

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПАЛЕООКЕАНОЛОГИИ АРКТИКИ

Е.И.Полякова

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
географический факультет,
НИЛ новейших отложений и палеогеографии плейстоцена*

За последние десятилетия внимание к Арктическому региону существенно возросло, что обусловлено рядом причин:

1. освоение минерально-сырьевых ресурсов;
2. развитие Северного морского пути;
3. влияние Арктики на глобальные природно-климатические процессы;

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ АРКТИКИ

Российская Арктика (РА) чрезвычайно богата практически всеми видами минерально-сырьевых ресурсов:

- более 2/3 площади континентального шельфа РА перспективна на нефть и газ, суммарные прогнозные запасы углеводородов в нефтяном эквиваленте оцениваются от 90 до 110 млрд тонн;*
- в РА добывается 95% газа и 60% нефти;*
- в РА добывается 100% алмазов, 90% никеля и кобальта, 60% меди.*

1



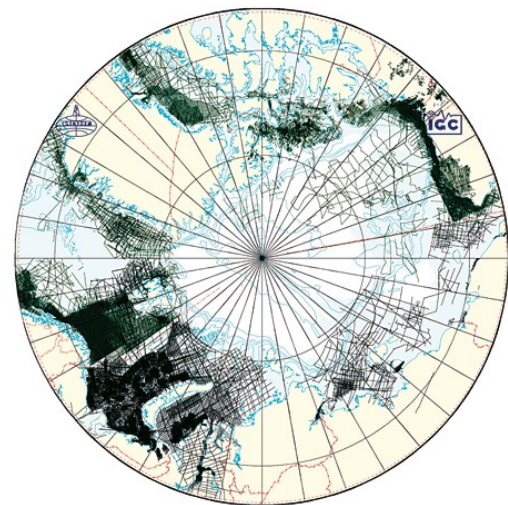
2



3



4



Континентальный шельф России составляет 22 % площади шельфа Мирового океана. Около 85 % разведанных запасов углеводородов сосредоточено на шельфе арктической акватории, в первую очередь Баренцева и Карского морей.

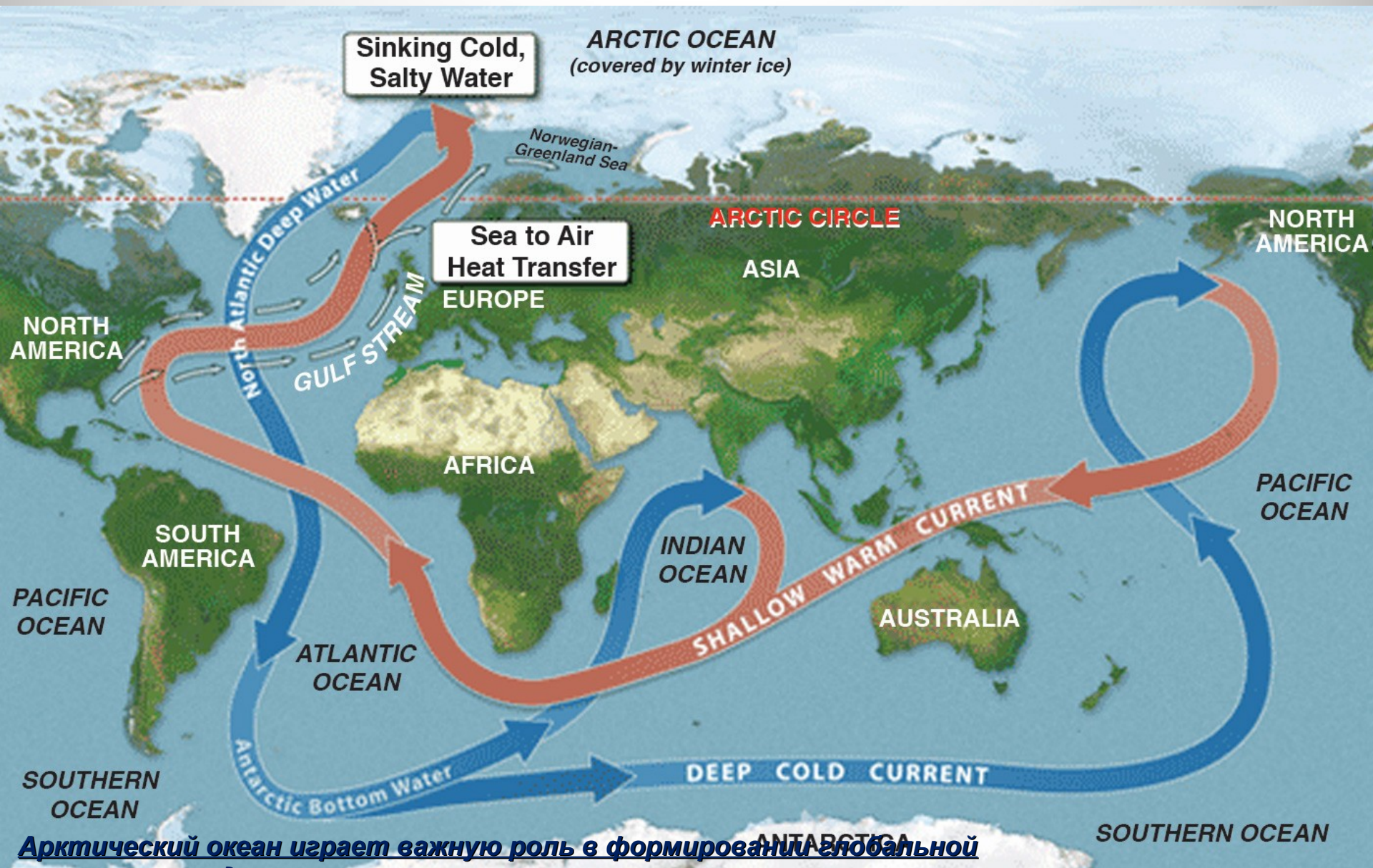
В настоящее время добыча нефти и газа вышла на шельф и продвигается за его пределы на континентальный склон и в глубоководные котловины, что определяет актуальность геологических и палеогеографических исследований в этих районах.

ОСВОЕНИЕ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ (СМП)

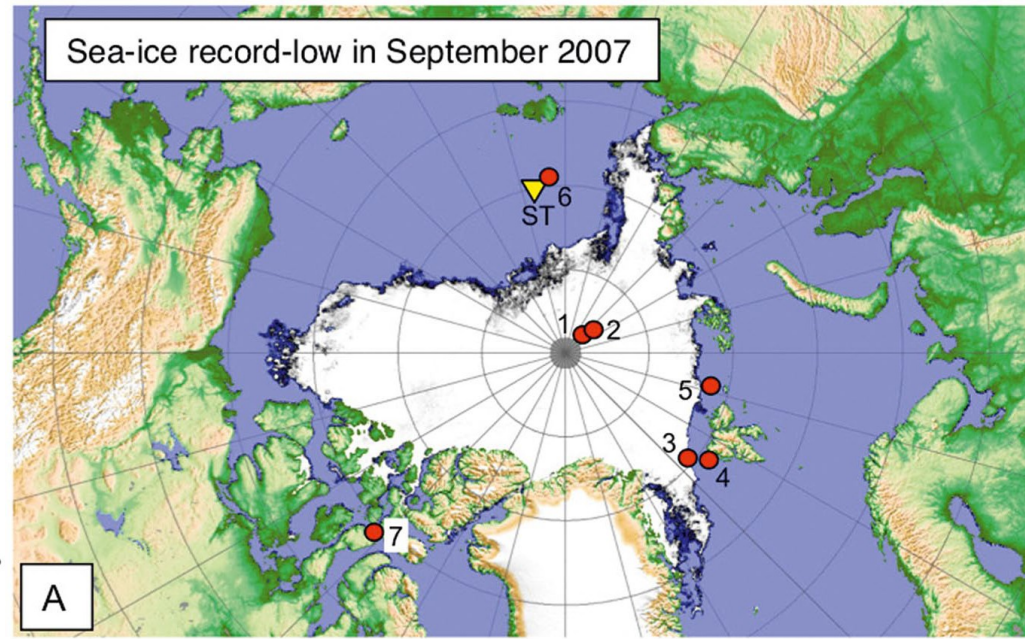
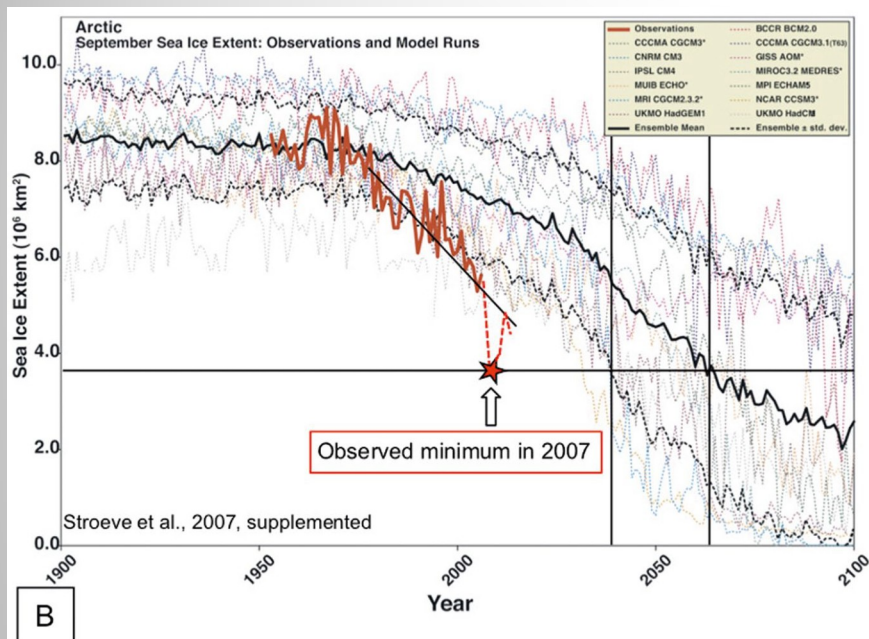
“Объем перевозимых по СМП грузов составил на конец 2017 г. около 10.2 млн тонн. После 2020 г. эта цифра превысит 40 млн тонн, а после 2030 г. она достигнет показателя 115 млн тонн”.



