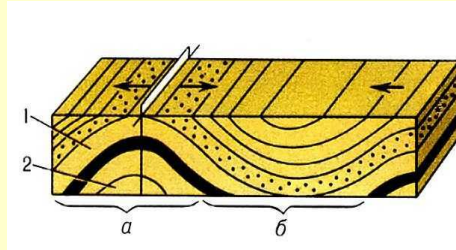
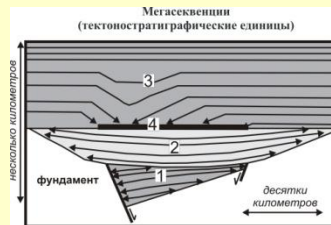


## *План лекции:*

### *1. Тектонические (орогенические, эпейрогенические) движения и методы их изучения*



### *2. Тектоностратиграфия и ее роль в секвентной стратиграфии*



### *3. Событийная стратиграфия и ее роль в секвентной стратиграфии*





## Типы тектонических движений:

- 1) Крупные горизонтальные перемещения литосферных плит
- 2) Орогенические;
- 3) Эпейрогенические;

Тектонические движения – механические перемещения отдельных участков земной коры в вертикальном или горизонтальном направлении, приводящие к изменению их строения. («Перемещение материала коры», по Белоусову) По Хаину и другим это касается не только земной коры, но и верхней мантии, т.е. литосферы.

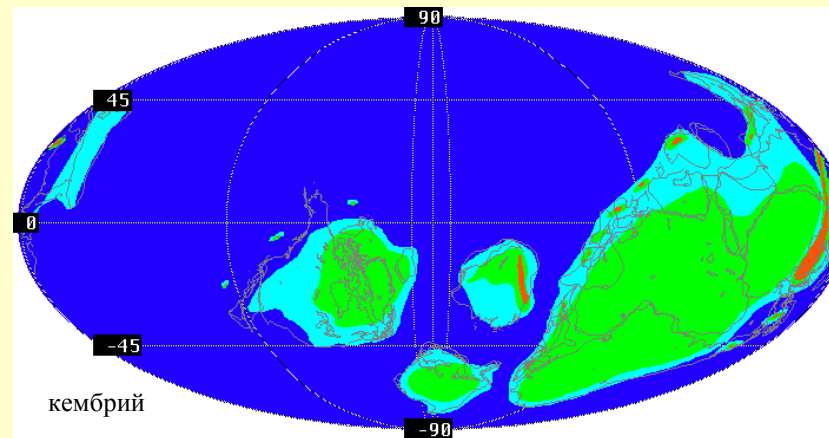
*Структуры земной коры находятся в движении.*

*По типу движения могут быть разделены на 2 группы:*

*вертикальные*

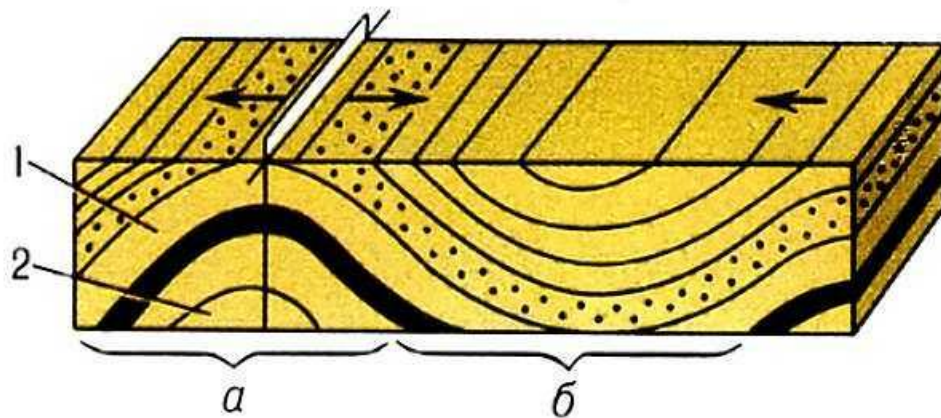


*горизонтальные*





*Орогенические движения* -  
складкообразующие,  
разрывообразующие  
движения. Происходят в  
масштабе геологического  
времени *сравнительно*  
*мгновенно* (занимают  
миллионы лет), как  
автомобильные аварии.



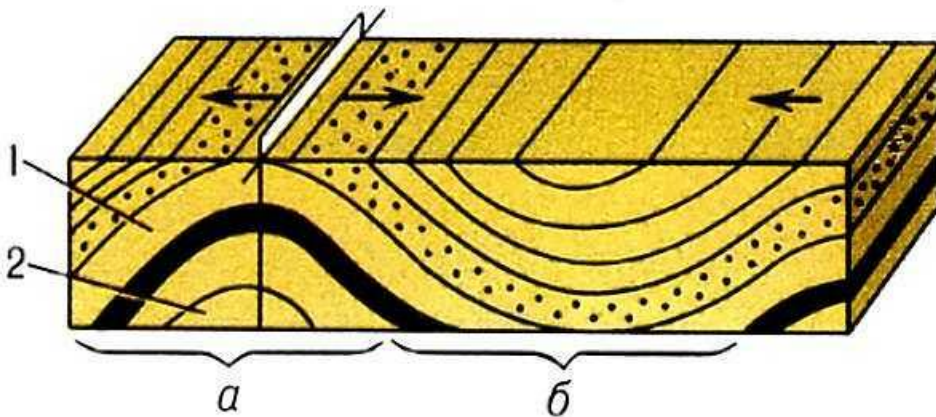


# Орогенические движения



## Особенности:

- 1) наличие горизонтальной и вертикальной составляющих;
- 2) локальность, неповсеместность, эпизодичность, кратковременность;
- 3) необратимость



**Метод изучения (прямой):**  
структурный анализ  
созданных ими форм (складок,  
разрывов...) - *структурная  
геология*

# Орогенические движения



**Геологический разрез Полудова  
кряжа (Историческая геология,  
1985):** а—профиль; б—  
стратиграфическая колонка; в—  
колонки силурийских отложений. 1,  
2—конгломераты (1—галечные, 2—  
мелкогалечные); 3—гравелиты; 4—  
песчаники; 5—суглинки; 6—  
аргиллиты; 7—сланцы; 8—  
мергели; 9—известняки; 10 —  
доломиты

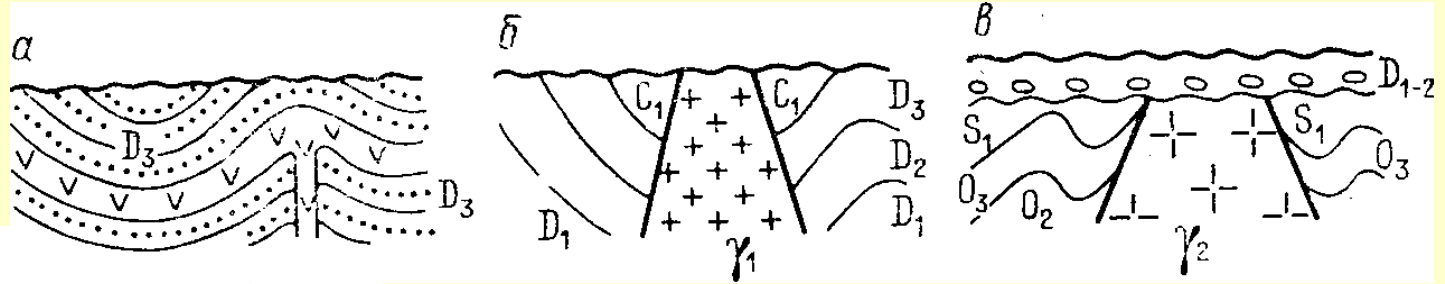
Признаки: наличие  
углового несогласия

Согласно 6-му принципу  
Н.Стенона складчатость  
произошла после самых  
молодых пород ниже  
поверхности углового  
несогласия и до самых  
древних пород выше этой  
поверхности

В данном случае: время  
складчатости после PR до  
S

# Орогенические движения

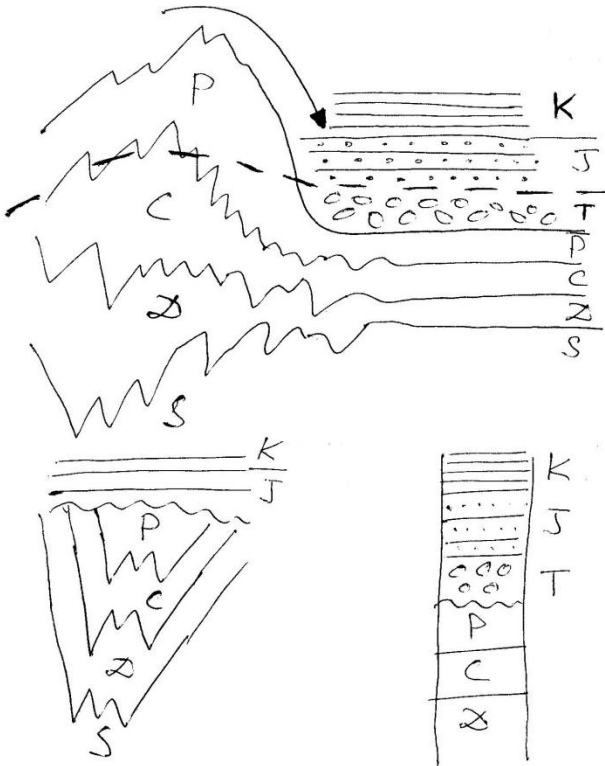
Методы изучения (косвенные): 1) определение возраста синтектонических гранитов - абсолютная геохронология (геохимия)



2) по «конгломератам подножий»

Время проявления: граница перми и триаса

Особенно ценно при анализе керна и каротажных диаграмм!



