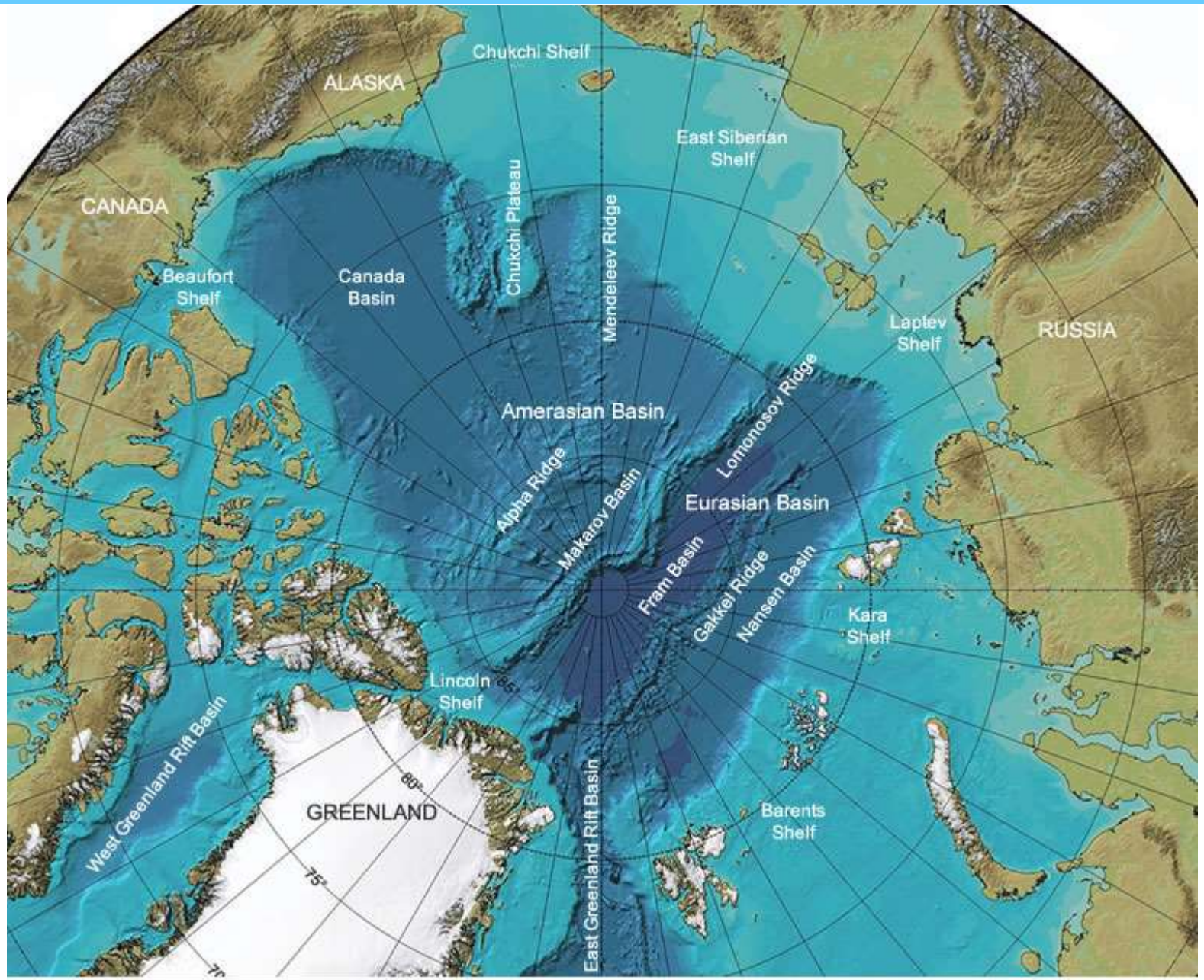
ЭВОЛЮЦИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ В КАЙНОЗОЕ

А.А. Крылов

ВНИИОкеангеология,
Институт Наук о Земле, СПбГУ

РЕЛЬЕФ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

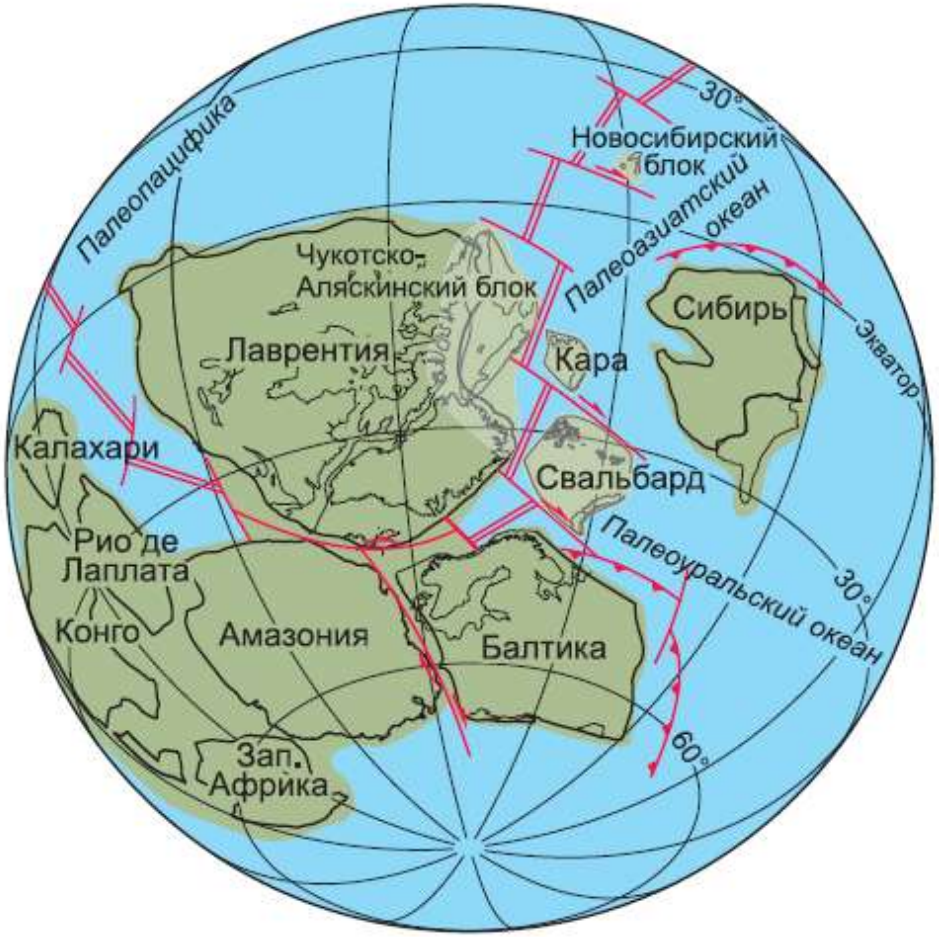


700 800 1000 (Meters)

ЧТО БЫЛО ДО СЛО?

750 млн лет, неопротерозой (криогений)

650 млн лет, поздний неопротерозой



Континентальные массивы

Континентальные блоки Арктиды

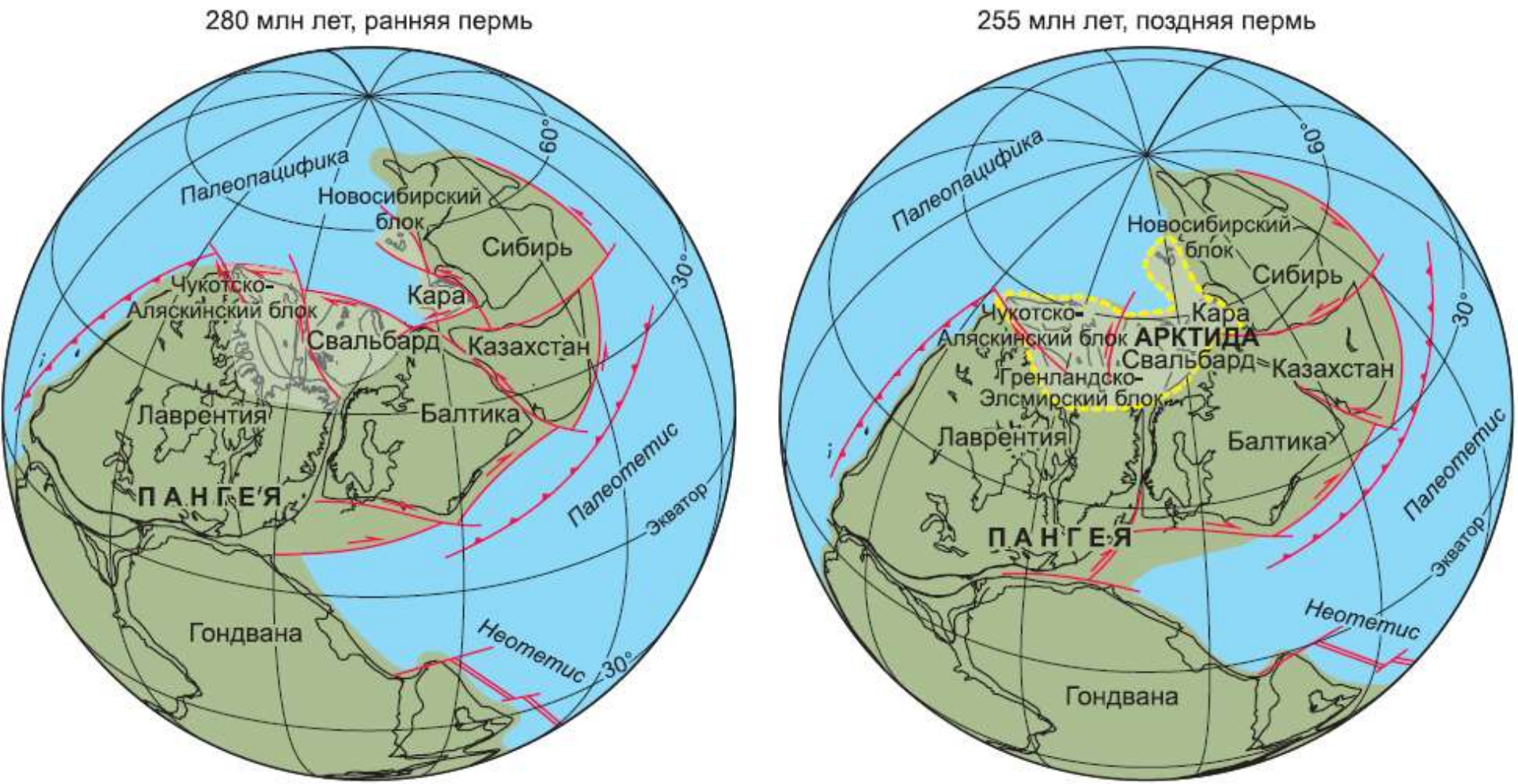
Океанические бассейны

Зоны спрединга

Активные континентальные окраины

Верниковский и др., 2013

ЧТО БЫЛО ДО СЛО?