Схема глобального океанического конвейера

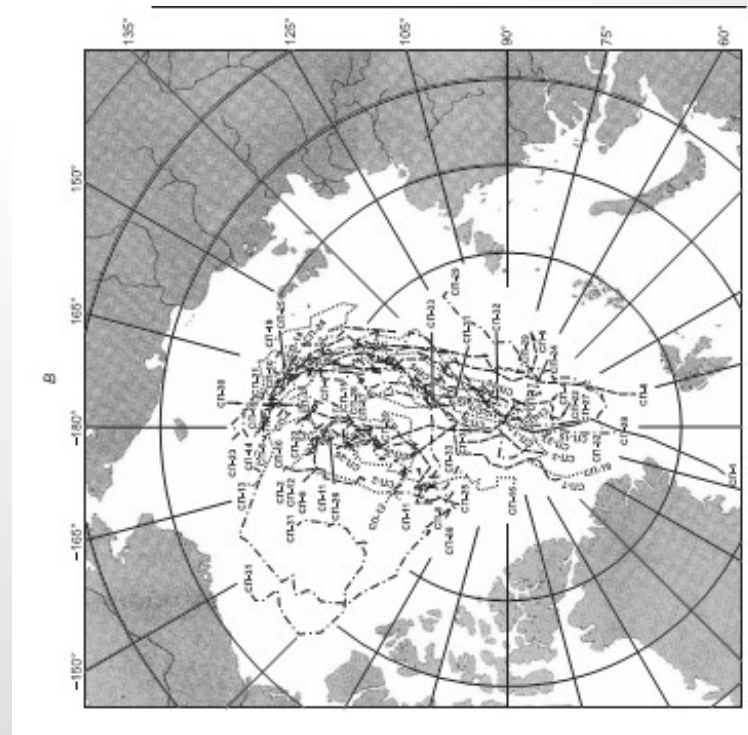
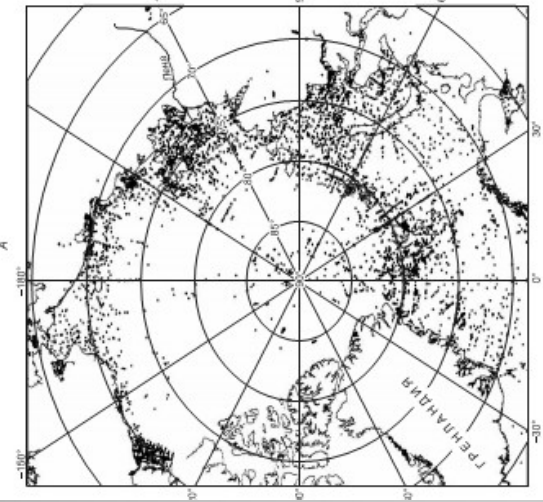
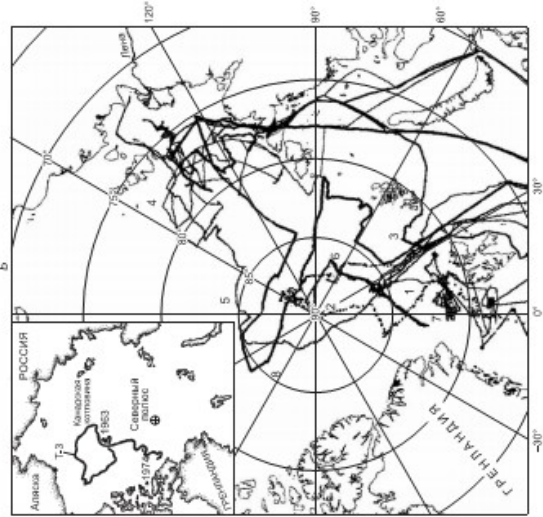


Арктический океан играет важную роль в формировании глобальной циркуляции водных масс



Максимальное сокращение площади морских льдов в Арктике наблюдалось в 2007 и 2012 годах

Арктический регион нагревается значительно быстрее, чем остальной земной шар. За последние 20-30 лет в Арктике зафиксированы повышения среднегодовой температуры воздуха на $5-7^\circ$, в то время как общепланетарные в среднем увеличились на 1° .



Исследования по морской геологии в Арктике (до 2006 – 2008 гг) по: Stein, 2008; Фролов и др., 2005

Эти стремительные изменения климата приводят к необратимым, нередко катастрофическим процессам, таким как сокращение площади сезонных морских льдов в Северном Ледовитом океане, таяние многолетнемерзлых пород, эмиссии парниковых газов и другие, оценить возможные масштабы которых, позволяют **исследования донных осадков океана.**

Актуальность палеоокеанологических исследований в Арктике

Сохранение биологического разнообразия Арктики

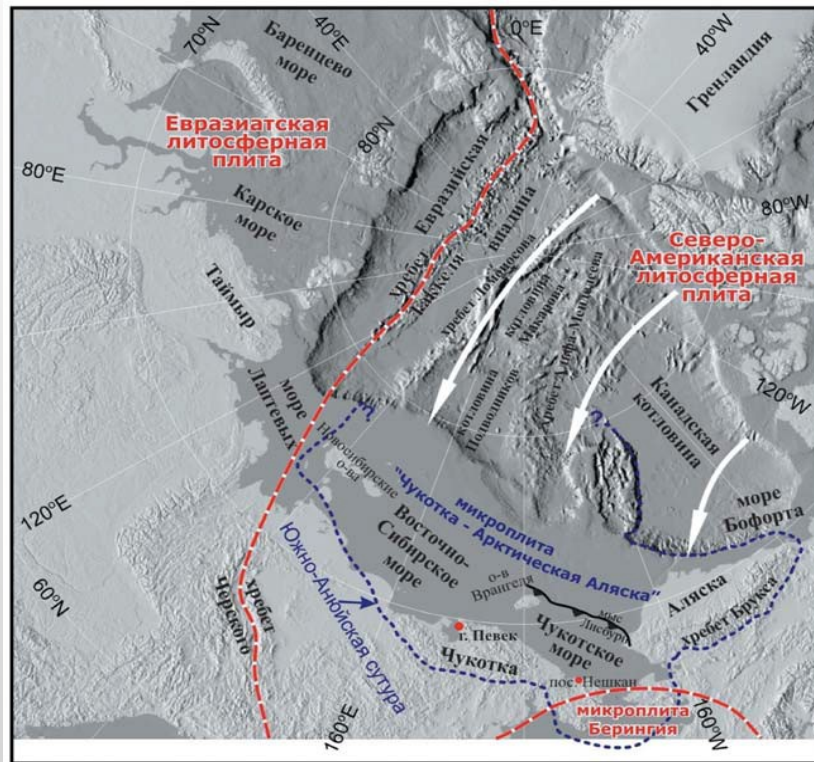
Ледовый покров и долгая полярная ночь существенно ограничивает в СЛО период, благоприятный для создания биологической продукции, в результате чего морские экосистемы обеднены качественно и количественно, а значит, чувствительны и уязвима к любому внешнему воздействию.

Наблюдаемые в последние годы изменения интенсивности притока в Арктику атлантических и тихоокеанских вод и повышение их температур, а также колебания площади и толщины многолетнего ледового покрова уже в ближайшее время могут привести к серьезным изменениям в экосистемах СЛО и привести к их необратимым перестройкам.

Например, продукционные циклы зоопланктона – важнейшего компонента пелагических экосистем определяются процессами таяния льда и началом цветения фитопланктона, что в свою очередь может повлечь за собой изменение объемов ресурсов, доступных животным более высоких трофических уровней.

ОСНОВНЫЕ ПРОЛЕМЫ ПАЛЕООКЕАНОЛОГИИ АРКТИКИ:

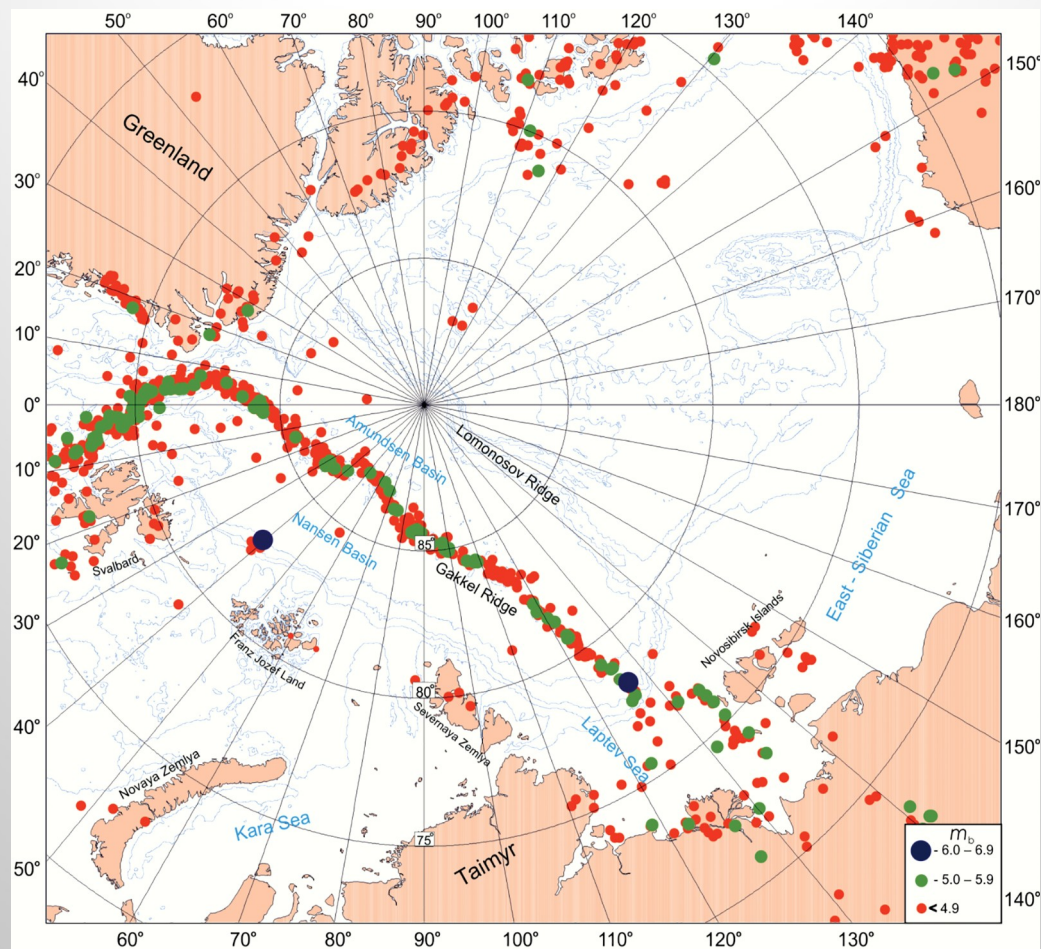
- 1) История формирования и геологического развития;**
- 2) Начало оледенения Арктики, основные ледниковые события кайнозоя;**
- 3) Водобмен с Мировым океаном в кайнозое, адвекция атлантических и тихоокеанских вод**



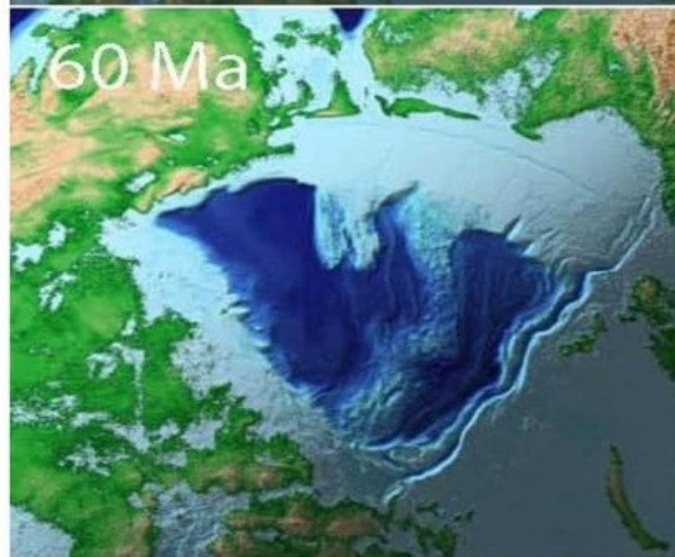
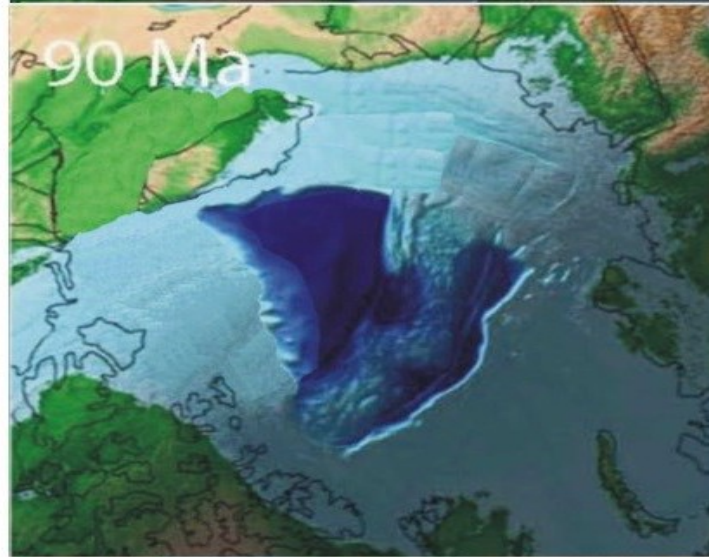
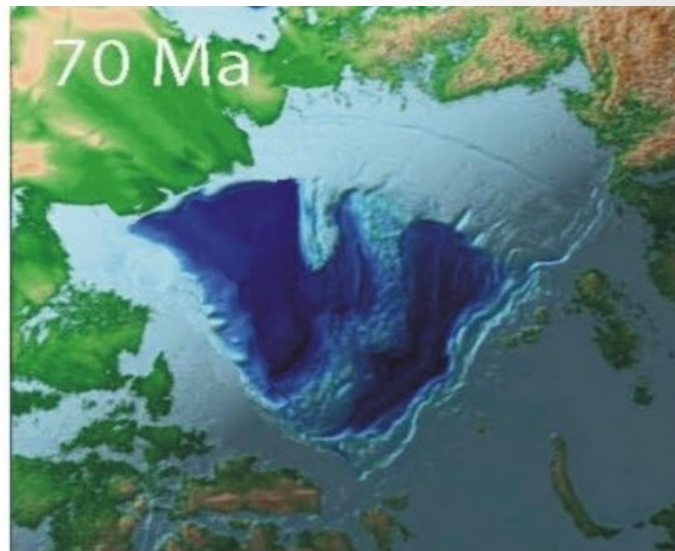
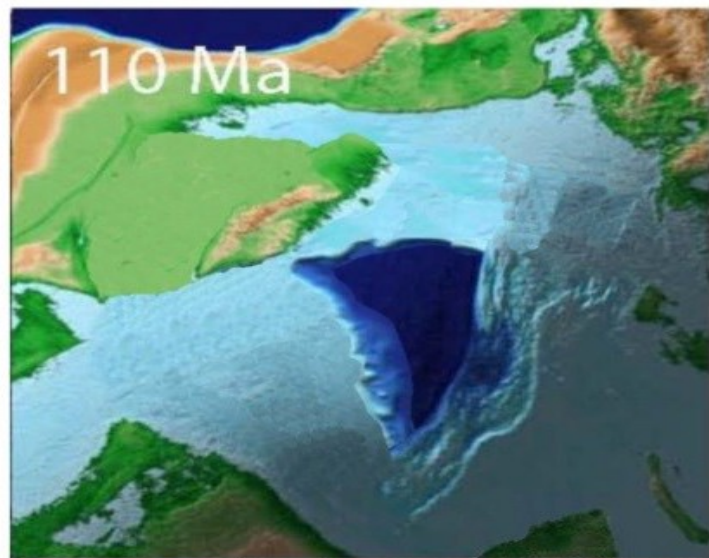
1 –положение идеализированных границ современных литосферных плит, 2 –граница микроплиты “Чукотка -Арктическая Аляска”, 3 –идеализированная траектория движения микроплиты “Чукотка -Арктическая Аляска” в процессе раскрытия Канадской котловины.

Ротационная модель образования Арктики, совмещенная с картой основных географических и тектонических элементов [по: Казмин, Лобковский, Кононов, 2014].

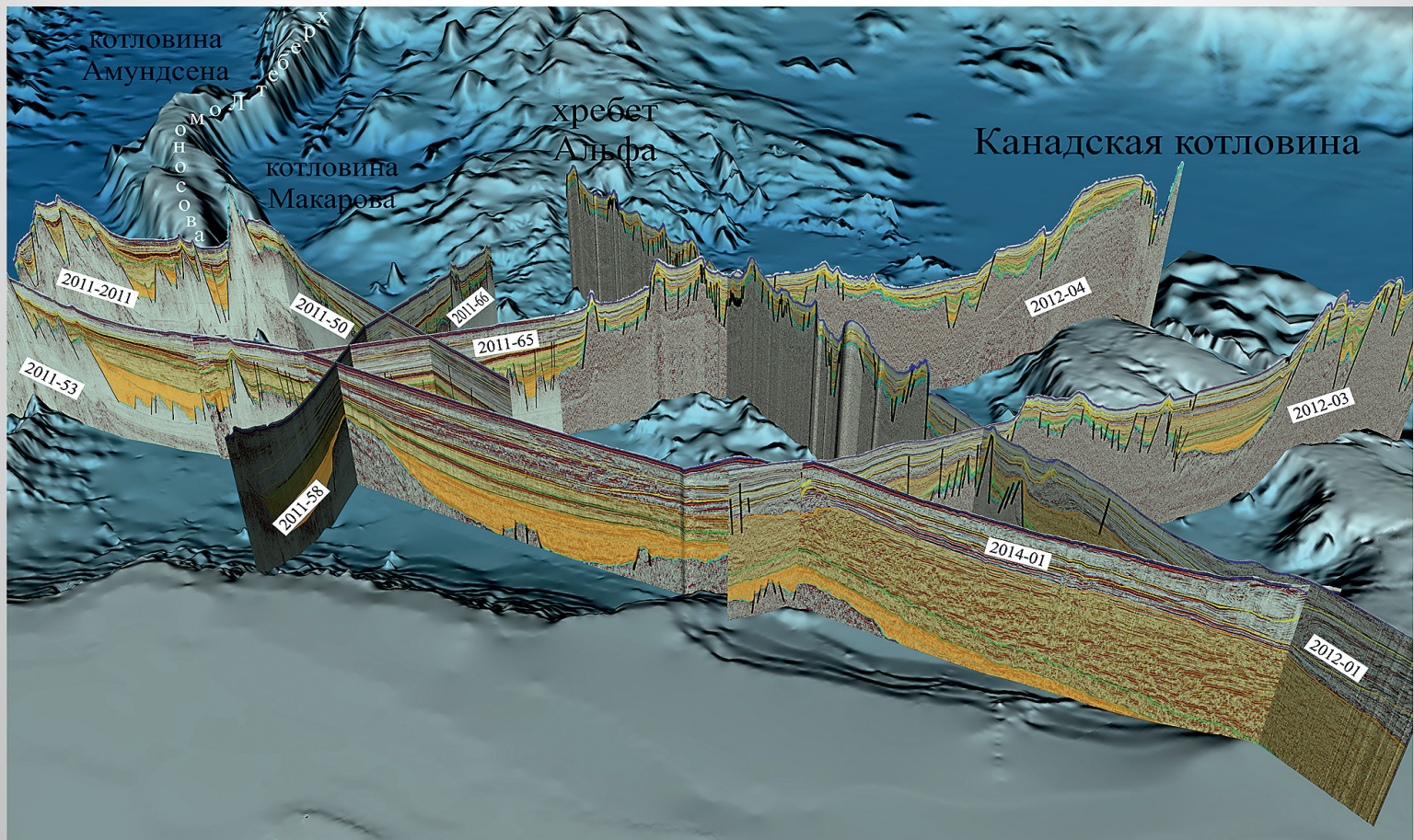
Установлена диахронность образования глубоководных котловин СЛО, что предполагает существование нескольких спрединговых систем различного возраста: Канадский бассейн: 125-155 млн л.н., Макарова: 55-76 млн л.н., Лабрадорского: 44-80 млн л.н., океаническая кора Норвежско-Гренландского бассейна была сформирована в течение последних 56 млн лет)



