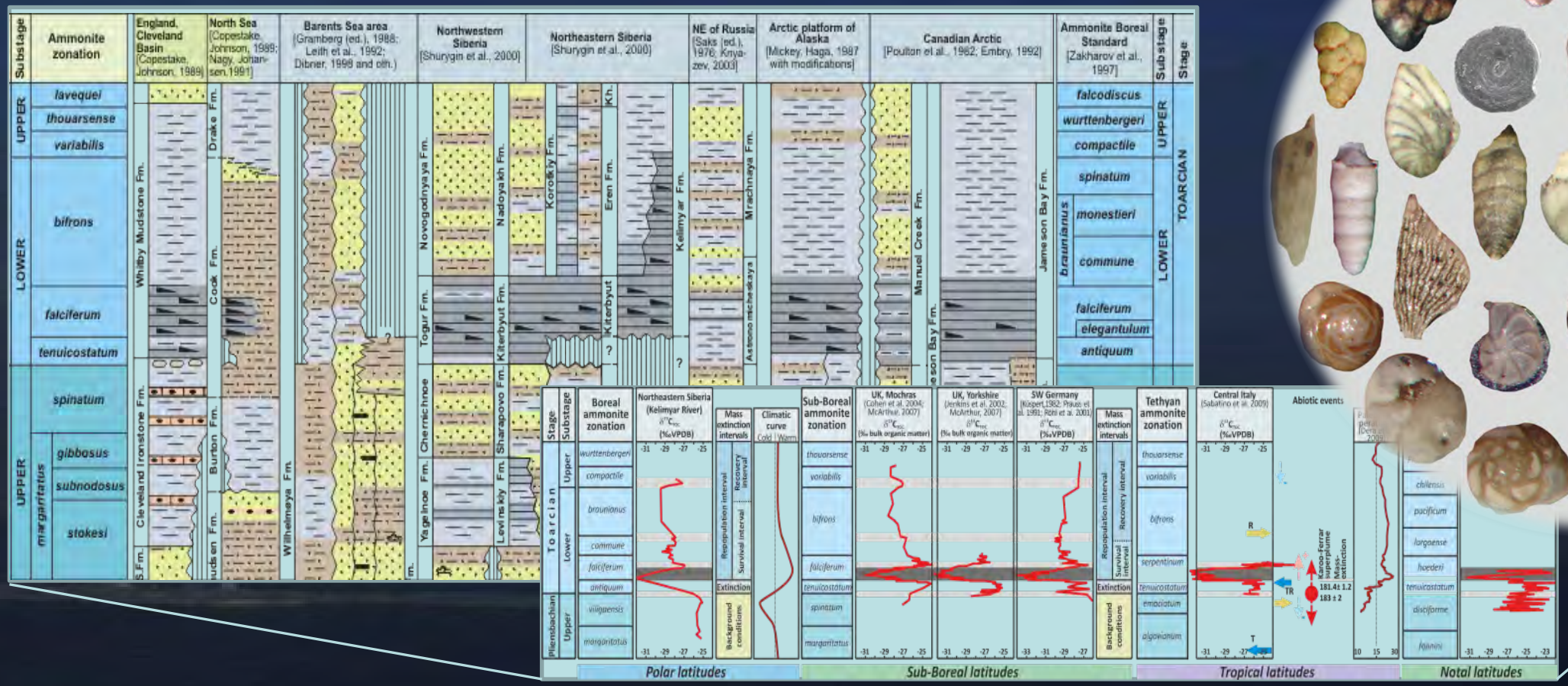
МИКРОФОССИЛИИ МЕЗОЗОЯ АРКТИЧЕСКИХ БАССЕЙНОВ В РЕШЕНИИ КРУПНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ (СТРАТИГРАФИЯ, БИОФАЦИИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ)

Б.Л. Никитенко

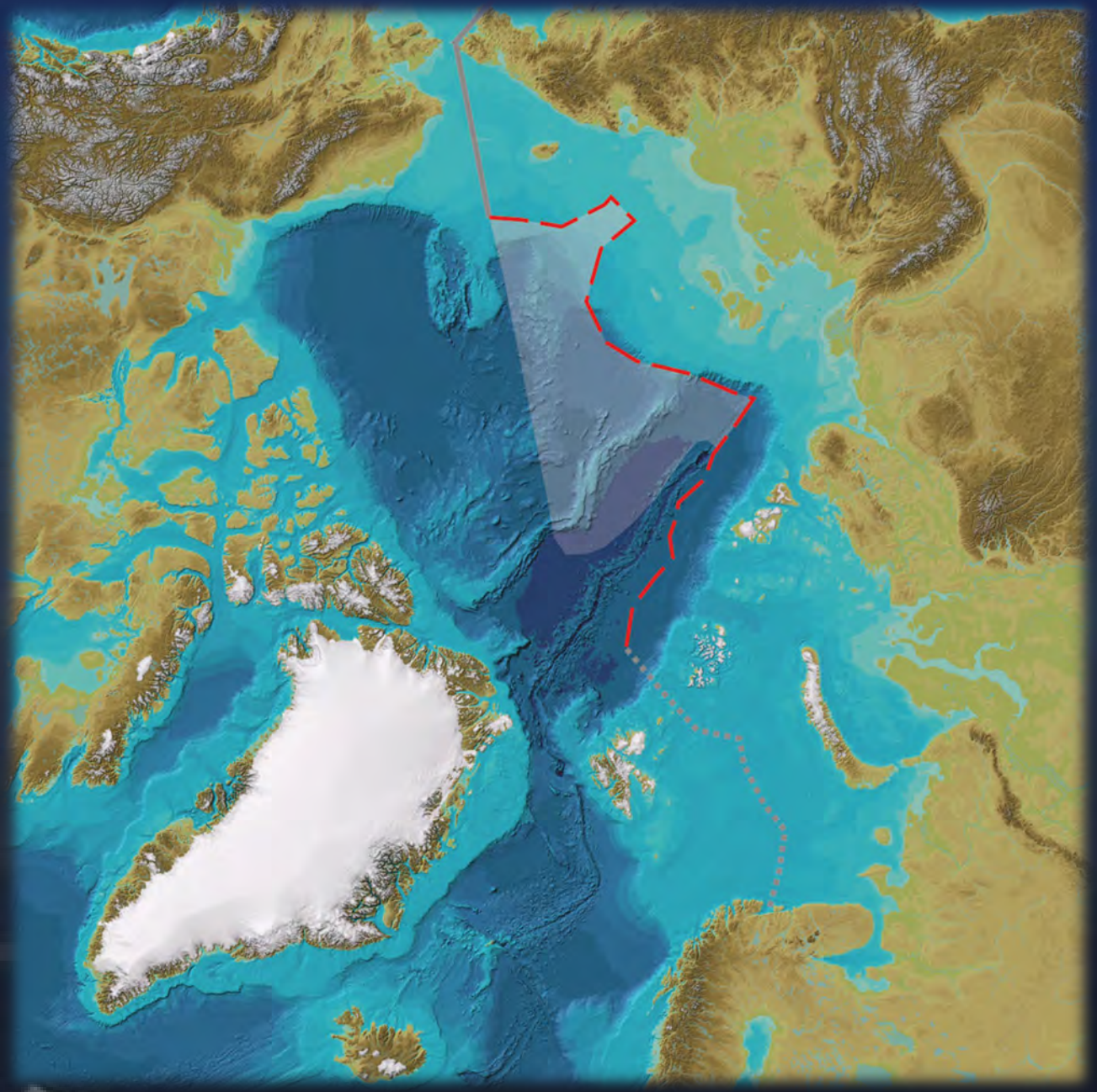
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН



IV Всероссийская школа молодых учёных

Системный анализ динамики природных процессов в российской Арктике

4–7 июня 2024 г., Московская область, г. Видное

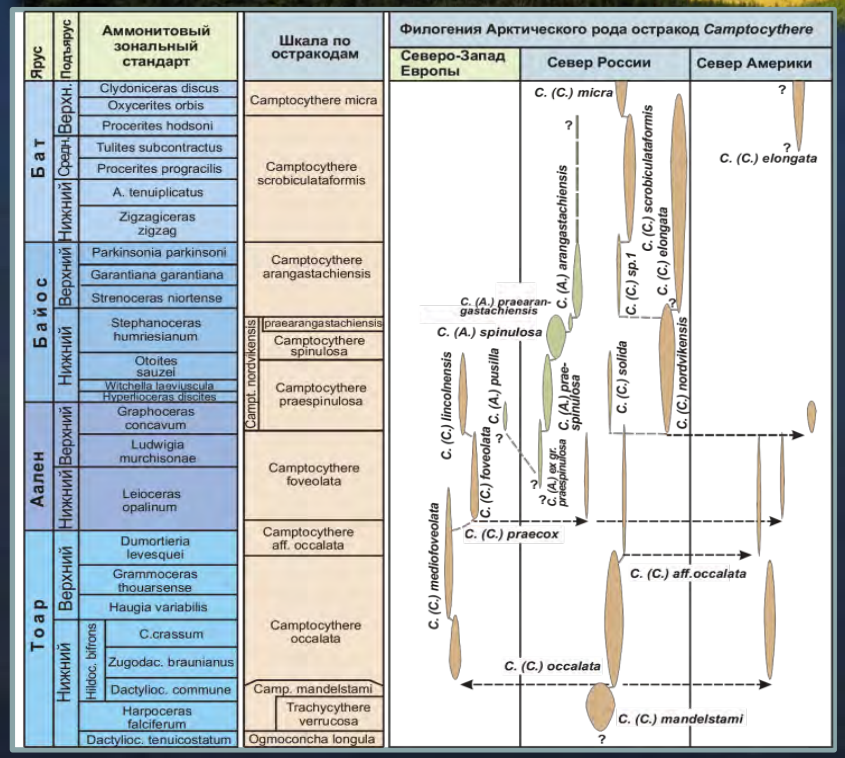


Геологическая изученность арктических территорий, шельфа Северного Ледовитого океана совершенно недостаточна, однако, ясно, что без освоения топливо-энергетических и минеральных ресурсов Арктики Россия в XXI веке не сможет успешно развиваться дальше.

В связи с этим, геологические работы требуют опережающей разработки высокоразрешающих стратиграфических схем нового поколения, современных палеогеографических и фациальных карт.

Микрофоссилии являются одним из наиболее эффективных инструментов для расчленения и корреляции разрезов, биофациальных и палеогеографических реконструкций, особенно на закрытых территориях по материалам глубокого бурения.