Континентальные массивы

Континентальные блоки Арктиды

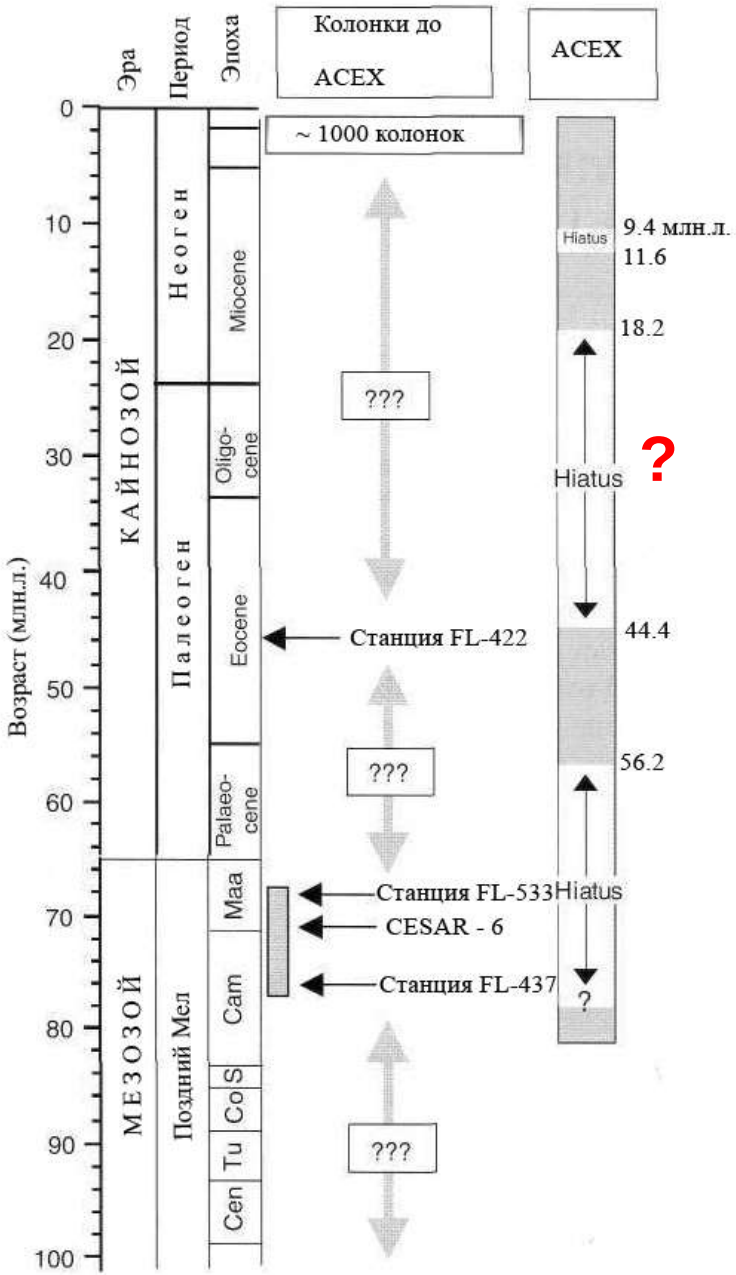
Океанические бассейны

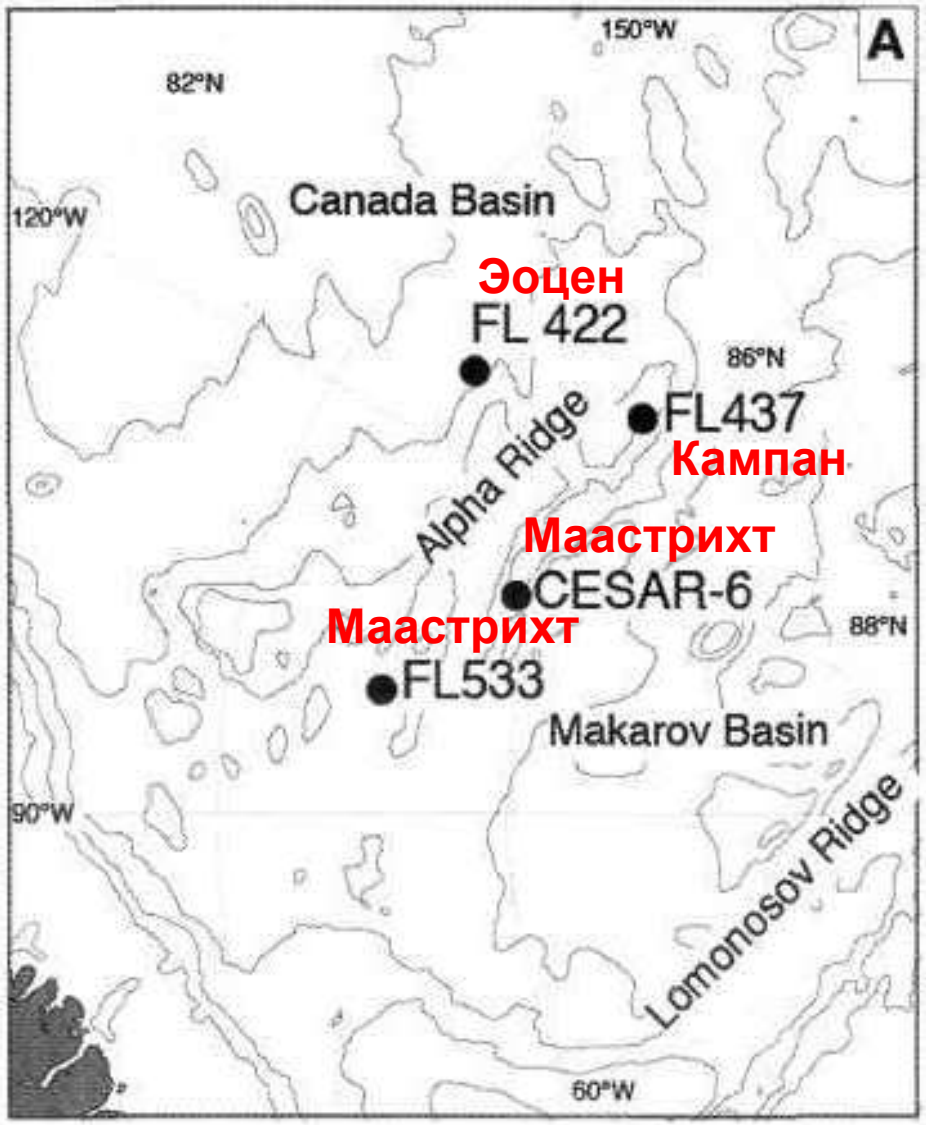
Зоны спрединга

Активные континентальные окраины

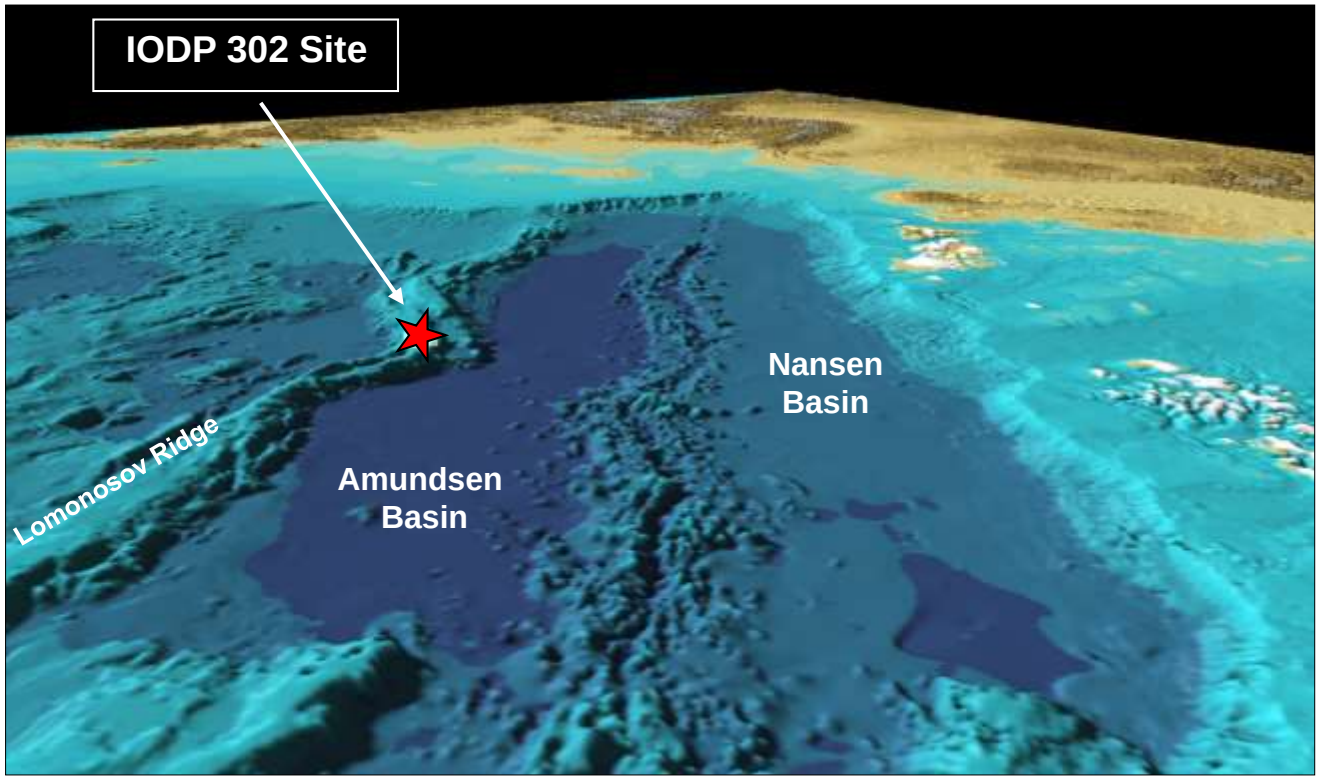
Верниковский и др., 2013

НАКОПЛЕННЫЙ ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

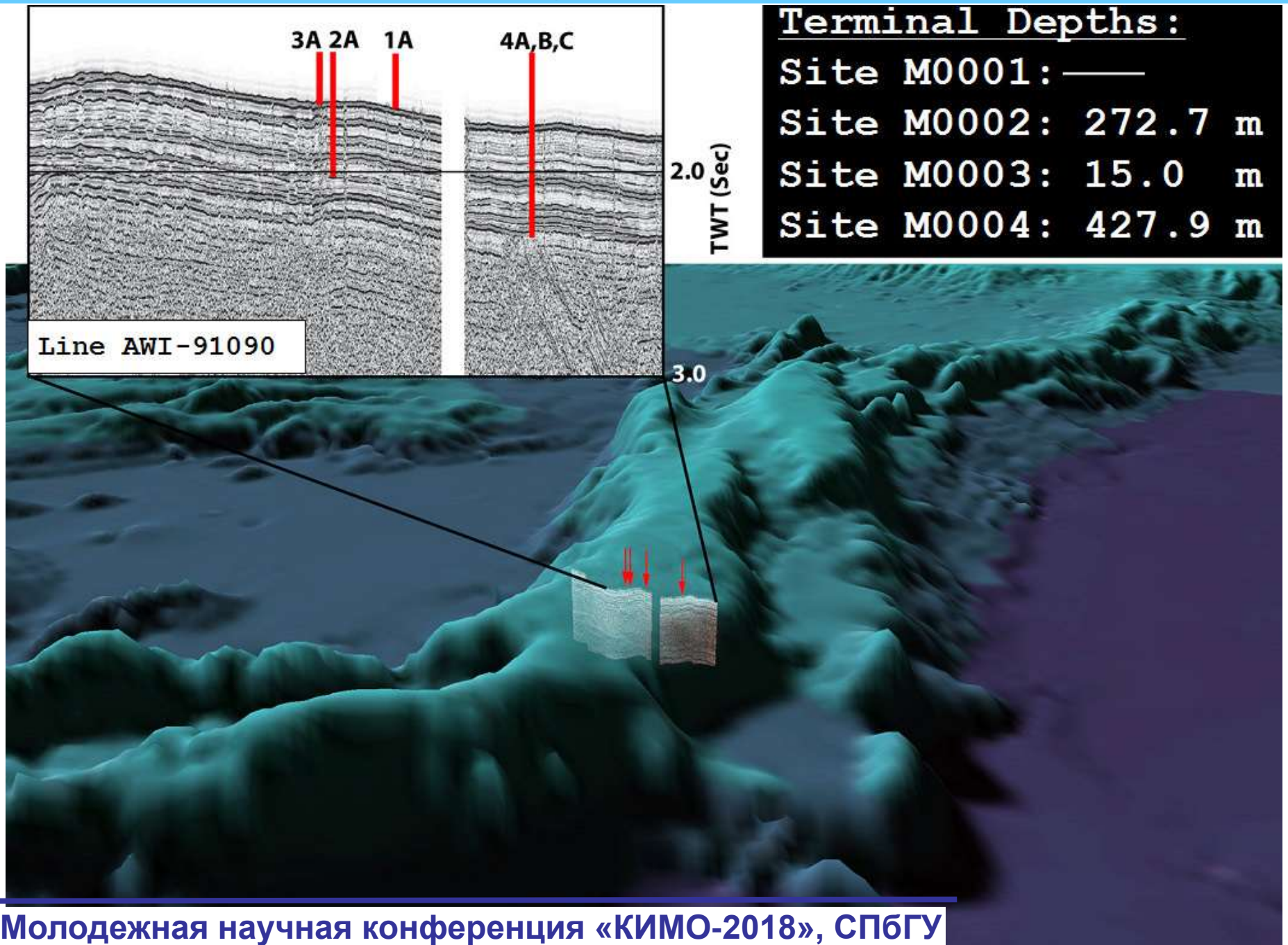




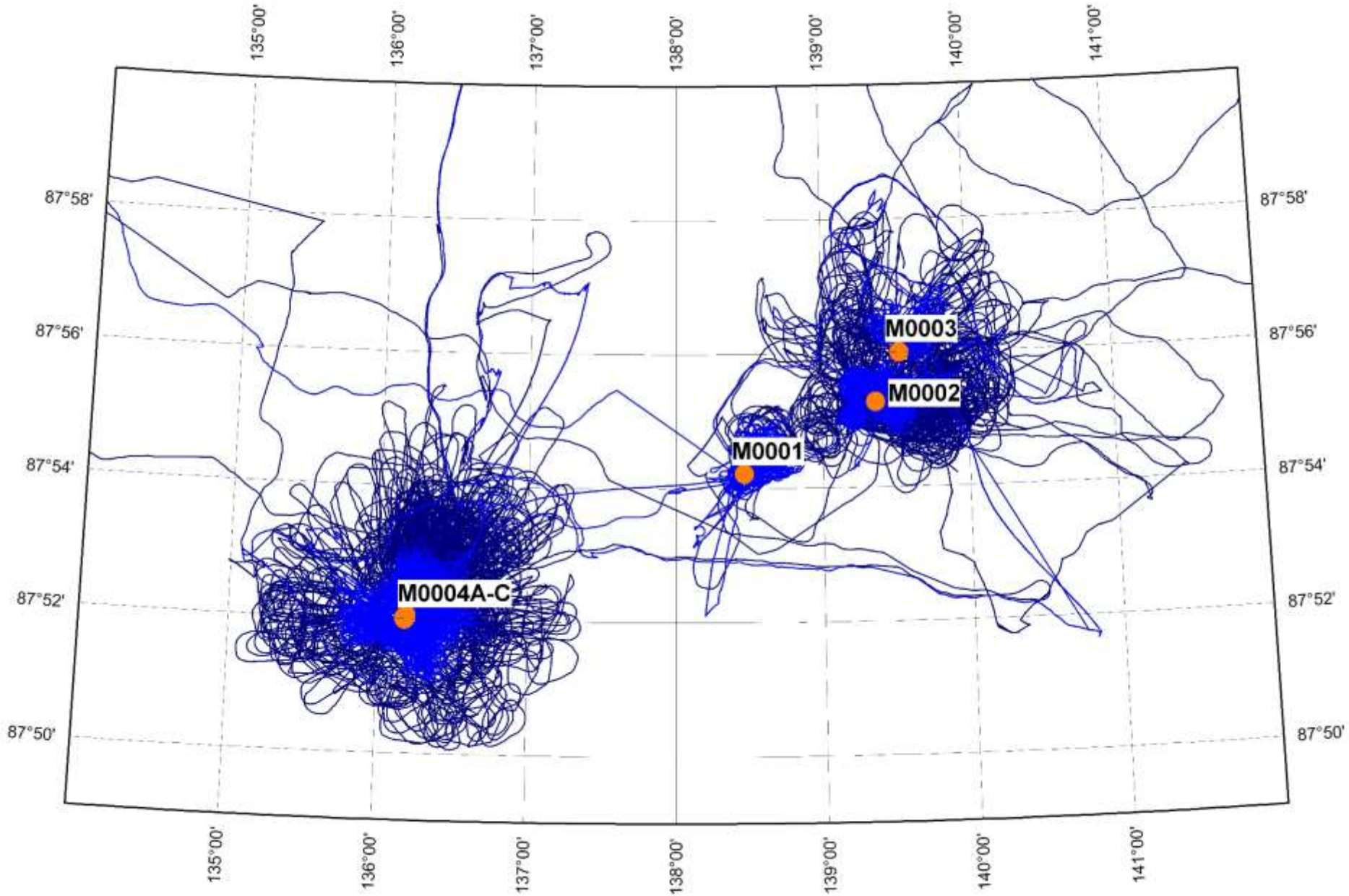
ACEX – Arctic Coring EXpedition – 2004 – IODP302



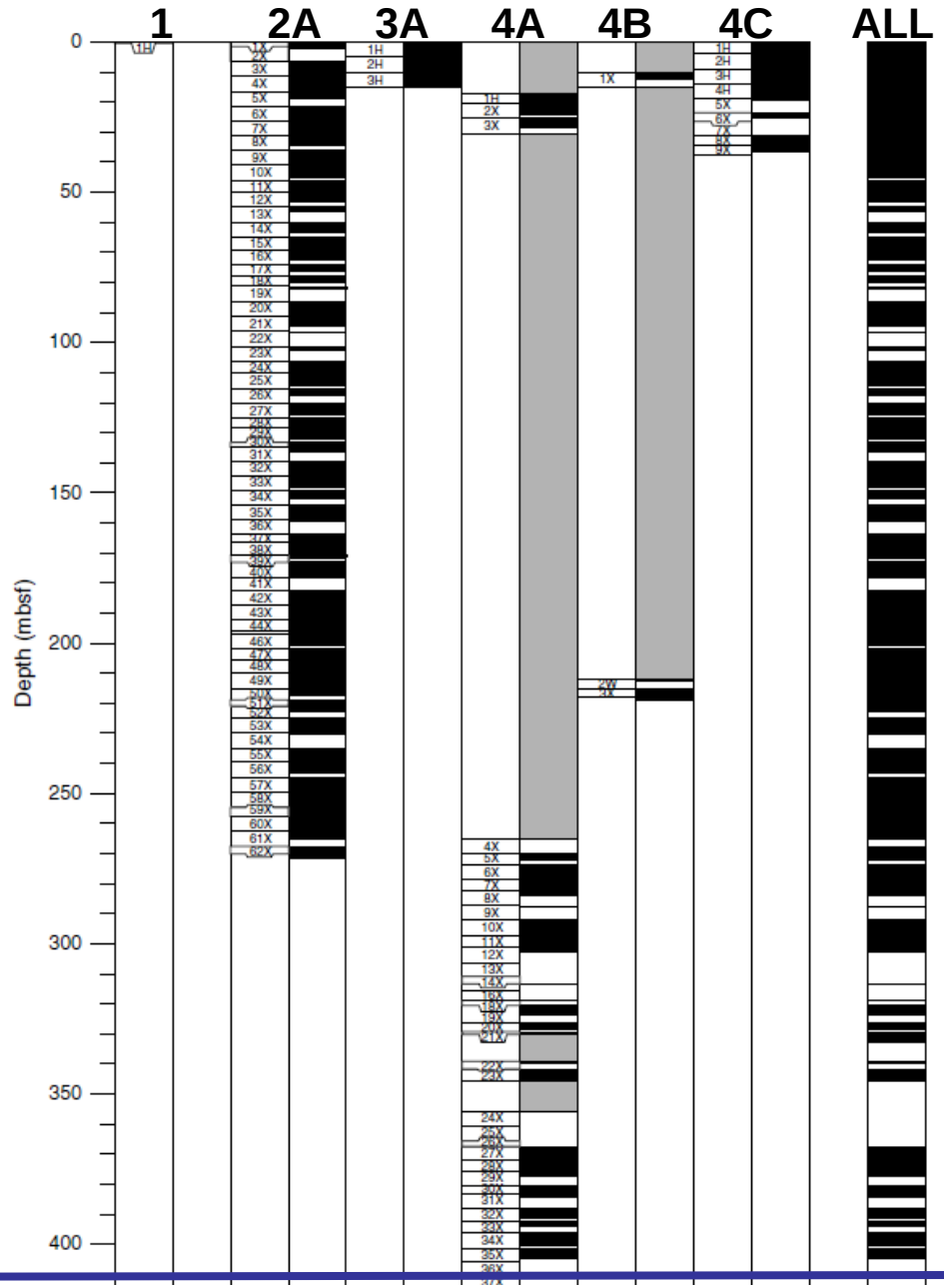
ACEX – Arctic Coring EXpedition – 2004 – IODP302



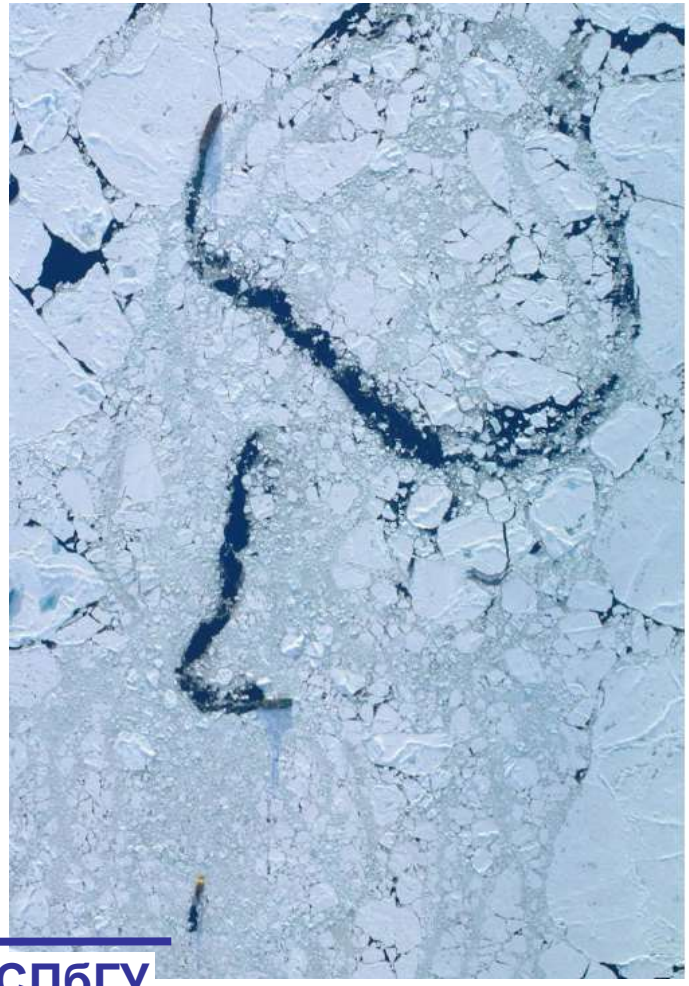
ACEX – Arctic Coring EXpedition – 2004 – IODP302



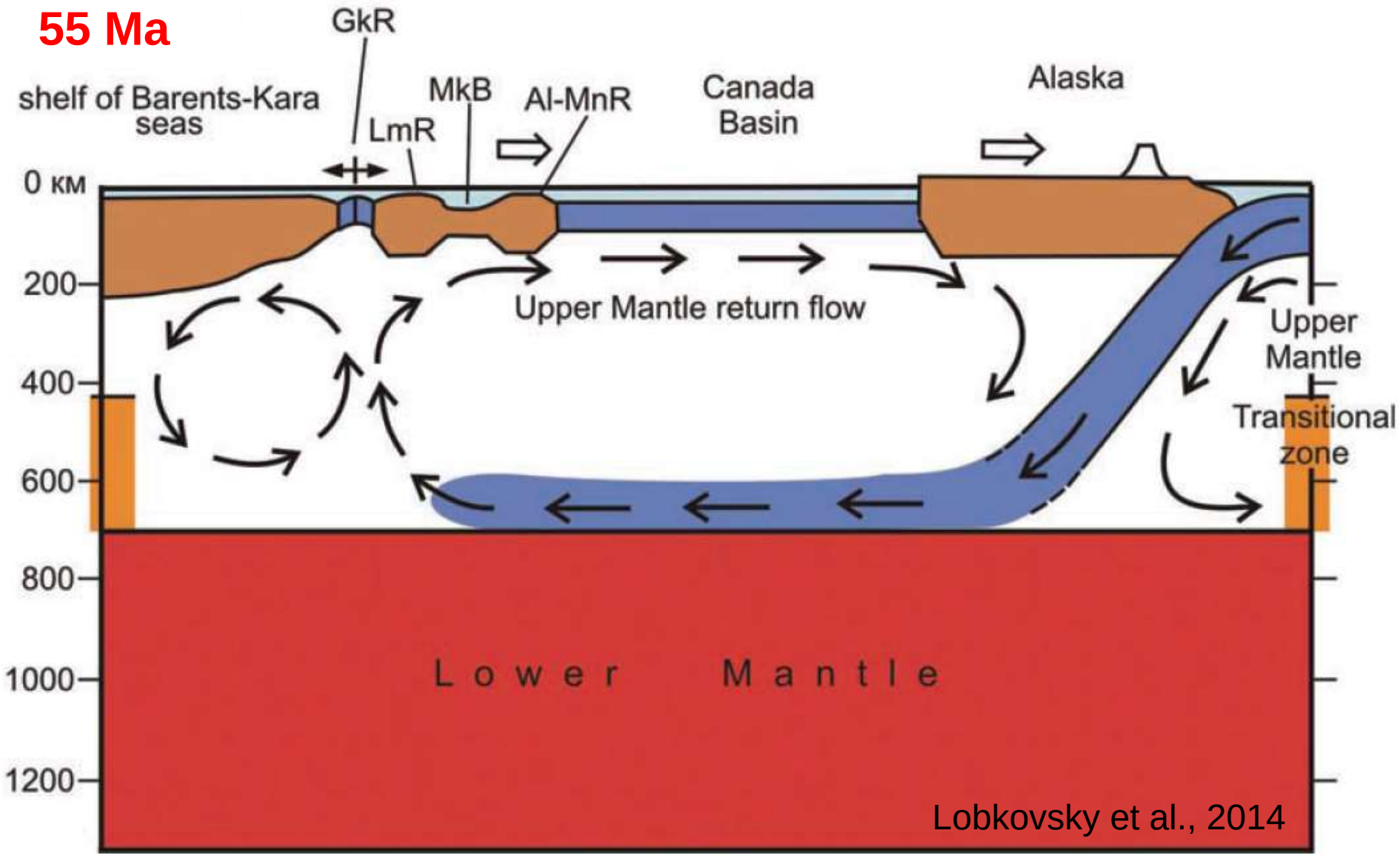
ACEX – Arctic Coring EXpedition – 2004 – IODP302