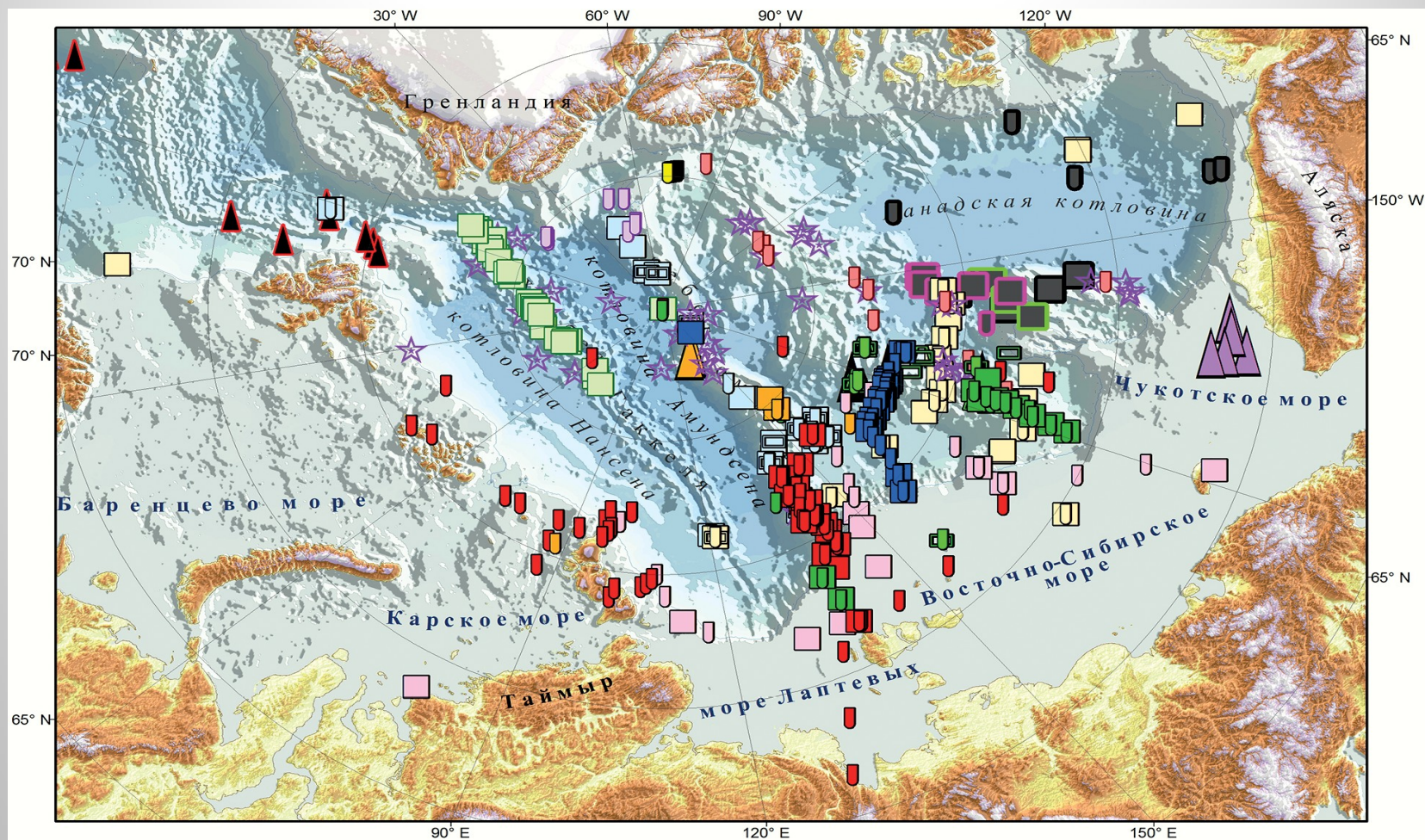
Эпицентры землетрясений Центрально-Арктического бассейна Северного Ледовитого океана и его обрамления, по [Пискарев, 2016].



*Палеогеодинамическая реконструкция раскрытия Амеразийского бассейна
по [Казмин Н.Б., Лобковский Л.И., Кононов М.В.]*



3D-картирование докайнозойских комплексов в котловине Подводников, на поднятии Менделеева, Чукотском плато и внешнем шельфе Восточно-Сибирского моря. Желтым цветом выделены синрифтовые комплексы, оранжевым — дорифтовые [Пискарев, 2016].

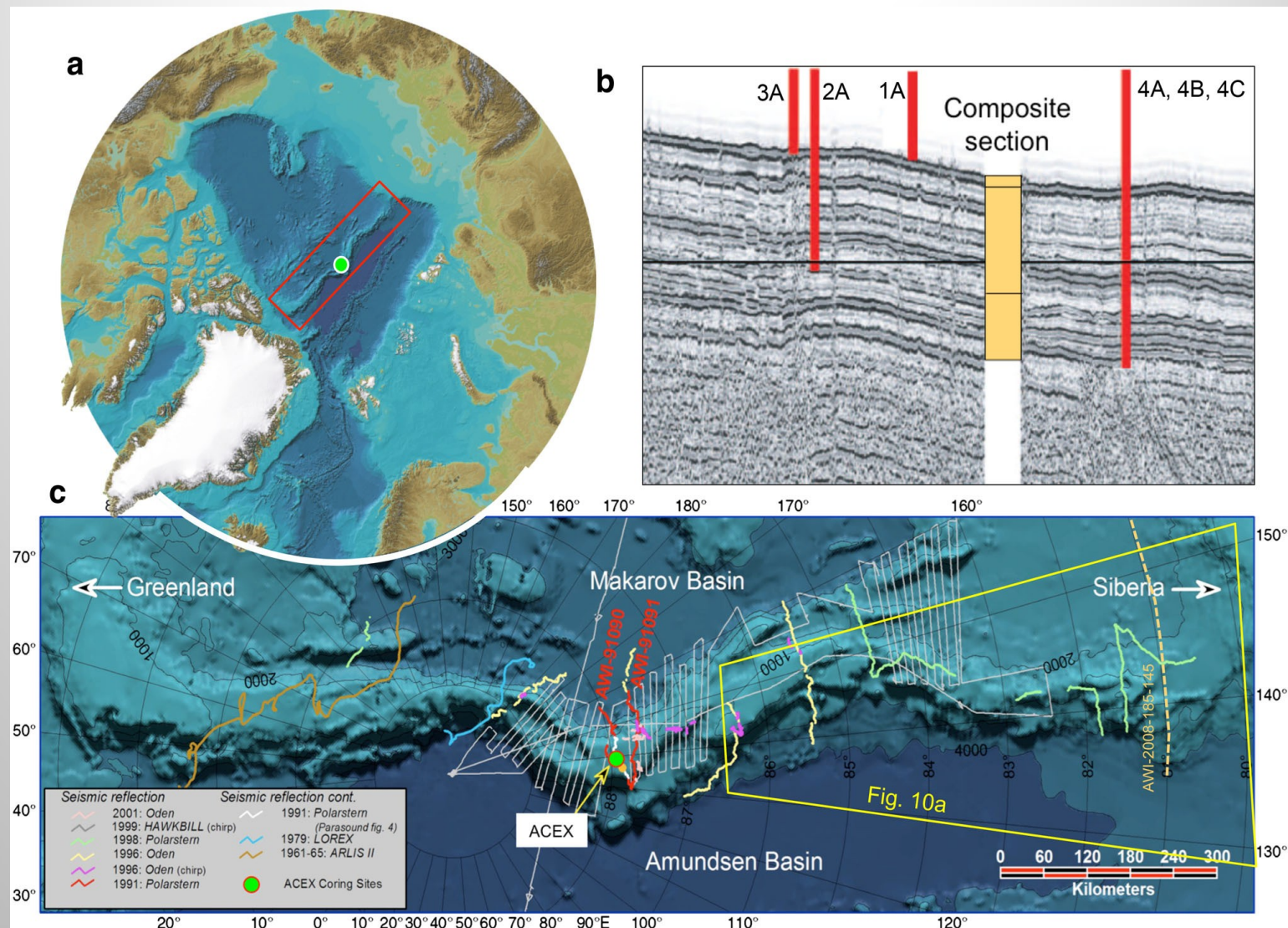


Карта геологического опробования Арктического бассейна по состоянию на конец 2014 г., по [Пискарев А.Л. 2016]. Положение скважин глубоководного бурения.

