шкалы инверсий магнитного поля Земли от нашего времени до окончания миоцена. Эта шкала была опубликована С. Канде и Д. Кентом в 1995 г. [Дьяченко, 2003]

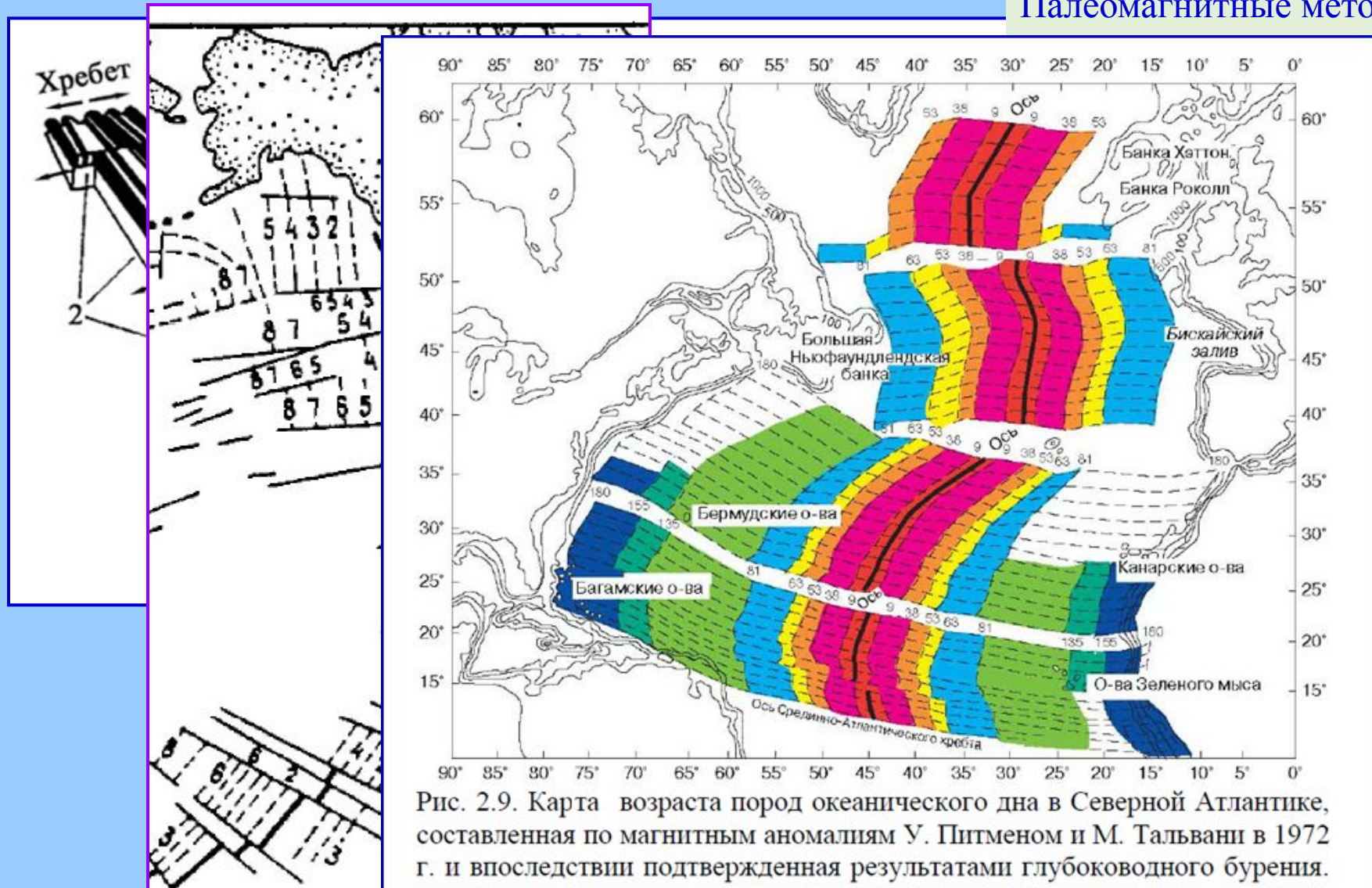


Рис. 2.9. Карта возраста пород океанического дна в Северной Атлантике, составленная по магнитным аномалиям У. Питменом и М. Тальвани в 1972 г. и впоследствии подтвержденная результатами глубоководного бурения.

Гордин В.М. Избранные труды. 1.7 Аномальное магнитное поле Мирового океана и гипотеза Вайна-Меттьюса. 1989-2000. 62-90.

Новиков МАГНИТОРАЗВЕДКА Часть 1 Учебное пособие для студентов-геофизиков очной формы обучения Москва, 2013.

О некоторых сложностях системы взглядов (по В.М. Горди

Горди

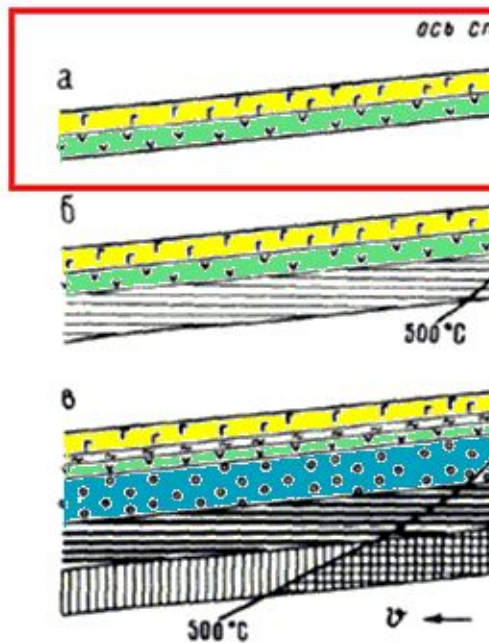


Рис. 4. Модели магнитоактивного слоя океанской литосферы: а - каноническая модель Вайн [Wainwright, 1977]; б - модель типа Кирилова [Kirilov, 1989]; в - модель типа Кирилова [Kirilov, 1989]; 1 - прямо намагниченные блоки; 2 - базальты; 3 - горизонты; 4 - толентовый дайковый комплекс; 5 - изотропные габбро; 6 - кумулятивные габбро и расслоенный комплекс; 7 - серпентинизированные перидотиты; 8 - "стандартная" зависимость средней намагниченности от глубины по Д.Кент и др. [Kent et al., 1978]; 9 - то же по Д.Данлопу и М.Прево [Dunlop, Prevot, 1982]; 10 - то же по В.М.Гордину и И.Г.Золотову [1989]; Введение переходной зоны между базальтами и дайковым комплексом основано на данных по скважине 504В [Smith, Banerjee, 1986]

Проблема аномалий

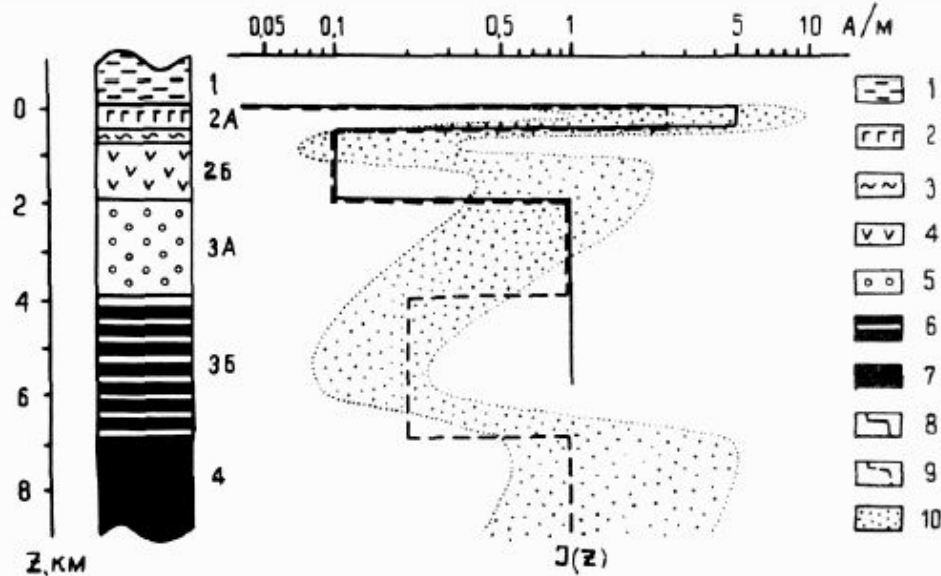


Рис. 3. Обобщенные вертикальные разрезы магнитоактивного слоя океанской литосферы: 1 - осадочные породы; 2 - базальты; 3 - переходная зона; 4 - дайковый комплекс; 5 - изотропные габбро; 6 - кумулятивные габбро и расслоенный комплекс; 7 - серпентинизированные перидотиты; 8 - "стандартная" зависимость средней намагниченности от глубины по Д.Кент и др. [Kent et al., 1978]; 9 - то же по Д.Данлопу и М.Прево [Dunlop, Prevot, 1982]; 10 - то же по В.М.Гордину и И.Г.Золотову [1989]; Введение переходной зоны между базальтами и дайковым комплексом основано на данных по скважине 504В [Smith, Banerjee, 1986]