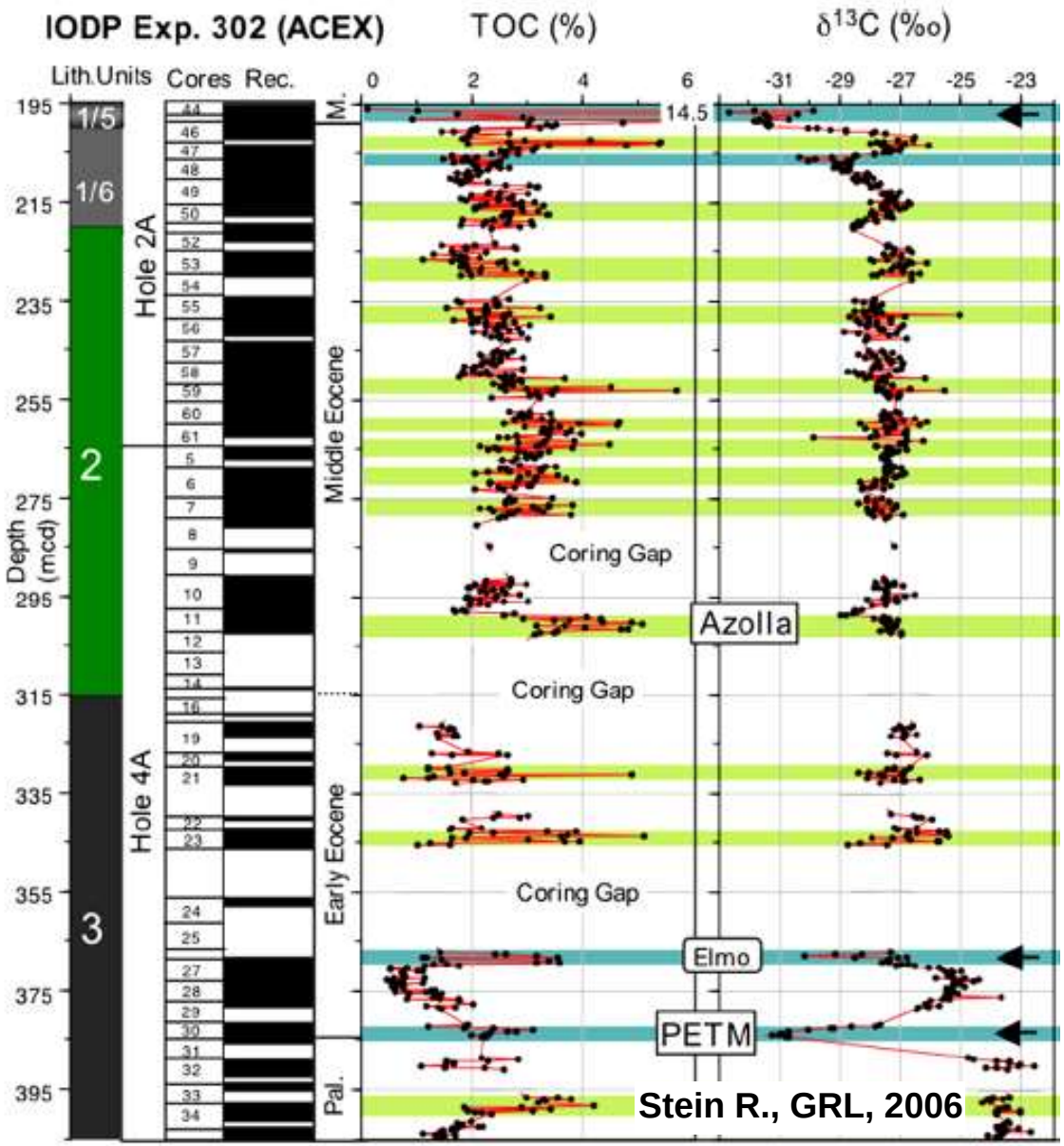
Hole	Length (m) Cored	Length (m) Recovered	Core recovery (%)
M0002A	271.69	213.15	78.5
M0003A	15.00	14.85	99.0
M0004A	157.59	78.41	49.8
M0004B	11.00	7.31	66.5
M0004C	40.19	25.34	63.1
Totals:	495.47	339.06	68.4



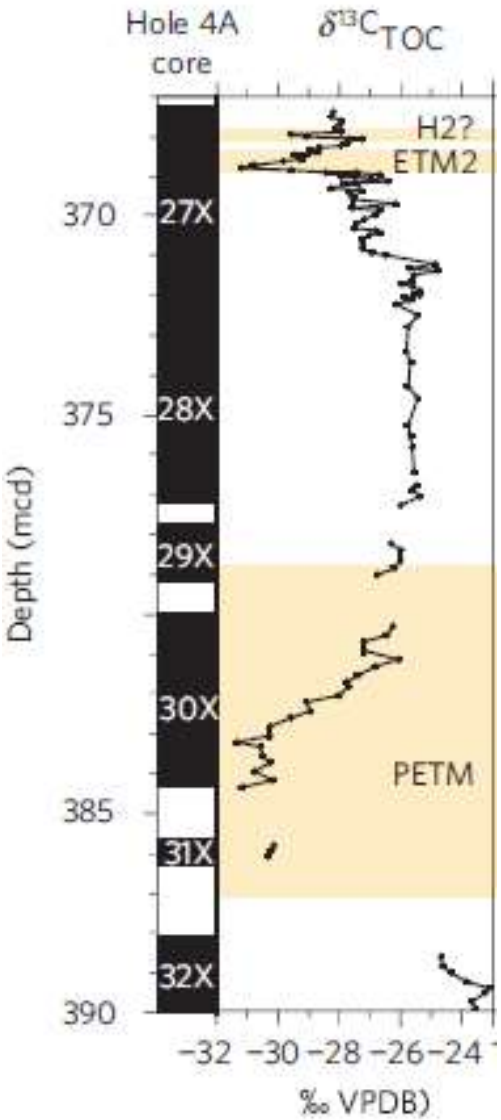
СЛО: ФОРМИРОВАНИЕ ЕВРАЗИЙСКОГО БАССЕЙНА



ПАЛЕОГЕН – GREENHOUSE



Stein R., GRL, 2006

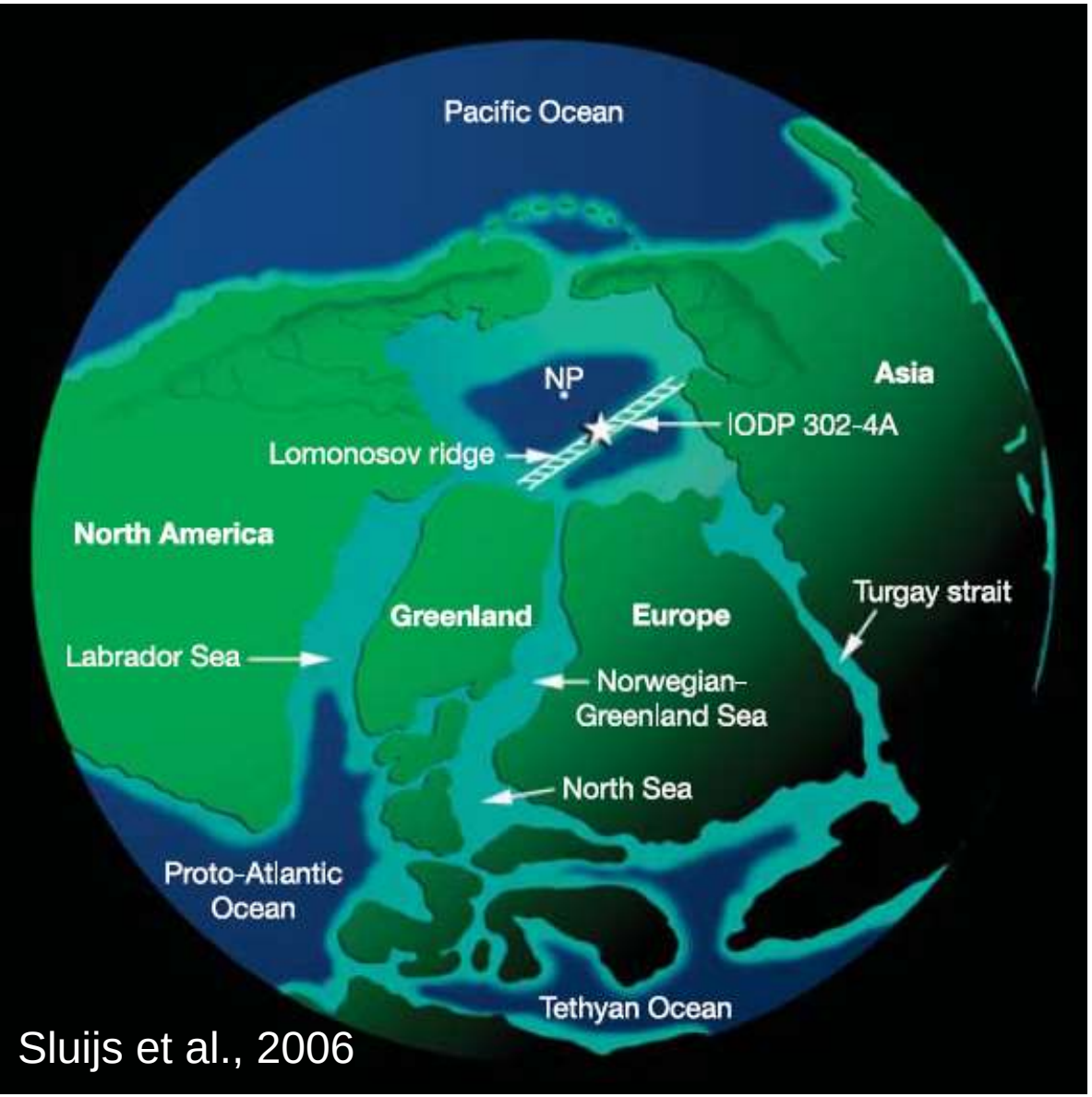


Sluijs et al., Nature Geo, 2009

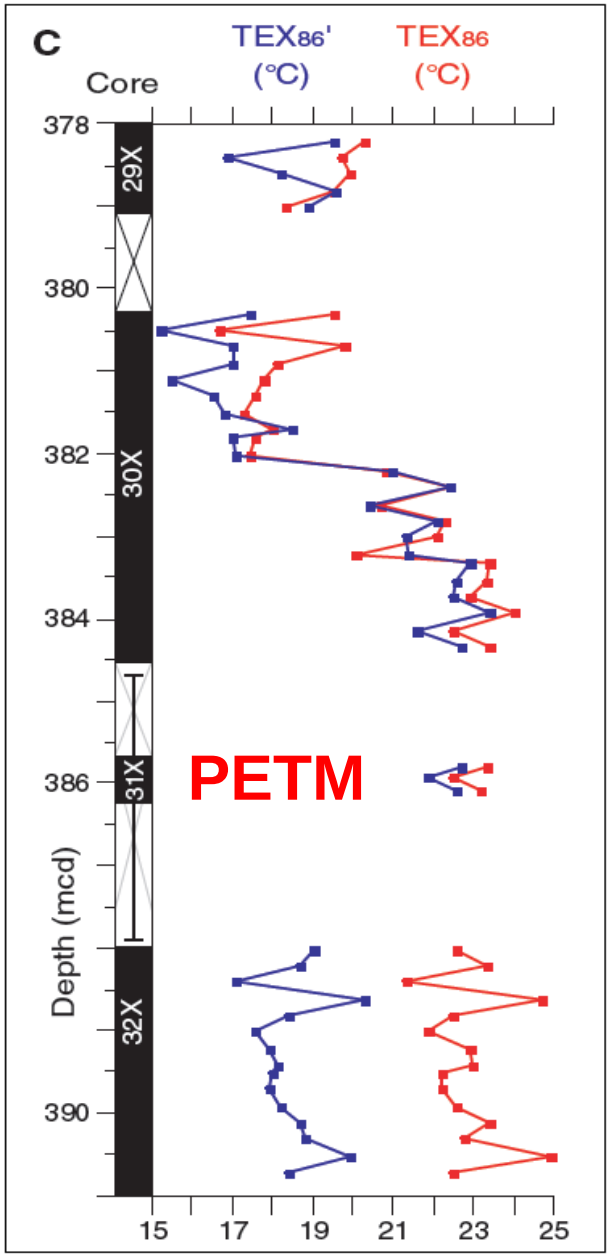
Палеогеновые термальные события маркируются обеднением Сорг изотопом 13С.

ПАЛЕОЦЕН-ЭОЦЕНОВЫЙ ТЕРМАЛЬНЫЙ МАКСИМУМ (PETM)