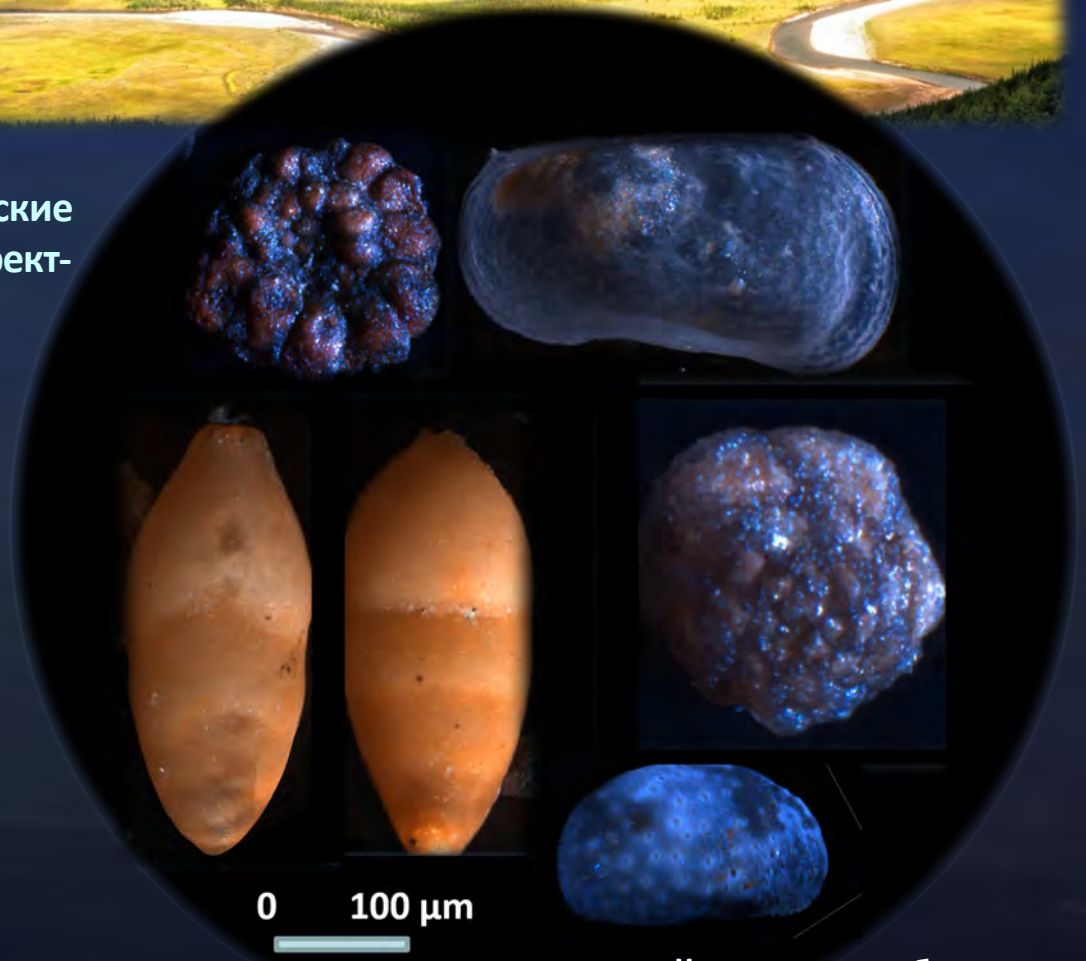
Микропалеонтология



Многие филолинии устойчиво развивались в пределах Арктического бассейна в течение десятков миллионов лет.

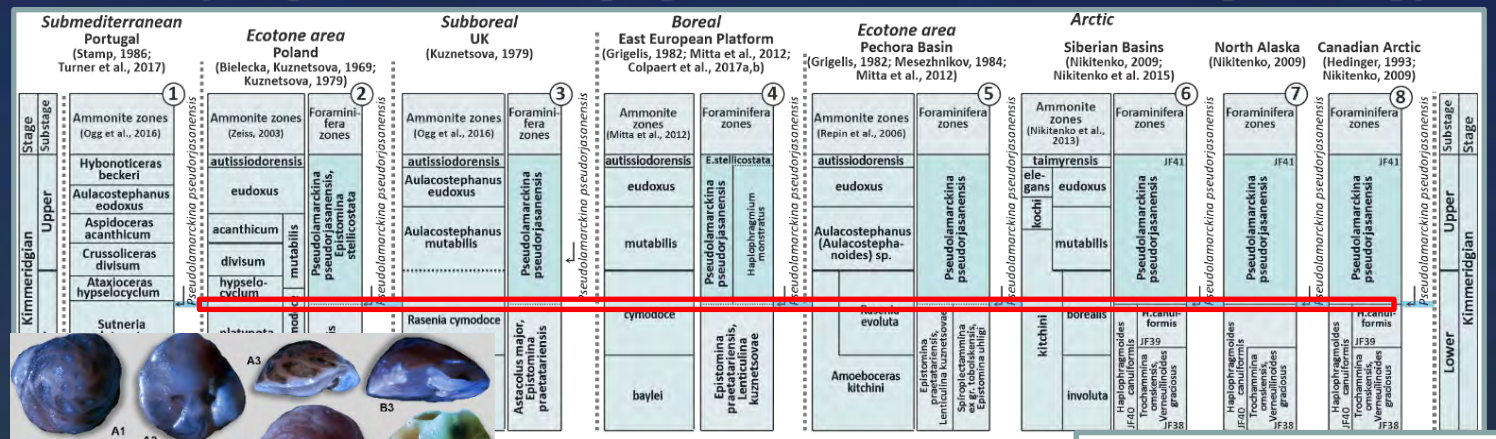
Монографические исследования показали, что родовое разнообразие мезозойской микрофауны существенно выше, чем это представлялось ранее.

Достоверные стратиграфические, биофациальные и биогеографические построения невозможны без корректных и тщательно проработанных монографических исследований.

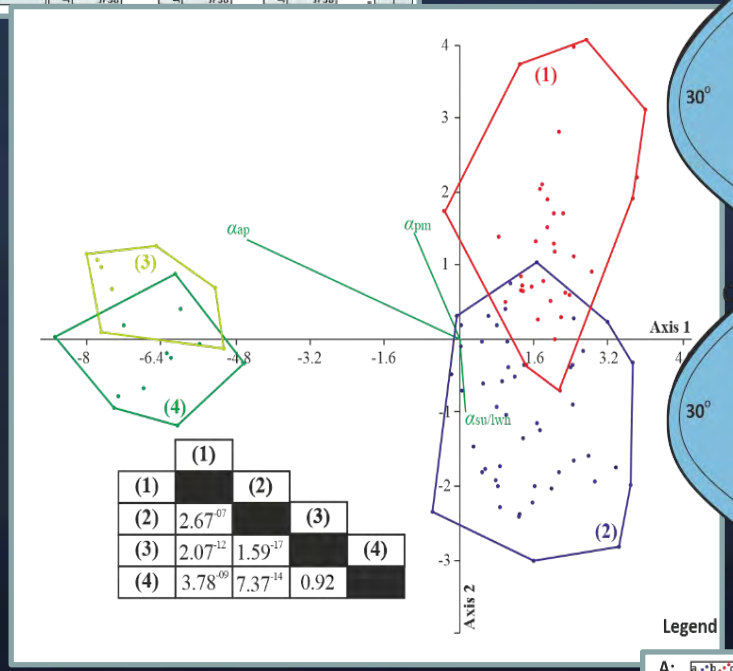


Морская арктическая мезозойская микробиота состояла из космополитных таксонов бореально-тихоокеанского и бореально-атлантического происхождения, редких тетических пришельцев, а также ряда эндемичных видов и родов.

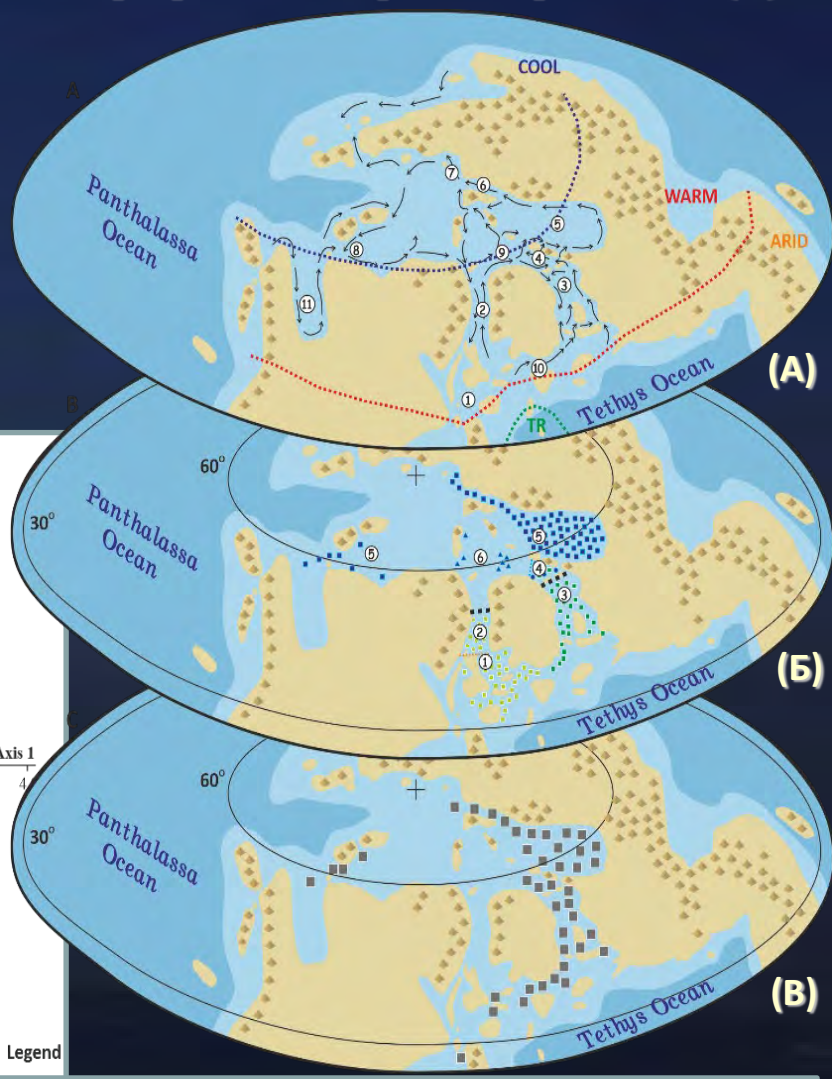
Стратиграфическое и географическое распространение *Pseudolamarckina pseudorjasanensis* (B) в кимеридже Северного Полушария: палеогеографические, климатические реконструкции (A) и биогеографическое районирование (Б)

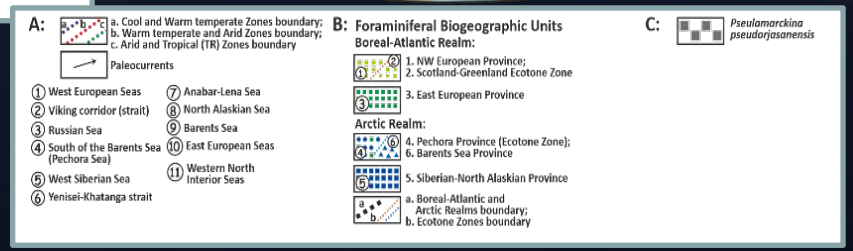


Для объективной оценки объема таксонов исследовались микрофоссилии из местонахождений разных биогеографических провинций.