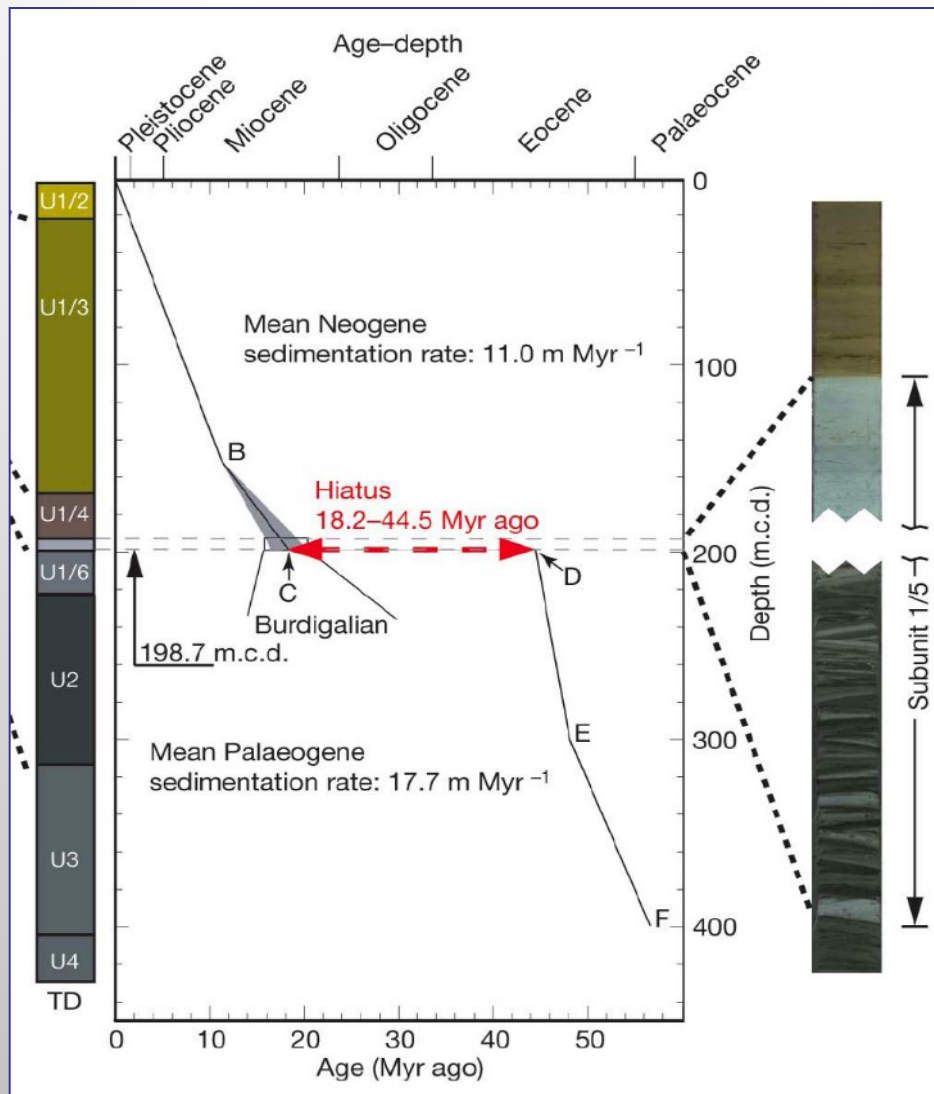
IODP Expedition 302 (2004): The Arctic Coring Expedition (ACEX)

(Backman, Moran, McInroy
et al., 2006)



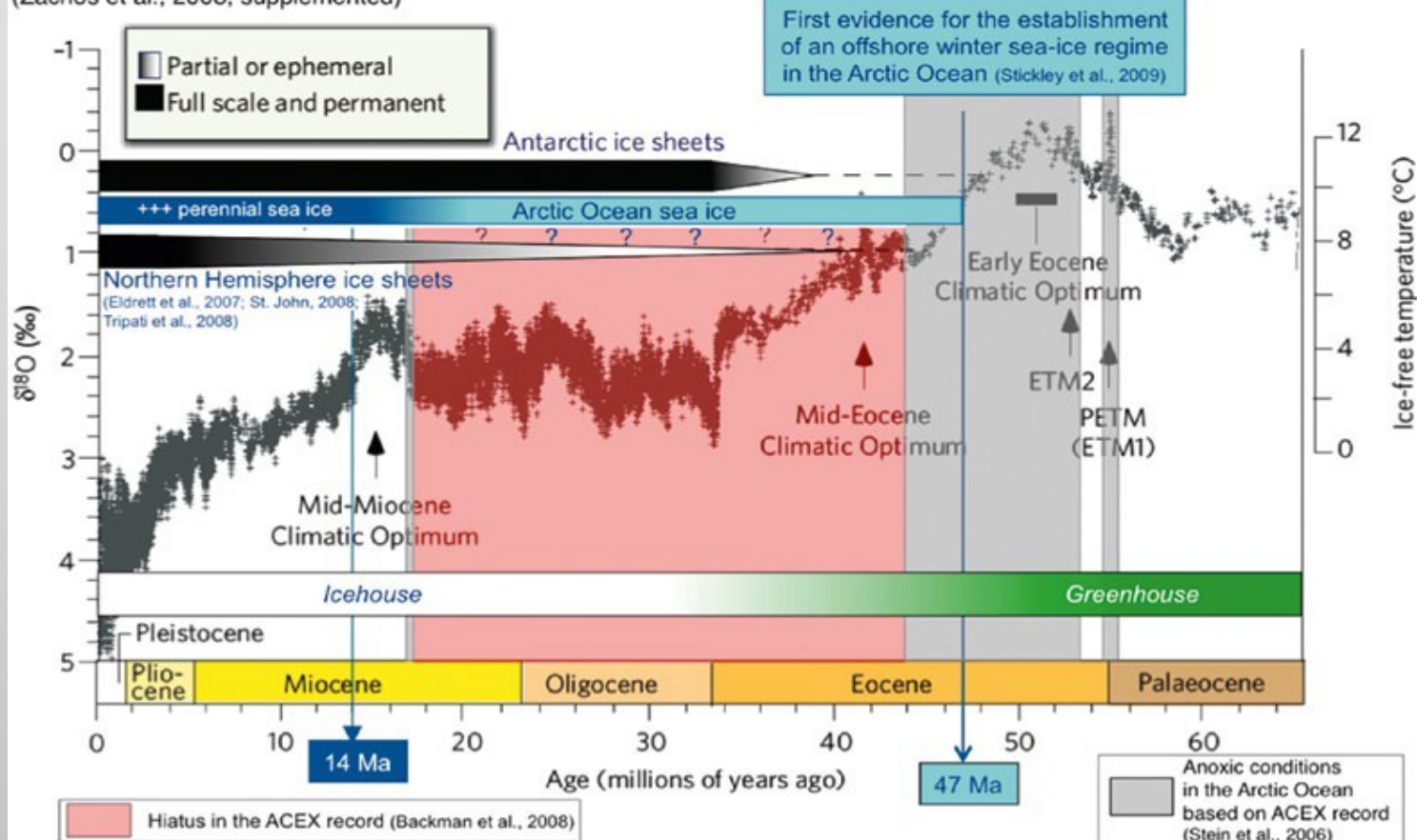


а) батиметрическая карта Северного Ледовитого океана и положение скважин ACEX (зеленый кружок) на хребте Ломоносова; б) сейсмический профиль AWI 91090 через хребет Ломоносова, положение скважин на профиле; в) геофизические данные в районе исследований ACEX [no: Stein et al., 2015]



R. Stein: Arctic Climate History & IODP (Int. Conf. Mar. Geol., IORAS, Moscow, Russia, 20-24 Nov 2018)

(Zachos et al., 2008, supplemented)

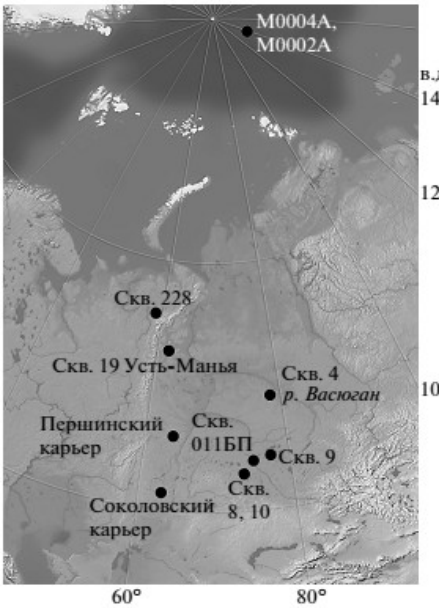


Сглаженная глобальная кривая $\delta^{18}O$ по бентосным фораминиферам, показывающая длительное направленное похолодание в кайнозое и переход от безледных условий на Земле к ледниковым (Greenhouse/Icehouse). Возникновение в кайнозое ледниковых щитов на севере и в южном полушарии. Появление и распространение в Арктике морских льдов. Перерыв в записи скважин ACEX показан красным цветом на изотопной кривой, согласно возрастной модели Backman et al. 2008. Периоды с аноксичным (бескислородным) состоянием водных масс выделено серыми полосами [Stein et al., 2006]. По: [Stein et al., 2012].