Основные проблемы в моделях линейных полосовых аномалиях, связанных со спредингом океанов (по В.М.Гордину):

1. Есть некорректность в общем случае интерпретации с выделением полос с прямой и обратной намагниченностью, проблема с линейностью аномалий
2. Есть неясность с локализацией источника аномалий (существуют три уровня намагниченных пород разного возраста)
3. Есть проблема определения возраста аномалий – первые осадки появляются примерно в 50-100 км от оси спрединга (5 -10 млн. лет).

Из статьи В.М. Гордина, один из выводов

3. Наиболее важным результатом развития идей Вайна-Меттьюса несомненно стало составление **Мировых карт осей идентифицированных магнитных аномалий, создание основы для решения ключевой проблемы морской геологии - единообразной пространственно-временной привязки геологических событий и структур.**

Не умаляя этого выдающегося достижения, нужно ещё раз подчеркнуть, что **значение номеров идентифицированных магнитных аномалий** для определения "магнитного" **возраста** океанской литосферы **не столь велико, как это кажется на первый взгляд.** По существу, им отводится роль косвенного признака, с помощью которого реперные оценки возрастов экстраполируются в районы, не освещённые глубоководным бурением.

Специфика изучения новейших (неотектонических) движений, структурно-геоморфологический анализ. Хаин, Ломизе, 1995, стр. 229

Орографический и батиметрический методы - наиболее простые из геоморфологических методов.

Орографический применим в тех областях суши, где **скорость вертикальных движений** **намного превышает скорость денудации**. В областях внутриконтинентального, эпиплатформенного орогенеза, таких как Тянь-Шань, Саяны, Забайкалье, сводовые и сводово-глыбовые поднятия и разделяющие их впадины отчетливо выражены в рельефе.

Батиметрический. Новейшие движения непосредственно выражены **в рельефе морского дна** и батиметрическим методом могут обнаруживаться поднятия и прогибы разного масштаба, находящиеся ниже базиса действия волн, т. е. в среднем порядка 150—200 м. (ниже будет дано объяснение метода получения современных батиметрических карт)

Морфометрические методы. Для более точного **оконтуривания поднятий и выявления активных разломов** в пределах **сильно расчлененных денудацией молодых горных стран и денудационных равнин платформ** применяются различные морфометрические методы. Исходным материалом служат топографические карты, которые обрабатываются таким образом, чтобы снять влияние денудационного расчленения, в особенности – эрозионного вреза.

Изучение морских побережий. Наличие такого естественного репера, как уровень моря (то же относится к озерам), создает возможность выявления и количественной оценки поднятий и опусканий побережий. Наилучшие условия для этого находятся в районах с развитием **морских террас**. Террасы представляют пологонаклоненные в сторону моря площадки, отвечающие верхней части былой материковой отмели, примыкающей к древнему береговому уступу. Ее тыльный шов соответствует береговой линии времени формирования террасы и именно по нему замеряется ее современная высота над уровнем моря. Выработка уступа и выровненной поверхности самой террасы указывает на относительно устойчивое положение береговой линии. Затем должно было произойти понижение уровня моря и выработка новой террасы на более низком уровне.

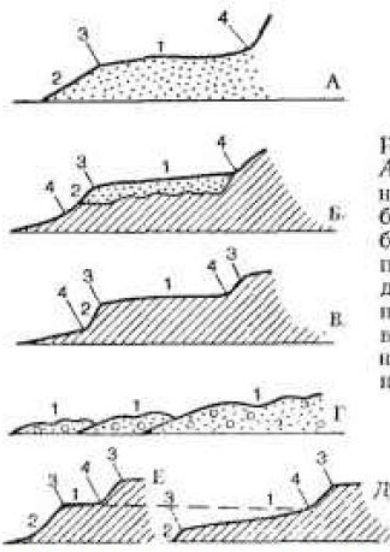


Рис.
А —
ная;
берег
без
приу
древ
при
вого
неодн
нени

Леонтьев, Рычагов, Общая геоморфология, 1973

Изучение морфологии берегов дает дополнительный материал для **суждения о направленности новейших движений**.

Для **опускающихся берегов** характерен резко изрезанный контур с многочисленными заливами, бухтами, полуостровами, мысами, абразионным типом берега, с устьями рек в виде эстуариев или уменьшающихся в размерах дельт, а также уменьшающиеся благодаря наступанию баров лагуны, понижающиеся в сторону моря береговые валы.

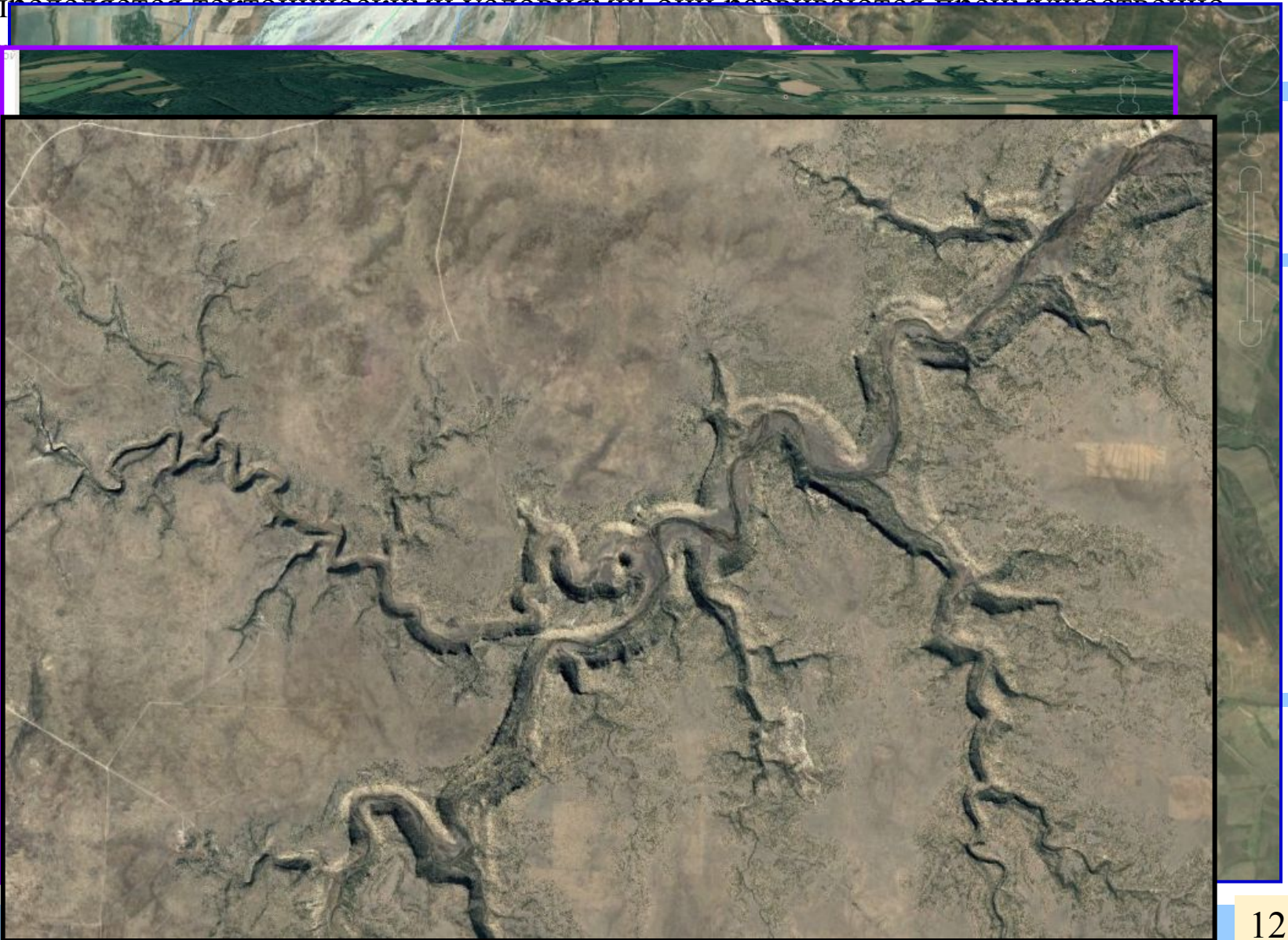
Изучение речной сети и речных долин. Заложение речных долин, как правило,

предопределяется геотектоническими и метаморфическими зонами, а также тектоническими разломами и складками.