	(1)	(2)	(3)	(4)
(1)				
(2)	2.67^{-07}			
(3)	2.07^{-12}	1.59^{-17}		
(4)	3.78^{-09}	7.37^{-14}	0.92	

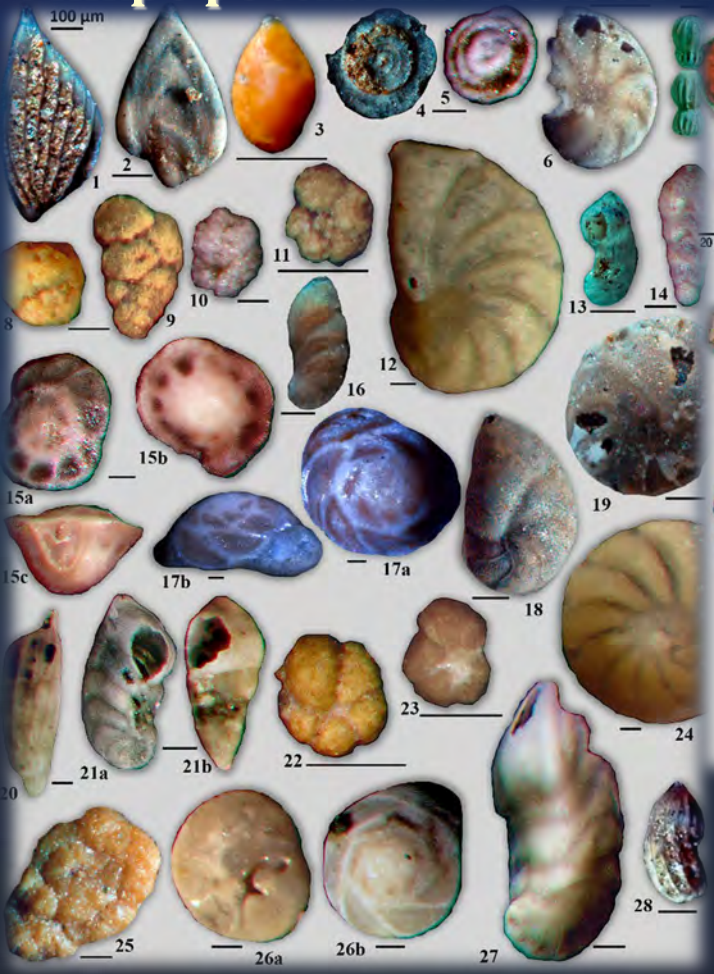


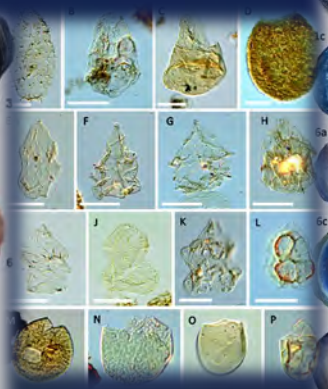


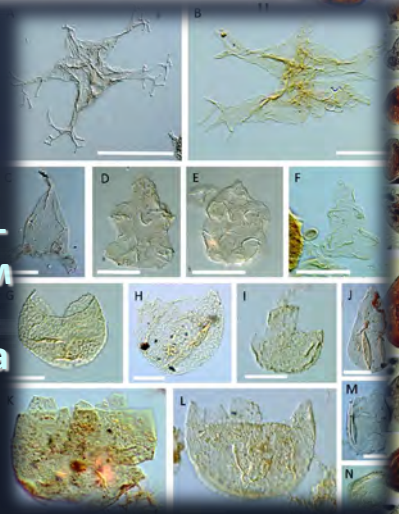
Canonical variate analysis of the studied taxa. A. Biplot of the taxa *Pseudolamarckina*. B. Multivariate analysis of variance with probabilities of similarity for pair species.

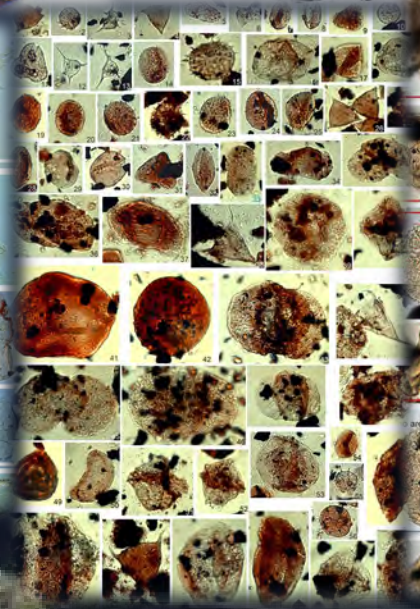
При наличии представительных гомогенных выборок из ископаемых популяций определялись пределы изменчивости видов. На основании этого, с применением статистических методов, современных представлений о биологии групп был существенно пересмотрен объем изученных таксонов, что позволило определить маркеры для глобальных корреляций.

Микрофоссилии мезозоя и кайнозоя Сибири и Северо-Востока России





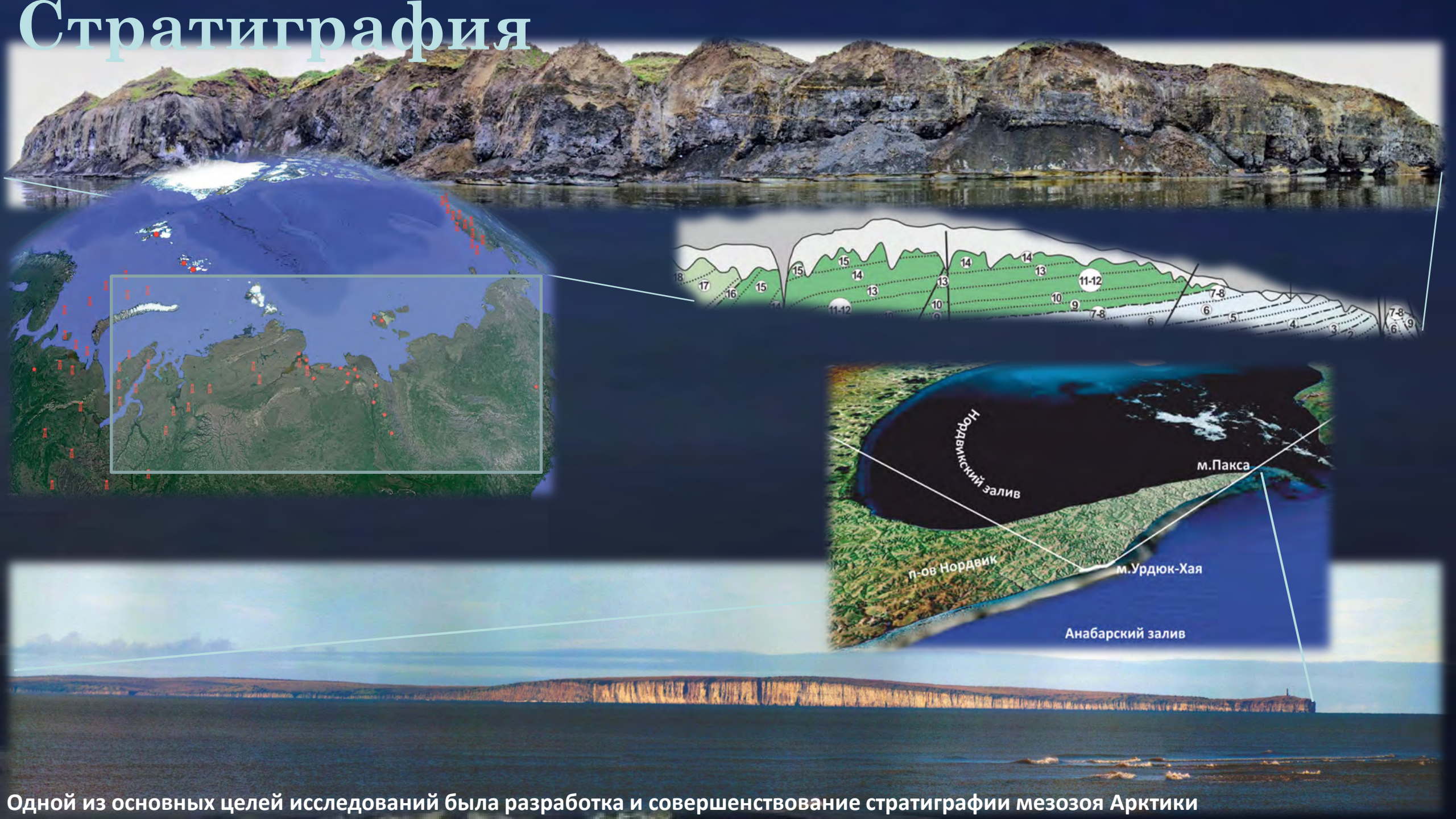




Монографические исследования микрофоссилий позволили, в наиболее полном виде, выявить таксономический состав комплексов и уточнить систематику ряда групп.

Установлено, что степень эндемизма сибирских микрофоссилий была не столь высока, как это представлялось ранее.