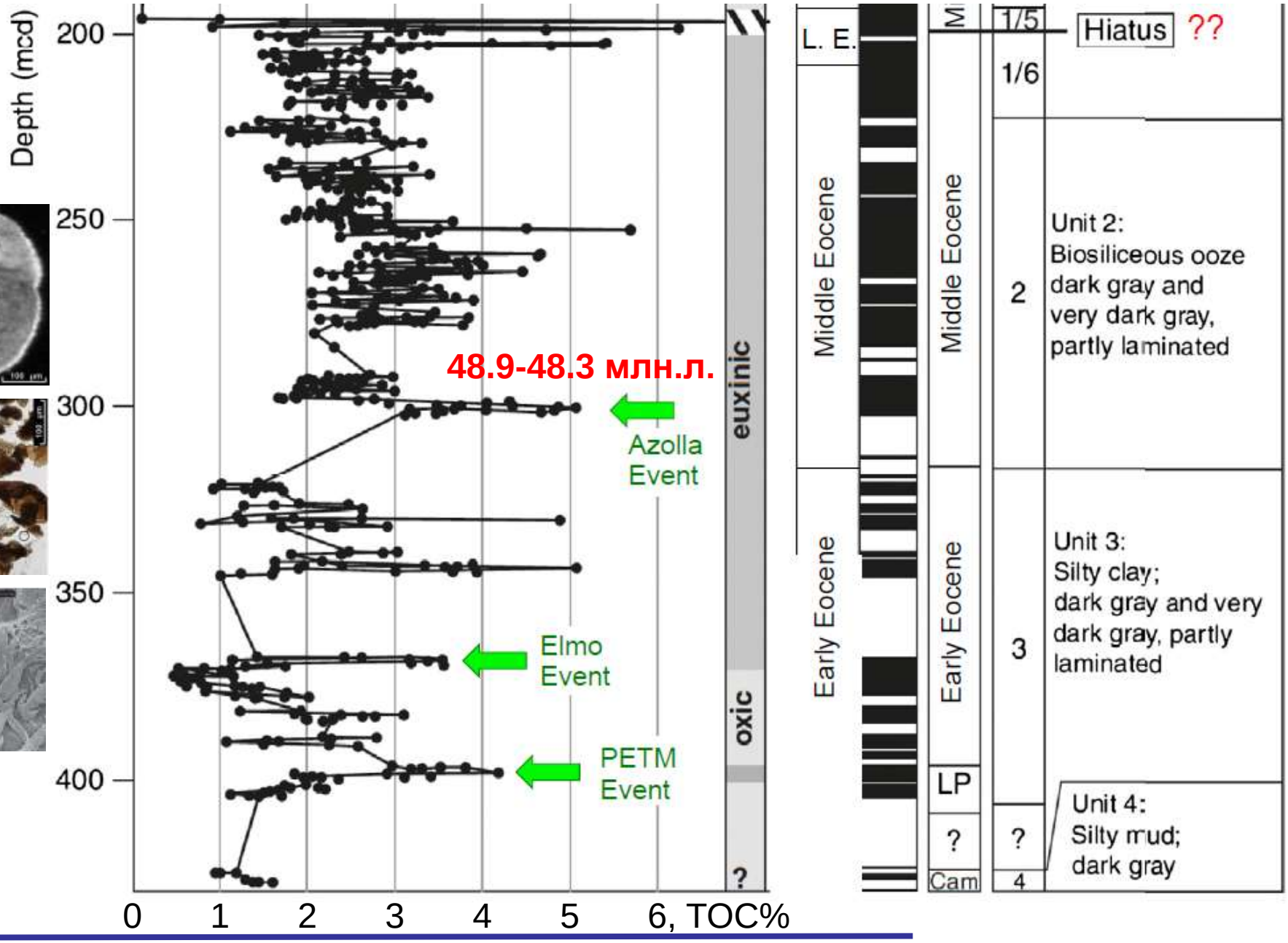
Поздний Палеоцен – Ранний Эоцен



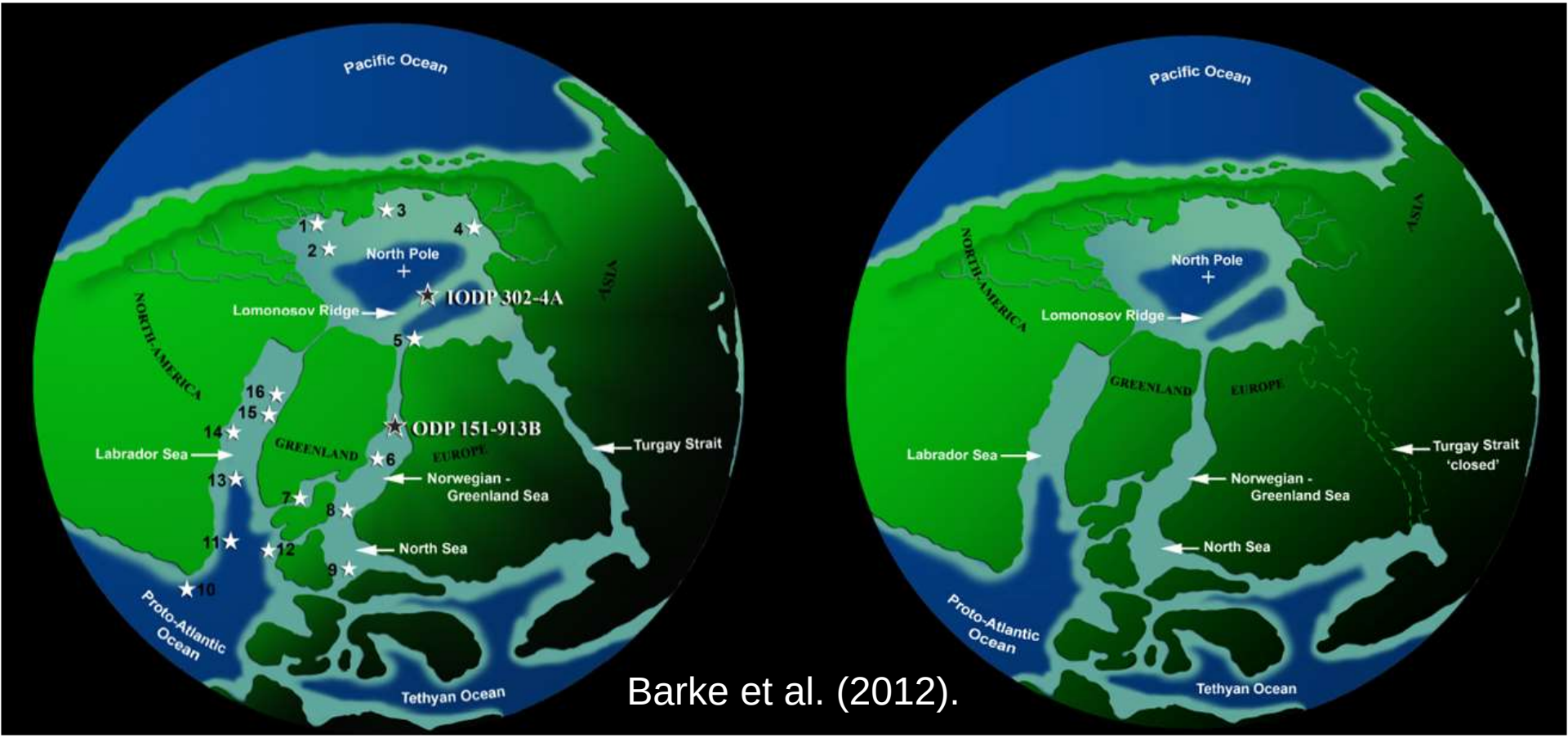
Sluijs et al., 2006



ПРЕСНОВОДНОЕ СОБЫТИЕ «AZOLLA» – СРЕДНИЙ ЭОЦЕН



ПРЕСНОВОДНОЕ СОБЫТИЕ «AZOLLA» – СРЕДНИЙ ЭОЦЕН

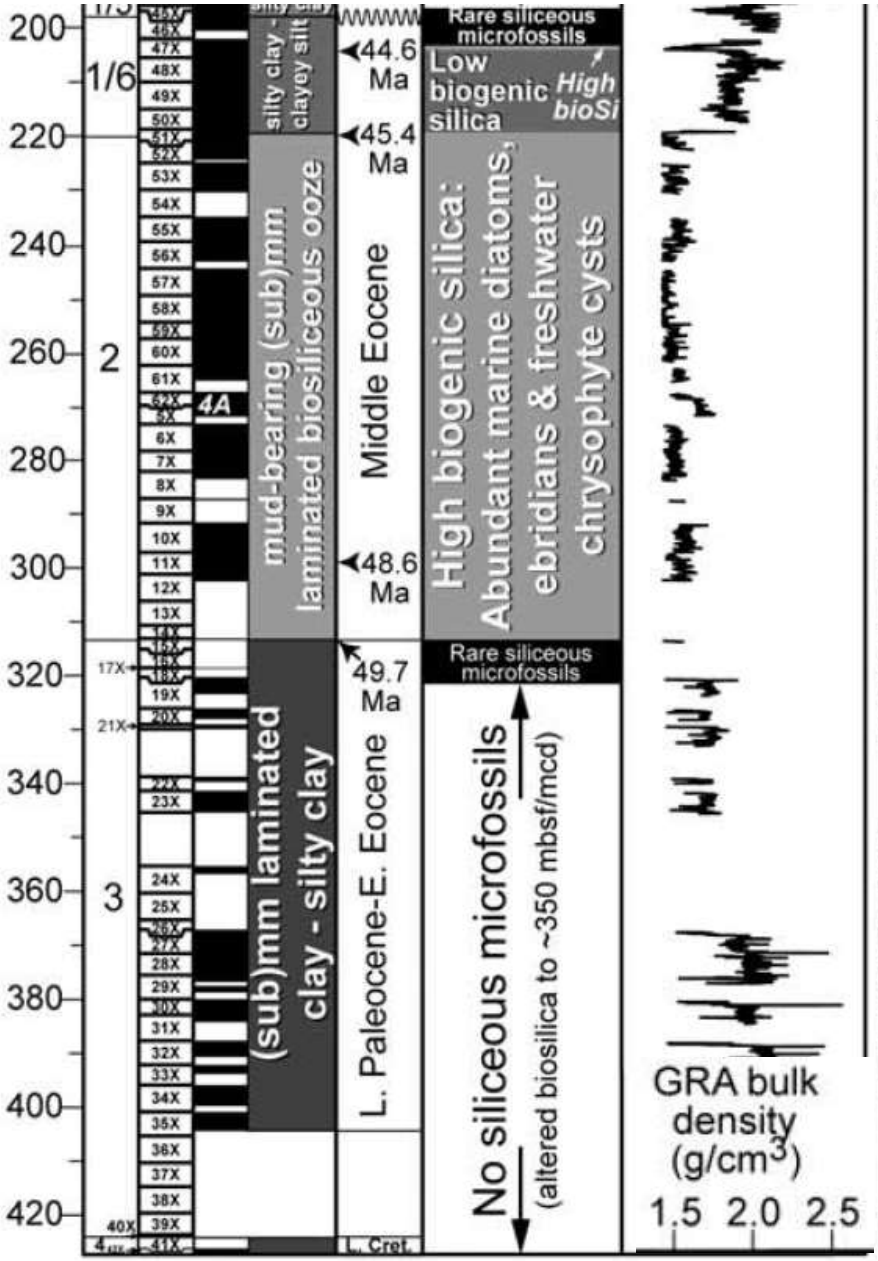


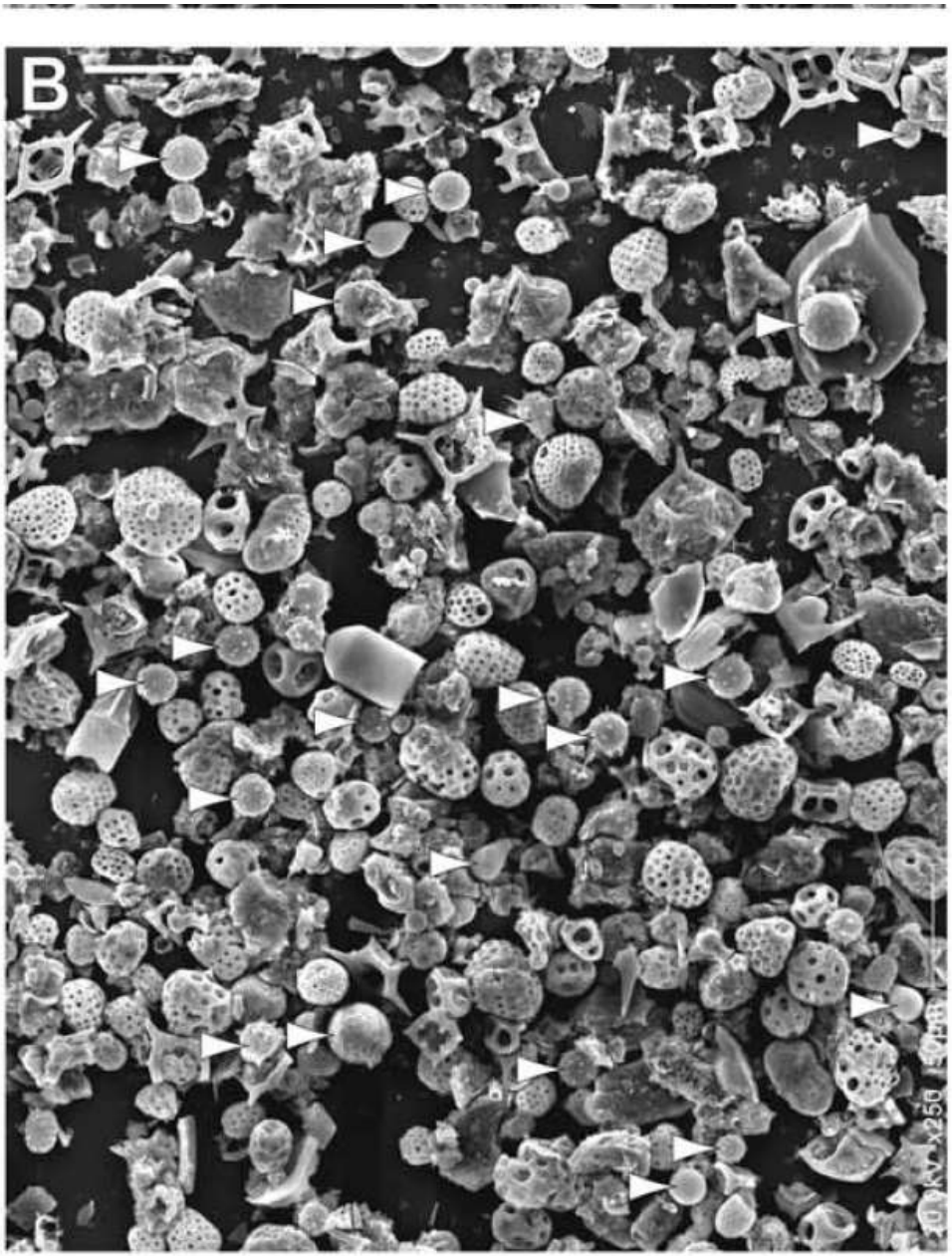
Barke et al. (2012).

Слева: СЛО непосредственно перед событием Azolla

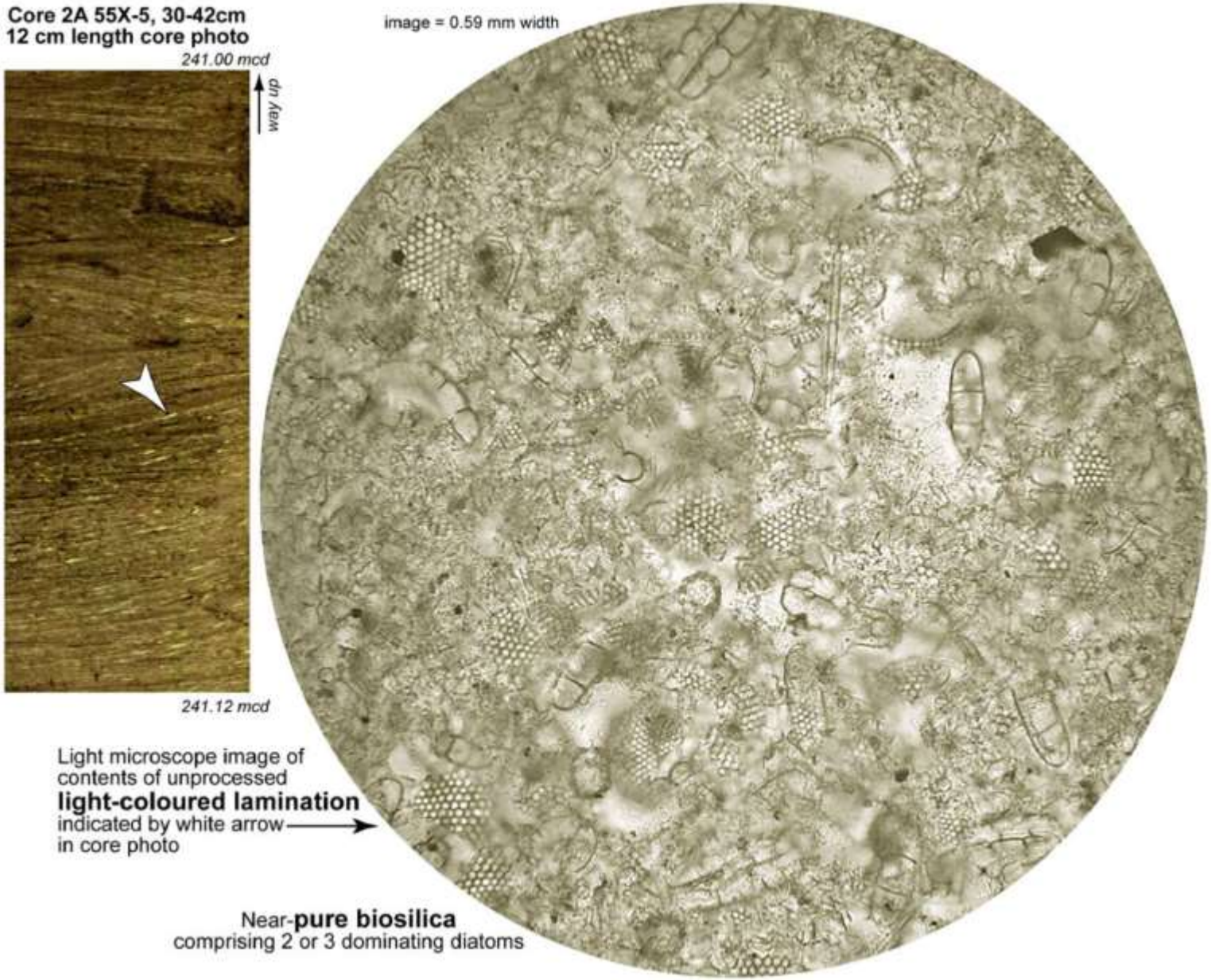
Справа: СЛО во время события Azolla

БИОКРЕМНИСТЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ – СРЕДНИЙ ЭОЦЕН

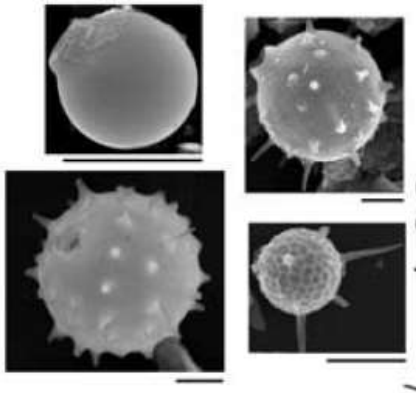




БИОКРЕМНИСТЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ – СРЕДНИЙ ЭОЦЕН

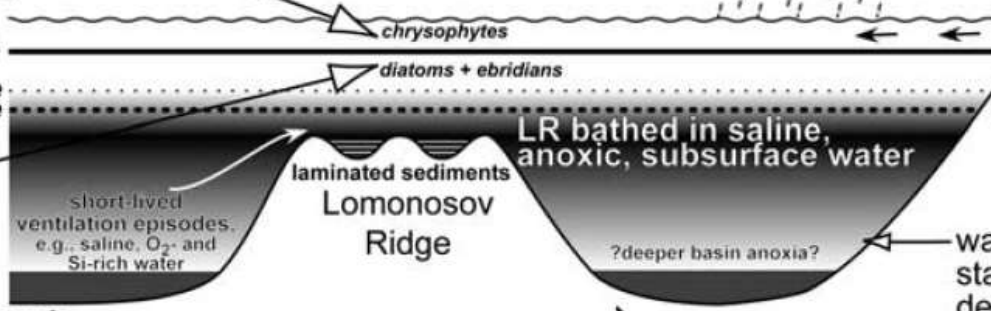


БИОКРЕМНИСТЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ – СРЕДНИЙ ЭОЦЕН



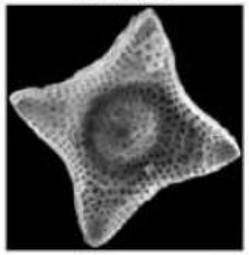
Chrysophytes living and encysting in oxygenated, fresher surface water

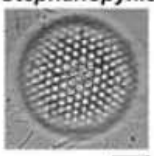
Increased hydrological cycle in middle Eocene



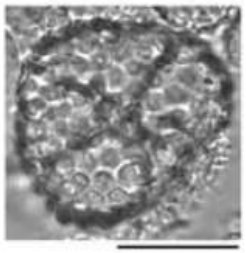
river-borne nutrients trapped at halocline-associated nutricline (Fe, Si, P...)