При **по**растущем течении

При **ос**сохранении образу. Но если преодолена постепенная — про. В таких первоначальных

Перестроение — **рас**бассейна тектоническими



Тектонические находят свое строение ее. На участке испытываются представленные относится к невелика, т значительна. При особен вообще исч

На участке долина рас типу, сложе обладает зн современно аккумуляти участков по начиная с б понижаются.

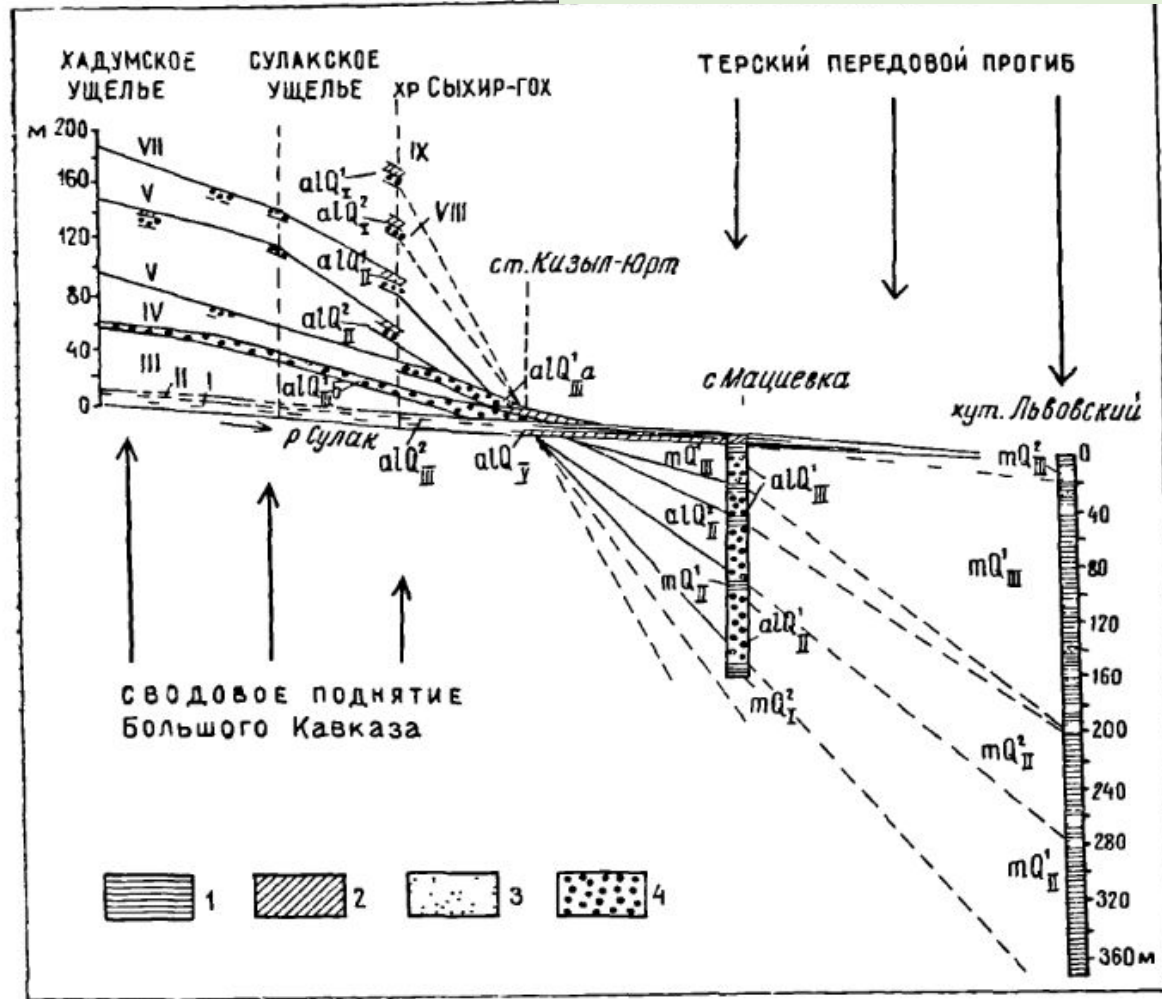


Рис. 9.14. «Ножницы» террас р. Сулак при переходе от сводового поднятия Большого Кавказа к Терскому передовому прогибу, где бурением вскрыты коррелятивные аллювиальные отложения (al), а далее на север — фациально замещающие их морские отложения (m). По А. В. Кожевникову (1964):
1 — глины; 2 — суглинки; 3 — пески; 4 — галечники

река, всем
андры
ДОЛИНЫ
Ы
не.
и вся
дему
иями,
убже

Изучение поверхностей выравнивания. Подобно тому как изучение высотных

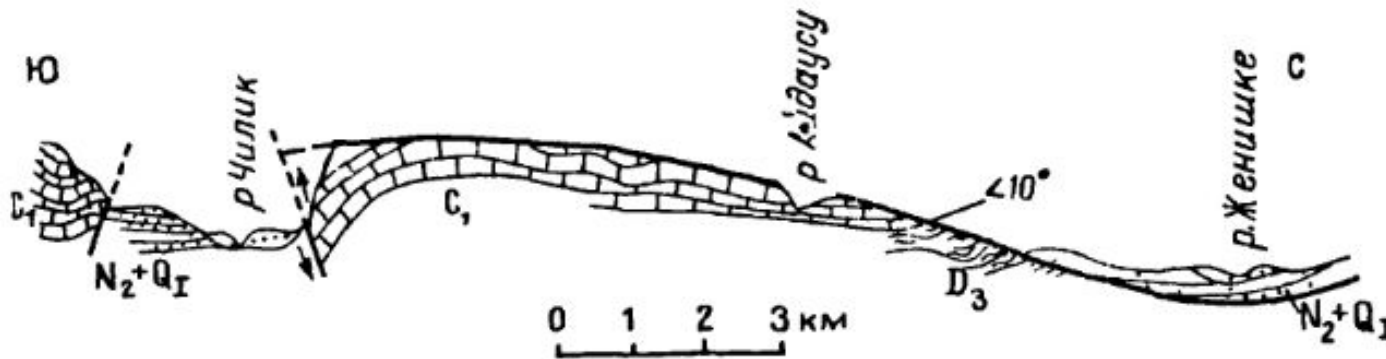
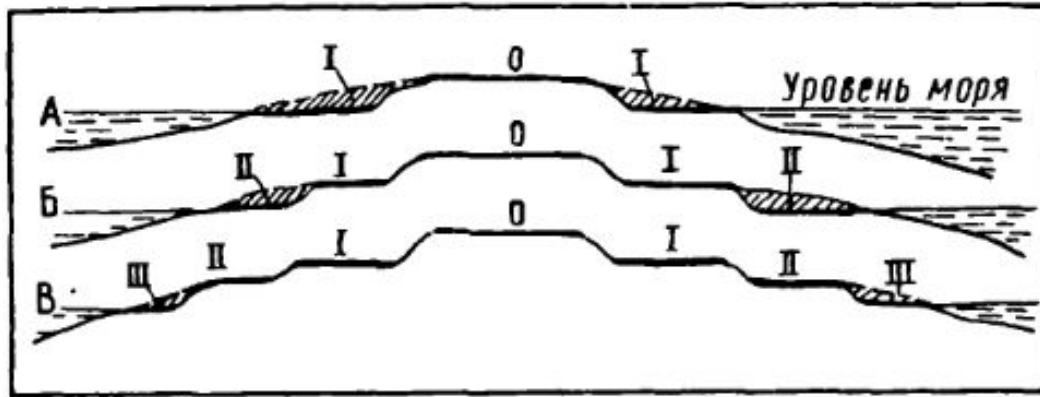