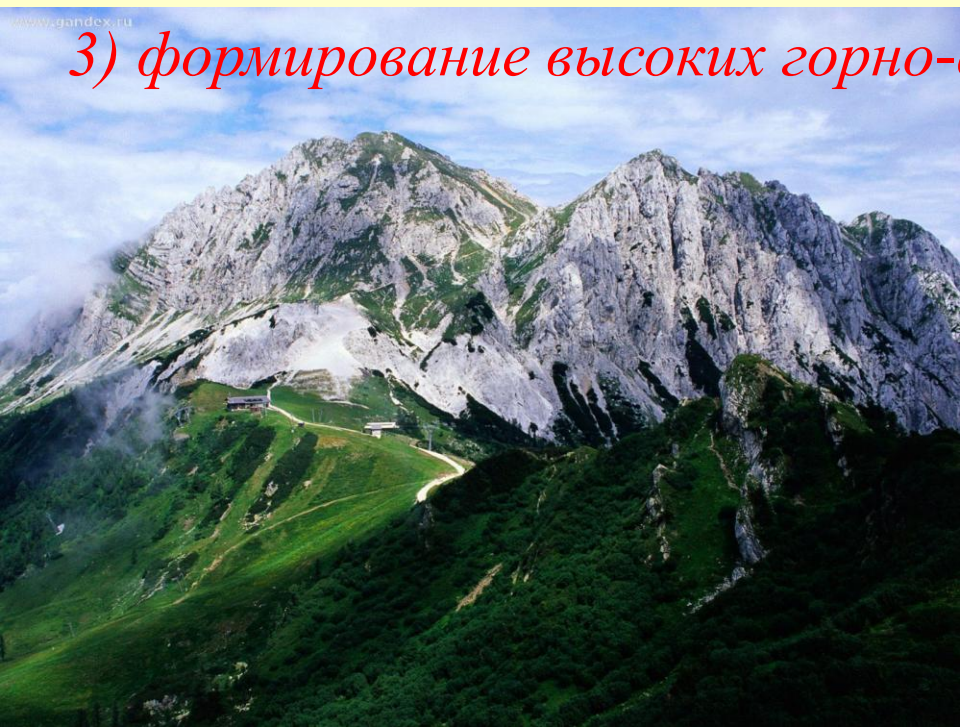


*Эпейрогенические движения - вертикальные перемещения (поднятия или опускания) крупных участков Земной коры, вызывающие:*

*1) трансгрессии и регрессии;*

*2) денудацию рельефа и образование плоских, но обширных по площади впадин (депрессий) и поднятий (сводов) на континентах*

*3) формирование высоких горно-складчатых областей*





# Эпейрогенические движения

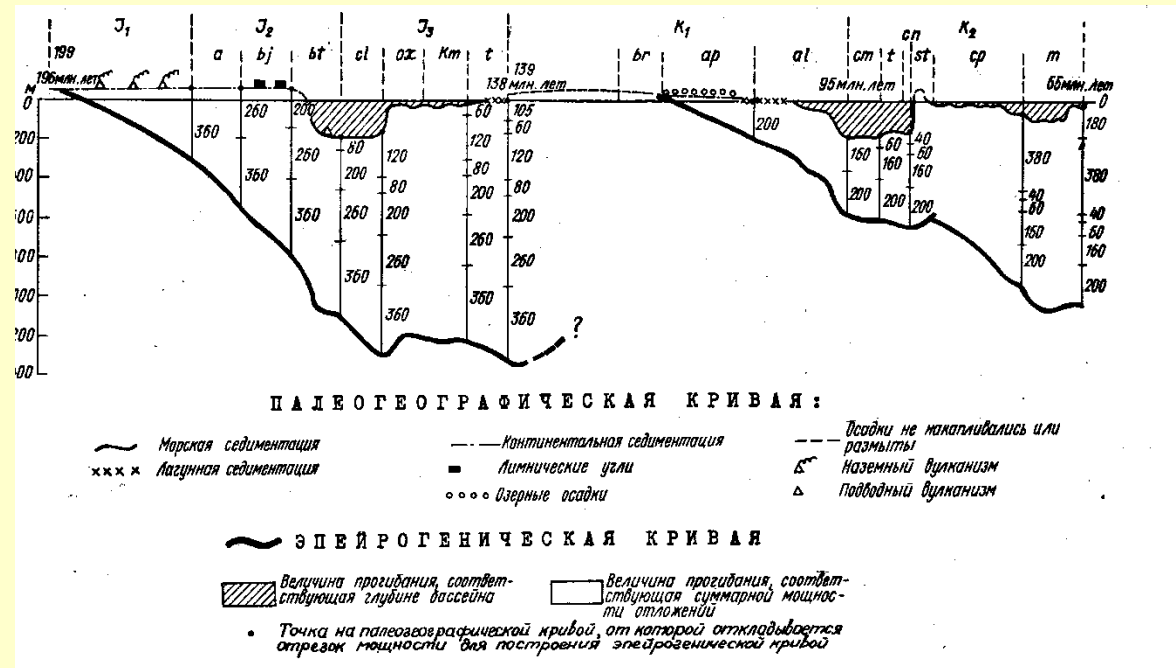
Особенности: 1) только вертикальная составляющая;

2) повсеместность, постоянность, медленность;

3) обратимость

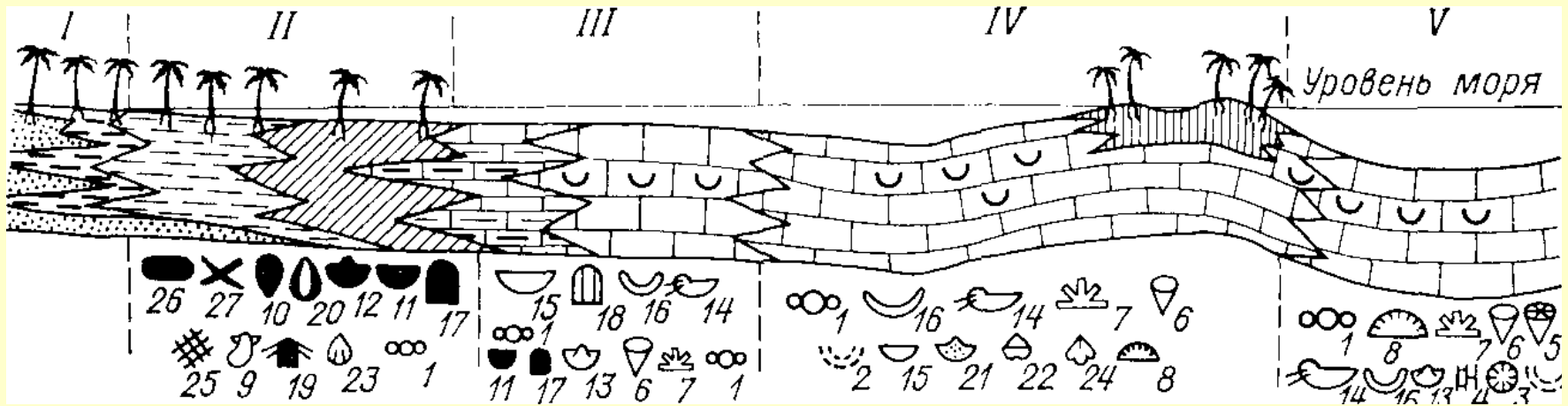
«Back-stripping  
analysis»

Анализ  
геологической  
истории по 1-ой  
стратиграфичес-  
кой колонке



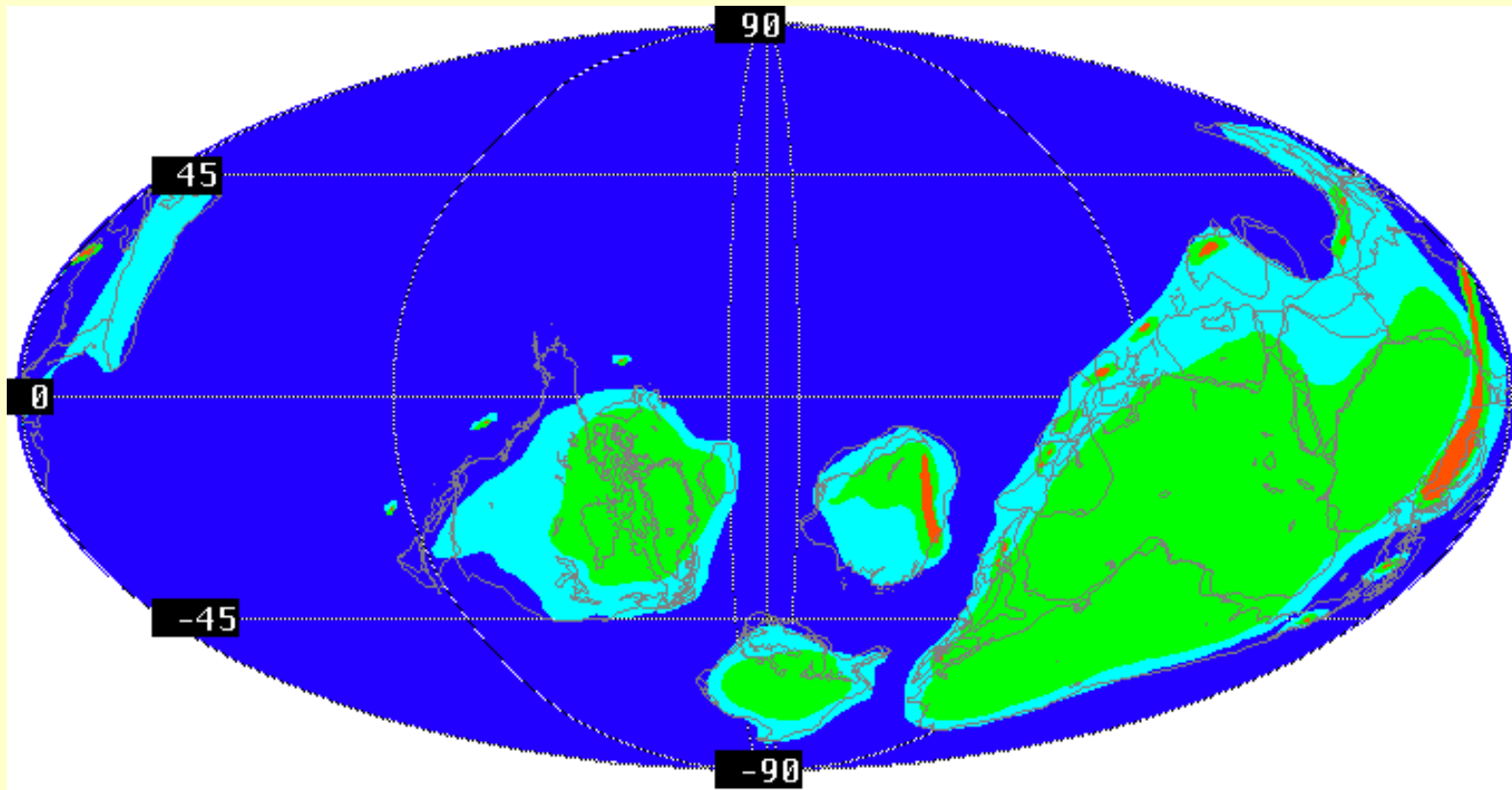
Основа метода изучения: геоморфологическое выражение в рельефе областей поднятия и опускания, т.е. анализ процессов осадконакопления и денудации