water column redox state uncertain in deeper basins



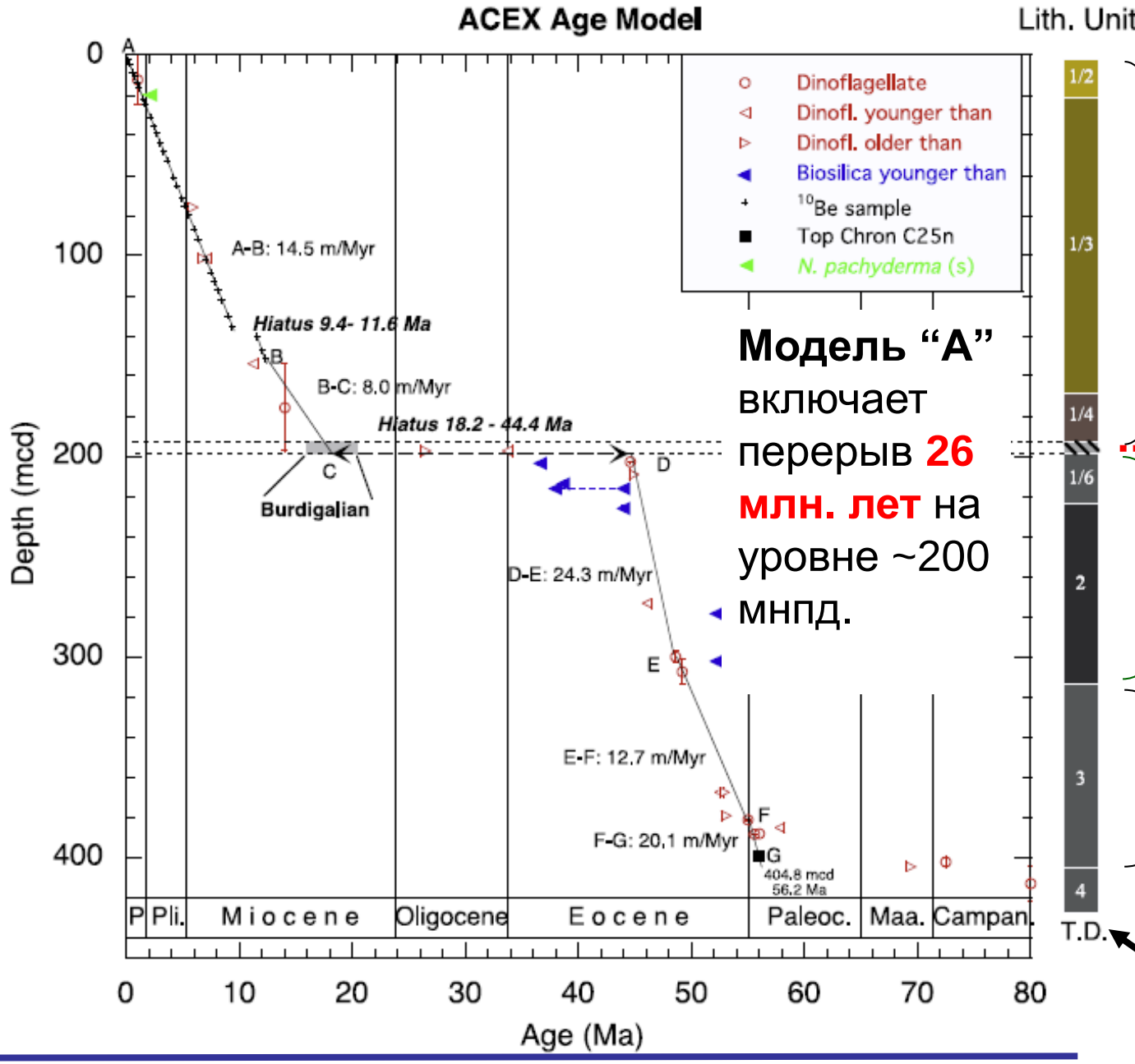


Diatoms living in oxic-suboxic subsurface euphotic saline layers close to the halocline where they can take advantage of trapped nutrients. Some may have harbored N_2-fixing cyanobacteria e.g., *Hemiaulus*?



Ebridians living in oxic-suboxic subsurface euphotic saline layers where they feed on diatoms and chrysophytes from below. Photosynthetic symbionts meant some may have been capable of living in very low oxygen. However, it is uncertain if photic zone anoxia existed at this time.

ПРОБЛЕМА СРЕДНЕКАЙНОЗОЙСКОГО ПЕРЕРЫВА



Модель “А” включает перерыв **26 млн. лет** на уровне ~200 мнпд.

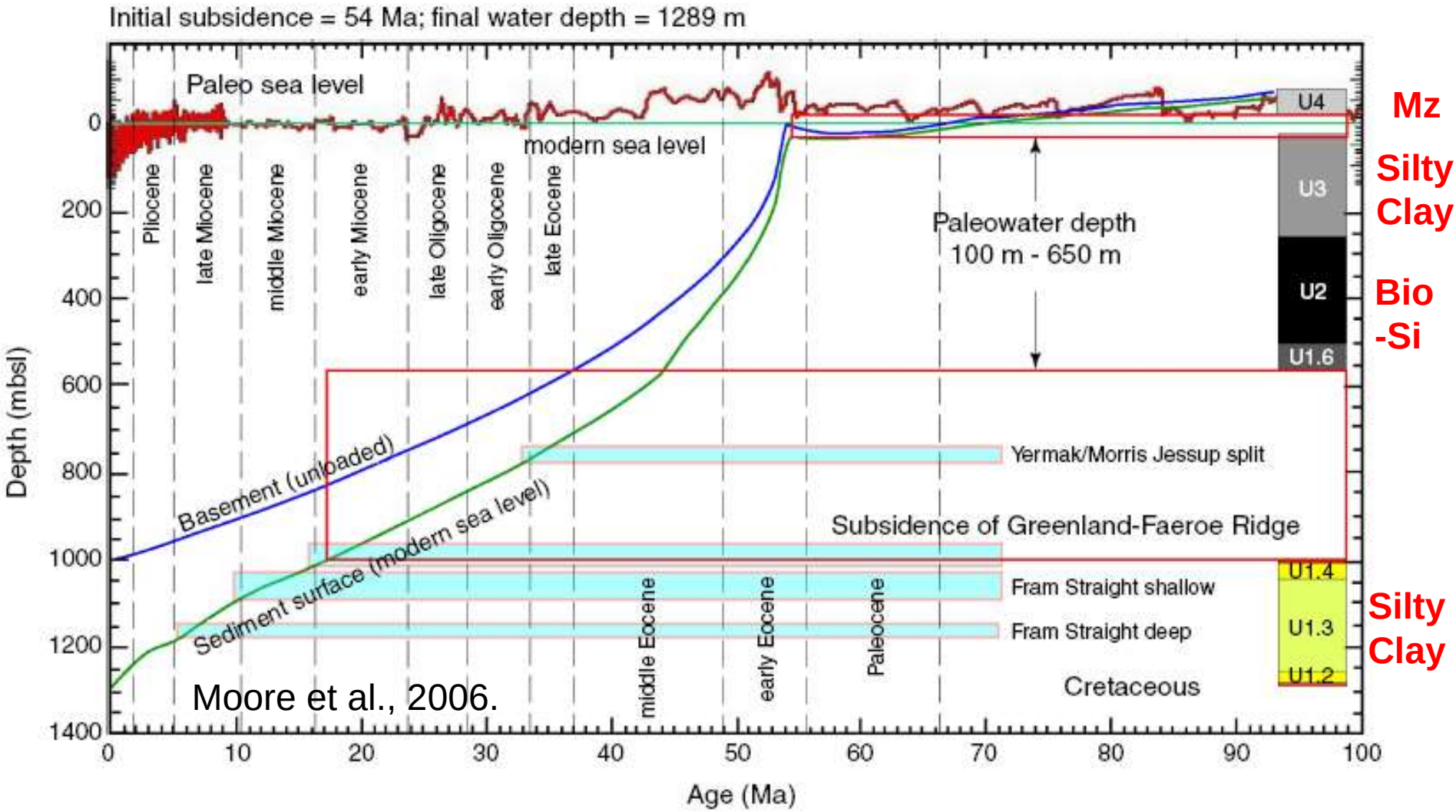
Неоген:
Песчанистые алевро-пелиты

Палеоген:
Биокремнис-тые отложения

Алевро-пелиты.

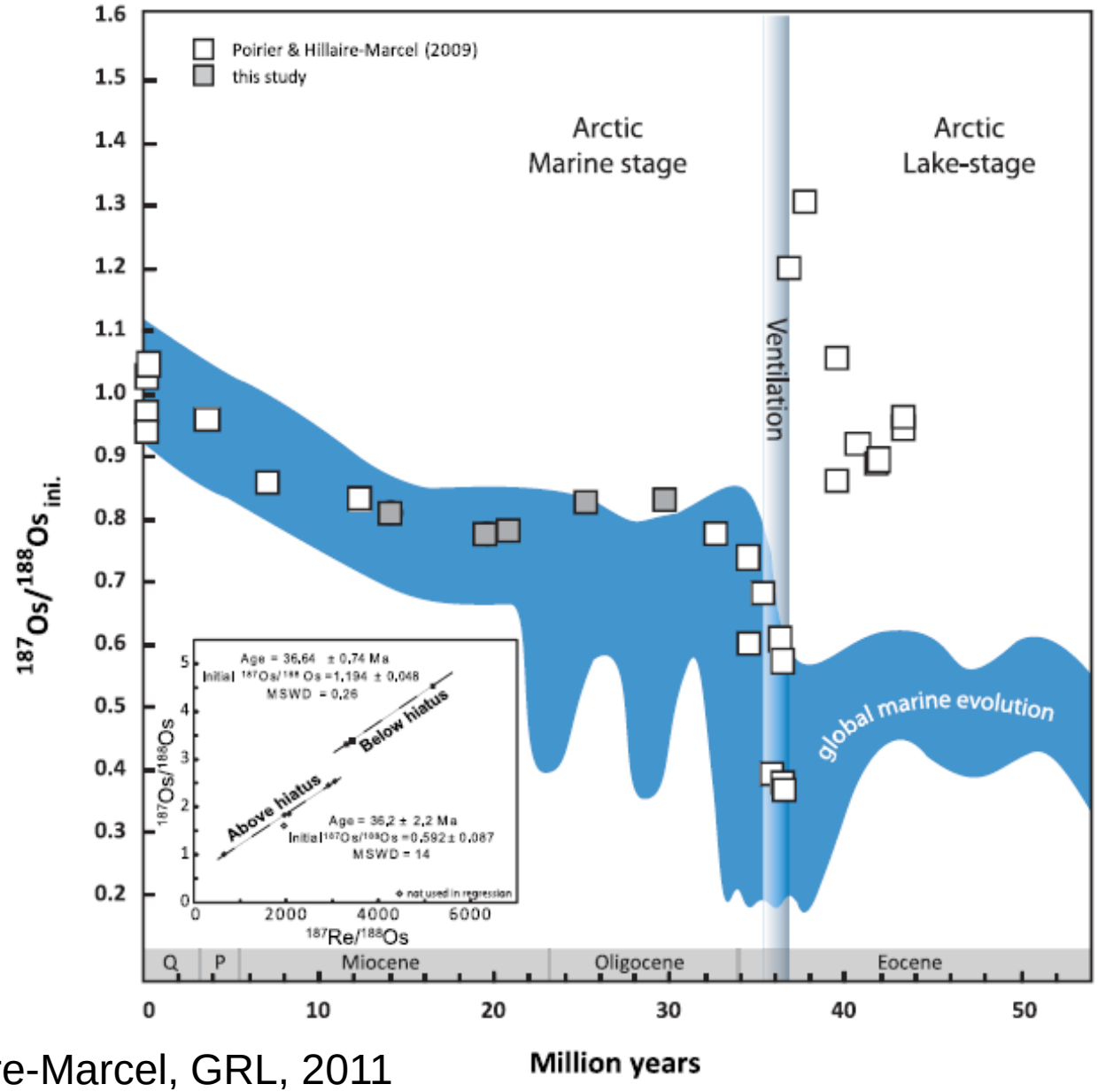
Mz

МОДЕЛЬ ПОГРУЖЕНИЯ ХРЕБТА ЛОМОНОСОВА



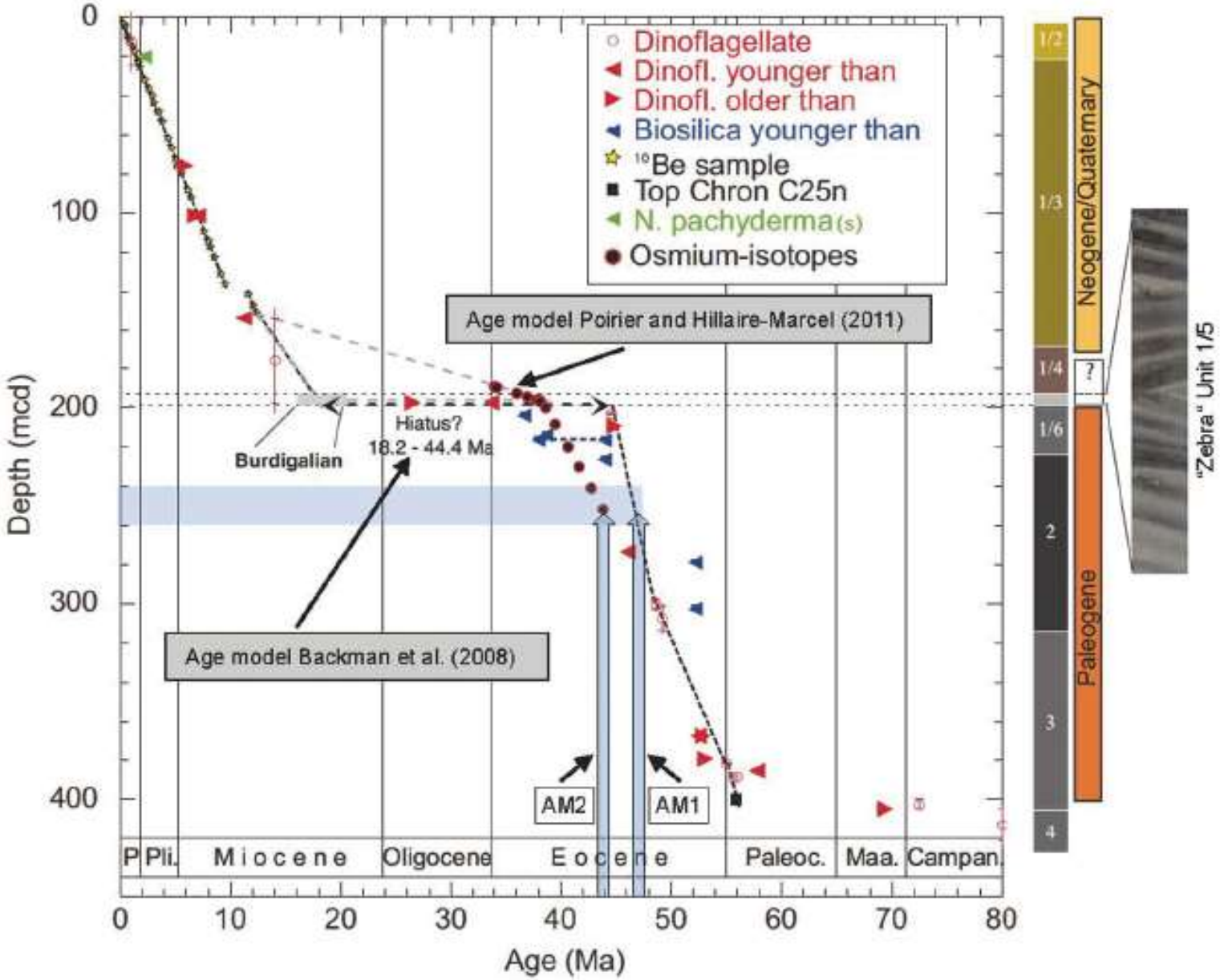
Закономерное погружение хребта Ломоносова за счет остывания литосферы.