Рис. 9.15. Схема последовательного формирования поверхностей выравнивания I—III по мере поднятия горного сооружения; штриховкой обозначен очередной денудационный врез (по В. Е. Хаину, 1973). Внизу — тектонические деформации (изгибы, разрывные смещения) одной из древних поверхностей выравнивания в Зайлийском Алатау (по А. В. Горячеву, 1959)

ОТМ
ПОД
и де
наи
ПОВ
ВОС
— М
ПЛА
пов
вос
врем

Пов
слаб
пер
соор
ВВЕ
ПОВ
и по
МОЛ

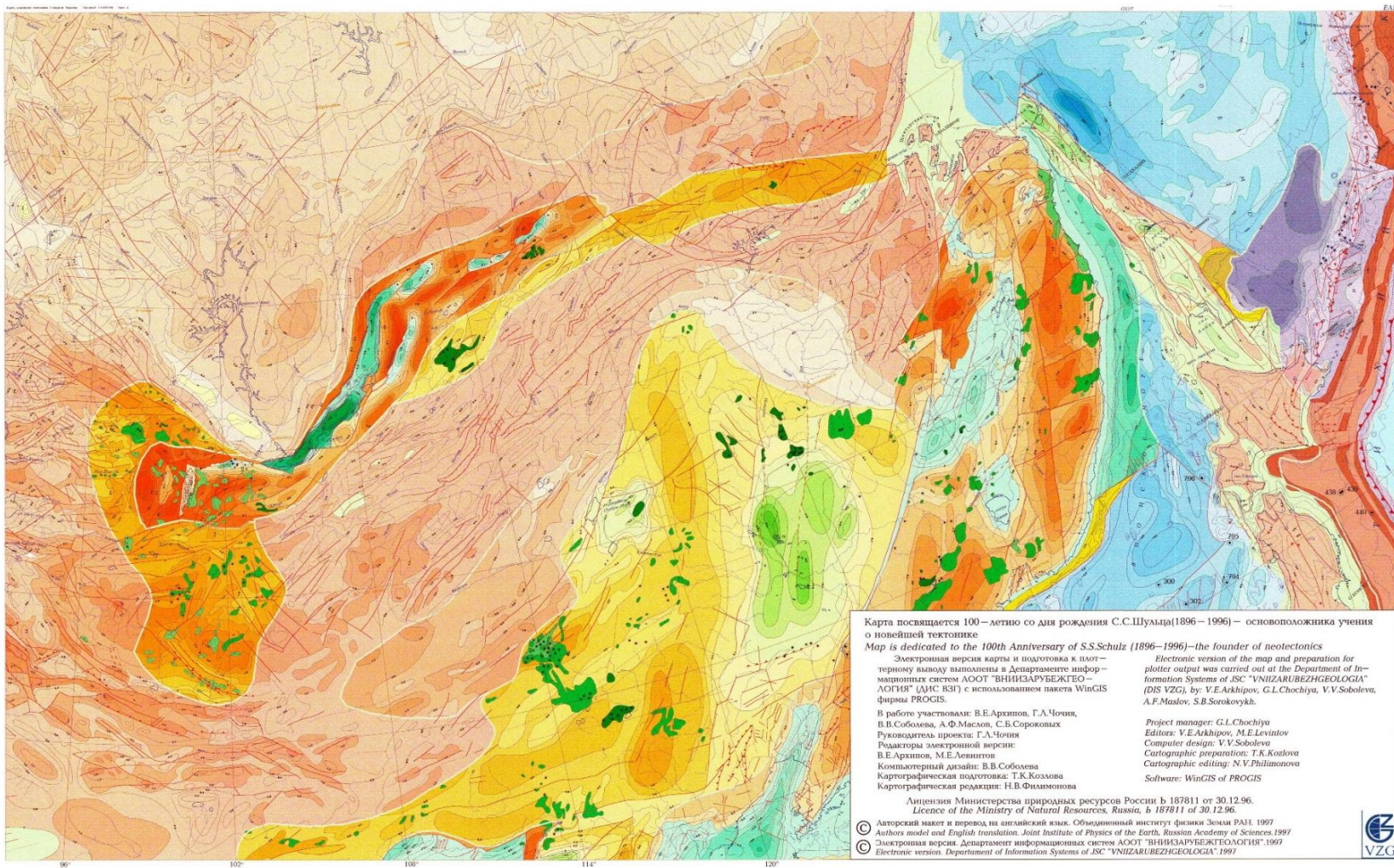
создает возможность непосредственного определения условия их образования и возраста.

ейших
ых стран
как
анние
леогену
древних
методом
го

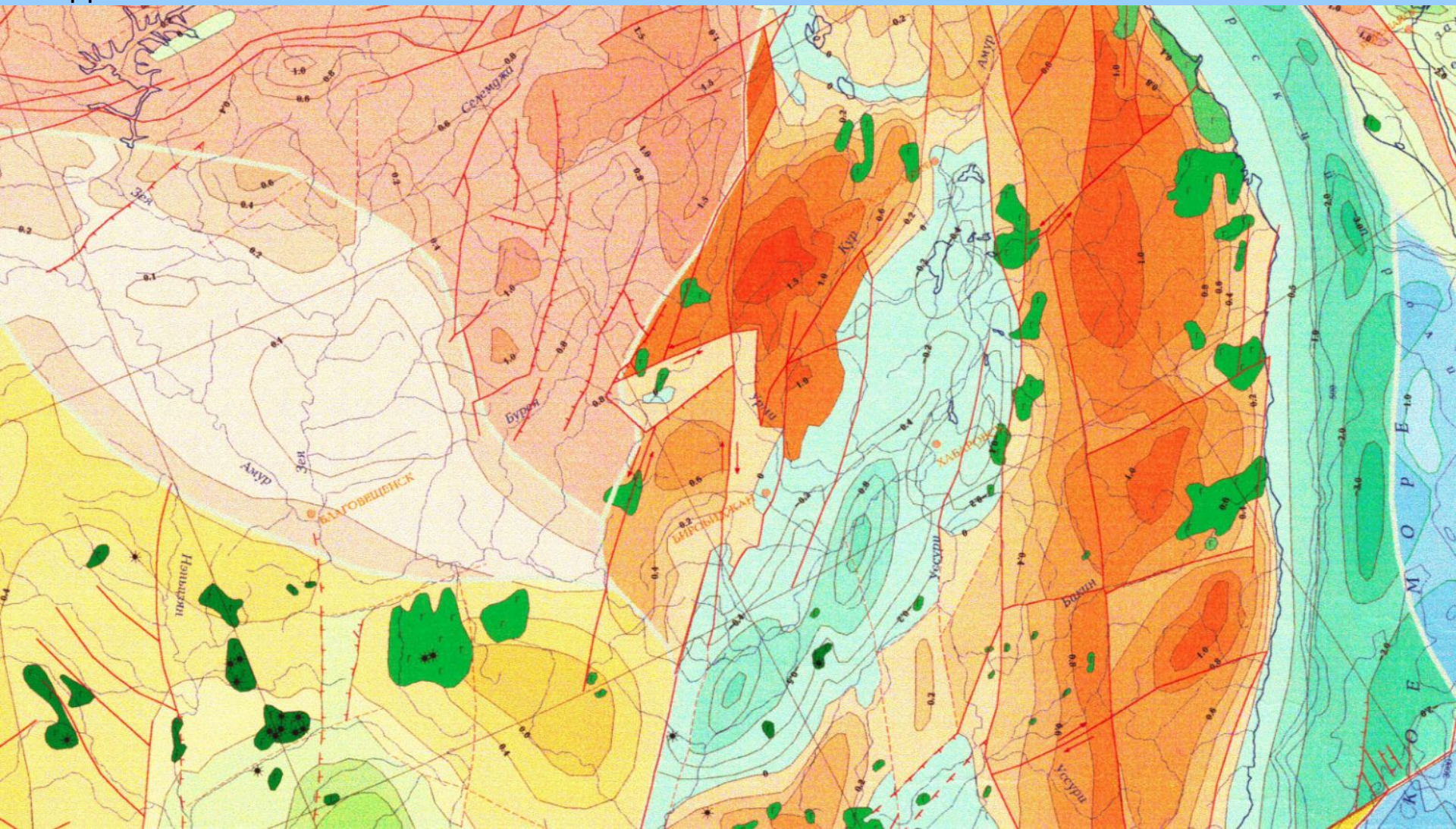
ЛЬНО
к
ру этих
иём

одораздел
их и
ие, что

Картографический метод.