Схема сопоставления главных геологических событий, проявившихся в палеогене в Западно-Сибирском и Арктическом морских бассейнах

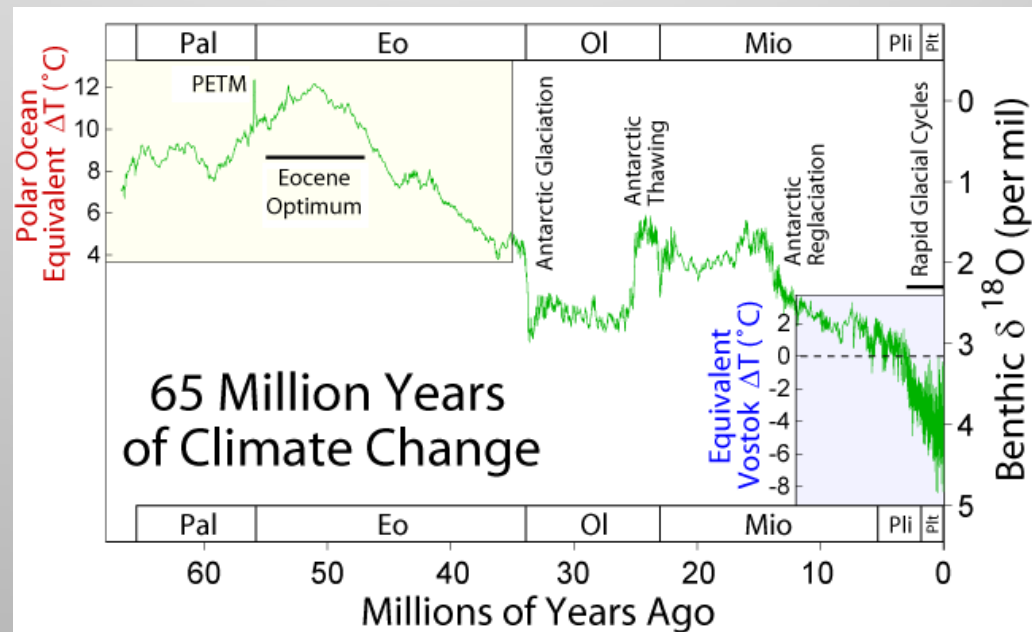
(по: Ахметьев и др., 2010)

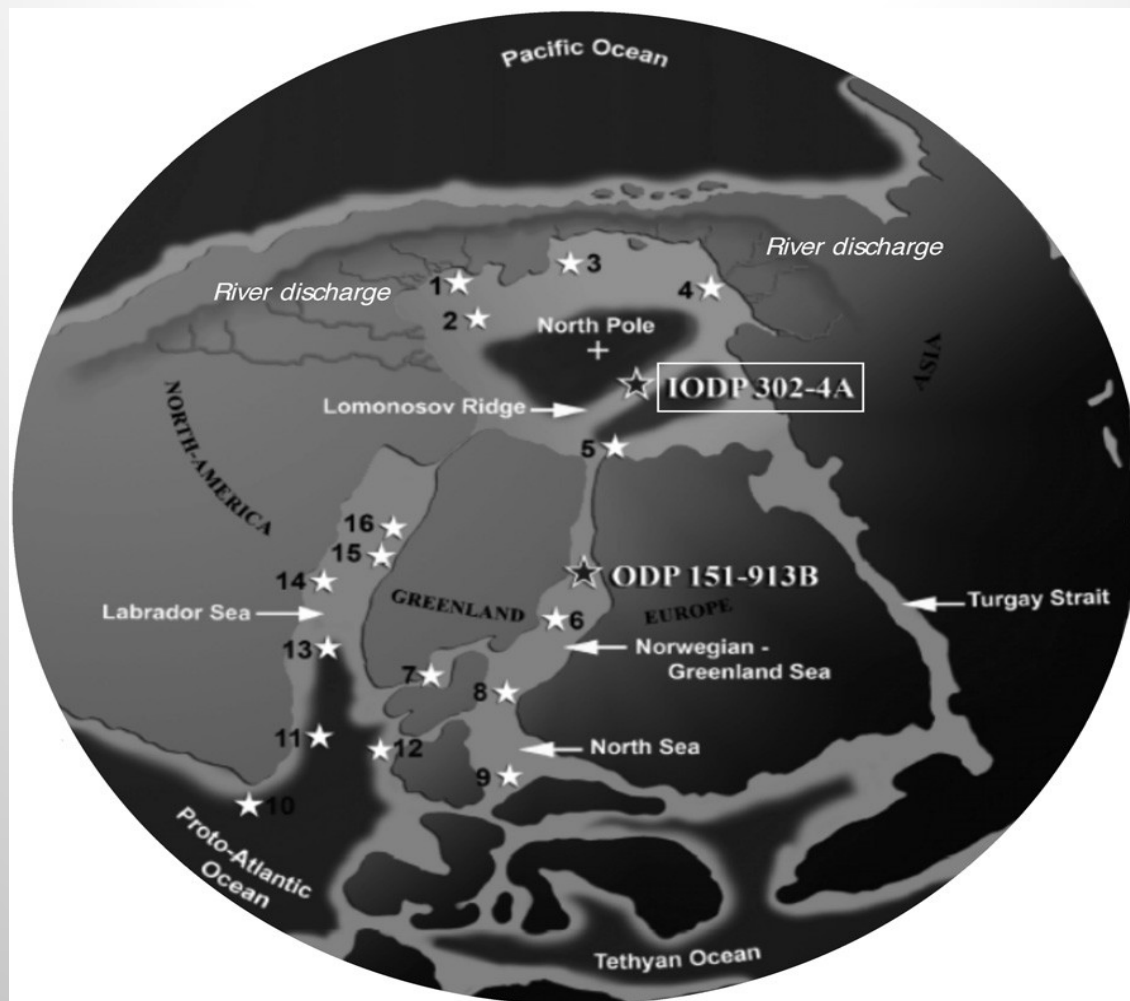
Ярус	Возраст по шкале палеогенов	Мил. лет	Полнота	Зоны по диноцистам	Зоны по диатомеям	Печорская впадина, скв. 228	Северное Зауралье, скв. 19-Усть-Манья	р. Васюган, скв. 4	Омский прогиб				Западно-Сибирский бассейн	Арктический бассейн
									Скв. 9	Скв. 011БП	Скв. 10	Скв. 8		
Приабон	NP21	34	C13	Charlesdownia clathrata angulosa				Талдинская свита	Талдинская свита	Талдинская свита	Талдинская свита	Талдинская свита	Глобальная регрессия глинисто-карбонатной природы	Региональный перерыв
	NP19/20	35	C15										Морская трансгрессия	
Бартон	NP18	36	C16	Kisselevia ornata				Талдинская свита	Талдинская свита	Талдинская свита	Талдинская свита	Талдинская свита	в условиях палеоциклонического опр. с Azolla. Горизонт "Б"	
	NP17	37	C17										Чередование эпизодов опреснения поверхностных вод и усиление связей с Перитетиком	
Лютет	NP16	40	C19	Rhombodinium draco					Русско-полновские свиты	Русско-полновские свиты	Русско-полновские свиты	Русско-полновские свиты	Изоляция от Арктического бассейна. Установление эстуарного типа циркуляции. Горизонт "Г"	Формирование тонкослоистых биокремнистых стратификация и эпизодическое опреснение вод. Появление гальки ледового разноса
	NP15	42	C20	Слон с Paucilobimorpha, Micrhystridium, Слон с C. bucina, W. echinosuturatum, C. cantharellus, W. articulata (acme) – S. placacantha										
Ипр	NP14	45	C21	?	?				Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Кратковременная изоляция от Арктического бассейна. Смена кремнисто-глинистого осадконакопления на глинистое	Azolla.
	NP13	48	C22	Charlesdownia coleothypta rotundata	P. oligocaenica var. tenue									
Ипр	NP12	51	C23	Charlesdownia coleothypta	P. gracilis				Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	РЕТМ: палеоцен-эоценовый термический максимум	
	NP11	52	C24	Dracodinium varielongitudum	C. payeri									
Танет	NP10	54	C24	D. simile, W. meckelfeldensis, W. astra-lobica, D. oebisfeldensis, A. augustum	M. uralensis, H. proteus				Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита		
	NP9	55	C25	Apertodinium hyperacanthum	T. ventriculosa									
Зеландий	NP8	57	C25	Alisocysta margarita					Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита		
	NP7	58	C26	Cerodinium speciosum										
Даний	NP5	60	C26						Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита		
	NP4	61	C27											
Даний	NP3	62	C27						Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита		
	NP2	63	C28	Senoniasphaera inornata	T. heibergiana									
Даний	NP1	65	C29						Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита	Верхнелиповинская подсвита		



«Большинство биотических и абиотических событий первой половины палеогена в Арктике и Западной Сибири были синхронны, однонаправлены и взаимосвязаны. Проведен сравнительный анализ шельфовых обстановок, перерывов в осадконакоплении, а также комплексов микрофауны палеогена этих бассейнов. В первую очередь анализ коснулся событий палеоцен-эоценового термического максимума (PETM) и слоев с водным папоротником *Azolla*. Образование азолловых слоев в эоцене Арктики и Западной Сибири происходило хотя и асинхронно, но по одному сценарию и связано с формированием циркуляции течений эстуарного типа в морском бассейне, в условиях его частичной изоляции от Мирового океана» (Ахметьев и др., 2010).