ПРОБЛЕМА СРЕДНЕКАЙНОЗОЙСКОГО ПЕРЕРЫВА

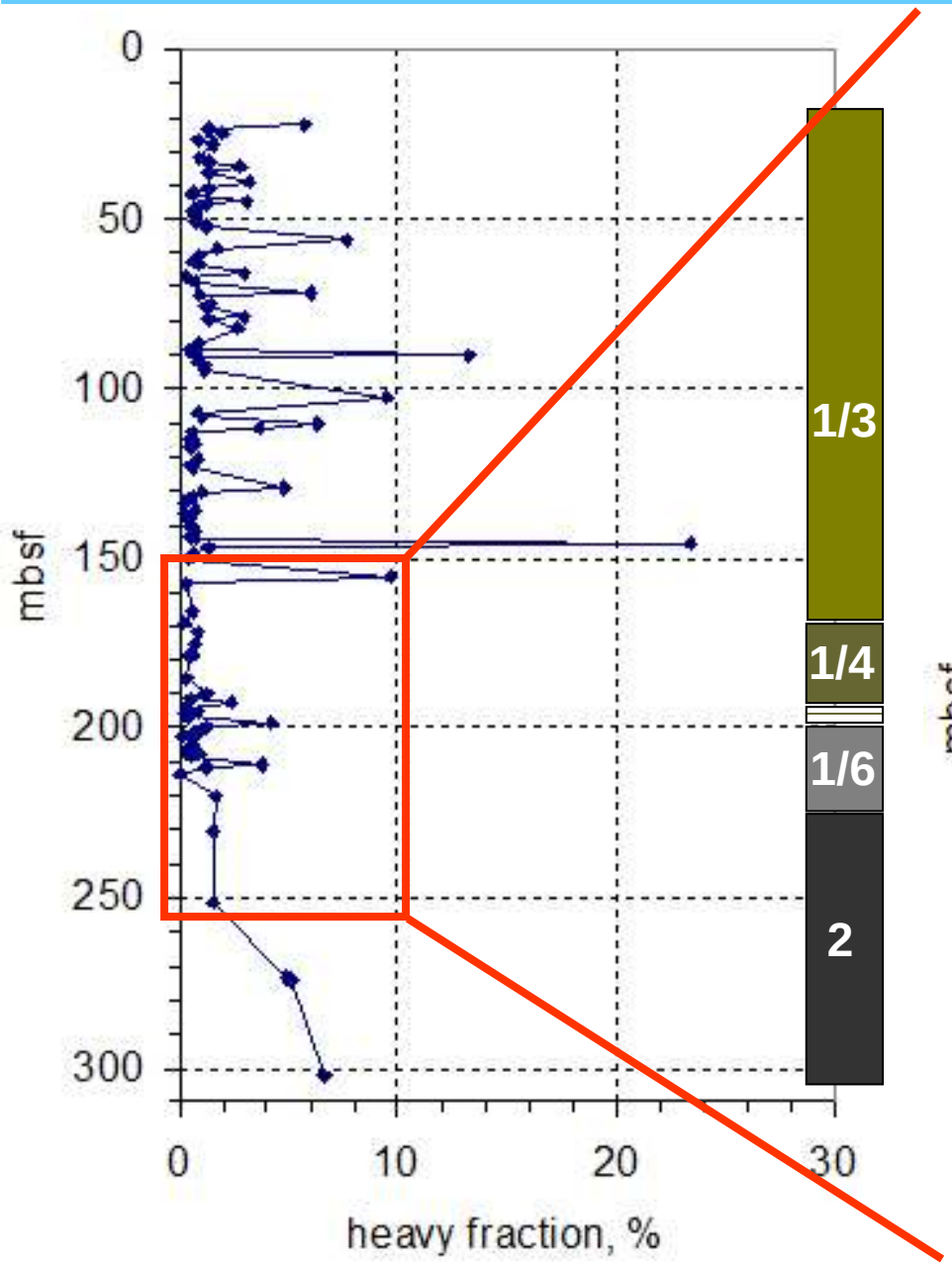


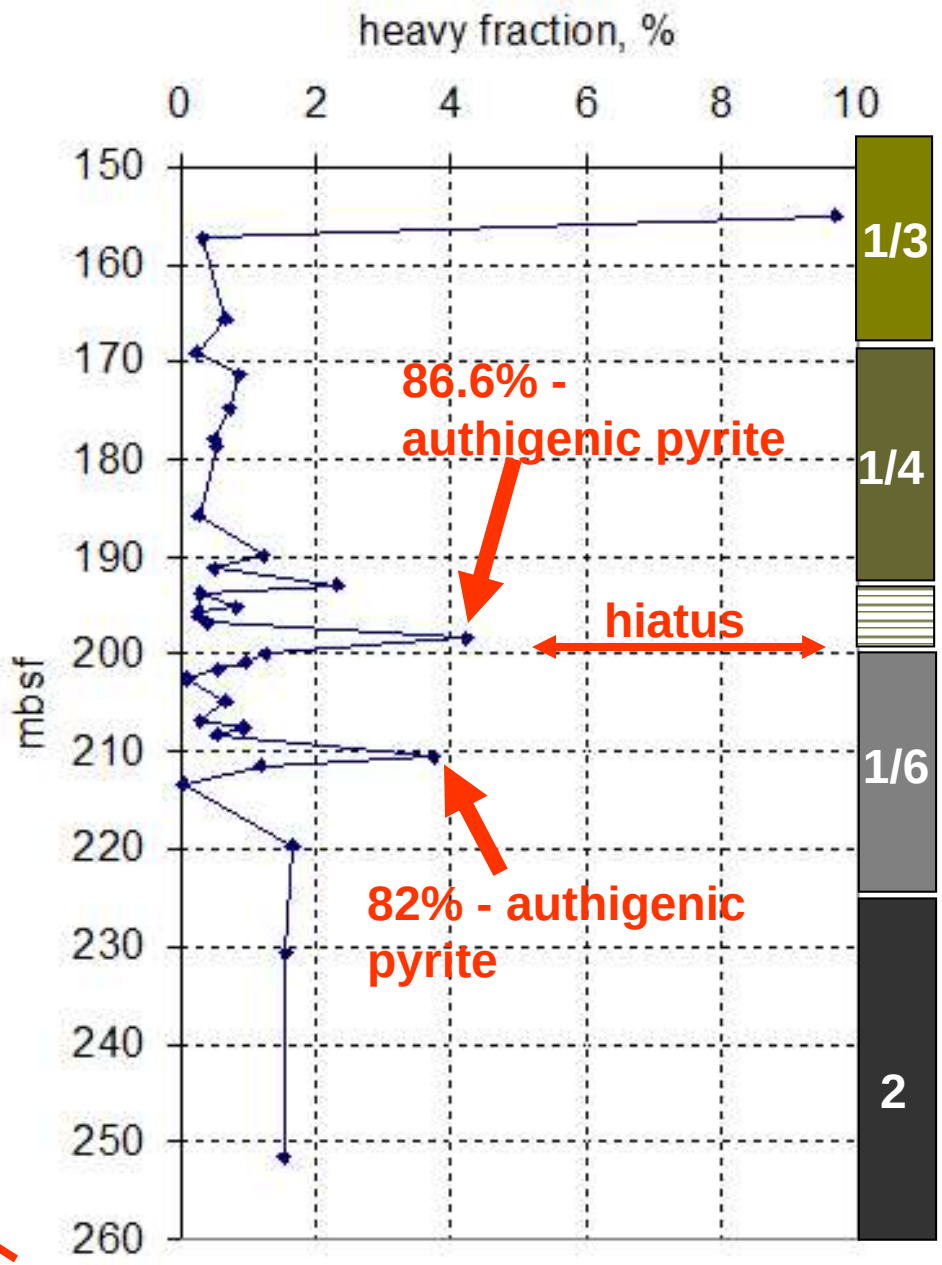
Poirier, Hillaire-Marcel, GRL, 2011

ПРОБЛЕМА СРЕДНЕКАЙНОЗОЙСКОГО ПЕРЕРЫВА

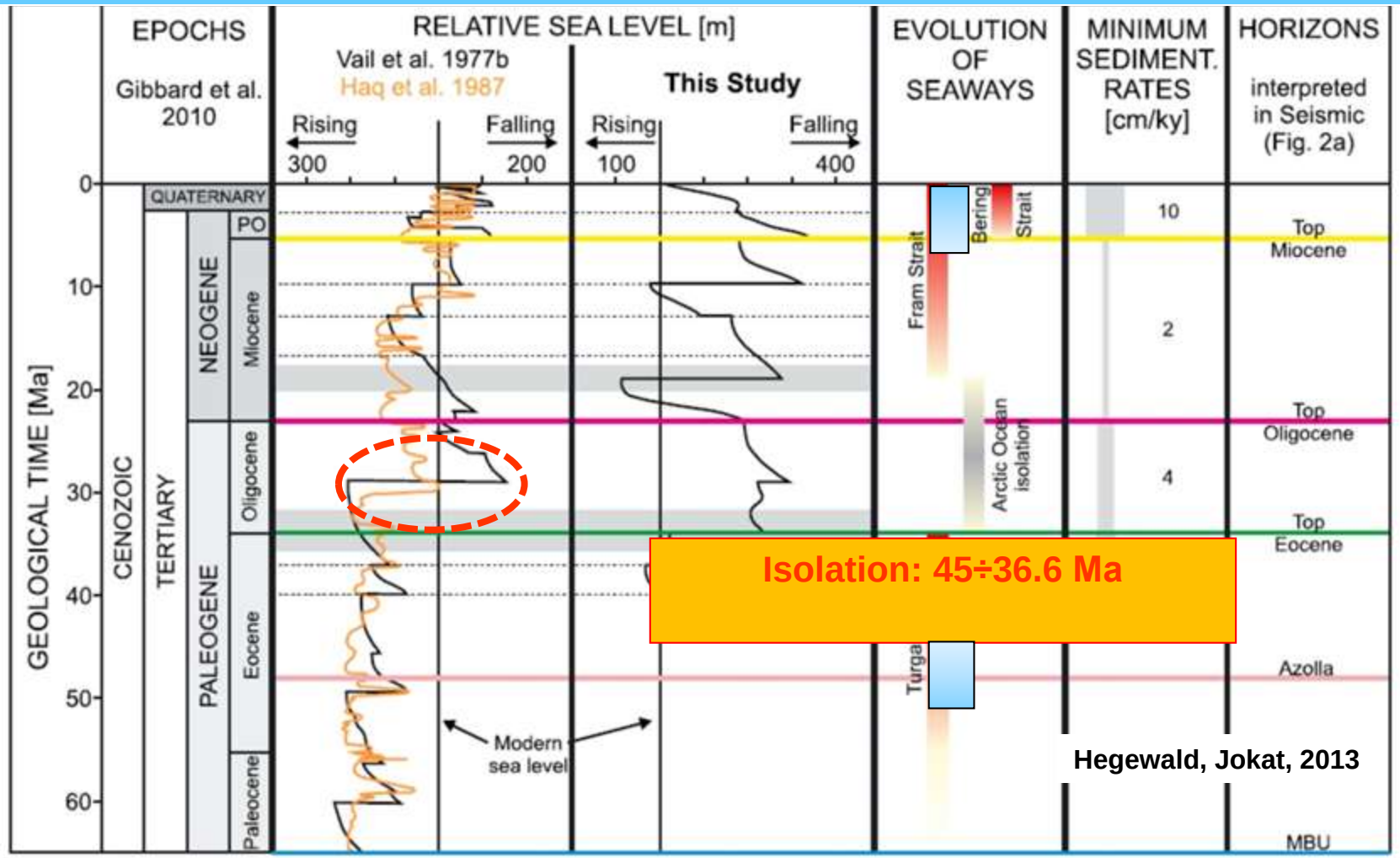


ПРОБЛЕМА СРЕДНЕКАЙНОЗОЙСКОГО ПЕРЕРЫВА



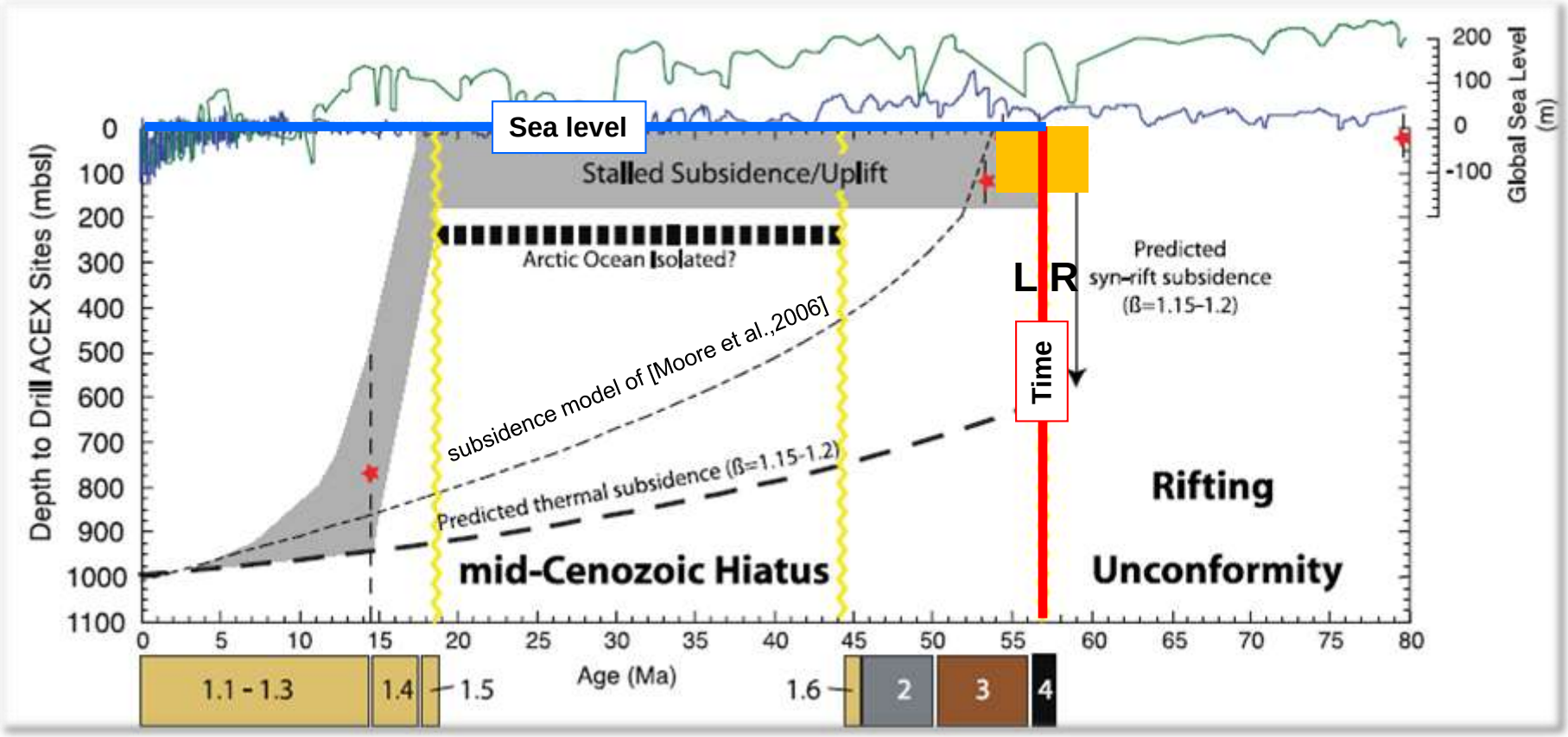


ПРОБЛЕМА СРЕДНЕКАЙНОЗОЙСКОГО ПЕРЕРЫВА



- Fram Strait open ~17.5 Ma [Jakobsson et al., 2007]
- Isolation of the Arctic Ocean till this time [O'Regan et al., 2008]
- **New idea:** isolation from ~45 Ma (Turgai Strait closing) till 36.2 Ma [Chernykh, Krylov, 2015].
- Oligocene regression (ruppelian/chattian) can be observed in the sediments of the Central Arctic Ocean

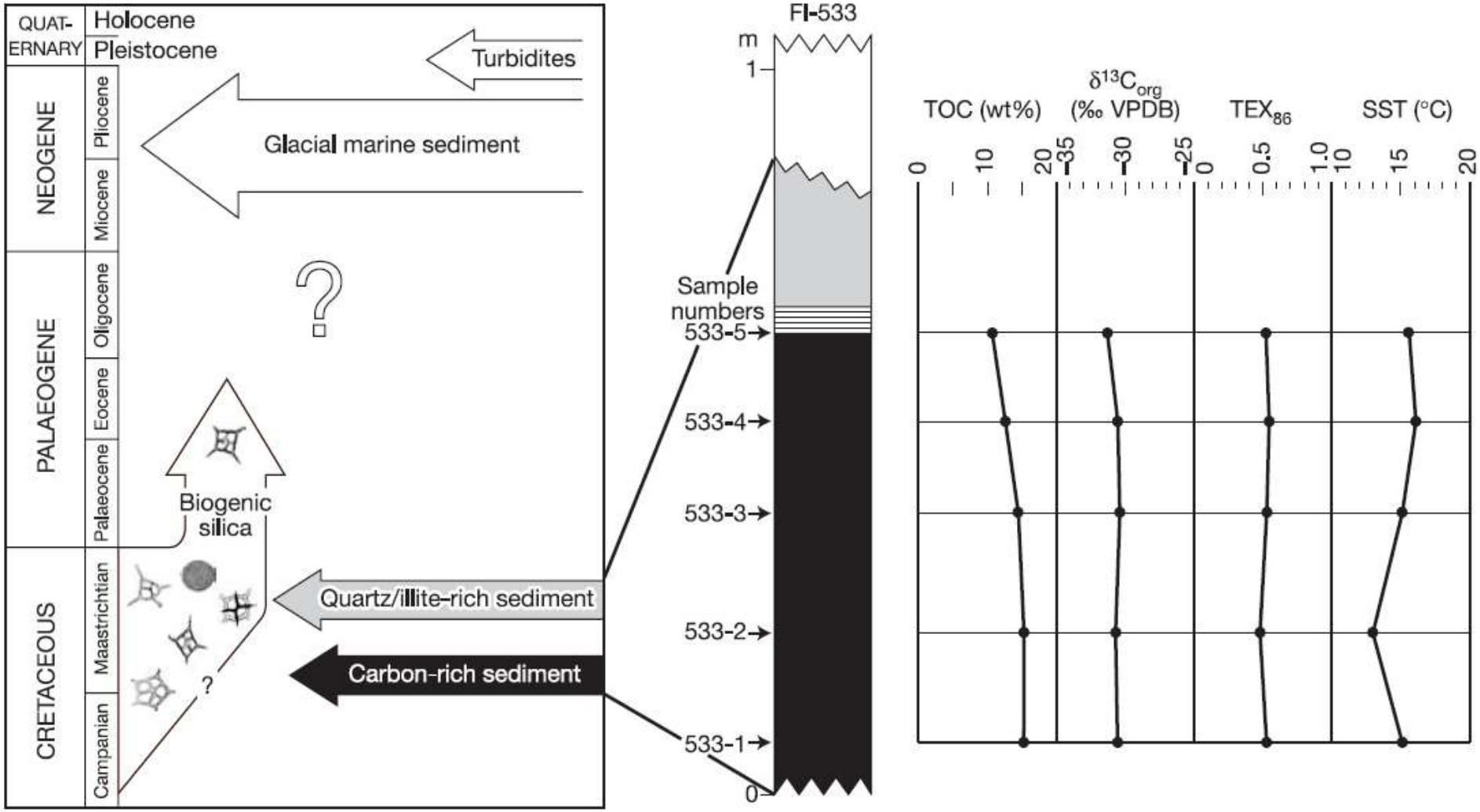
Причина перерыва
Падение уровня океана в период изоляции?



Время эрозии, вероятно, не превышало 400 тыс. лет.

ПОЯВЛЕНИЕ СЕЗОННЫХ И МНОГОЛЕТНИХ ЛЬДОВ

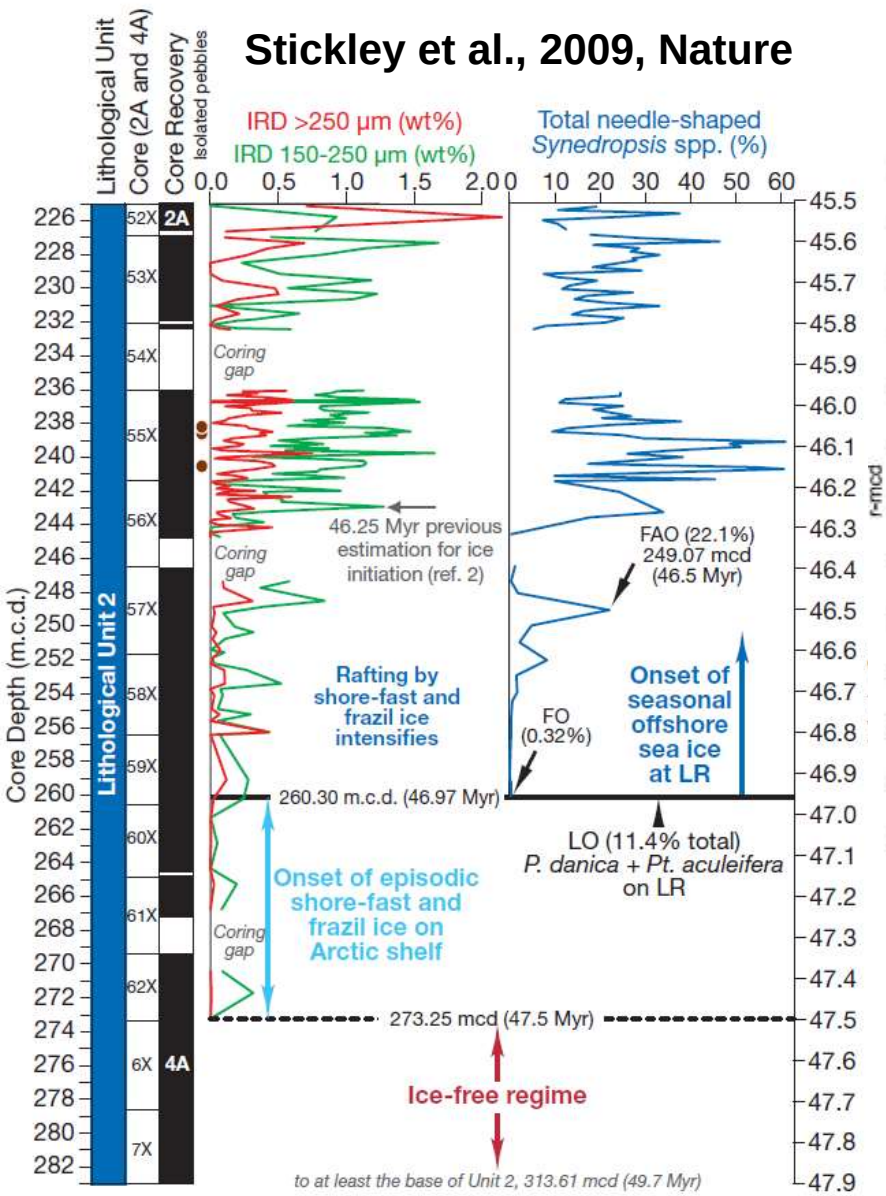
Версия о времени появления льдов в центральной Арктике до бурения ACEX.