## Эпейрогенические движения: методы изучения



1) Распределение областей поднятия и погружения на площади выявляется изучением фациальной изменчивости отложений данного возраста

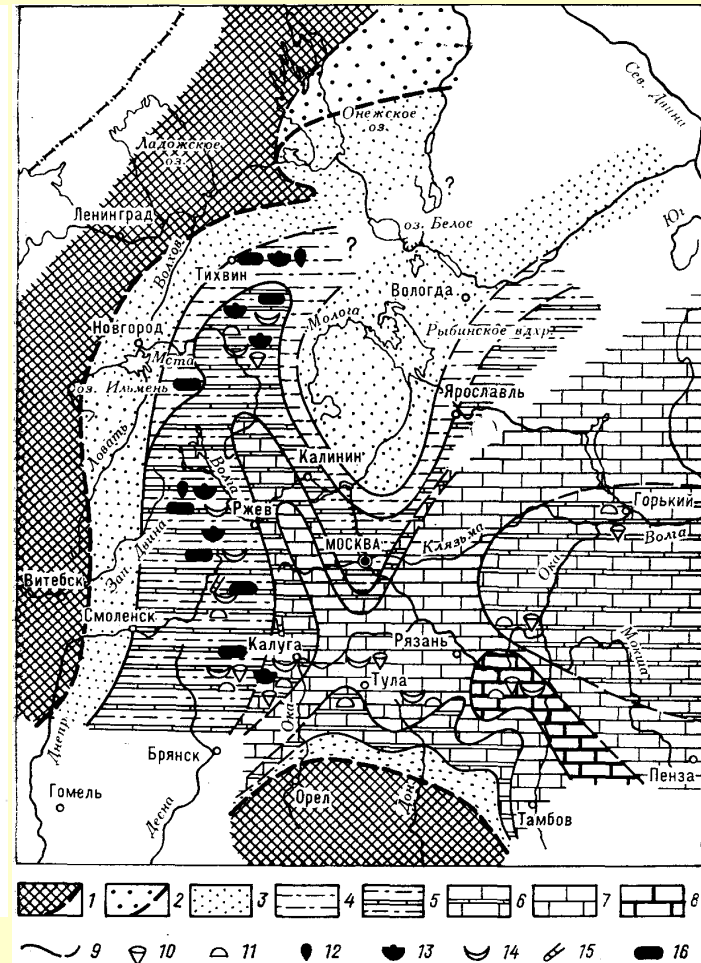
## *Эпейрогенические движения: методы изучения*



2) Палеогеографический метод Карпинского - исключительно качественно и схематично

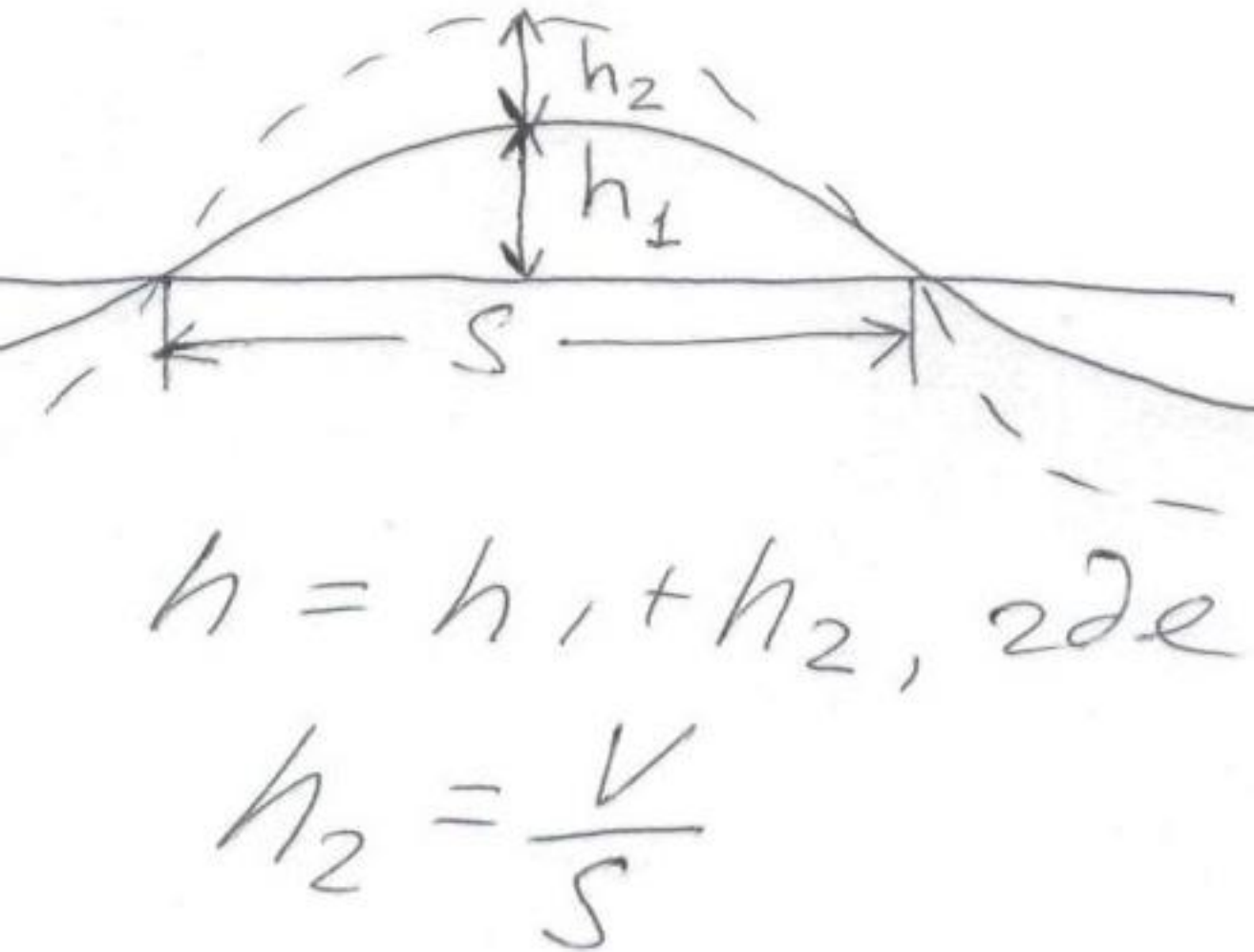


# Эпейрогенические движения: методы изучения



3) Метод анализа карт фаций и мощностей - уточненная качественная и количественная характеристика для областей погружения

## Эпейрогенические движения: методы изучения



### 4) Объемный метод Ронова:

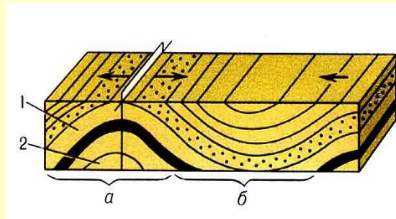
расчетная оценка величины вертикальных перемещений с использованием величины объема денудированных осадков

## *Тектонические движения: выводы*

*1. Тектонические движения реализуются в вертикальной и горизонтальной плоскостях, постоянно или эпизодически, локально или повсеместно. Они обратимы или необратимы, могут циклически повторяться.*



*2. Методы их изучения: прямые (анализ структурных форм), косвенные (анализ: складчатых интрузий, фацальной и палеогеографической обстановки, темпов осадконакопления и денудации, всей геологической истории).*



*3. Их анализ необходим для тектоно-, секвентной, событийной и др. стратиграфии*





# Событийная стратиграфия



Анализ этих событий, некоторые из которых могут иметь катастрофическую природу и широкомасштабное распространение позволяет корректно оценить геоисторическую, палеогеографическую эволюцию бассейна, а сами отложения являются прекрасными маркирующими горизонтами, создающими «каркас» стратиграфии, преодолевающими проблему геологического времени и сопоставления морских и континентальных отложений.



# Событийная стратиграфия

выделяет и прослеживает следующие *событийные отложения*, например:

1) *турбидиты*, т. е. отложения мутьевых потоков

2) *темпеститы*, т. е. отложения штормов;

3) *инундиты* — отложения наводнений;

4) *тиллиты и морены* — отложения ледников;

5) *импактиты* — отложения ударных кратеров метеоритов и др.



# Событийная стратиграфия

*Масштабы событийно-стратиграфических маркеров: примеры*



Последствие попадания метеорита весом 12 кг в заднюю часть легковой машины “Шевроле”.  
Фотография 60-х годов XX века



Последствия Тунгусского взрыва: выжженный и поваленный лес тайги. Фотография начала XX века.

*30 июня 1908 г. в 07:17 местного времени в бассейне р. Подкаменная Тунгусска на небольшой высоте в атмосфере произошел сильнейший взрыв, возможно вызванный кометой. Ударная волна вызвала огромные разрушения в Тунгусской тайге, следы которых не исчезли до сих пор. На площади 500 квадратных километров вековой лес был повален на Землю полностью. Ударная волна породила землетрясение, которое отметили сейсмографы Иркутска, Ташкента, Тбилиси, Йены.*



# Событийная стратиграфия



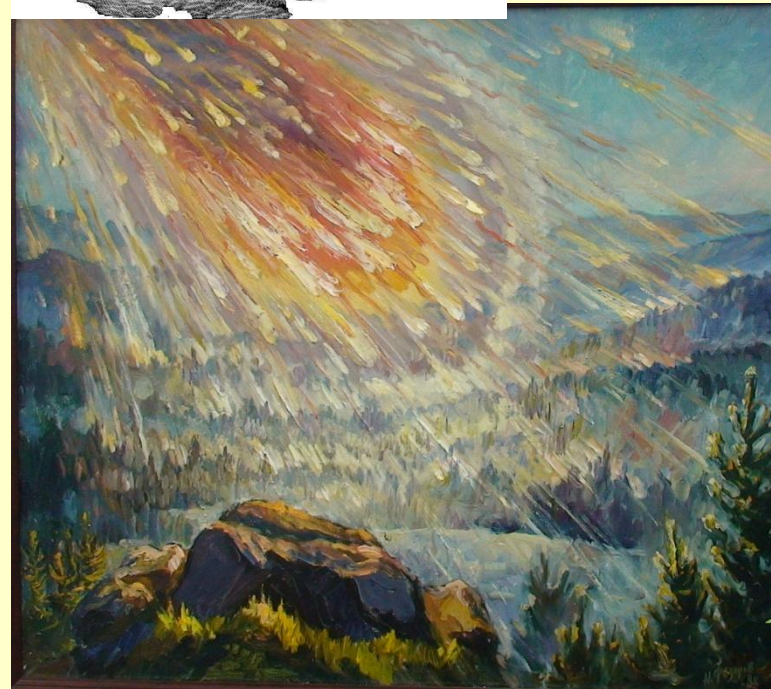
*Тунгусское событие*

*30.06.1908*



*Феномен ускорения  
(1) и искривления  
(2) роста*

*Цикличность  
падения на Землю  
космических тел  
естественного  
происхождения*