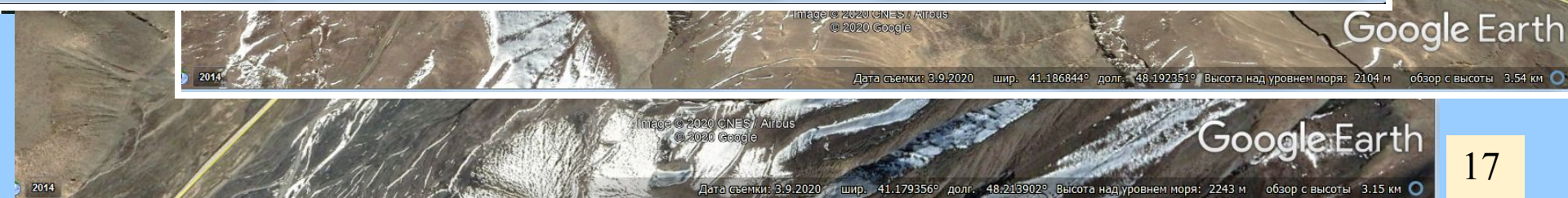
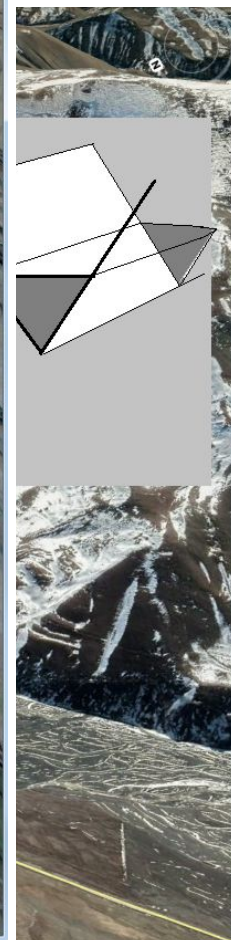
Амурская плита и Сихотэ-Алинь, карта Грачева,
деталь



Юго-Восточный Кавказ, активный рельеф

3500

В



4А Современные тек

Неравномерность рас
фрактальность литос

Границы литосферны
(субдукционные, колл

Тройные сочленения

Главные геодинамиче
внутриплитные обста

(очень короткий обзор

Фрактал ([лат. fractus](#))

дроблёный, сломанный

[самоподобия](#) — дроб

свойством самоподоб

частью себя самого, т

математике под фракт

[пространстве](#) — дробл

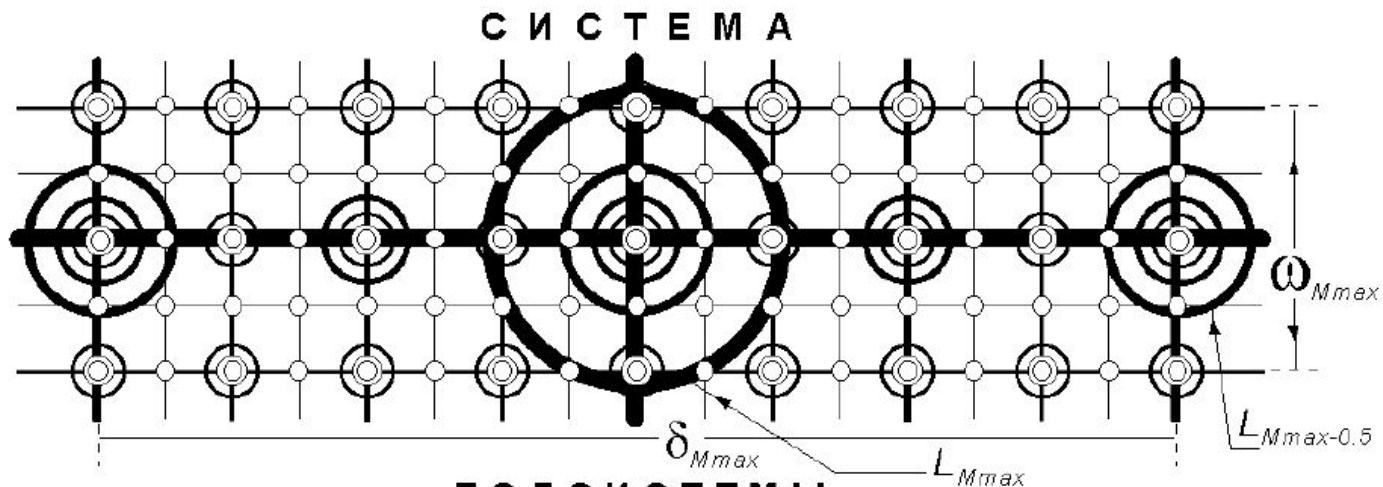
свойством самоподобия

частью себя самого, то е

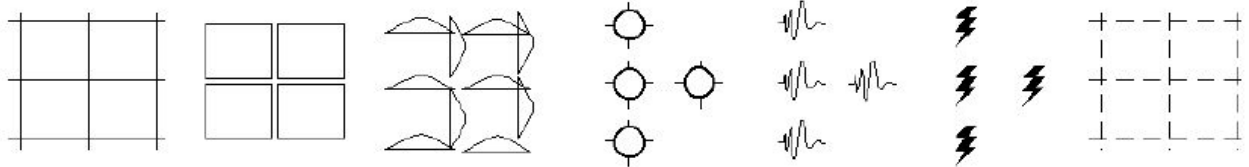
математике под фракталами понимают множества точек в евклидовом пространстве,



Нер
СЕЙ



ПОДСИСТЕМЫ



ЭЛЕМЕНТЫ



Рис. 7. Одна из возможных моделей многоэлементной структуры системы сейсмогенеза

http://
Средн
М, и
два ра
земле
около
межэл
приме
завис
самоподобие (фрактальность) в иерархии р
землетрясений. Инвариантами (постоянными

ых по 0.5
мерно, в
M=7.5 -
ОКОВ,
к другу не
САМЫМ

Есть важные отличия фрактальности от иерархических соотношений (Ф.Я.)