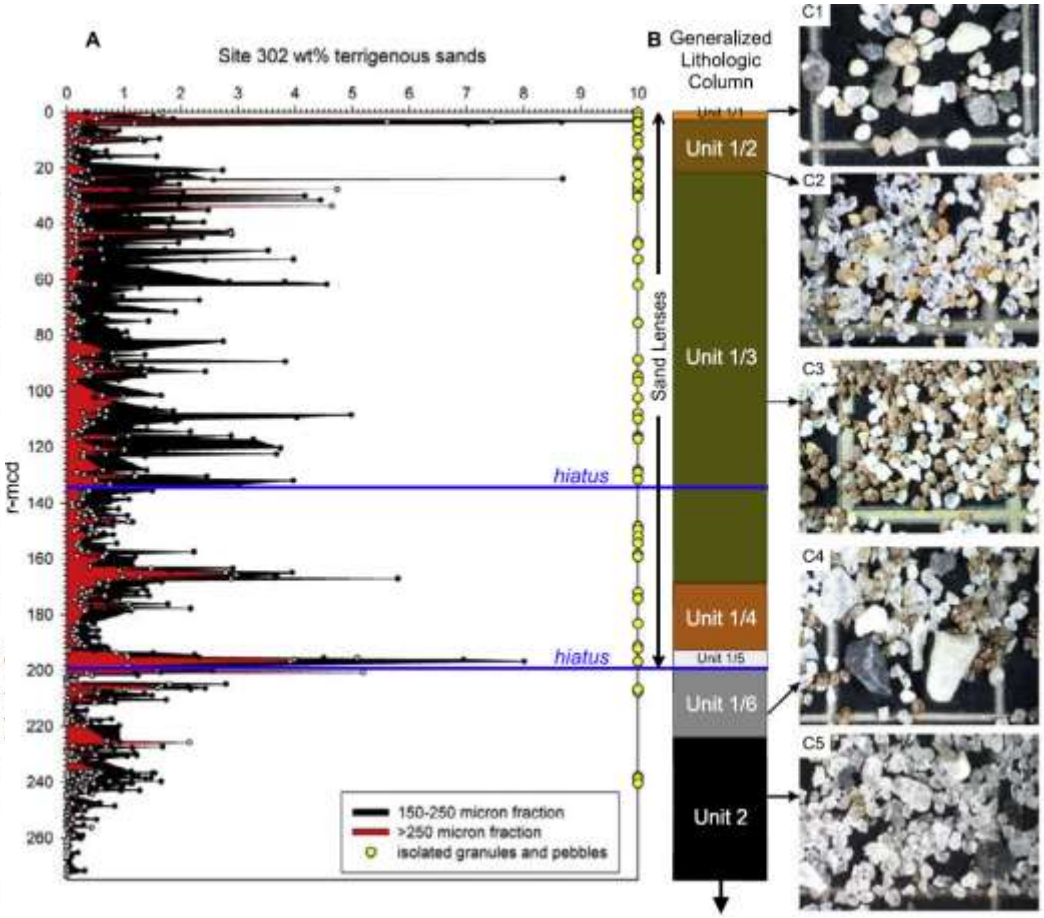


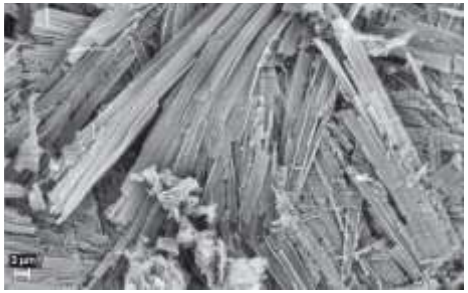
Jenkuns et al., 2004, Nature

ПОЯВЛЕНИЕ СЕЗОННЫХ И МНОГОЛЕТНИХ ЛЬДОВ

Stickley et al., 2009, Nature

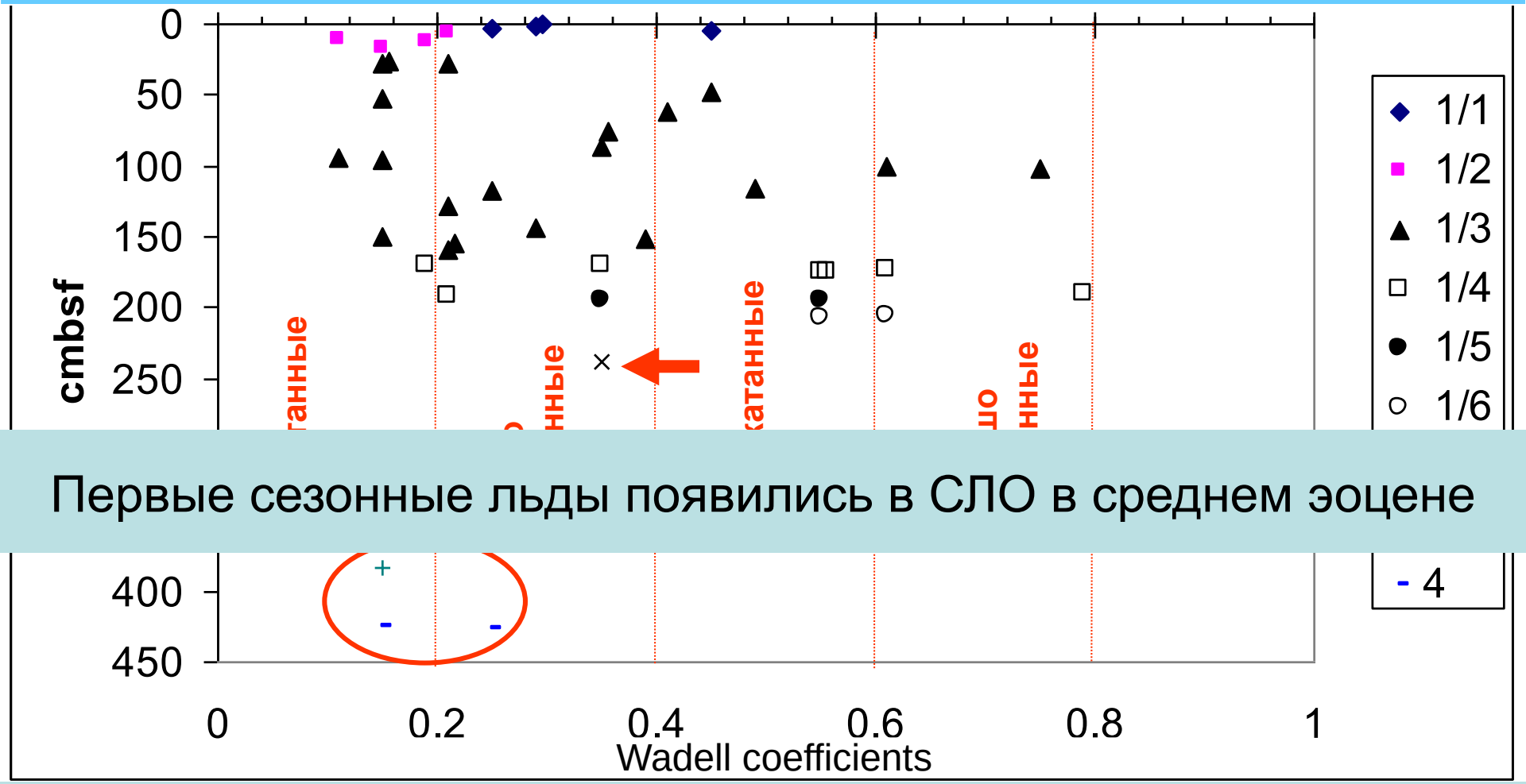






St. John, 2008, Paleoceanography

ПОЯВЛЕНИЕ СЕЗОННЫХ И МНОГОЛЕТНИХ ЛЬДОВ

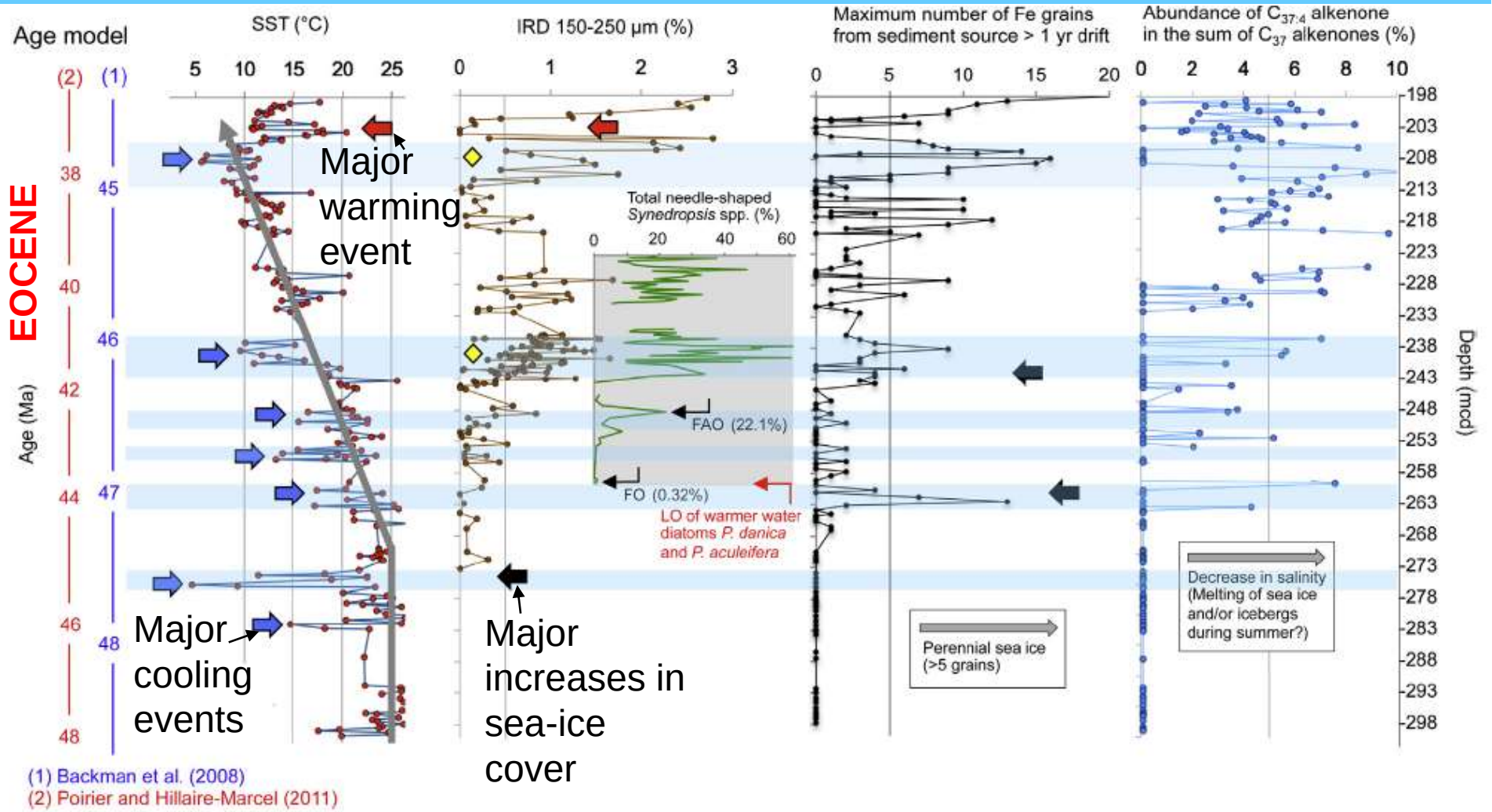


Первые сезонные льды появились в СЛО в среднем эоцене

Первое появление псефитов на уровне 247 мнпд, в биокремнистых отложениях = 46 млн.л. (или 43 млн.л. – стратиграфия «без хиатуса»)

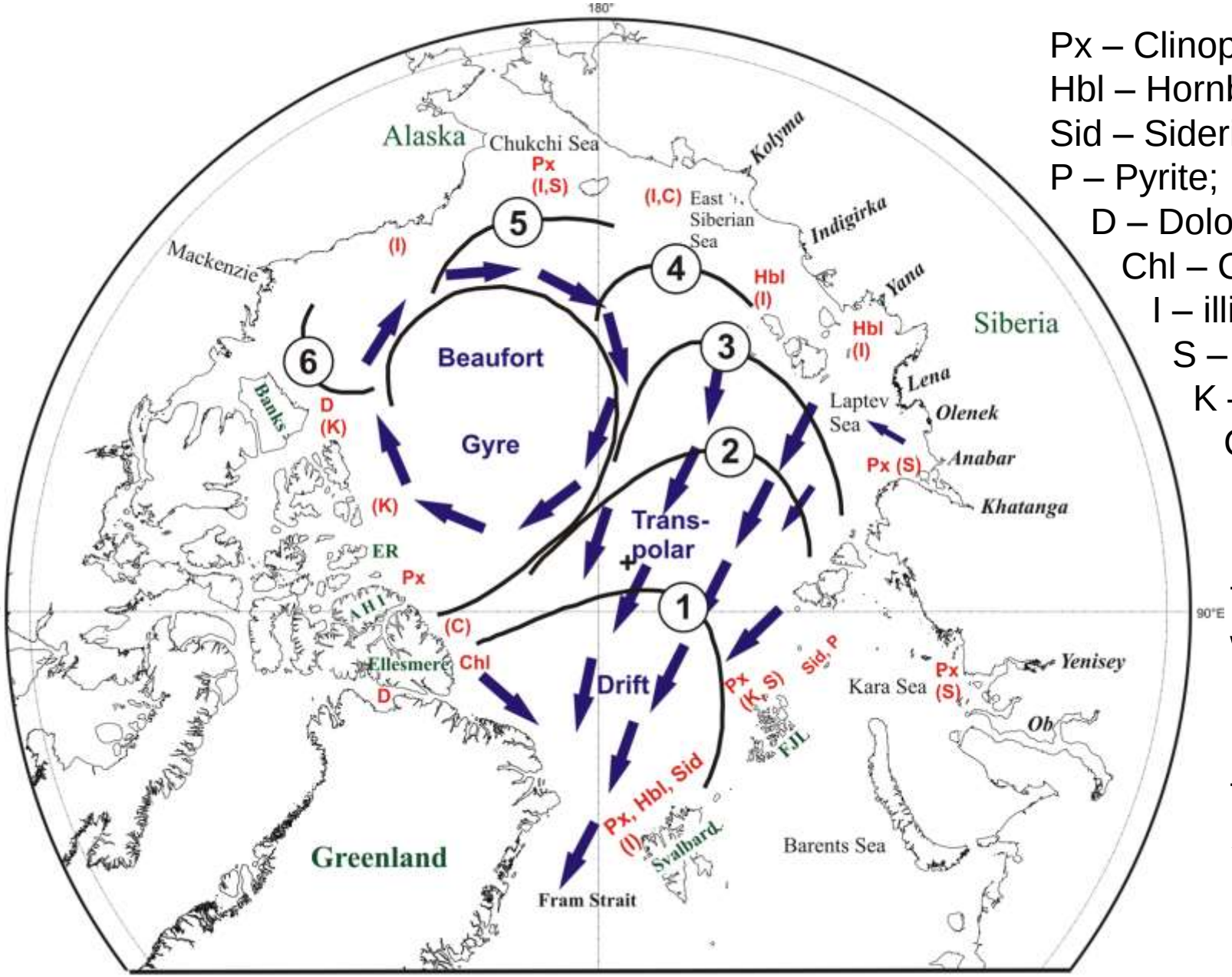
Количество зерен 150-250 μm выросло 46.3 млн.л. [St. John, 2008].
«Ледовые» *Synedropsis spp*. найдены ~47 млн.л. [Stickley et al., 2009].

ПОЯВЛЕНИЕ СЕЗОННЫХ И МНОГОЛЕТНИХ ЛЬДОВ



Расчет палеотемператур поверхности моря (по данным алкенонов - SST°C), не подтверждает версию о появлении паковых льдов в среднем эоцене.