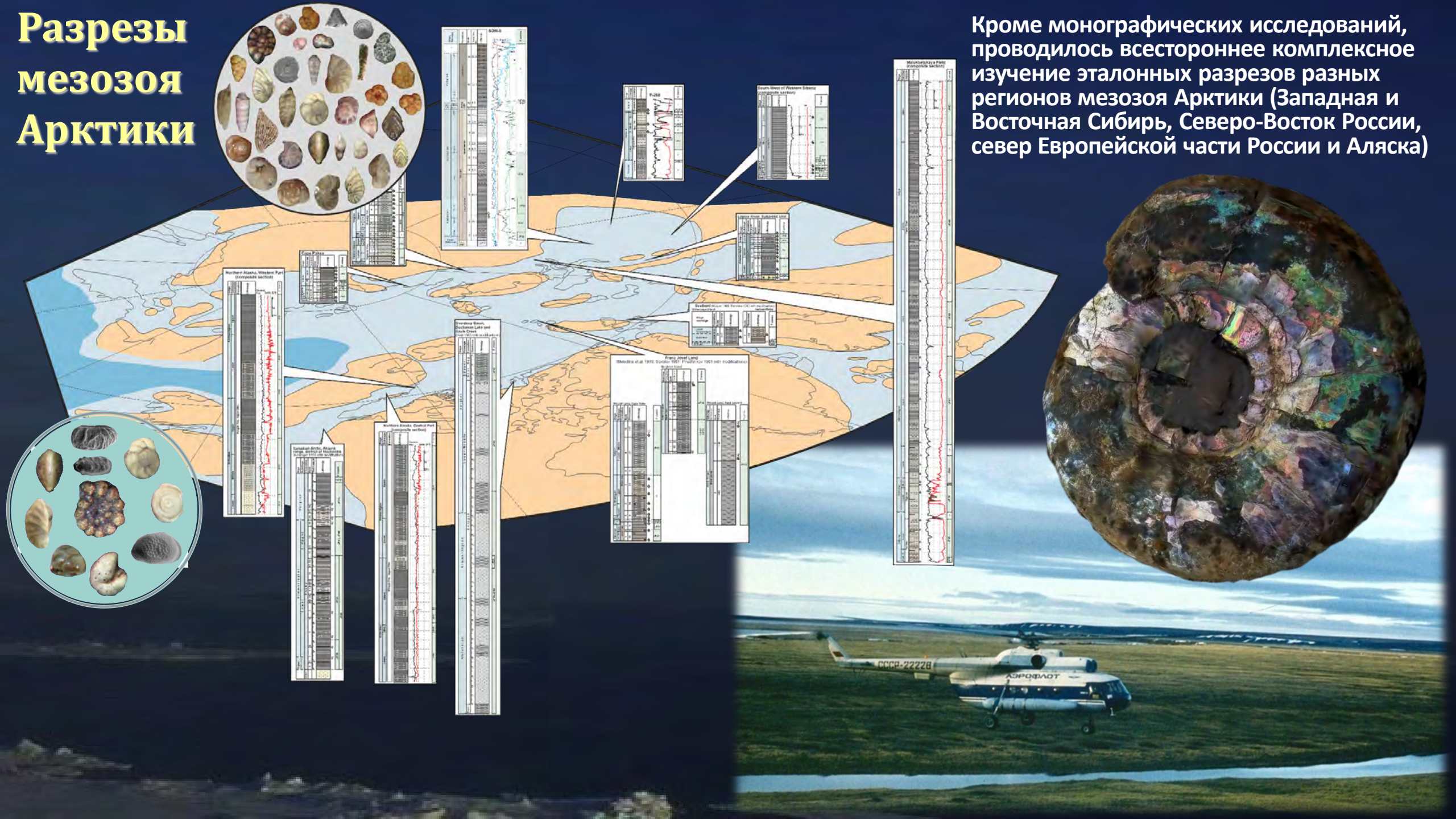
Стратиграфия



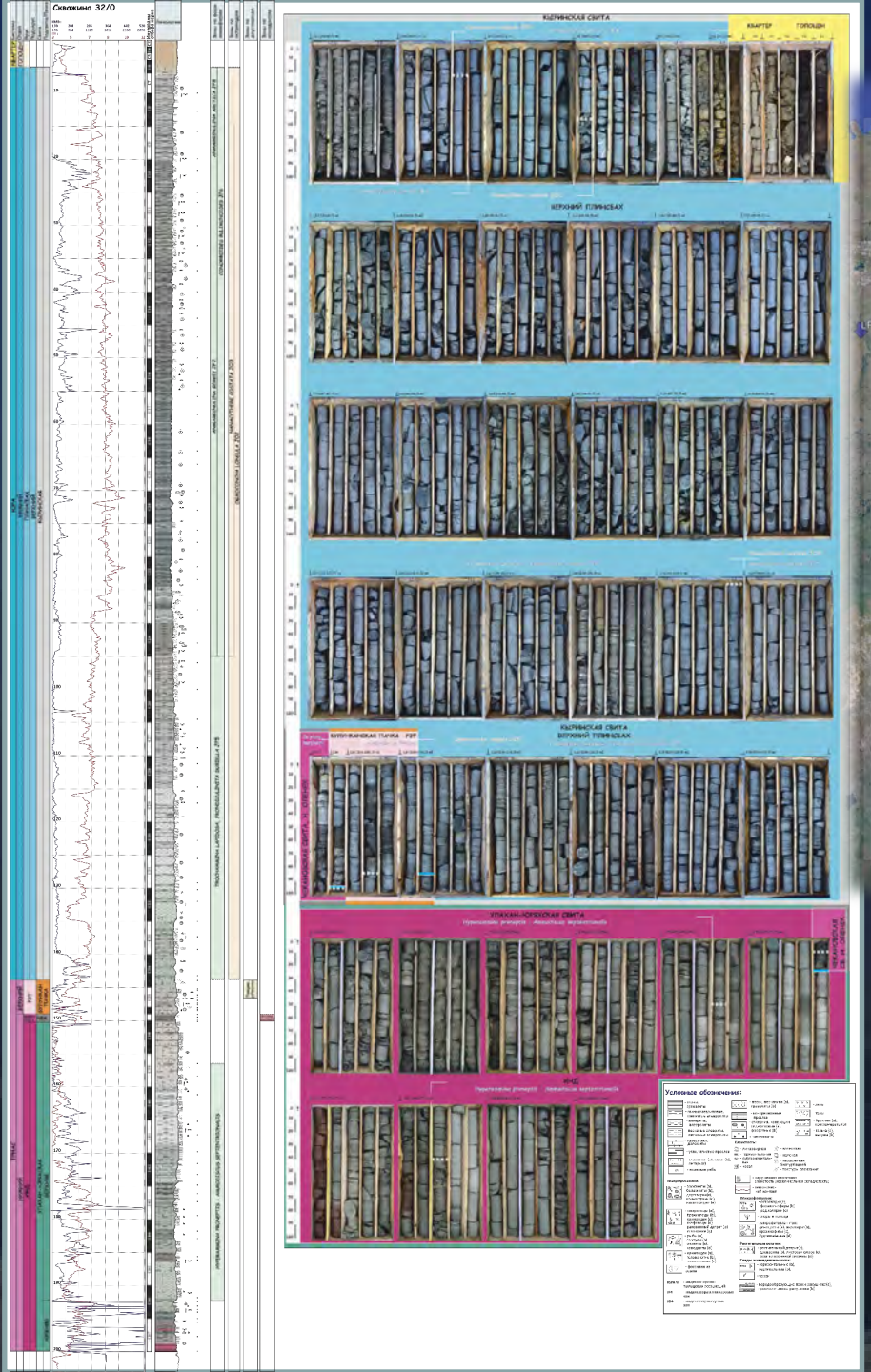
Одной из основных целей исследований была разработка и совершенствование стратиграфии мезозоя Арктики

Разрезы мезозоя Арктики

Кроме монографических исследований, проводилось всестороннее комплексное изучение эталонных разрезов разных регионов мезозоя Арктики (Западная и Восточная Сибирь, Северо-Восток России, север Европейской части России и Аляска)



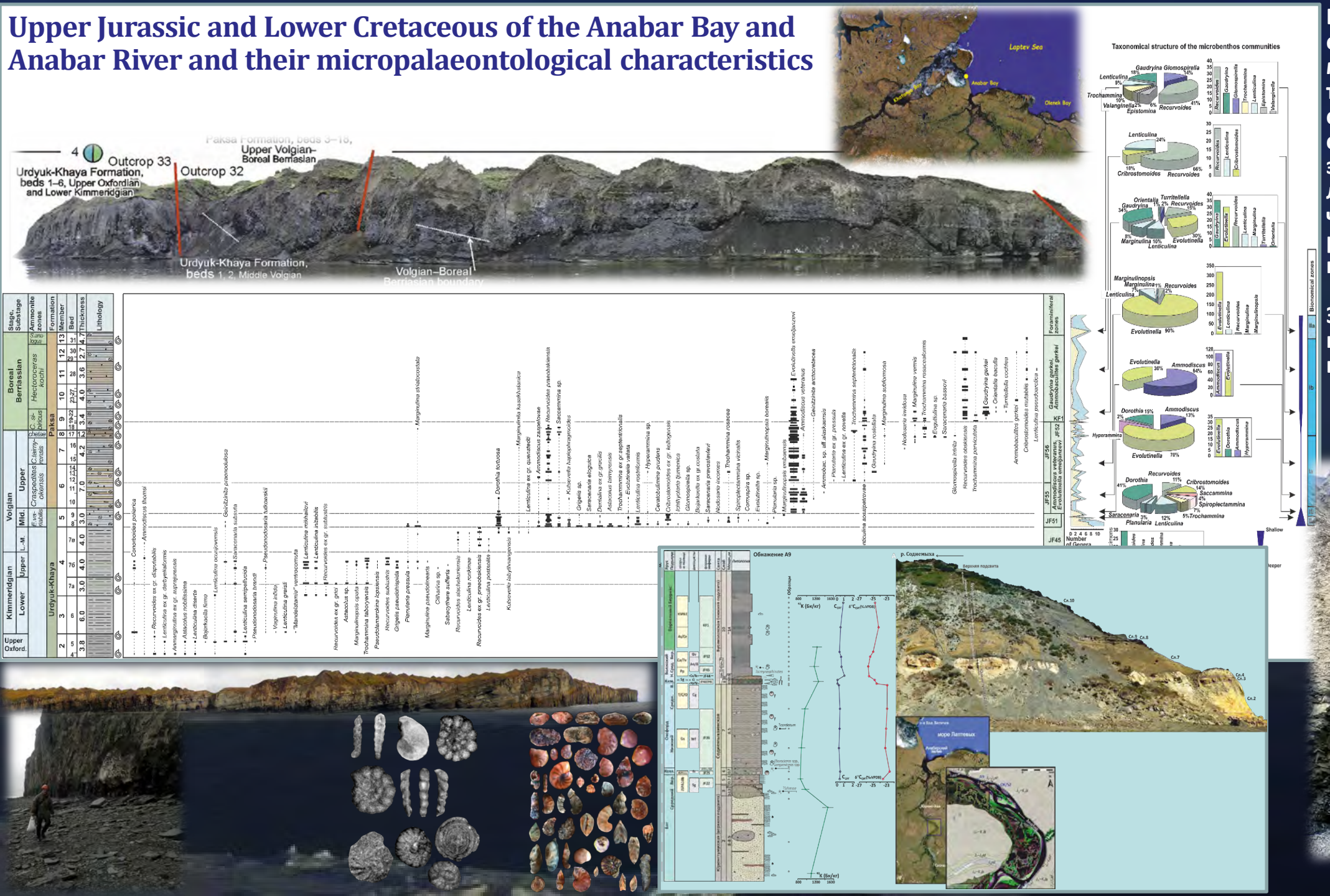
Сибирь



В последние годы удалось провести широкомасштабные комплексные исследования мезозоя Лаптевоморского региона: прибрежных и внутренних районов, Арктических островов.

Особое значение имели разрезы, вскрытые скважинами охарактеризованные керном и материалами ГИС, позволяющие оценивать изменения в толщах в пространстве между естественными выходами.

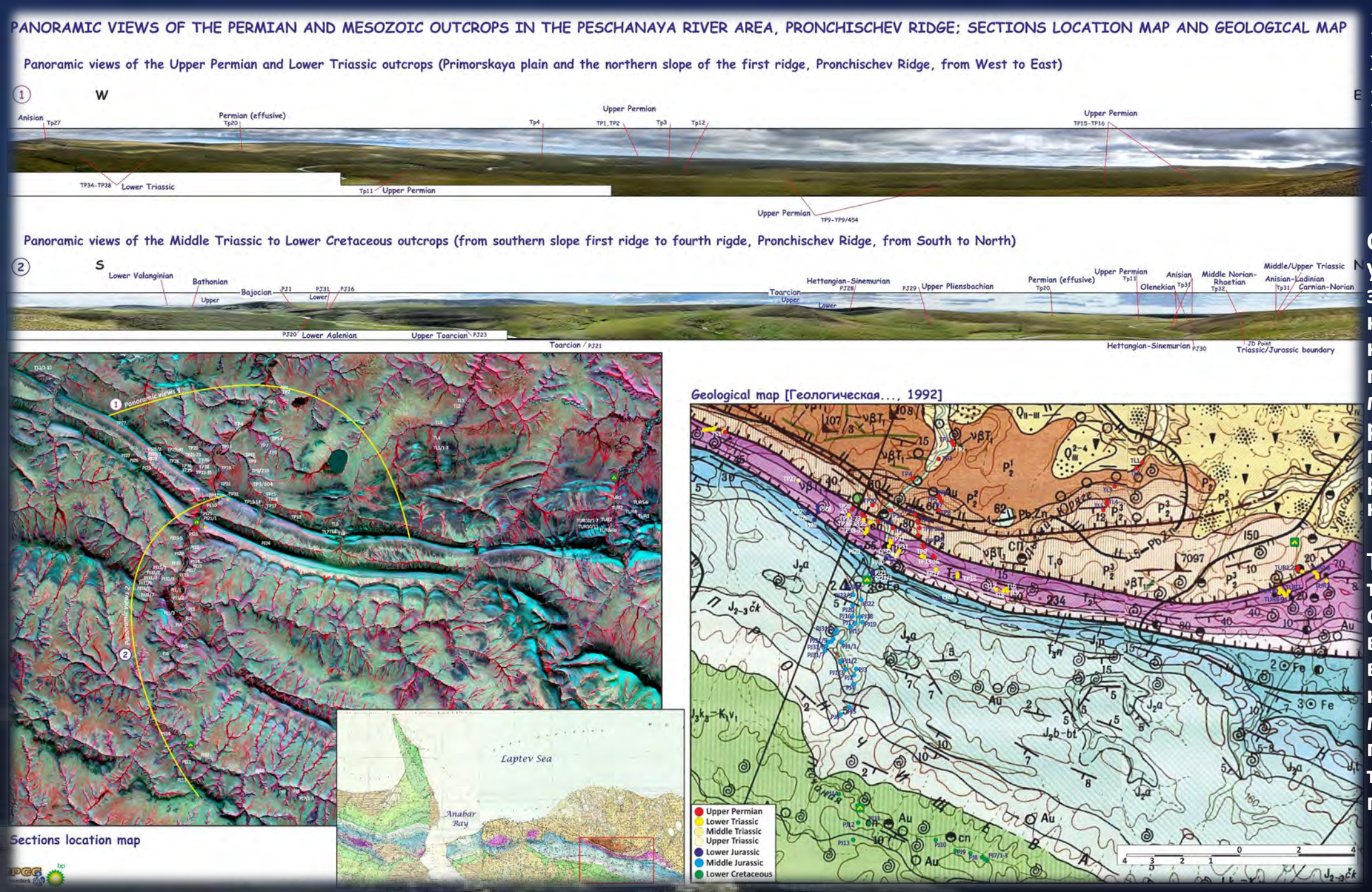
Upper Jurassic and Lower Cretaceous of the Anabar Bay and Anabar River and their micropalaeontological characteristics