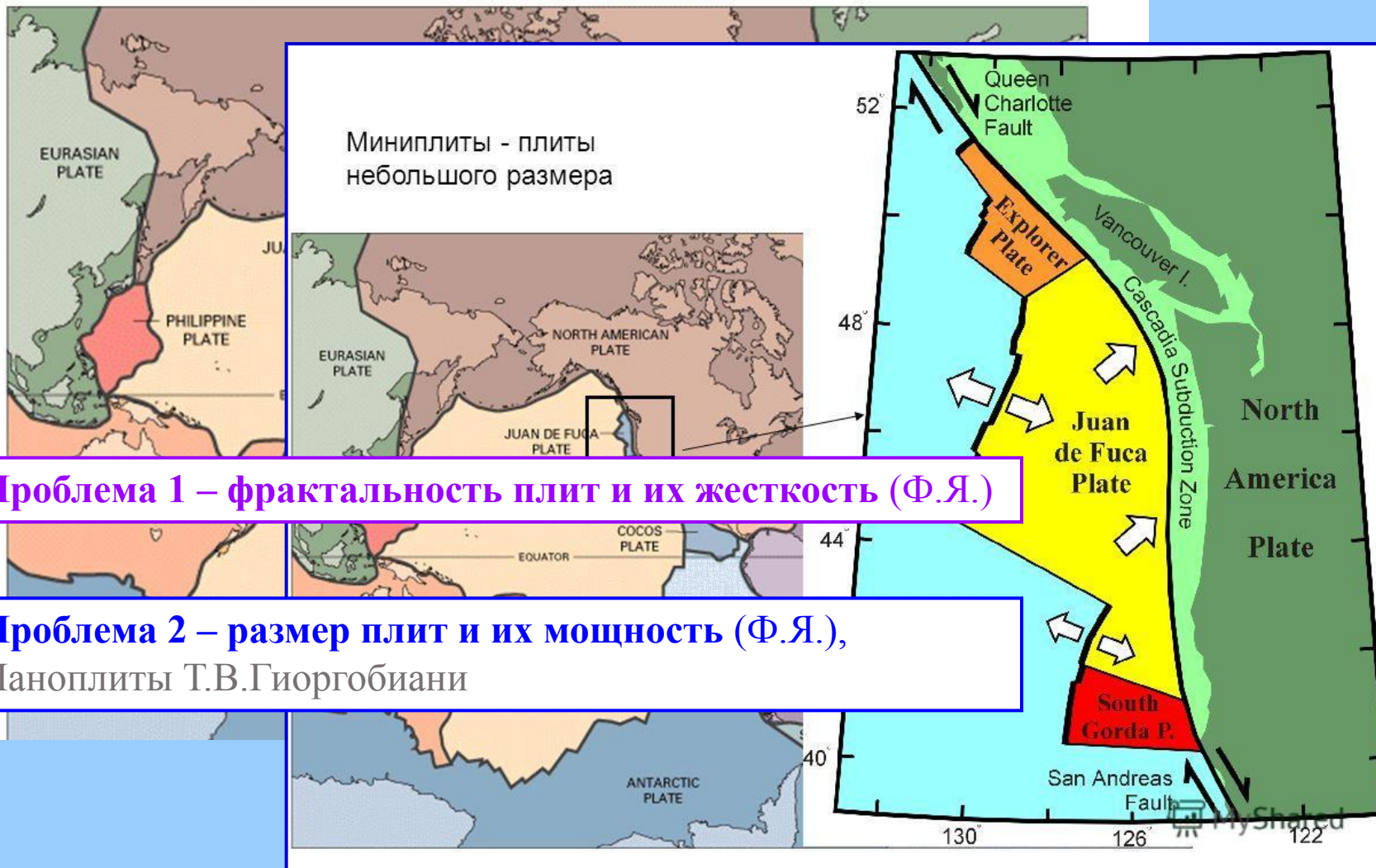
Решеточная модель сейсмогенеза.

В.И. Уломов. Фрактальная структура литосферы сейсмоактивных регионов и решеточная модель сейсмогеодинамики // Первый междунар. семинар "Напряжения в литосфере (глобальные, региональные, локальные)". 19-23 сентября 1994г. М: ИГиРГИ. С. 192-193.

Цветом выделены землетрясения с различными глубинами гипоцентров: мелкофокусные (красным), промежуточные (зеленым) и глубокие (синим).

Фрактальность литосферы, ее деление на плиты и микроплиты

Главные 7 литосферных плит



Проблема 1 – фрактальность плит и их жесткость (Ф.Я.)

Проблема 2 – размер плит и их мощность (Ф.Я.),
Наноплиты Т.В.Гиоргобиани

Границы литосферных плит: дивергентные (рифтогенные) и конвергентные (субдукционные, коллизионные), границы по трансформным разломам.

Границы литосферных плит классифицируются

По характеру движения

По типу граничащей коры

Конвергентные границы
(столкновение, поглощение)

субдукция

коллизия

типа океан-океан (островные дуги)

типа океан-континент (активные
континентальные окраины)

континент-континент
(коллизионный ороген)

обдукция

Дивергентные границы
(расхождение, наращивание)

типа океан-океан (спрединг)

типа континент-континент

(континентальный рифтогенез)

Трансформные разломы
(скольжение)

 MyShared

Батиметрия Мирового океана

Метод спутниковой альтиметрии позволил существенно уточнить батиметрию или «топографию» дна Мирового океана. Аномалии силы тяжести, рассчитанные по данным спутниковой альтиметрии, отображают особенности рельефа океанического дна

Спутниковая альтиметрия



Помимо этого спутниковая альтиметрия позволяет анализировать:

- амплитуду скорости приводного ветра
- высоты волн
- состояние подстилающей поверхности

H_g – высота геоида или эквипотенциальная поверхность гравитационного поля Земли

H_{orb} – высота орбиты спутника

H_{alt} – высота спутника над поверхностью моря

H_{ssh} – высота морской поверхности с учетом ряда поправок (dH_i), связанных с прохождением радиосигнала через

атмосферу,

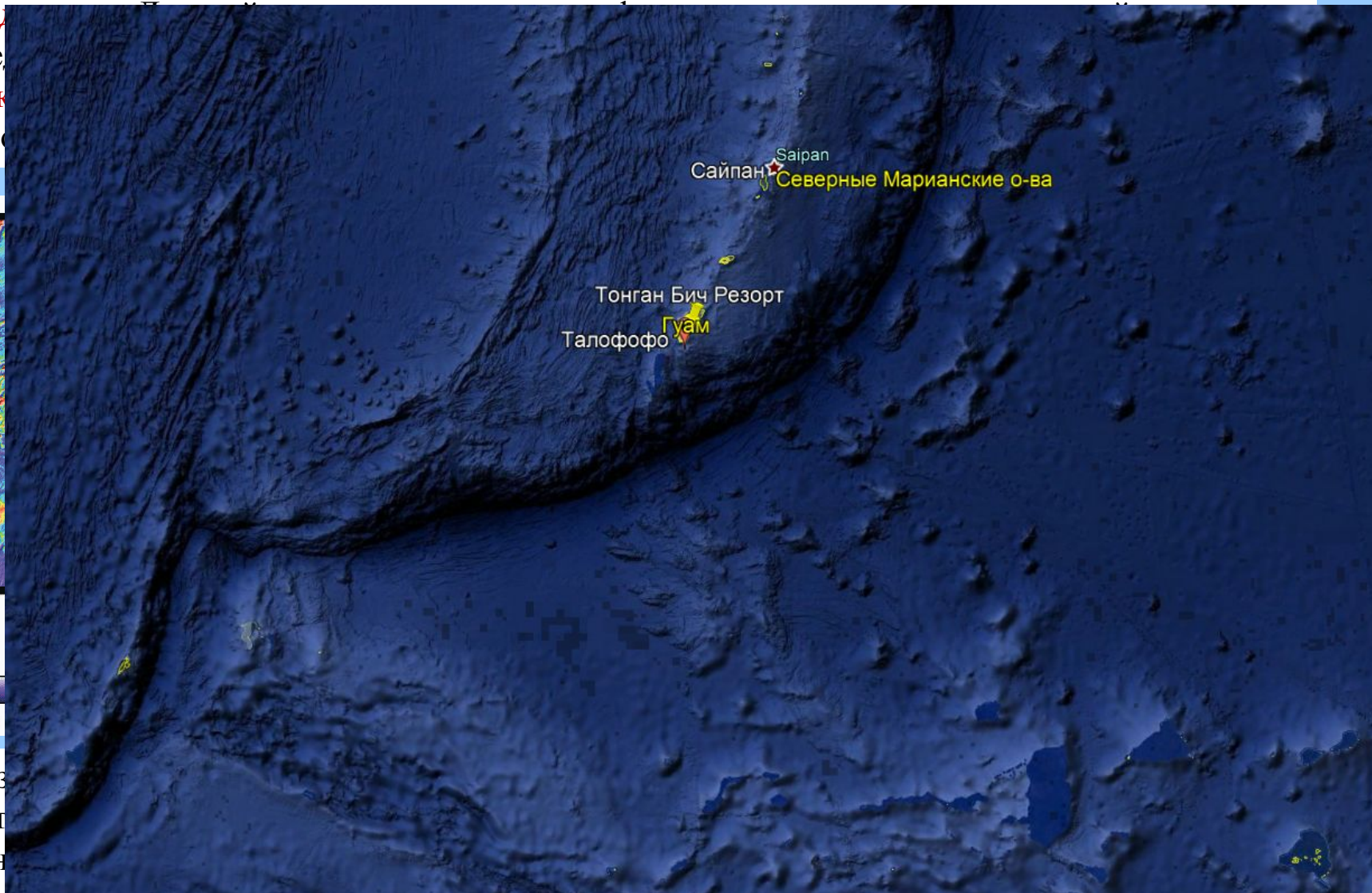
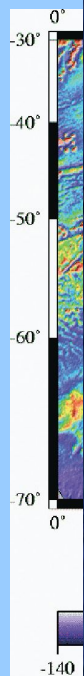
инструментальными ошибками и состоянием подстилающей поверхности:

H_{dt} – динамическая топография отклонения морской поверхности относительно геоида:

$$H_{dt} = H_{ssh} - H_g$$

Сравнение карты предполагаемого рельефа (Heezen, Tharp, 1977) с физиографической картой Мирового океана, построенной по данным эхолотных съемок показало их **хорошую**

сход
пре
на к
стро

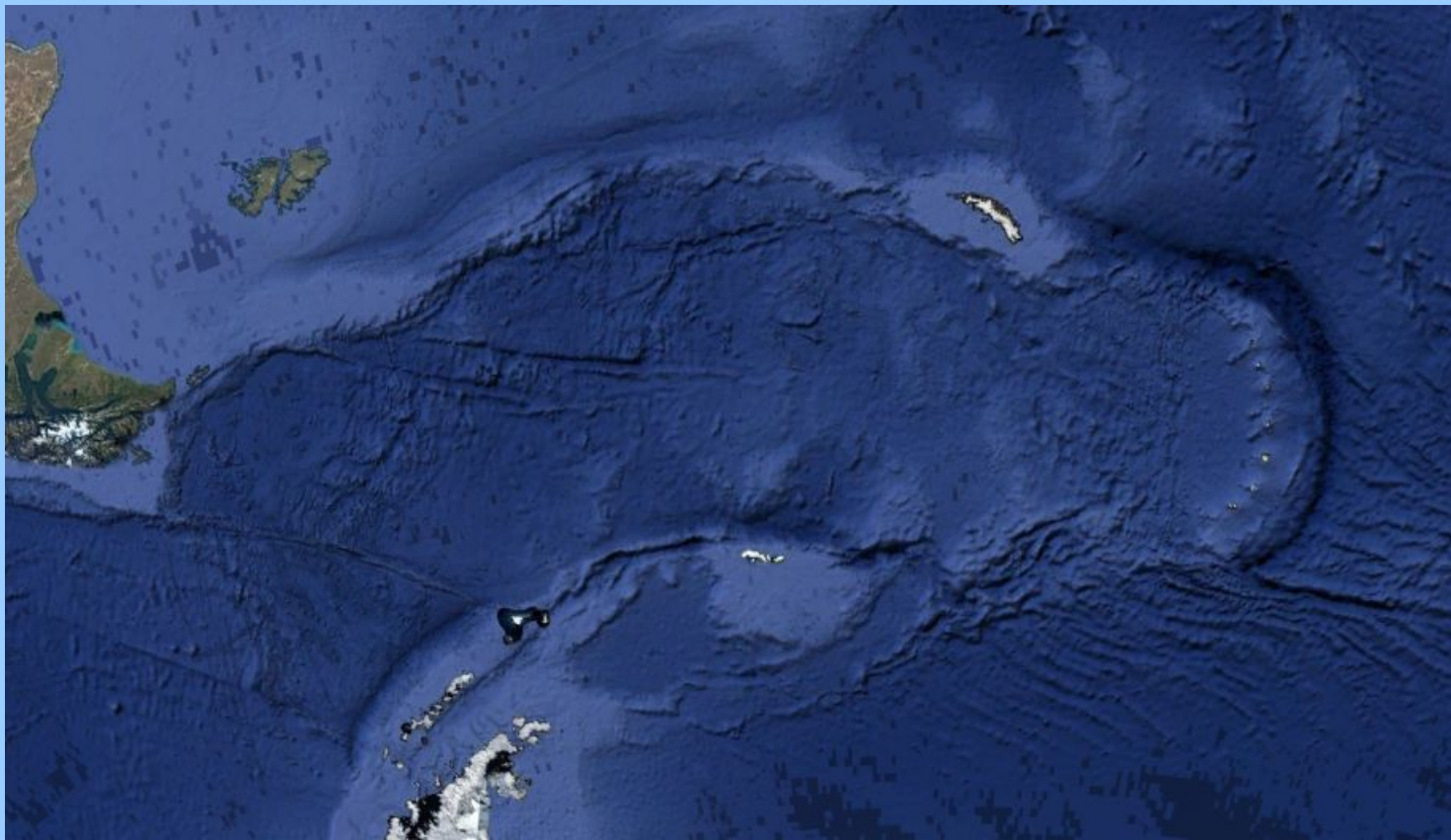


Связ
спут
южн
Капской котловины, котловины Агульяс, Африканско-Антарктического хребта и Африканско-Антарктической котловины



256 km

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

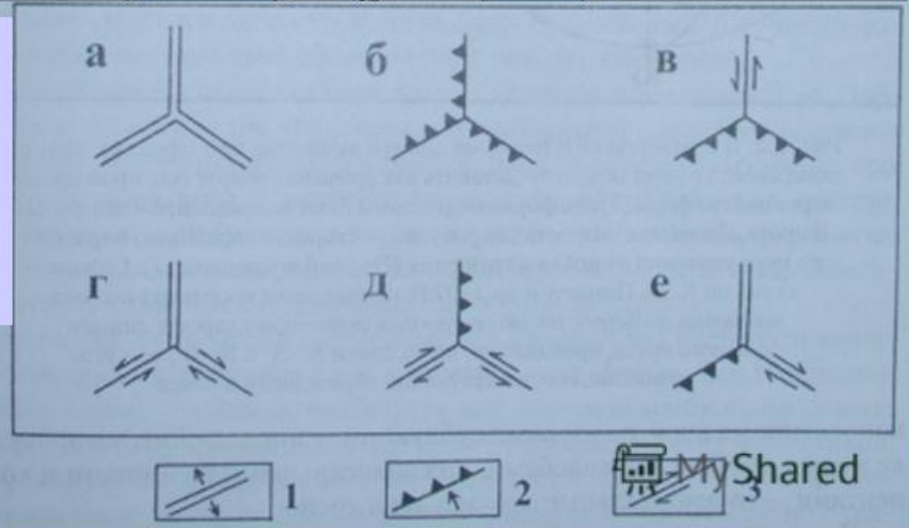


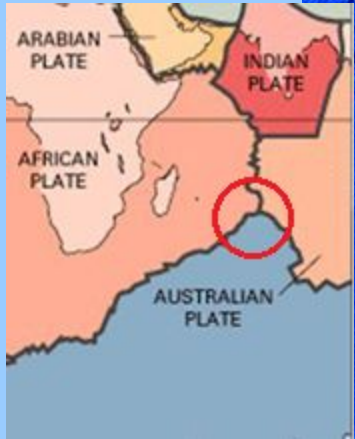
Тройные сочленения границ литосферных плит их виды.