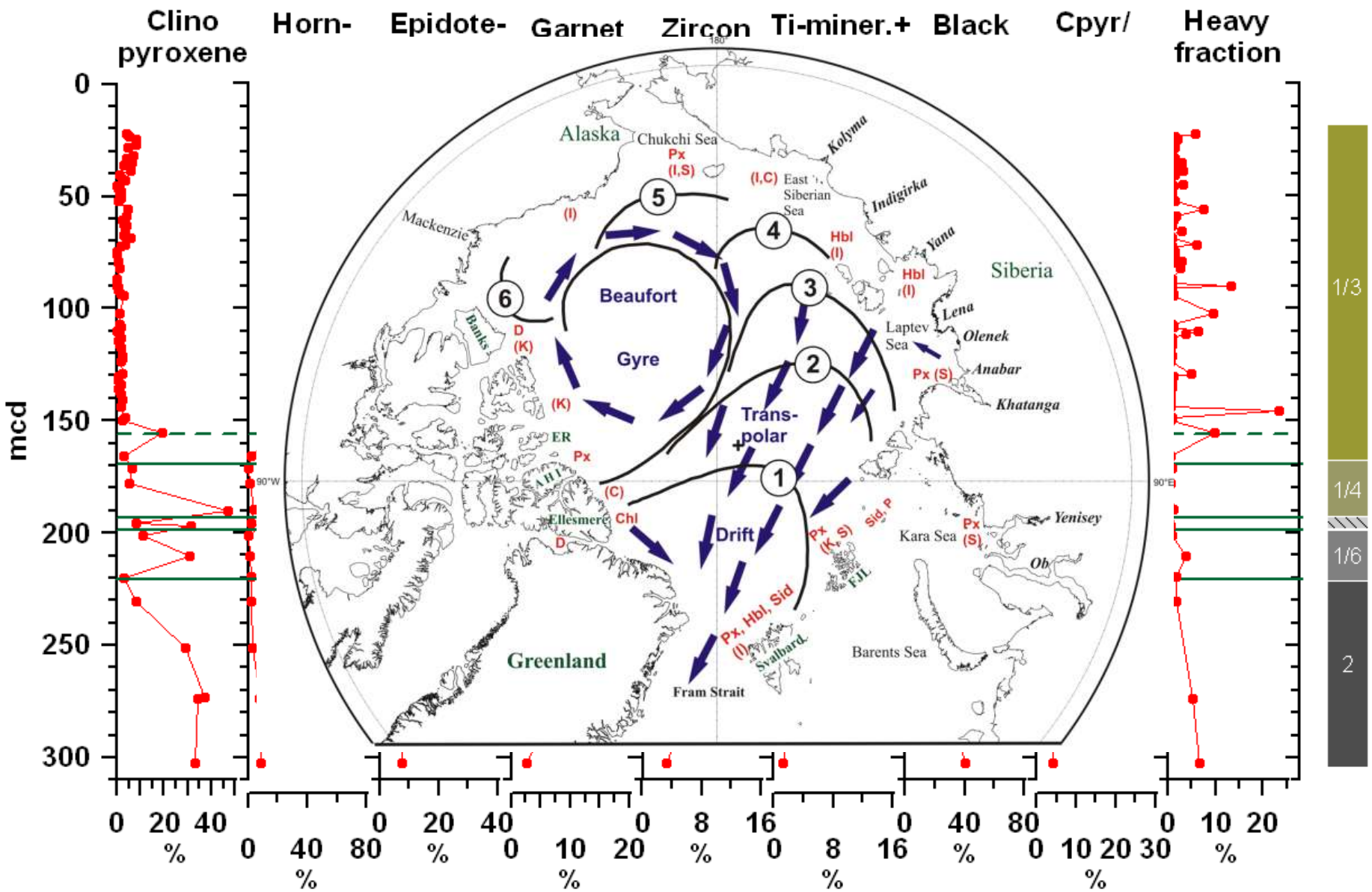
ПОЯВЛЕНИЕ СЕЗОННЫХ И МНОГОЛЕТНИХ ЛЬДОВ



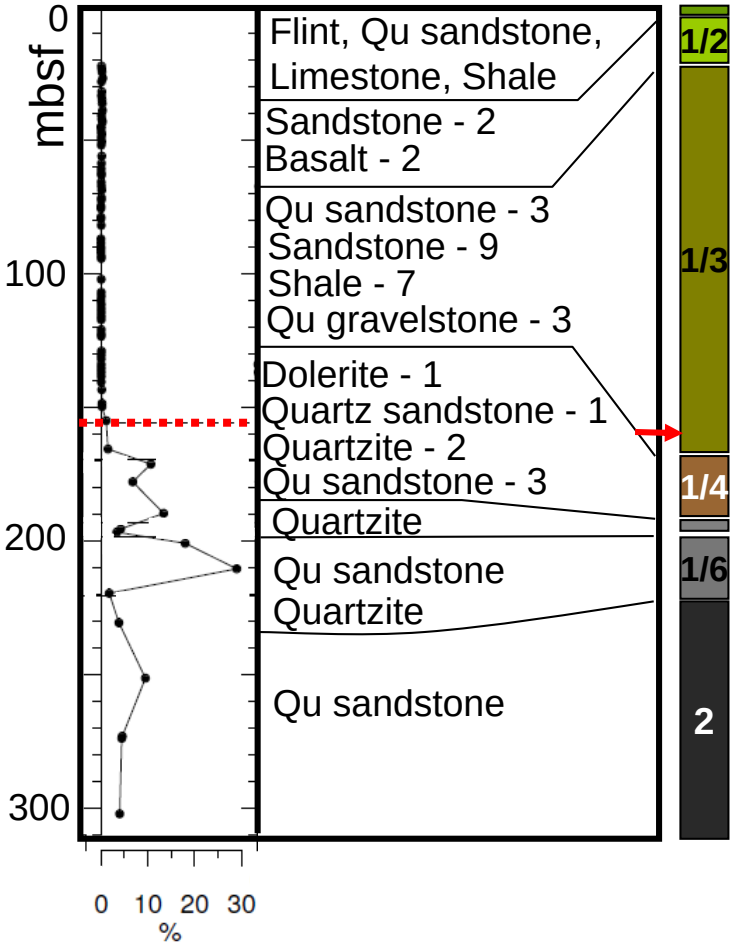
Px – Clinopyroxene;
Hbl – Hornblende;
Sid – Siderite;
P – Pyrite;
D – Dolomite;
Chl – Chloritoid;
I – illite;
S – smectite;
K – kaolinite;
C - chlorite

Numbers: time during which the ice reaches the Fram Strait

ПОЯВЛЕНИЕ СЕЗОННЫХ И МНОГОЛЕТНИХ ЛЬДОВ



ПОЯВЛЕНИЕ СЕЗОННЫХ И МНОГОЛЕТНИХ ЛЬДОВ

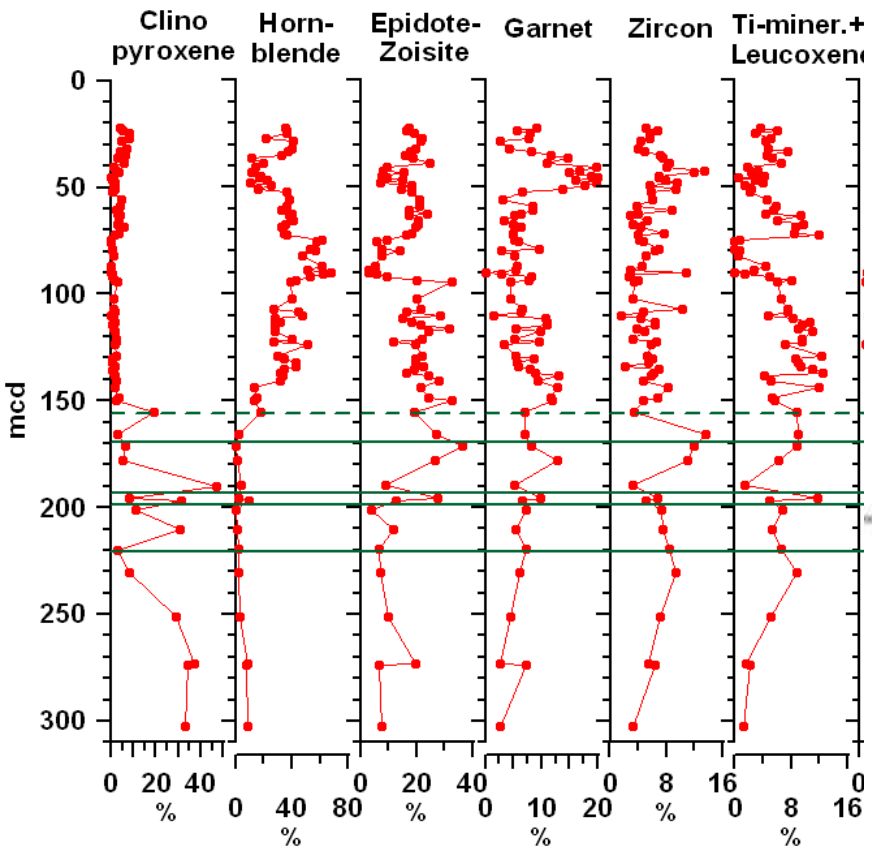


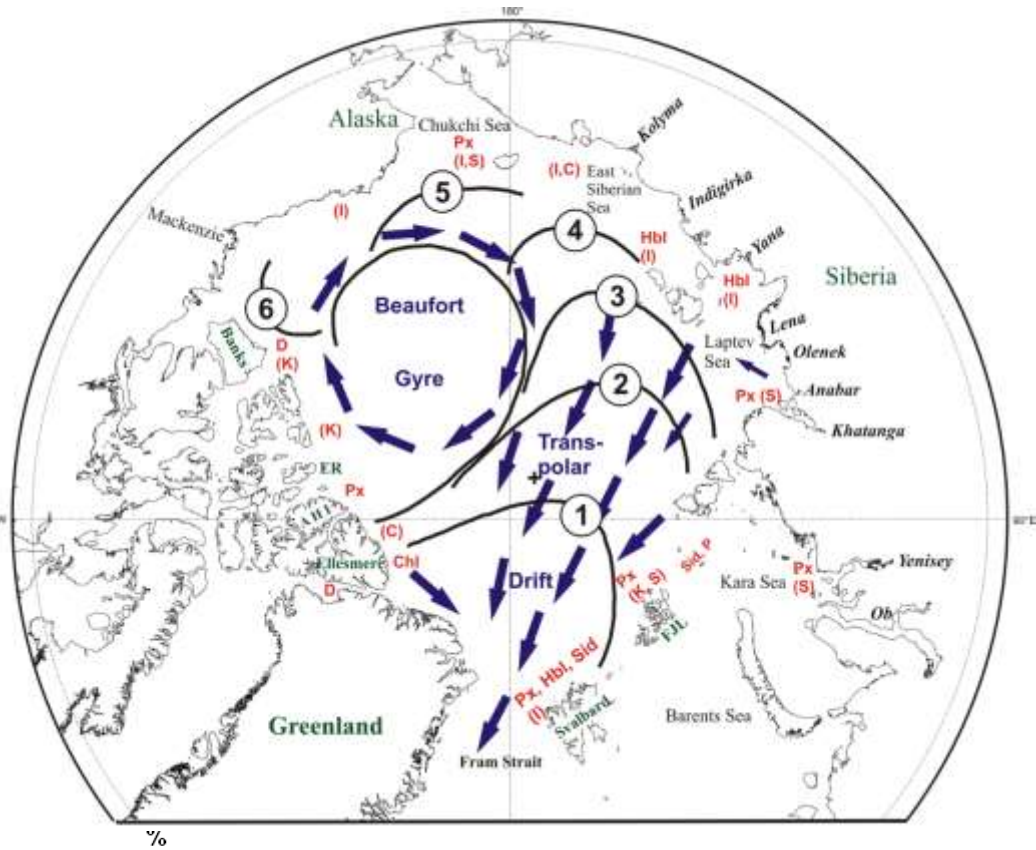
Large-sized stones in LUs **2, 1/6, 1/5 и 1/4** represented by **quartz sandstones, quartz siltstones** and **quartzites**.

Within LUs **1/3 – 1/1** also appear **argillites (shales), schists, flints, limestone** (1 sample) and **basalts** (2 samples).

Change of rocks assemblages found at the level of 159 m, which practically coincides with the change of associations of heavy minerals in LU 1/3.

ПОЯВЛЕНИЕ СЕЗОННЫХ И МНОГОЛЕТНИХ ЛЬДОВ

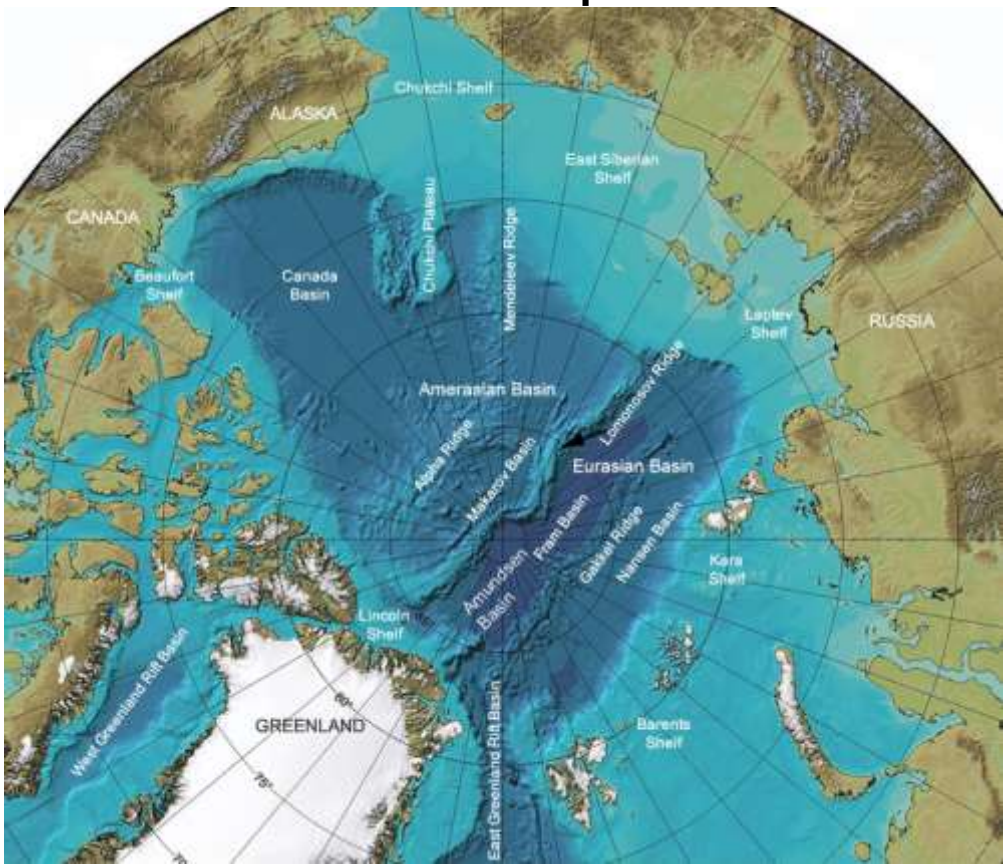




Первые паковые льды в СЛО появились в среднем Миоцене (около 13 млн.л.). С этого момента начал «работать» транс-полярный ледовый дрейф.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Mz отложения в Амеразийском бассейне представлены в основном биокремнистыми осадками.



2) Откол хребта Ломоносова от Баренцево-Карского шельфа и формирование **Евразийского бассейна** началось **~58 млн.л.** (*Поздний Палеоцен*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

3) Две модели возраста (“A” и “B”) могут использоваться для характеристики осадков ACEX

Модель “A” включает хиатус продолжительностью 26 млн.лет.

Модель “B” включает хиатус менее 400 тыс.л.

Модель “B” более надежна с позиций плейт-тектоники.

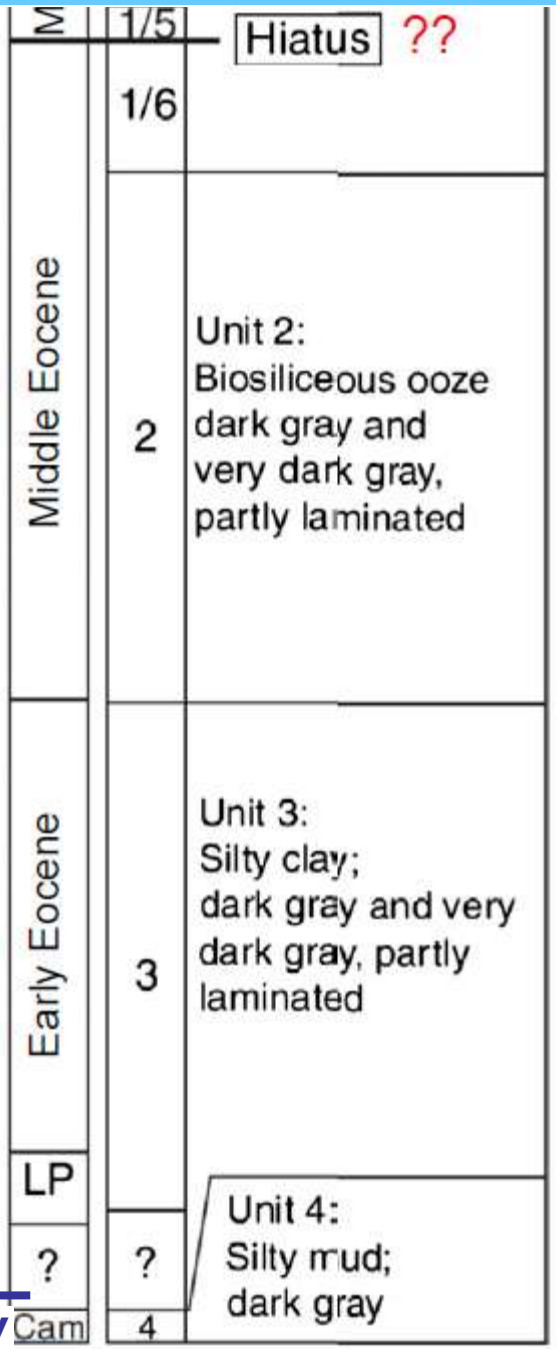
В пользу короткого перерыва свидетельствует отсутствие значительной эрозии осадков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

4) Терригенные осадки накапливались в Евразийском бассейне в позднем палеоцене – раннем эоцене.

Биокремнистое осадконакопление началось в Евразийском бассейне в среднем эоцене.

СЛО был изолирован от Мирового океана в интервале 45–36.2 млн.лет (согласно модели «В»).



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

5) В позднем эоцене (36.6 млн.л.) открылся пролив Фрама и изоляция СЛО закончилась. Начали накапливаться пелагические терригенные осадки.

6) Первые сезонные льды появились в СЛО в среднем эоцене и дальнейшая эволюция Арктики сопровождалась постепенным похолоданием климата.

7) Первые паковые льды в СЛО появились в среднем миоцене (около 13 млн.л.). С этого момента «заработала» транс-полярная система ледового дрейфа.

СПАСИБО!