Все разрезы изучались единым комплексом методов: микропалеонтология, био-, лито-, сиквенс-стратиграфия, седиментология, палеоэкология, биофации, литогеохимия и органическая геохимия, распределение стабильных изотопов углерода.

Это делает возможным их дальнейшее полноценное сравнение.

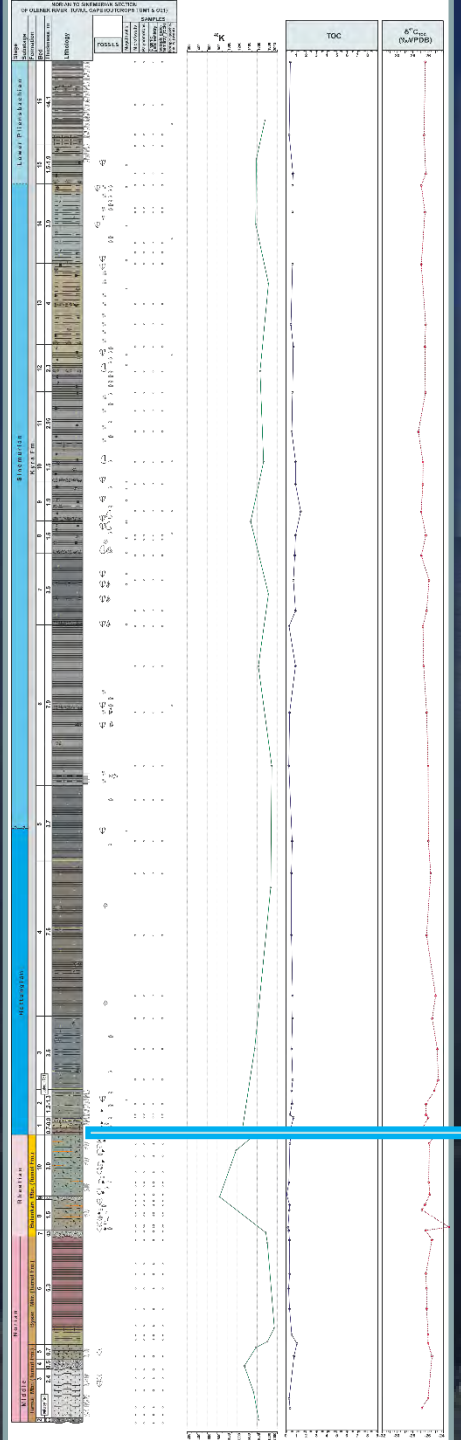
Разрезы верхов палеозоя и мезозоя кряжа Прончищева

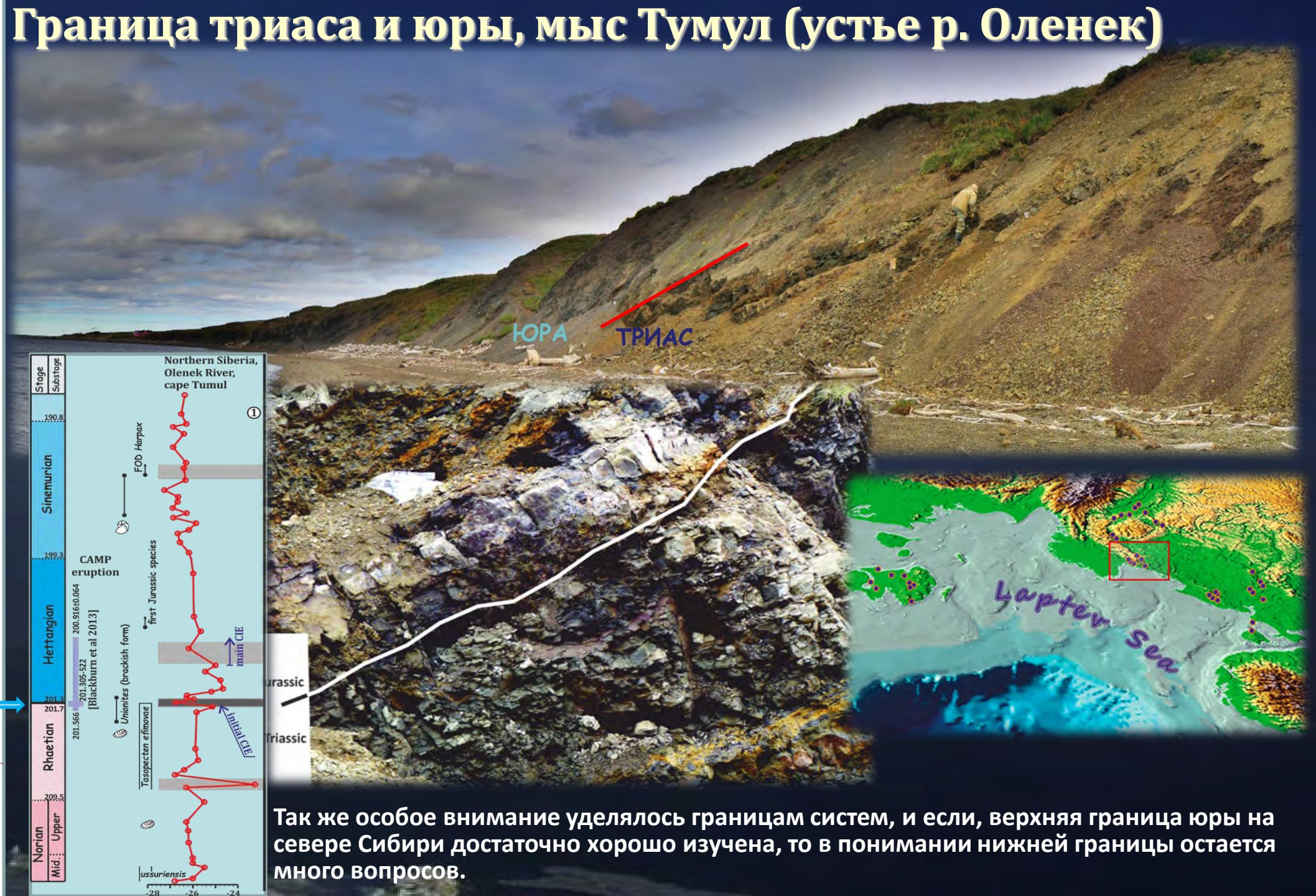


Особое внимание уделялась разрезам, имеющим принципиальное значение для понимания геологии Лаптевоморского региона, расположенных в плохо изученных районах, таких как, кряж Прончищева.

Так, полевые и стратиграфические исследования не выявили здесь тех надвиговых структур, которые особенно многочисленны на последних геолкартах нового поколения.

Граница триаса и юры, мыс Тумул (устье р. Оленек)



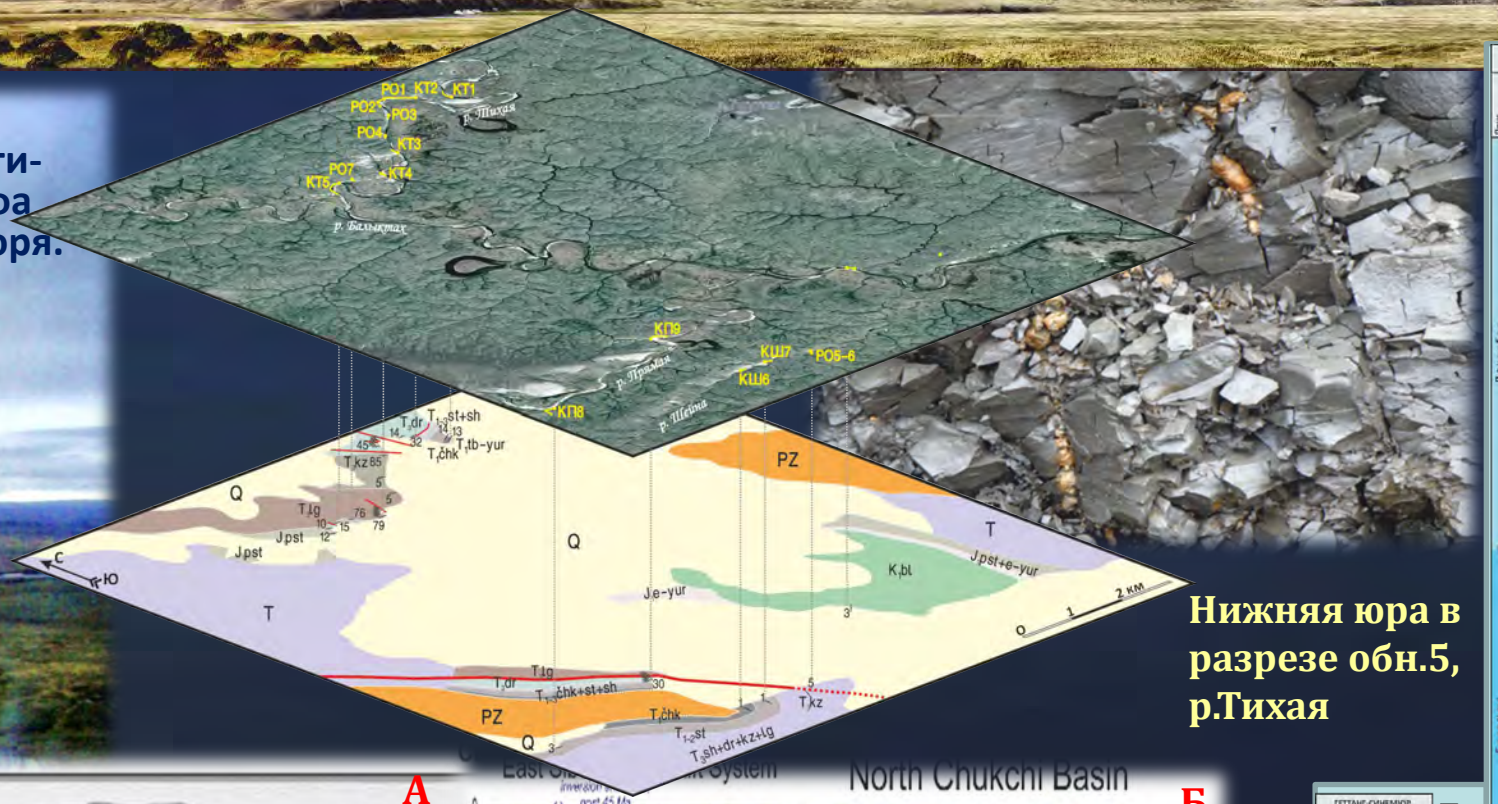


Так же особое внимание уделялось границам систем, и если, верхняя граница юры на севере Сибири достаточно хорошо изучена, то в понимании нижней границы остается много вопросов.