# Событийная стратиграфия

## Применение событийно-стратиграфических маркеров: примеры



Взрыв от упавшего астероида



... оставляет ударный кратер

Аэрофотоснимок метеоритного кратера Каньон-Дьябло (штат Аризона, США)



... оставляет горизонты, обогащенные веществом космического происхождения, прослеживаемые на огромные расстояния (например, иридиевая аномалия на границе меловых и палеогеновых отложений в штате Колорадо (США) - результат падения метеорита на полуострове Юкатан)

*Падение астероида привело к цепочке взаимосвязанных событий*

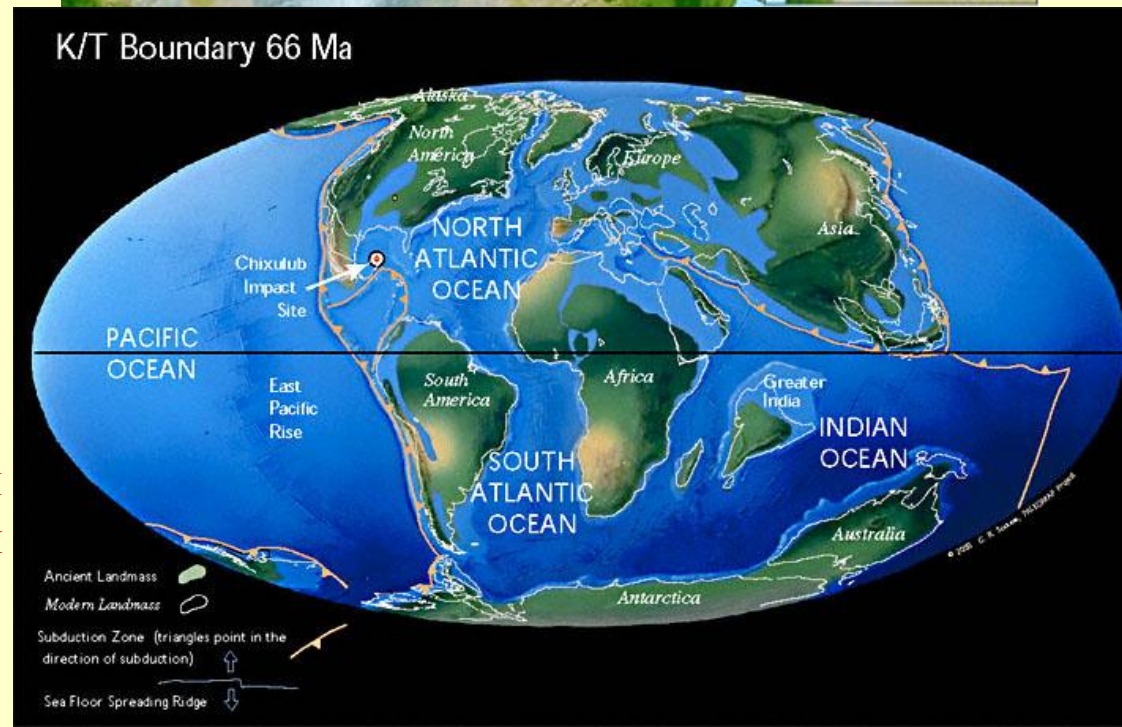


# Событийная стратиграфия

*Применение событийно-стратиграфических маркеров: примеры*



Кратер Чиксулуб расположен на п-ове Юкатан и является следом грандиозного метеоритного воздействия, в конце мезозойской эры. Структура имеет диаметр 180 км и около 900 м глубины. Внешний край кратера подчеркнут небольшой депрессией глубиной 3–5 м при ширине 5 км.



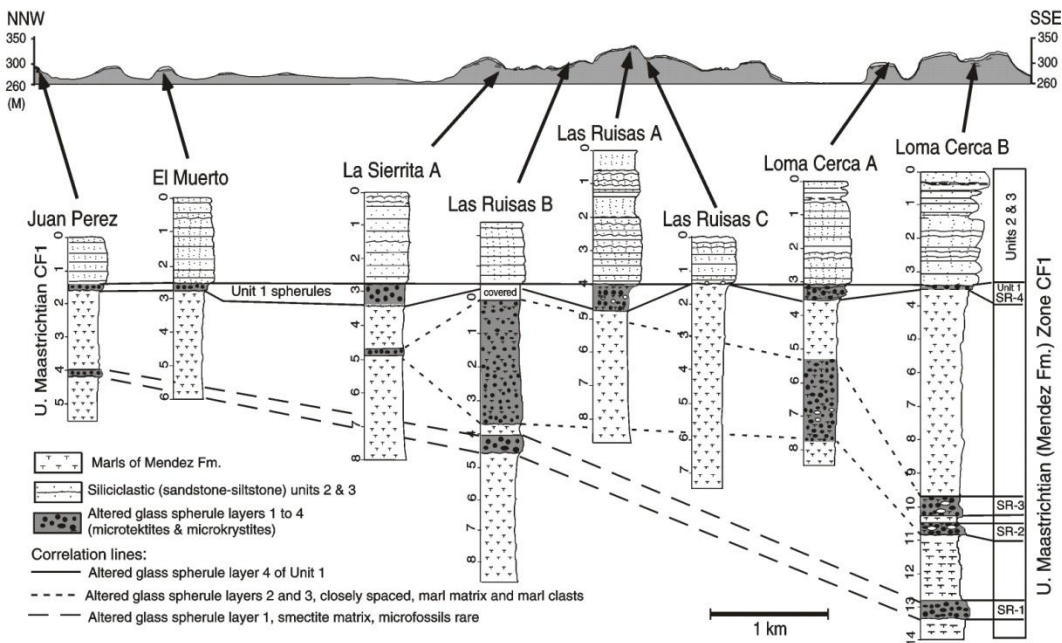
# Событийная стратиграфия

## Применение событийно- стратиграфических маркеров: примеры

(Keller et al., 2009)



G. Keller et al. / Earth-Science Reviews 62 (2003) 327–363



Корреляция в пределах  
Мексиканского залива  
горизонта, обогащенного  
стеклянными сферами и его  
более молодых «двойников»,  
число которых может  
достигать пяти!

Fig. 5. Stratigraphic and lithologic correlation of Late Maastrichtian sections with several layers of altered impact spherule deposits (microtektites) from Mesa Loma Cerca to Mesa Juan Perez in northeastern Mexico. The siliciclastic deposits of units 2 and 3 form the top of the sections and the mesas as shown by the topographic relief. All spherule deposits are within the Mendez marl Formation and within zone CF1 that spans the last 300 ky of the Maastrichtian. Lines mark correlation of spherule layers.



## Применение событийно-стратиграфических маркеров: примеры (Keller et al., 2009)

P. Schulte et al. / *Geochimica et Cosmochimica Acta* xxx (2008) xxx–xxx

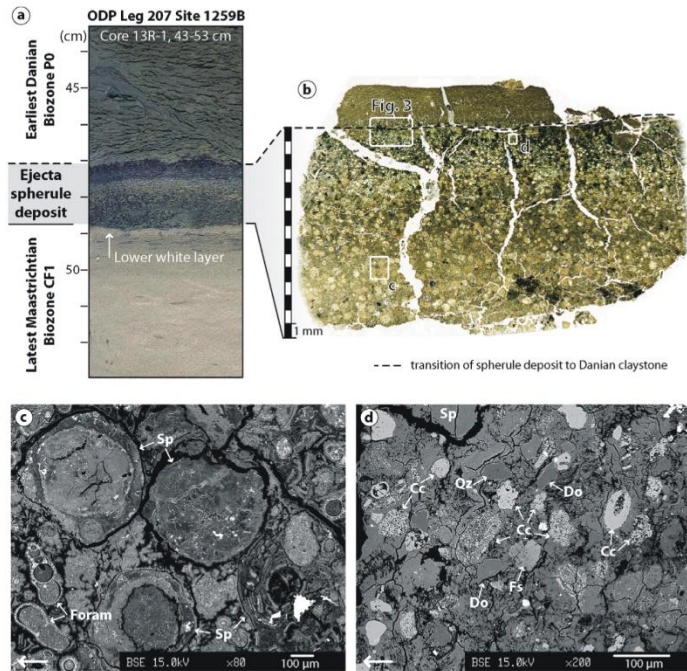


Fig. 2. The K–Pg boundary in ODP Leg 207 Site 1259B (Janus database: <http://www-odp.tamu.edu/database/>). (a) A core photo showing the critical interval from the uppermost Maastrichtian to the lowermost Danian; (b) thin section of the spherule deposit showing the normally graded sequence; (c) Back scattered electron (BSE) image of the lower part of the spherule deposit with large silicic spherules (marked with "Sp") and Cretaceous foraminifera ("Foram") filled with micrite. Note that spherules comprise compositionally distinct types of smectite that appear dark gray to light gray; (d) BSE image showing the uppermost 600 μm of the spherule deposit. Note abundance of carbonate clasts ("Cc") and euhedral dolomite ("Do") as well as presence of small spherules ("Sp"), quartz ("Qz") and feldspar ("Fs"). Arrow marks upcore.