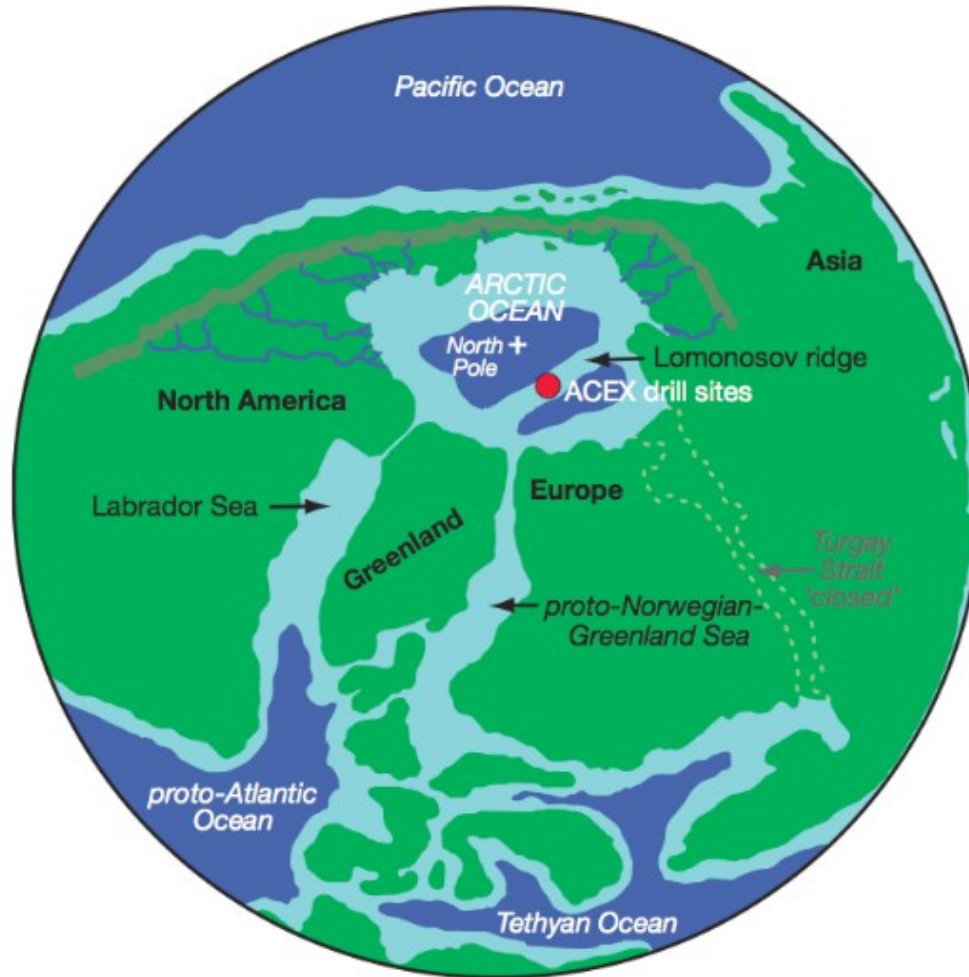
Климатические
изменения в
кайнозое





*Арктический бассейн в раннем эоцене с указанием положения скважин глубоководного бурения ODP 151-913B и IODP 302-4A (черные звездочки), где были обнаружены пресноводные напоротники *Azolla* (Brinkhuis et al., 2006). Белые звездочки показывают положение колонок и скважин с находками *Azolla*, являющегося индикатором нефтегазоности района, в отложениях начала среднего эоцена [no Stein, 2008].*

АРКТИЧЕСКИЙ ОКЕАН В КАЙНОЗОЕ



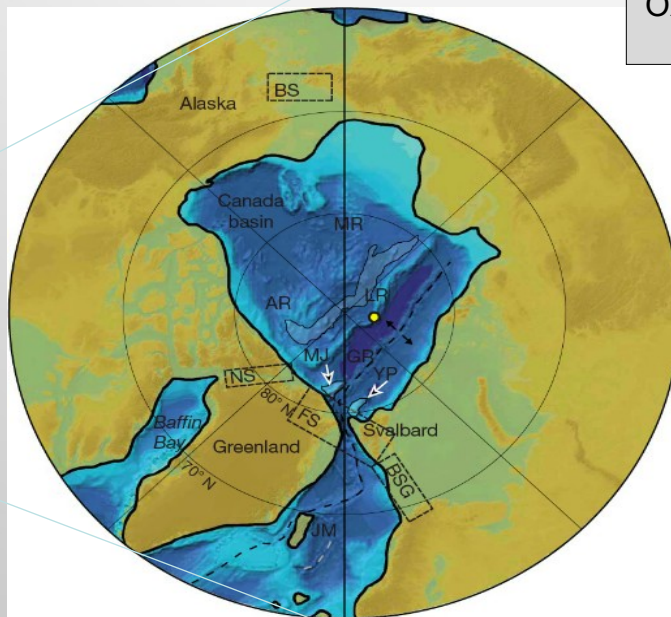
Сравнительный анализ биоты морского палеогена выявил единство морских седиментационных бассейнов Западной Сибири и Арктики и основных биосферных событий раннего палеогена, таких как раннеэоценовый термический оптимум, периоды опреснения поверхностных вод в среднем эоцене в районе хребта Ломоносова на основе состава микро- и макрофлоры [Ахметьев и др., 2010]. Среднеэоценовые диатомовые илы, полученные с хребта Ломоносова, содержат важную информацию о палеопродуктивности вод и пресноводном стоке [Backman et al., 2006].

Палеогеографические реконструкции Арктического океана в эоцене (56 – 34 млн л.н.) (Brinkhuis et al., 2006)

АРКТИЧЕСКИЙ ОКЕАН В ПОЗДНЕМ ЭОЦЕНЕ – ОЛИГОЦЕНЕ – РАННЕМ МИОЦЕНЕ?

32 Ma ???

Opening of Fram Strait &
Oxygenation of Arctic deep basins:
(Jakobsson et al., 2007)

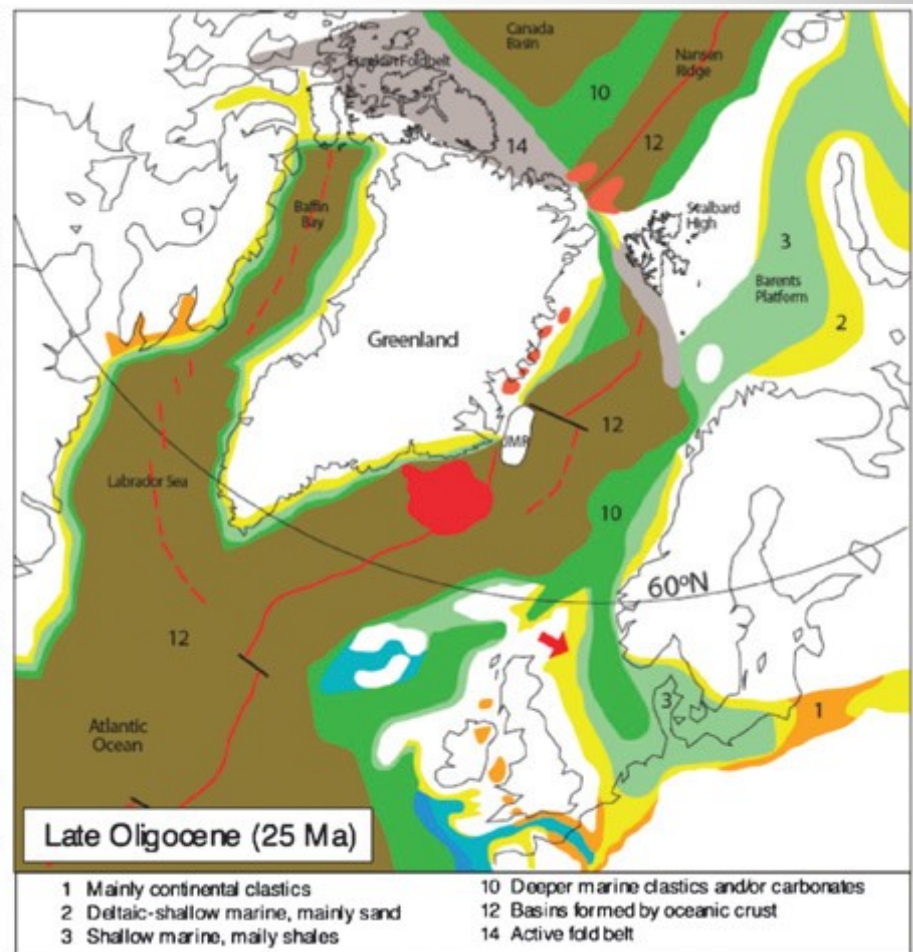
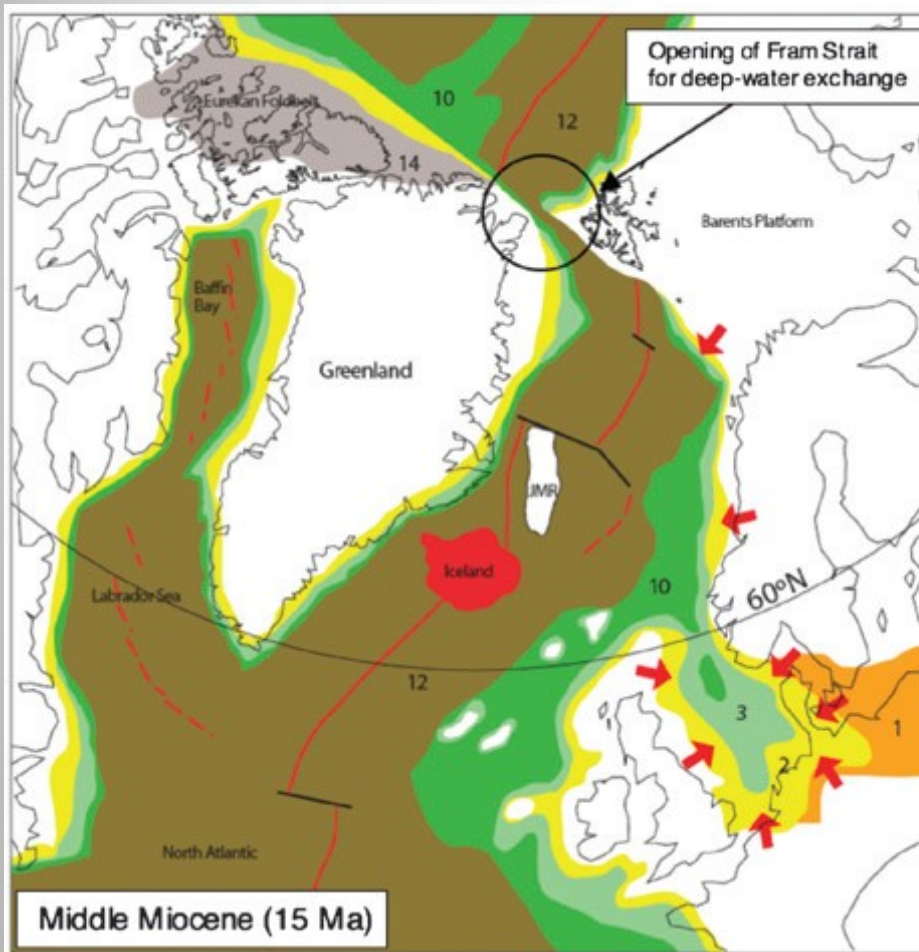