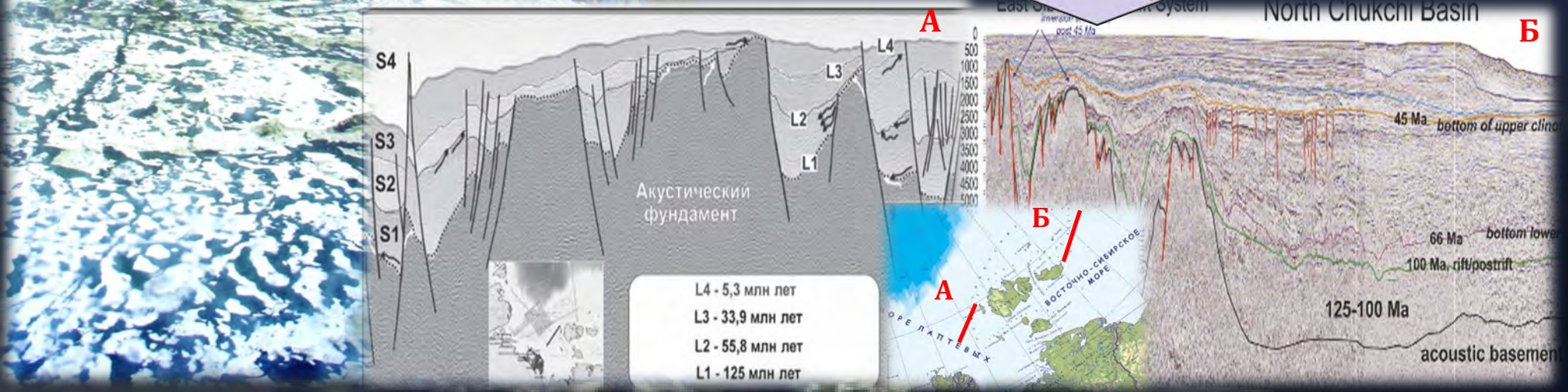
Архипелаг Новосибирские о-ва, о-в Котельный

Разрезы мезозоя Новосибирских о-вов, являются ключевыми в понимании геологического строения слабо изученного шельфа моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря.

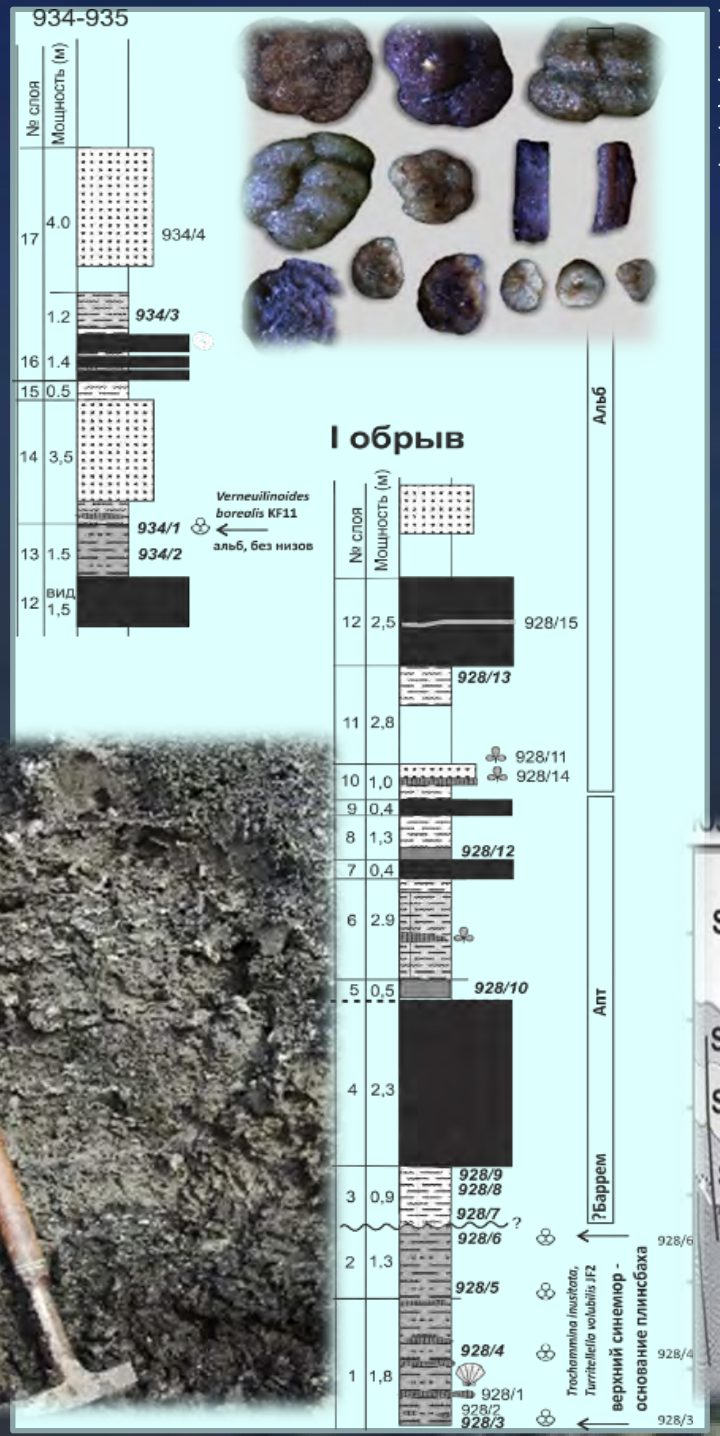
Они являются также эталонными для интерпретации сейсмических профилей данной акватории.



Нижняя юра в разрезе обн.5, р.Тихая



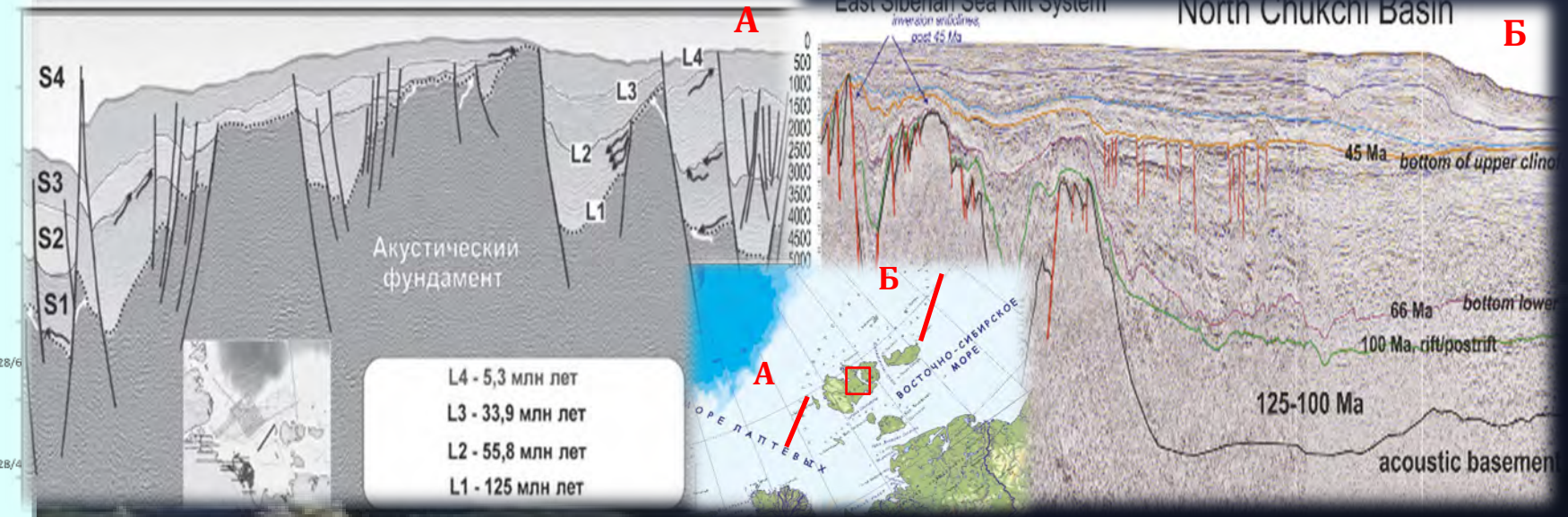
Контакт нижней юры и «среднего» мела (основание потенциального чехла на шельфе) в Туор-Юряхском разрезе о-ва Котельный



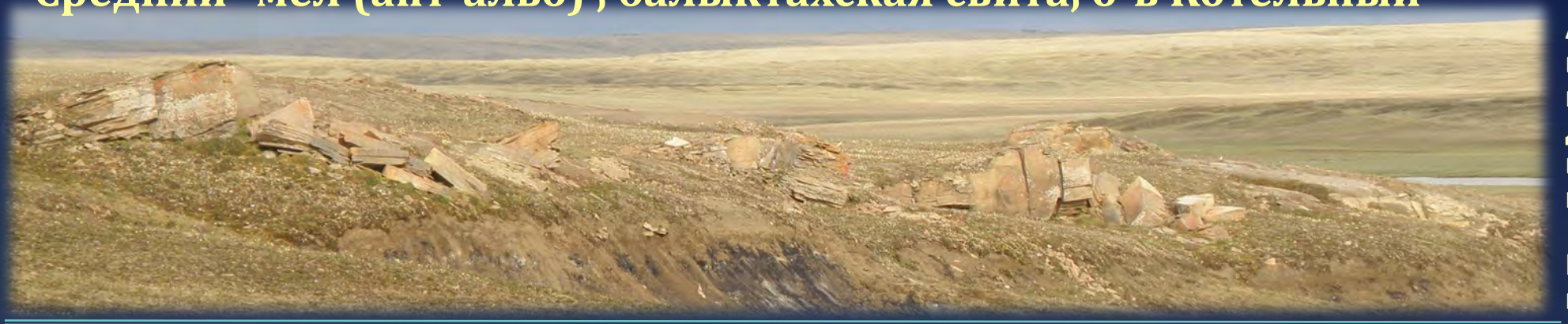
Предполагается, что базальный сейсмический комплекс чехла моря Лаптевых начинается континентальной угленосной апт-альбской толщей, перекрывающей пенепленизированную поверхность дислоцированных литифицированных пород акустического фундамента.

В обнажениях Новосибирских о-ов этот угленосный комплекс (балыктахская свита) перекрывает разновозрастные горизонты мезозоя. В разрезе Туор-Юрях континентальный “среднемеловой” комплекс без видимого несогласия залегает на нижнеюрских (синемюрских) морских глинах.