*Корреляция в пределах  
Мексиканского залива  
горизонта, обогащенного  
стеклянными сферами*

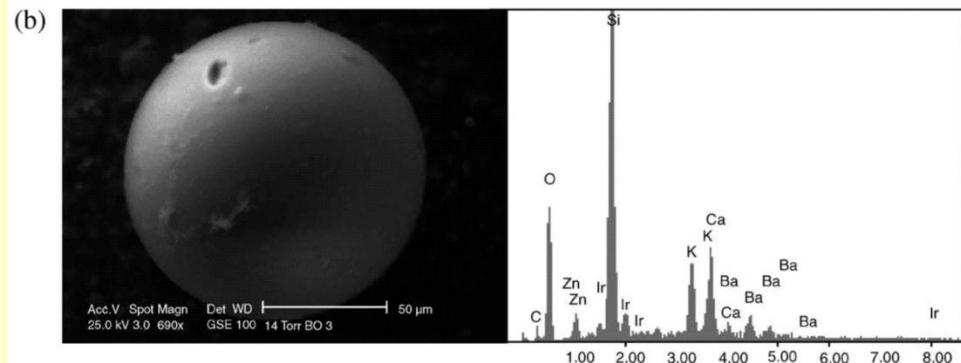
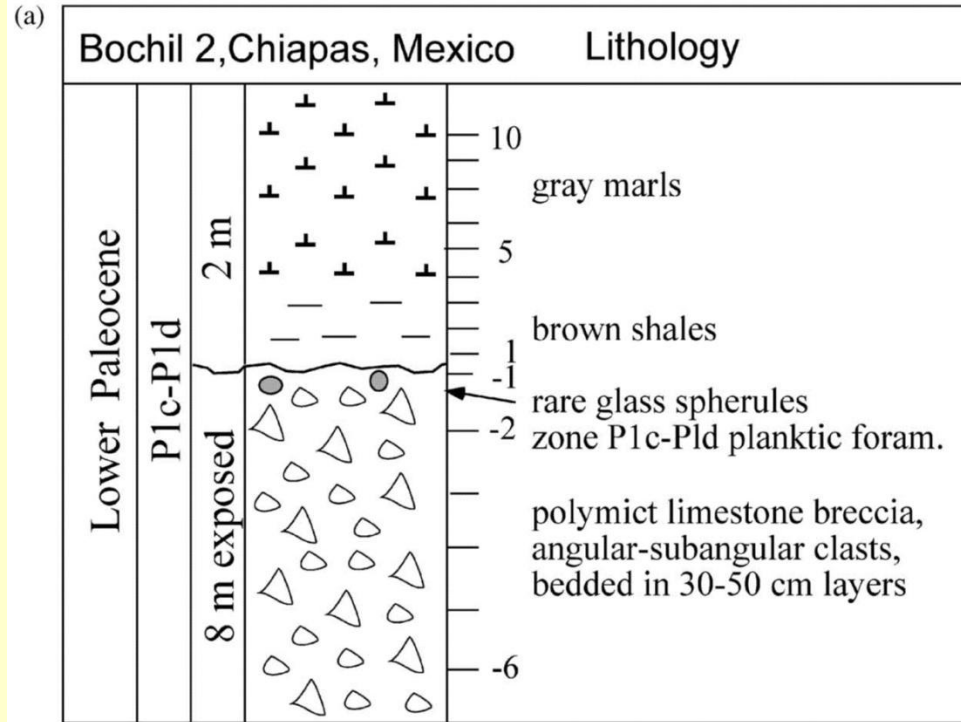


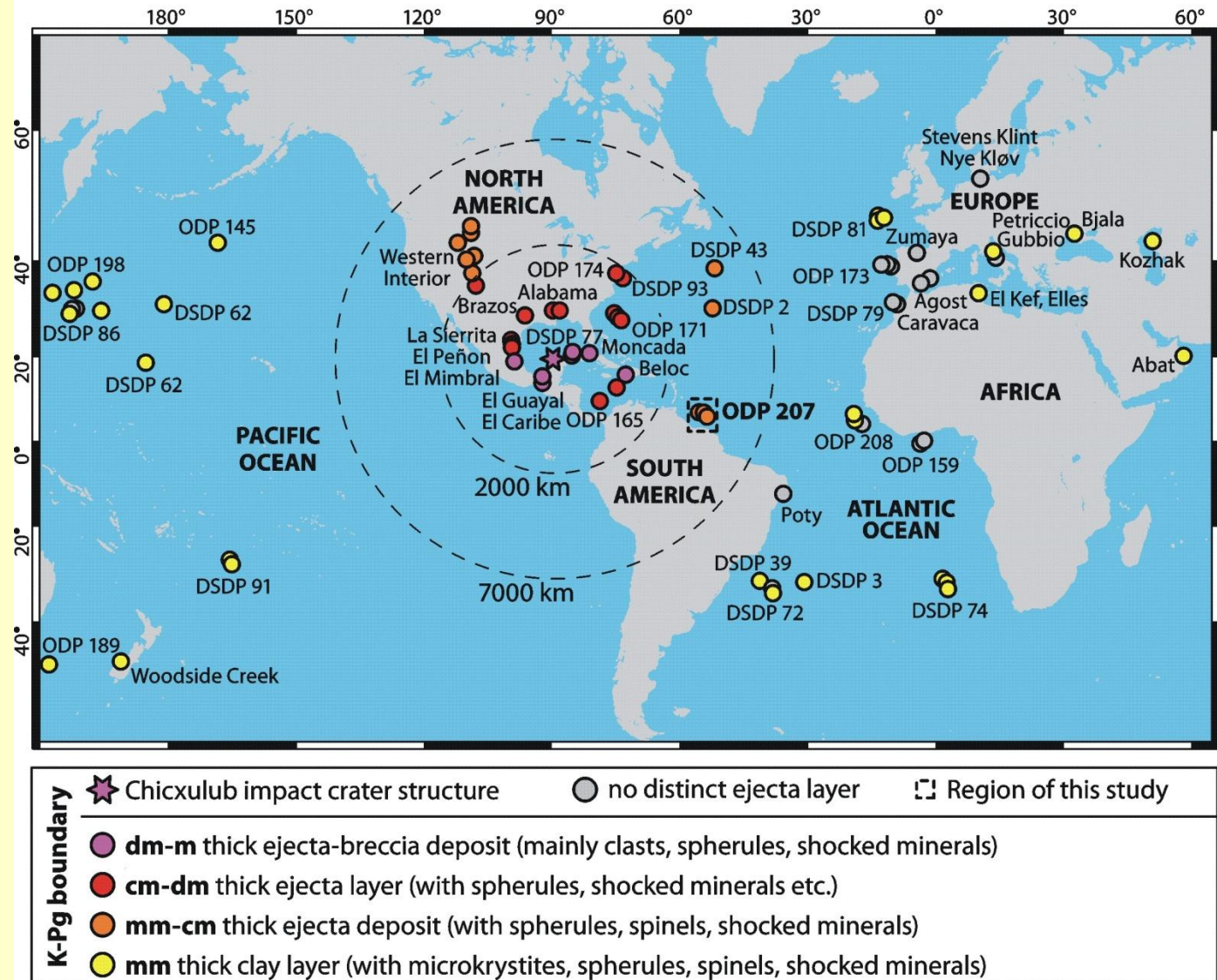
Fig. 10. (a) Litho- and biostratigraphy at Bochil 2, Chiapas, Mexico. The section is of Danian zone Plc-Pld (Fig. 1a) and consists of a polymict breccia with rare glass spherules at the top. The glass is high in Si and Ir (10b). Microfossil-rich shales overlies the breccia.



# Событийная стратиграфия

Применение событийно-стратиграфических маркеров: примеры (Schulte, Deutsh, Salge et al., 2008) Schulte, Deutsch, Salge et al., 2008

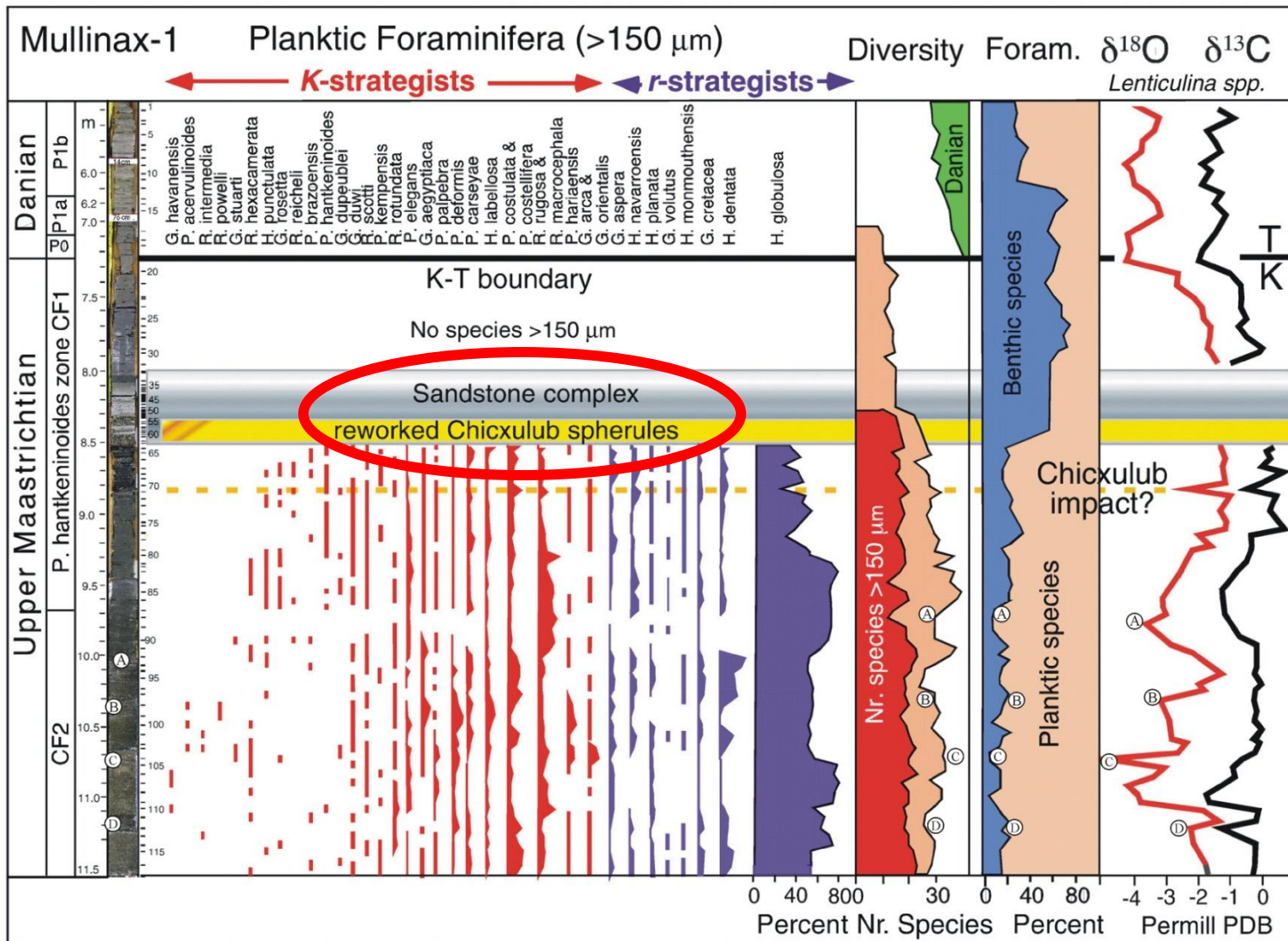
Падение  
астероида  
вызвало  
гигантское  
цунами