Главные виды тройного сочленения плит

- 1 – зоны спрединга
- 2 – зоны субдукции
- 3 – трансформные разломы





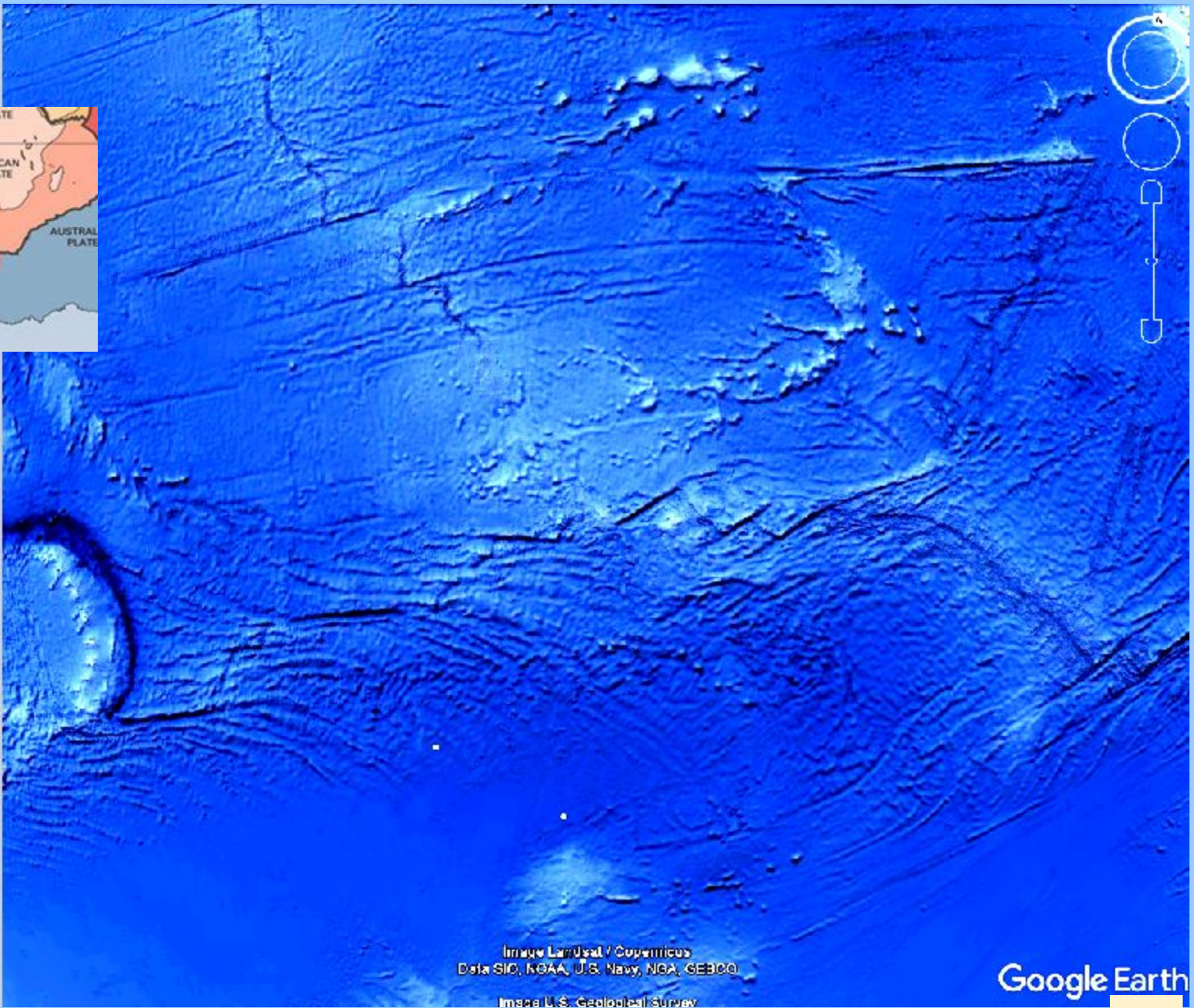


Image Landsat / Copernicus
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image U.S. Geological Survey

Google Earth

Главные геодинамические обстановки на границах литосферных плит, внутриплитные обстановки континентов и океанов (завершение краткого обзора, программа следующих занятий)

Современная тектоническая активность сосредоточена главным образом на границах литосферных плит. Двум главным видам этих границ соответствуют и главные геодинамические обстановки.

На **дивергентных** границах развивается **рифтогенез**, здесь же будет рассмотрена активность **трансформных границ**, поскольку они связаны в первую очередь с рифтовыми зонами океанов.

Конвергентное взаимодействие литосферных плит выражается **субдукцией, обдукцией и коллизией**.

К **внутриплитным** тектоническим процессам относятся вертикальные и горизонтальные движения, локально – сейсмичность, вулканизм (специальная тема).

Особое значение рассмотрение современных обстановок в геодинамике имеет в связи с тем, что такие обстановки являются эталоном для интерпретации обстановок геологического прошлого

Конец лекции

Объяснение самостоятельной работы

1. Проверка информации об истории развития структуры южнее Кипра – вокруг подводной горы Эратосфен.

ЗАДАНИЕ

Используя профили НСП, проходящие через блоки «Эратосфен», бассейн Кипра (хребет Латакия, хребет Маграт), надо выделить этапы развития этих блоков с амплитудой их погружения, временем возникновения их современной структуры (или этапом ее формирования).

1. Понятие «микроконтинент» в кратком словаре тектонических терминов определено как: Внутреннее поднятие океана с типичной, но утоненной (25-30 км) корой континентального типа, плоским рельефом на глубинах вплоть до 2-3 км. У авторов данной статьи указана мощность блока Эратосфен ~20км (рис. 12). То есть уже по формальному признаку есть расхождение.
2. История подводной горы Эратосфен, прослеживается со средней юры (условие задачи, моделирование авторов статьи), но отложения глубже верхней юры авторами не различались (там же). Представляется, что не полностью изученное геологическое строение, представление о нем искажает объективную картину исследования.

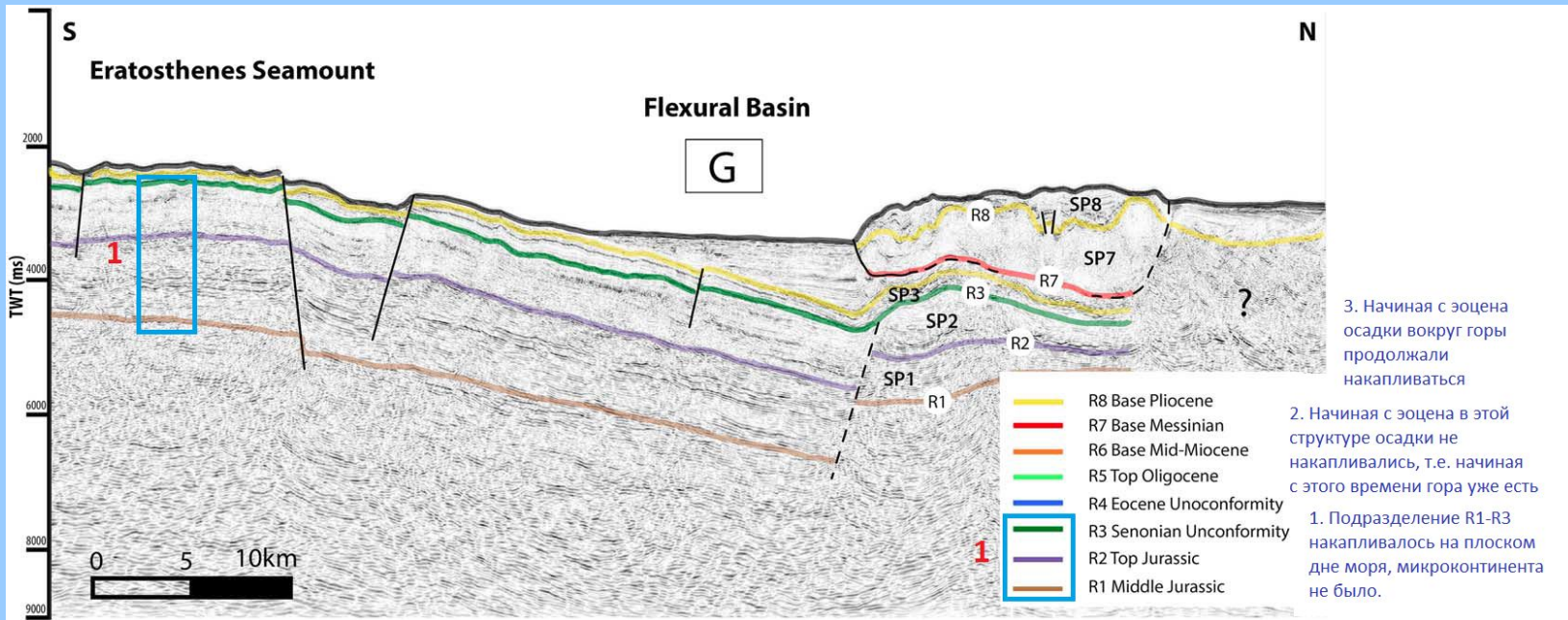


Figure 10. Seismic line 6015 trending south-north. The letter in square is used to refer to a specific zone in the text. Position of this profile found in Figure 3. Position G: flexural basin created from the convergence of Eratosthenes microcontinent with Cyprus and infilled by Plio-Pleistocene sediments. A thin skinned thrust with a décollement level north of the basin portrays the shortening.