Т.е. нижняя граница «среднемелового» комплекса никак не соответствует характеристике нижнего сейсмического горизонта моря Лаптевых, описываемого как наиболее отчетливая и яркая сейсмическая граница в основании слабо деформированного осадочного чехла.



“Средний” мел (апт-альб) , балыктахская свита, о-в Котельный



Верхний тоар, муруннахская толща, о-в Котельный

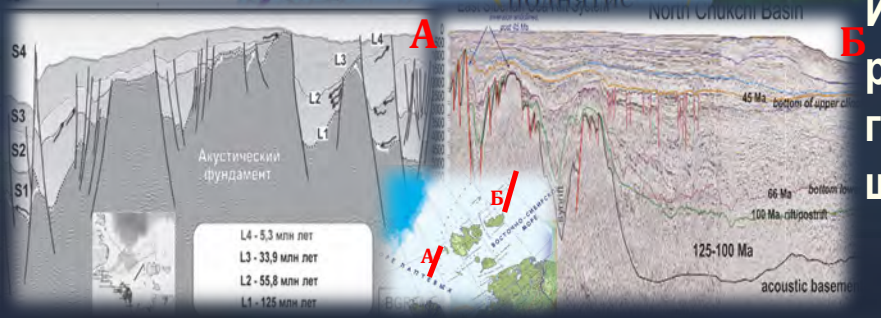
Верхний триас (верхний норий), луговая свита, о-в Котельный

Апт-альбские неконсолидированные толщи местами залегают с размывом на более древних слабо литифицированных комплексах триаса и юры, но конформно с ними.

Крупный стратиграфический перерыв там практически никак не выражен в разрезе и может быть обоснован только биостратиграфическими методами. Скважинами на о-ве Котельный установлены и берриас-валанжинские отложения.

Такой же перерыв зафиксирован и по обрамлению северо-востока Сибирской платформы

Возраст нижней границы осадочного чехла акватории моря Лаптевых древнее, нежели обосновываемый рядом специалистов. Это обстоятельство позволяет оптимистично воспринимать перспективы нефтегазоносности глубоких горизонтов шельфа арктических акваторий.

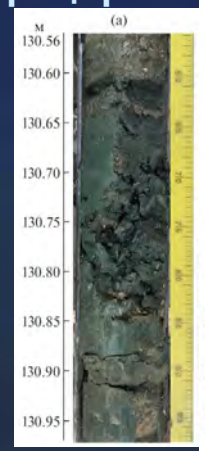


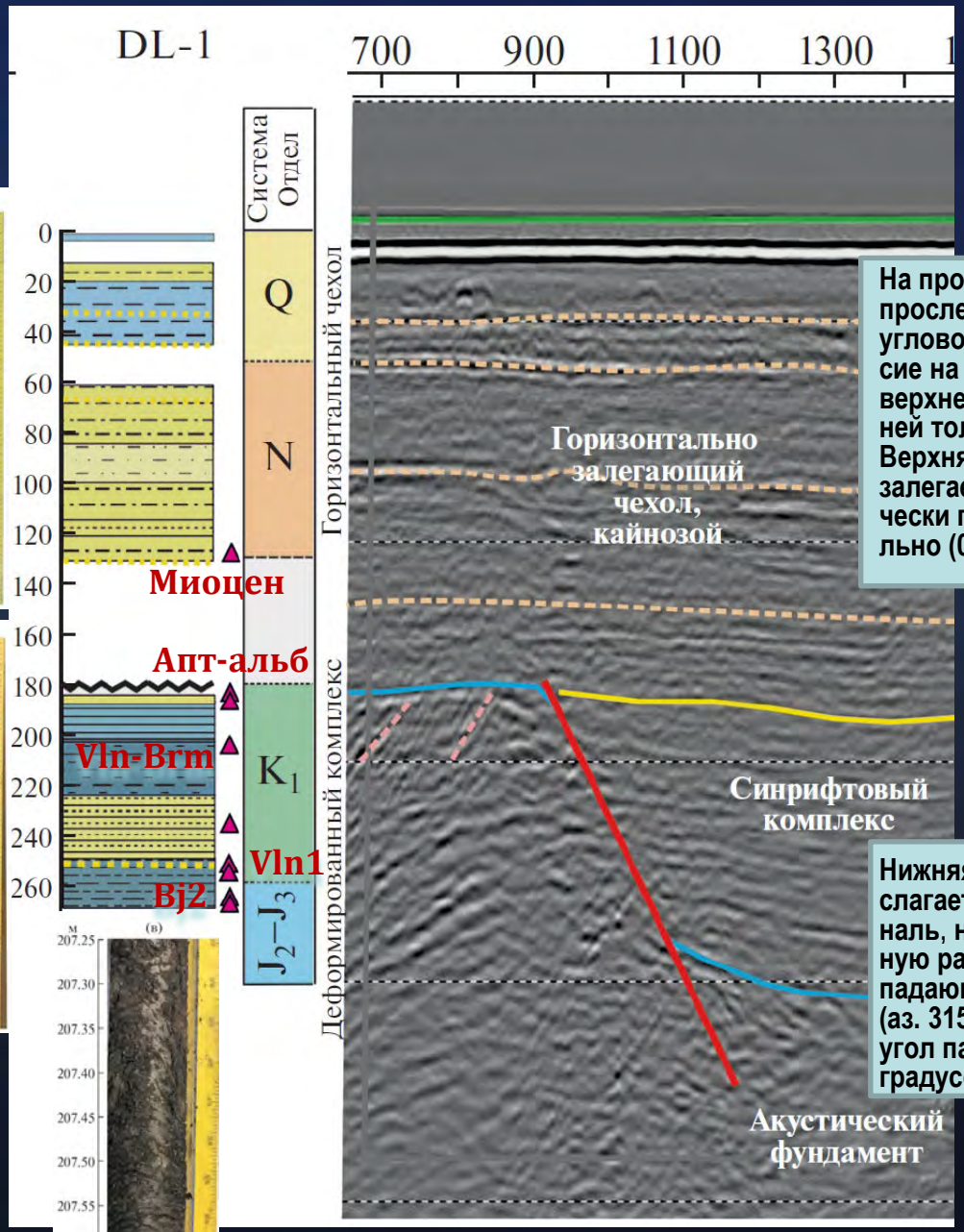
Инт. до 130 м представлен переслаиванием горизонтально залегающих темно-серых нелитифицированных глин, алевритов и песков (миоцен-Q)

Инт. 130–183 м - рыхлые песчано-гравийные толщи с валунами

Инт.183–184.5 м- несортированные пески и глины с щебнем, гравием, галькой (апт-альб).

Инт. 184.5–268 м представлен основном сильно трещиноватыми и слаболитифицированными арглитами и алевролитами (208.8-Vln-Brm; 259-253.5-Vln1; 264-Bj2).



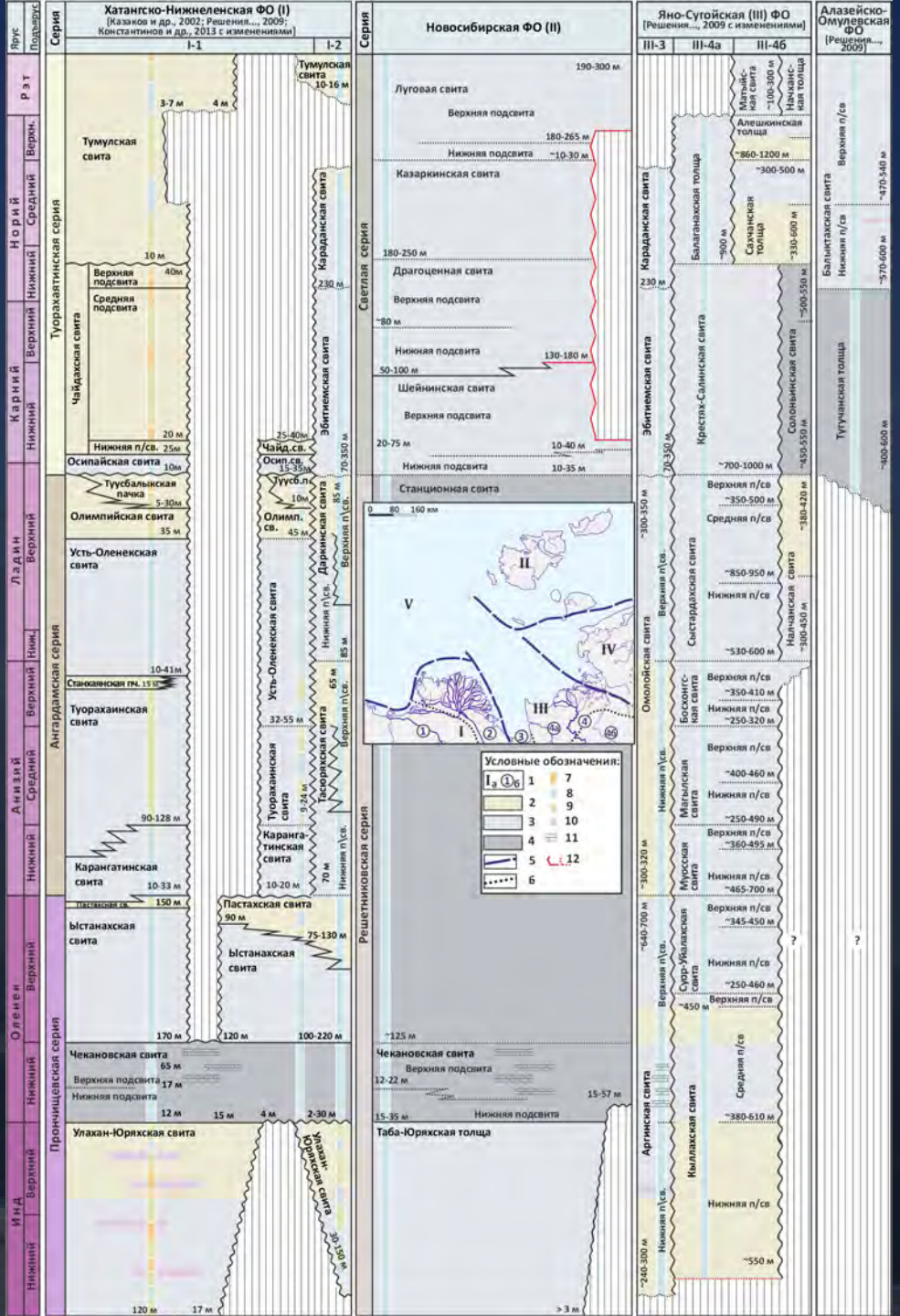


На профилях прослеживается угловое несогласие на границе верхней и нижней толщ (130 м). Верхняя толща залегает практически горизонтально (0-130 м).

Нижняя толща слагает моноклиналь, нарушенную разломами, падающую на СЗ (аз. 315 градусов, угол падения 5–7 градусов).