«Радиус поражения» астероида Чиксулуб: изменение состава маркирующего горизонта и его мощности по мере удаления от эпицентра взрыва

# Событийная стратиграфия

Применение событийно-стратиграфических маркеров: примеры (Keller et al., 2009)



цунами  
цунами

Корреляция циклостратиграфических маркеров (A-D) с биостратиграфическими, геохимическими в скважине поблизости от кратера Чиксулуб



# Событийная стратиграфия

Применение событийно-стратиграфических маркеров: примеры (Keller et al., 2009)

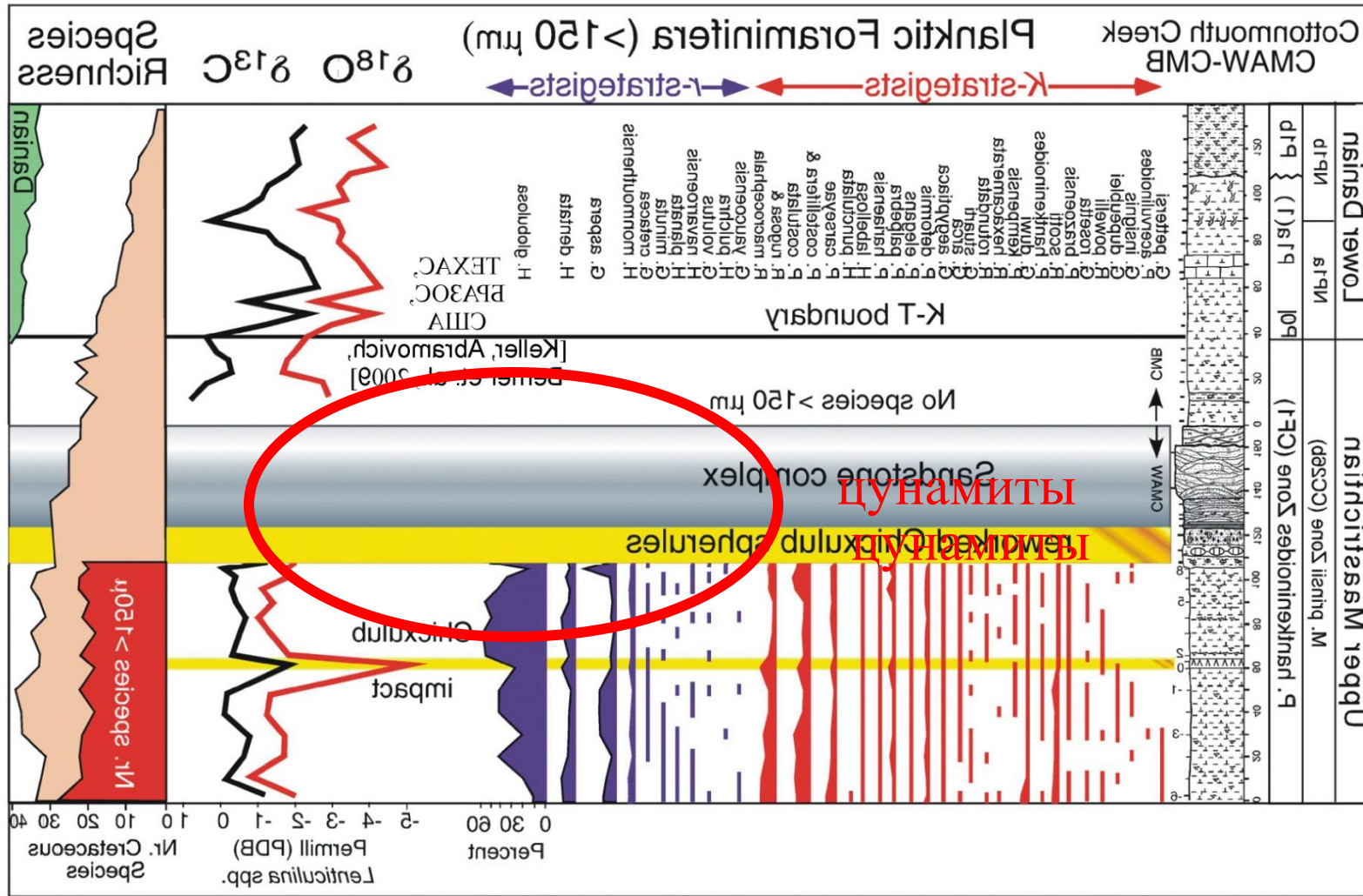


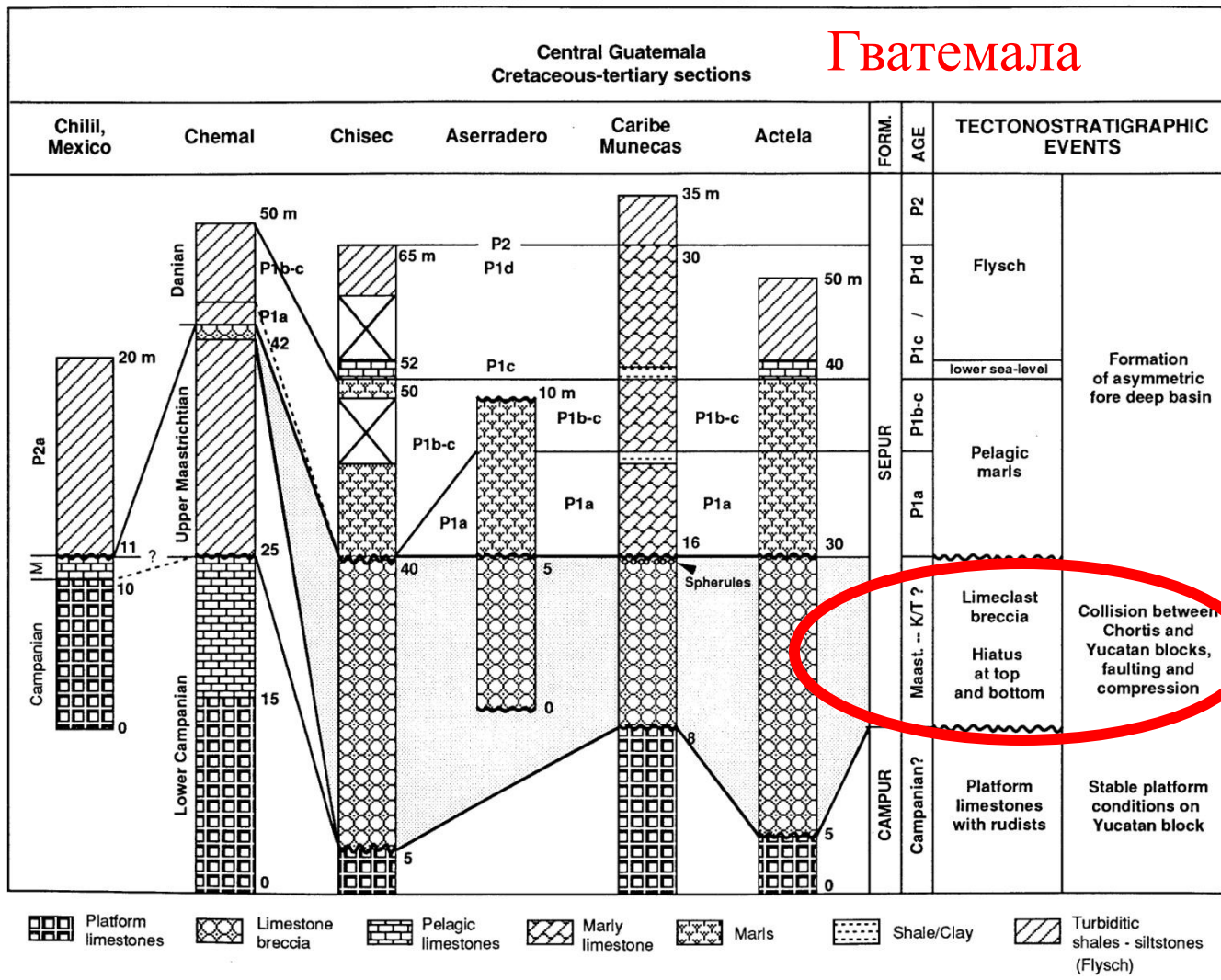
Fig. 8. Stable isotopes and planktic foraminiferal ranges and species abundances of larger species (>150 μm) in the upper Maastrichtian to Danian in the Cottonmouth Creek (CMAW-CMB) section. All larger species living in deeper waters disappeared and mark a pseudo mass extinction at the base of the sandstone complex. Their disappearance is due to the shallowing of the neritic depth and probably eutrophic conditions. All of these species are known to the K-T boundary.