Основные палеособытия:

- 1) Открытие пролива Фрам,
- 2) Установление глубоководной связи между Арктическим и Атлантическим океанами,
- 3) Прекращение связи с океаном Тетис,
- 4) Регрессия Арктического океана, широкое развитие пресноводных озерных бассейнов в Западной Сибири

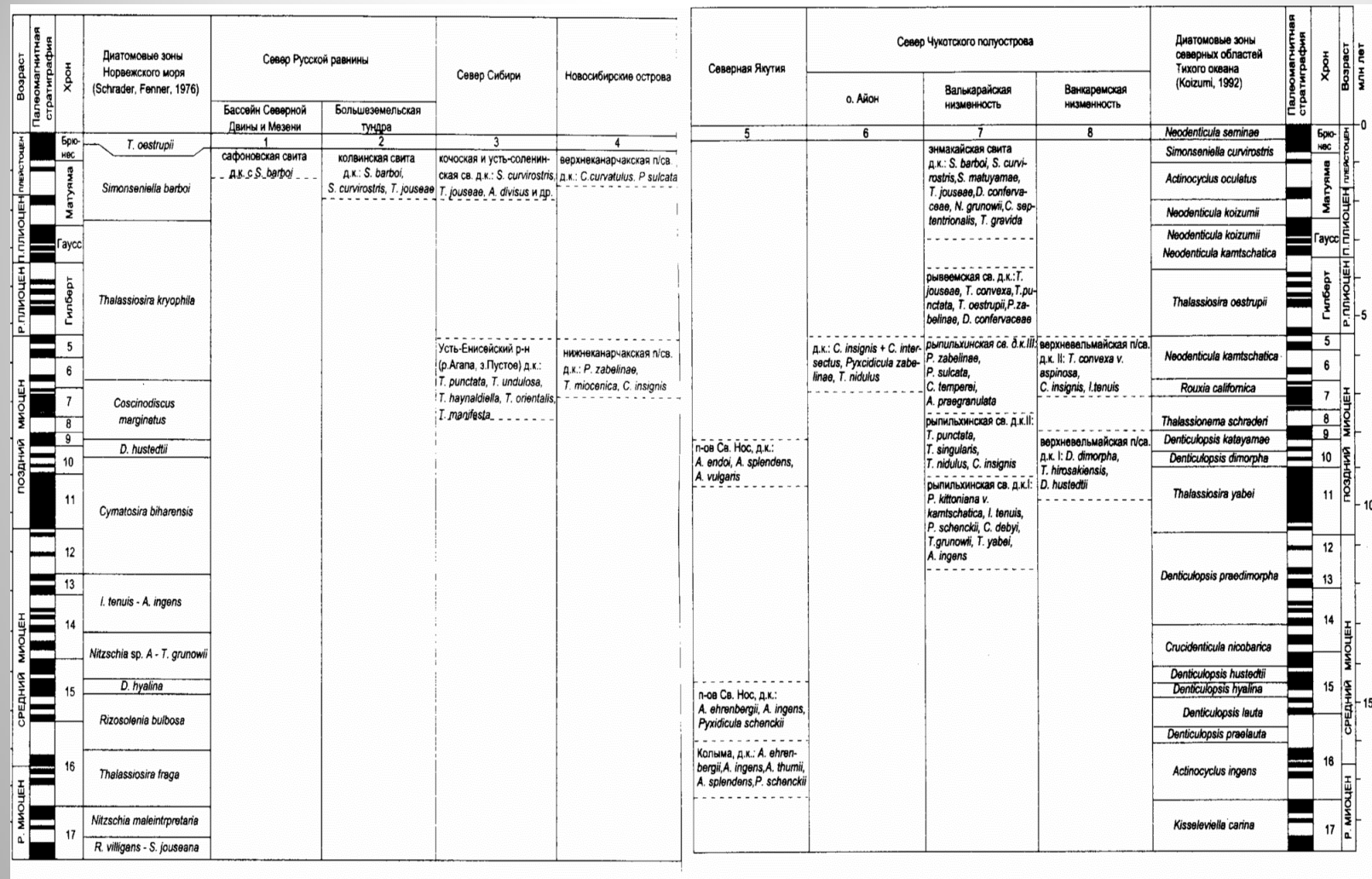
(From Stein et al., 2015)

"Zebra" Unit



Реконструкции истории соединения Северной Атлантики и Арктического океана в позднем олигоцене(25 млн л.н.) и среднем миоцене (15 млн л.н.) (Eide, 2002, Stein, 2007).

АРКТИЧЕСКИЙ ОКЕАН В КАЙНОЗОЕ: ЭТАПЫ СОЕДИНЕНИЯ С ТИХИМ ОКЕАНОМ



Соединение Арктического и Тихого океанов в позднем кайнозое (Полякова, 1992,1997; Polyakova, 2001)

Корреляция морских верхнекайнозойских комплексов диатомей арктического побережья Северной Евразии (Полякова, 1992,1997; Polyakova, 2001)

Позднемиоценовая трансгрессия на севере Евразии

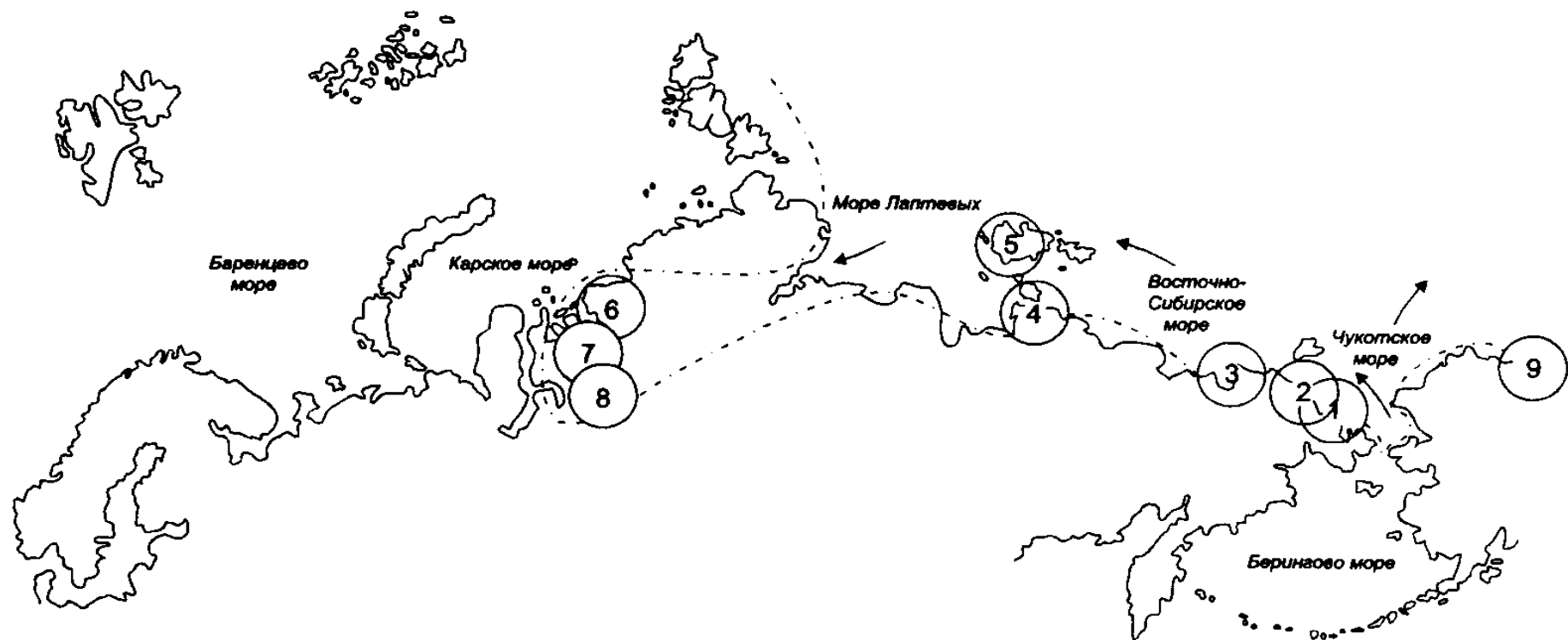


Рис.31. Арктические моря Евразии в позднем миоцене

Основные местонахождения морских позднемиоценовых комплексов диатомей в верхнекайнозойских отложениях арктического побережья Северной Евразии: 1 – Ванкаремская низменность, 2 – Валькарайская низменность, 3 – о.Айон, 4 – п-ов Св. Нос, 5 – Новосибирские о-ва, 6 – р.Агапа, 7 – р.Енисей (разрезы у зимовья Пустого), 8 – р.Соленая, 9 – бассейн Бофорт-Маккензи (комплексы фораминифер зоны *Cibicidoides* sp. 800)

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!