Корреляция циклостратиграфических маркеров (A-D) с биостратиграфическими, геохимическими в скважине поблизости от кратера Чиксулуб



*Применение событийно-стратиграфических маркеров: примеры* (Stinnesbeck, Keller, de la Cruz et al., 2009)

Stinnesbeck, Keller, de la Cruz. et al., 1997



Удар астероида  
помимо цунами вызвал  
разрушение, эрозию,  
коллизия и компрессию  
блоков карбонатной  
платформы Юкатан

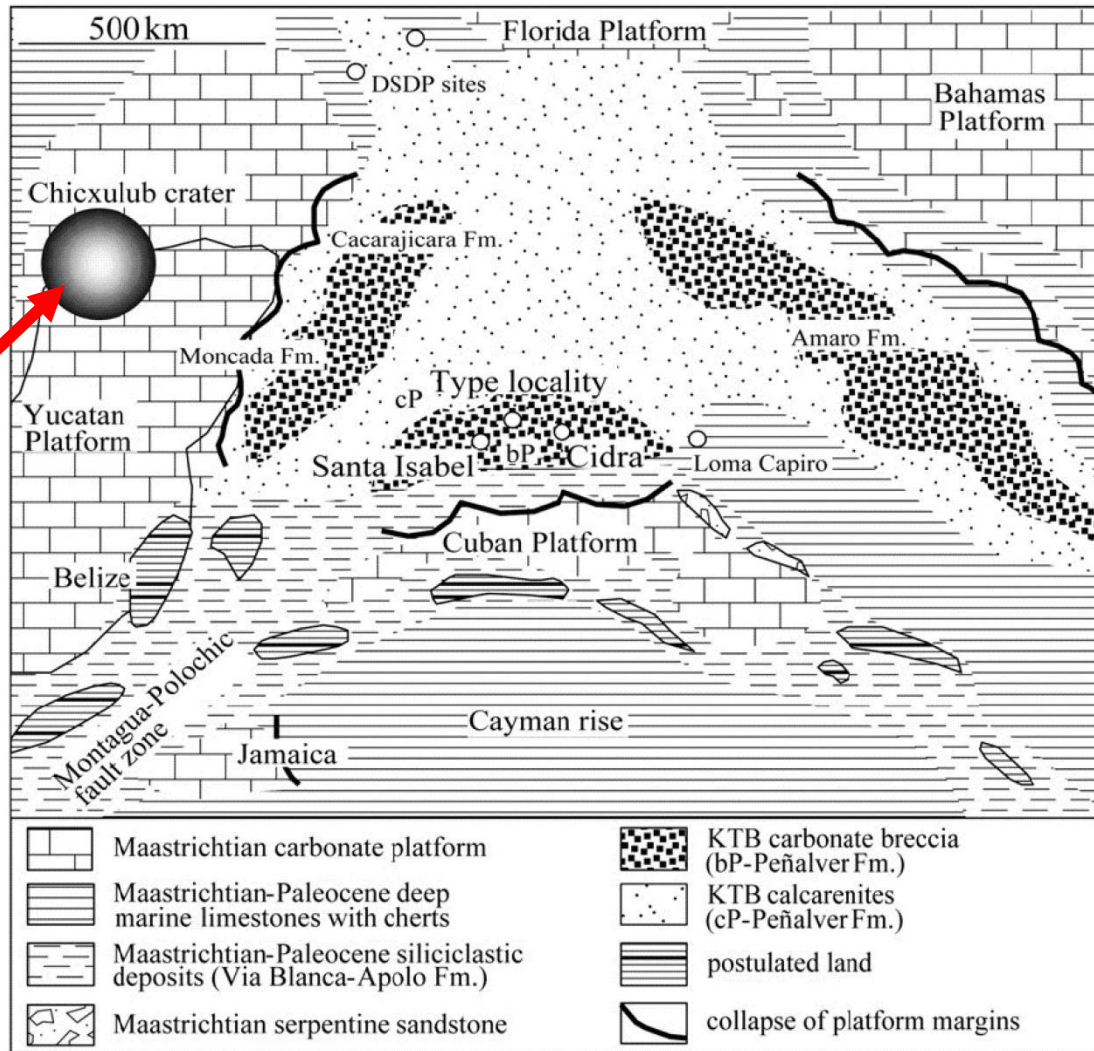
## «немая» брекчия - цунами

# Событийная стратиграфия

K. Goto et al. / Cretaceous Research 29 (2008) 235–236

219

Применение событийно-стратиграфических маркеров: примеры (Goto et al., 2008)



Удар астероида  
помимо цунами  
вызвал разрушение,  
эрозию, коллизия и  
компрессию блоков  
карбонатной  
платформы  
Юкатан

Fig. 1. Palaeogeotectonic setting of the Peñalver Formation in northwestern Cuba at the time of the K/T boundary impact (modified from Goto et al., 2003)

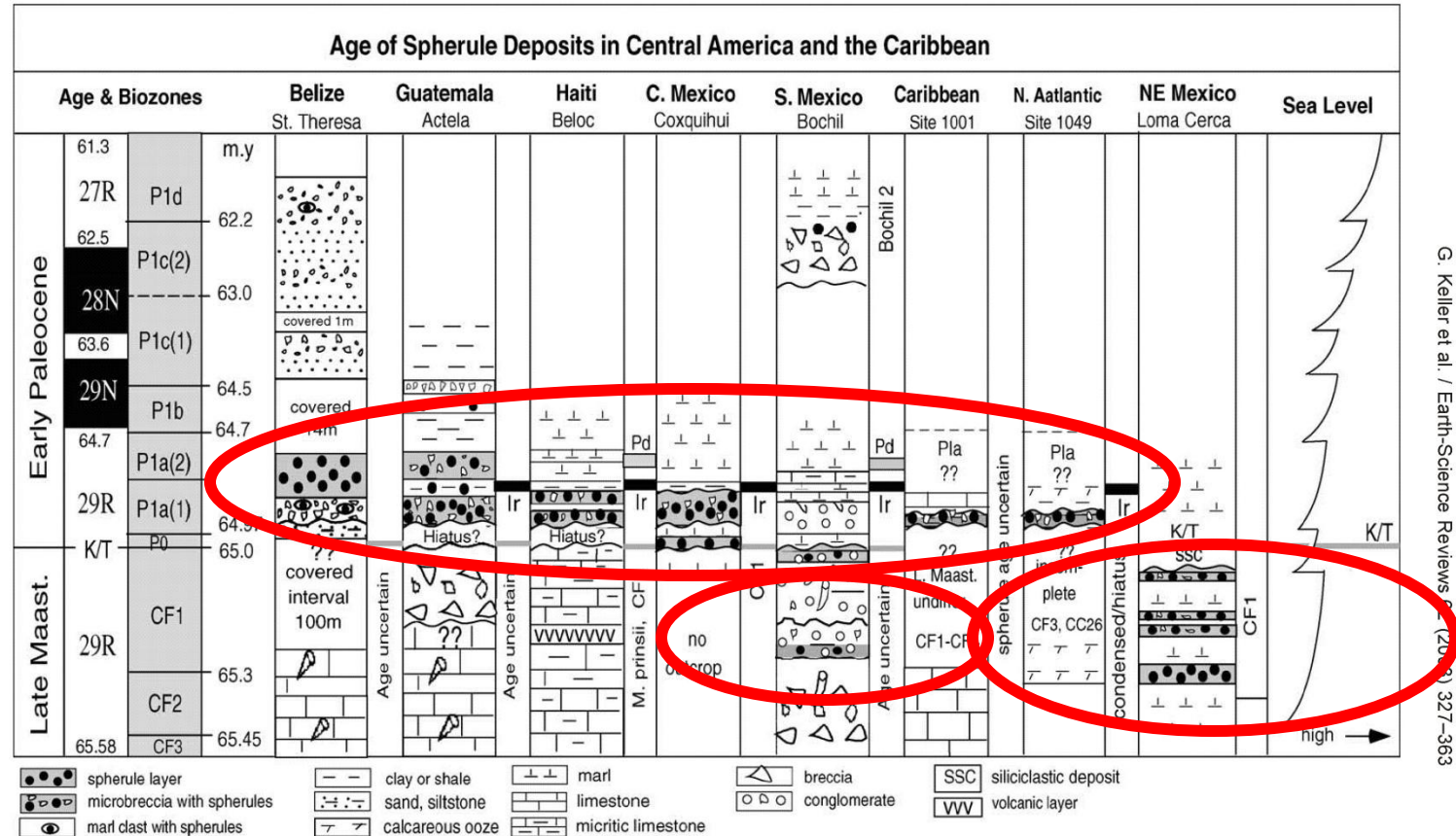
Разрушение некогда единой карбонатной платформы

# Событийная стратиграфия

Применение событийно-стратиграфических маркеров: примеры: (Keller et al., 2009)

Горизонты со сферами на разных стратиграфических уровнях!

354



G. Keller et al. / Earth-Science Reviews 82 (2007) 327–363

Fig. 19. Stratigraphic summary of altered impact glass spherule deposits and Ir anomalies in Central America, Gulf of Mexico and Caribbean North Atlantic. Note that deposits are known from precisely the K/T boundary. In all sections, the spherules are either in Early Danian sediments and likely reworked, or stratigraphically late Maastrichtian (NE Mexico) where the oldest spherule layer predates the K/T boundary by 270–300 ky. Widespread erosion across the K/T transition is generally associated with fluctuations. Note that the Ir anomaly in the Early Danian subzone P1a(1) is tentatively identified as an impact event.

Удар астероида и последующее цунами вызвали эрозию и транспорт значительной части осадков карбонатной платформы Юкатан



# Событийная стратиграфия

Применение событийно-стратиграфических маркеров: примеры (Goto et al., 2009)

K. Goto et al. / Cretaceous Research 29 (2008) 255–265



Fig. 6. A large intraclast observed in the basal part of the Lower Unit of the Penálder Formation at Victoria quarry.

Результат  
цунами:

частичный  
транспорт  
турбидитов

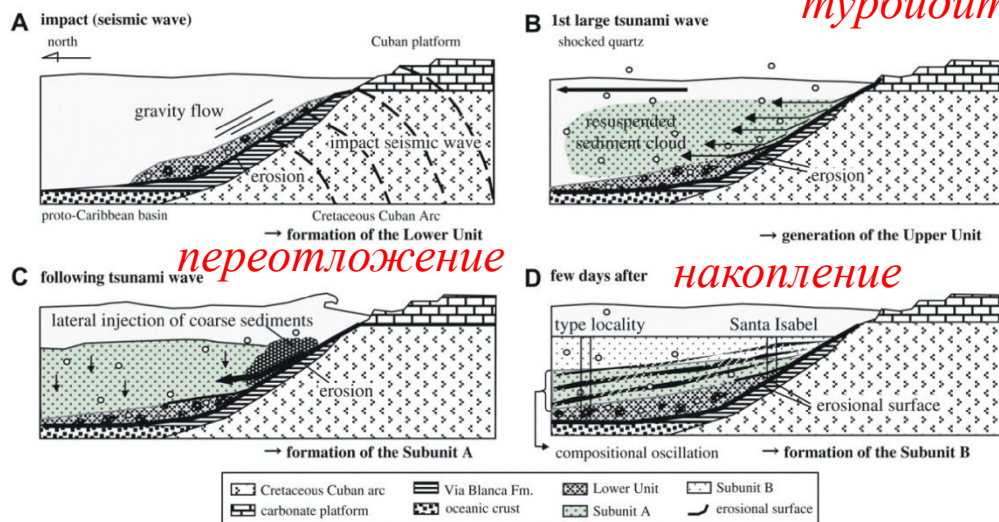


Fig. 19. A cartoon showing the depositional processes of the Penálder Formation. (A) The impact seismic wave triggered the debris flows, (B) first large tsunami wave and backwash associated with the impact eroded the deep sea floor and formed the dense sediment suspended cloud, (C) following tsunami waves transported sediments into the dense sediment suspended cloud, and (D) re-suspended sediments settled down.



Один из островов в Индийском океане до и сразу после цунами 24 декабря 2004 года.

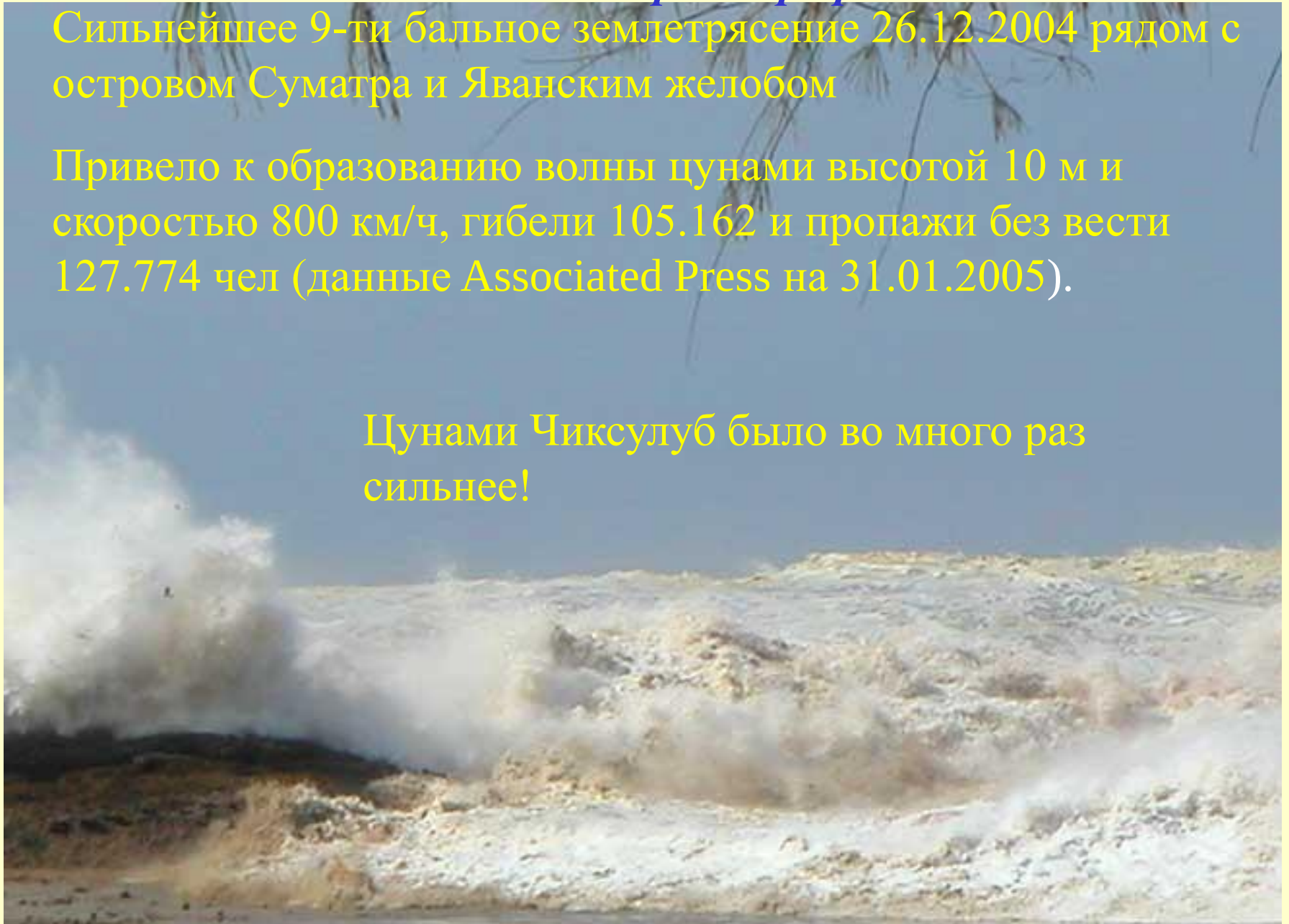
Удар астероида и последующее цунами вызвали эрозию и транспорт значительной части осадков карбонатной платформы Юкатан

## *Событийная стратиграфия*

Сильнейшее 9-ти бальное землетрясение 26.12.2004 рядом с островом Суматра и Яванским желобом

Привело к образованию волны цунами высотой 10 м и скоростью 800 км/ч, гибели 105.162 и пропажи без вести 127.774 чел (данные Associated Press на 31.01.2005).

Цунами Чиксулуб было во много раз сильнее!



*Последний из серии снимков, сделанный за несколько секунд до смерти туриста на азиатском курорте*



# Событийная стратиграфия

**Шевронные дюны, или цунамиты – отложения цунами. Аналогичные породы встречены по периферии Мексиканского залива – места падения метеорита в конце мелового периода.**



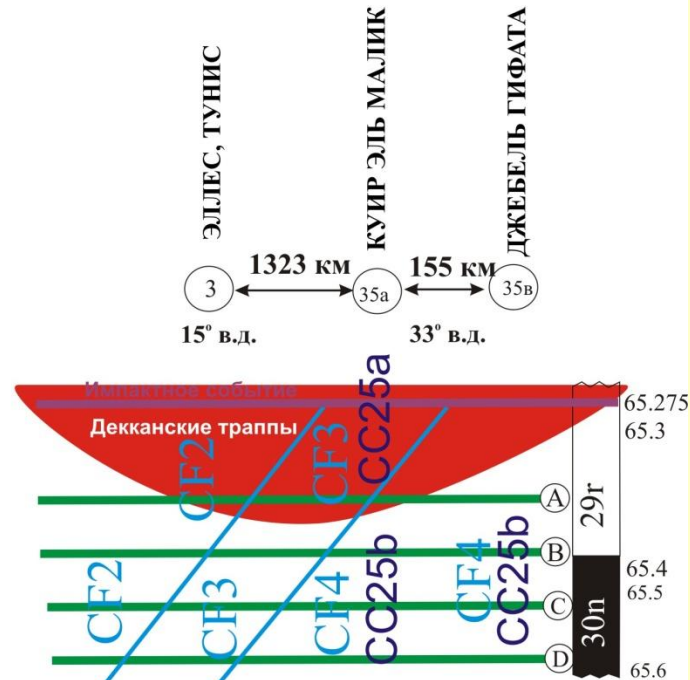
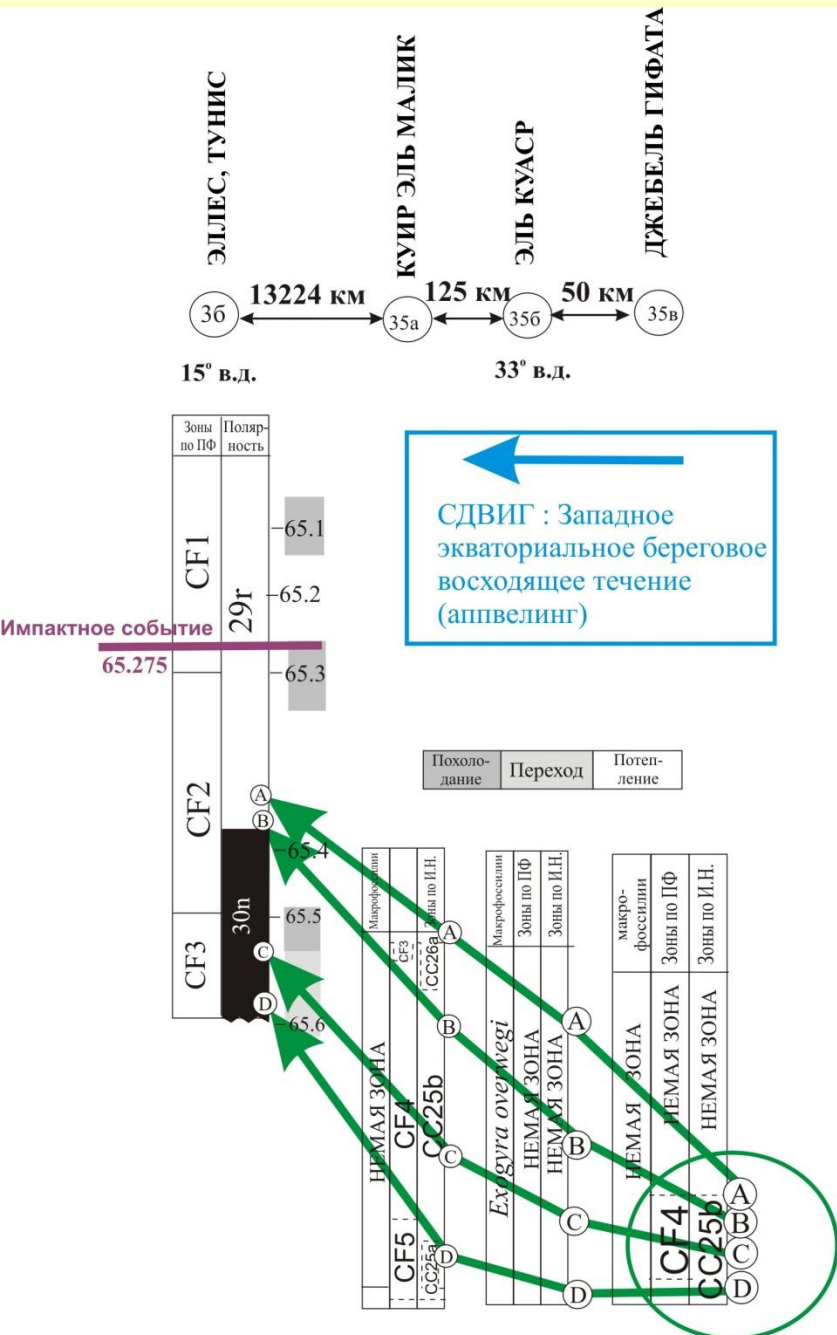
Image © 2005 MDA EarthSat  
Image © 2005 DigitalGlobe

© 2005 Google



## Событийная стратиграфия

## Комбинация событийно-стратиграфических маркеров: примеры



*Импактное событие (кратер на п-ове Юкатан) и траппы нагорья Деккан (Индия) вместе с цикло- и магнито-стратиграфическими маркерами дезавуируют геохронность биозона мел-палеогеновой границы.*

# Событийная стратиграфия

Комбинация событийно-стратиграфических маркеров: примеры (Keller et al., 2009)