Петров и др., 2023: ДАН, Науки о земле, 512, с.261-271

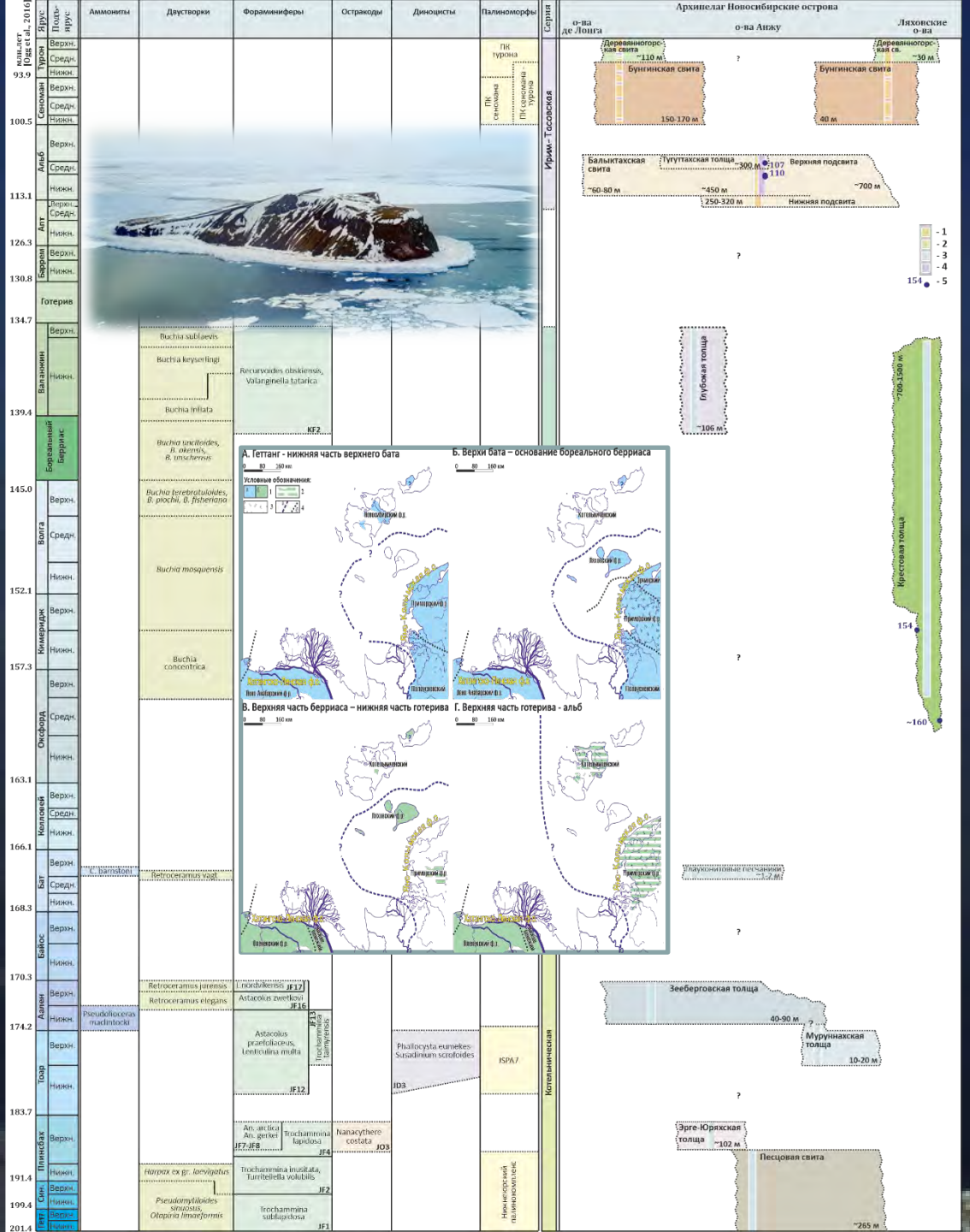
Схема стратиграфии и фациальное районирование триаса Новосибирских островов, моря Лаптевых и прилегающей части суши

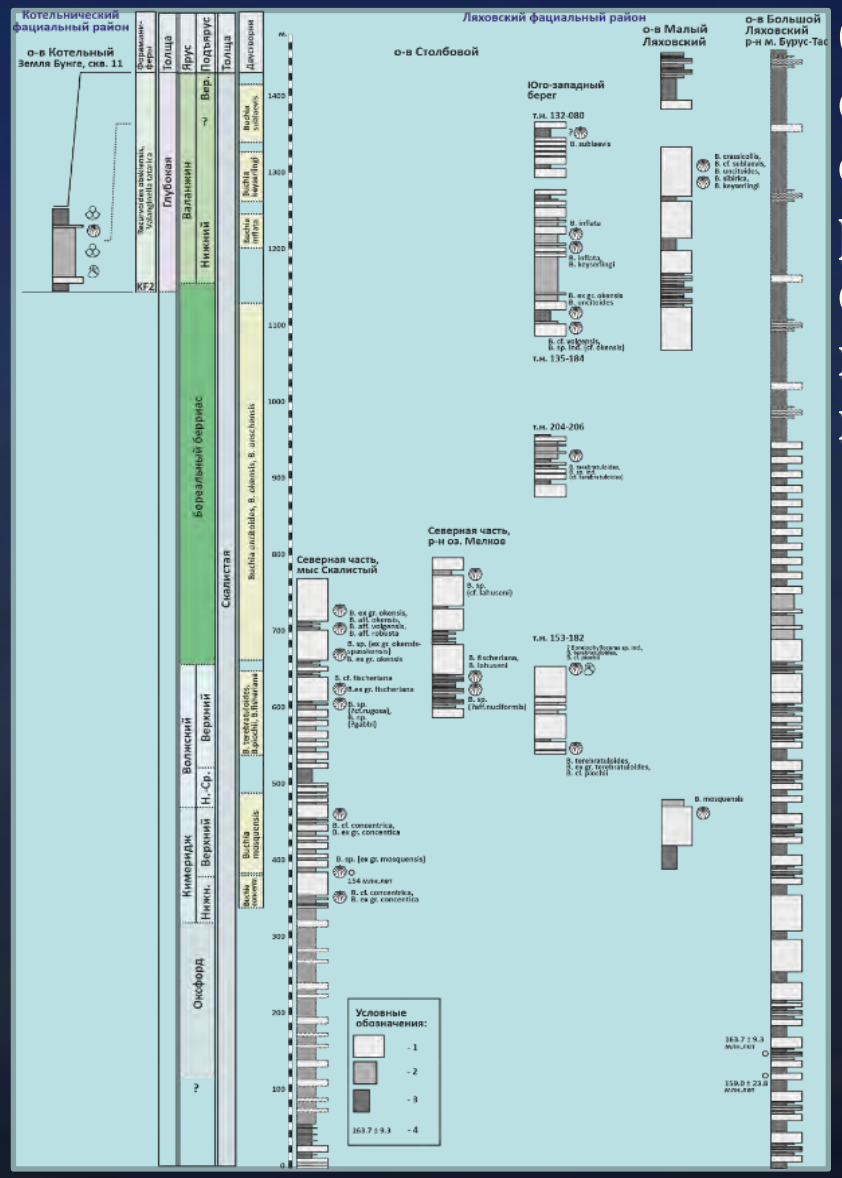


Разрезы мезозоя о-ва Котельный, на севере обрамления Сибирской платформы, имеют отчетливую связь платформенных типов разреза, представленную закономерной сменой фациальных обстановок с юга на север от бортов Анабаро-Ленского осадочного бассейна к дистальным фациям на Новосибирских островах. Поэтому для акватории моря Лаптевых нет необходимости прогнозировать иной характер строения разреза.

Становление консолидированной коры в этом районе завершилось в байкальскую тектоническую эпоху, что, наряду с вышеизложенным, позволяет рассматривать триасовые, юрские и нижнемеловые толщи в составе промежуточного структурного этажа Лаптевоморской плиты на периферии Сибирского кратона, в палеогеографическом плане являющегося продолжением осадочного чехла Сибирской платформы.

Стратиграфические схемы юры и мела и фациальное районирование Новосибирских о-в и прилегающей части континентальной суши.

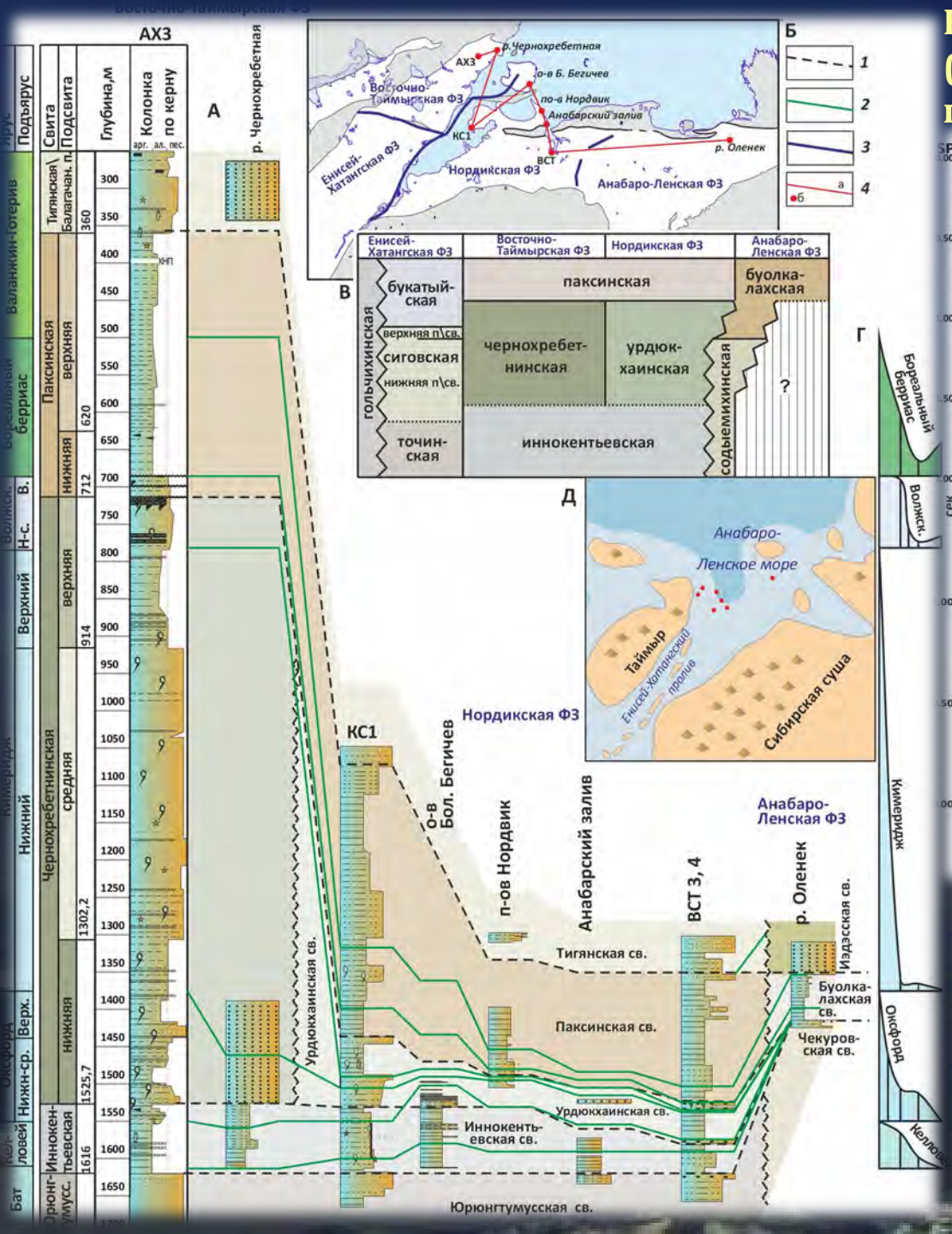


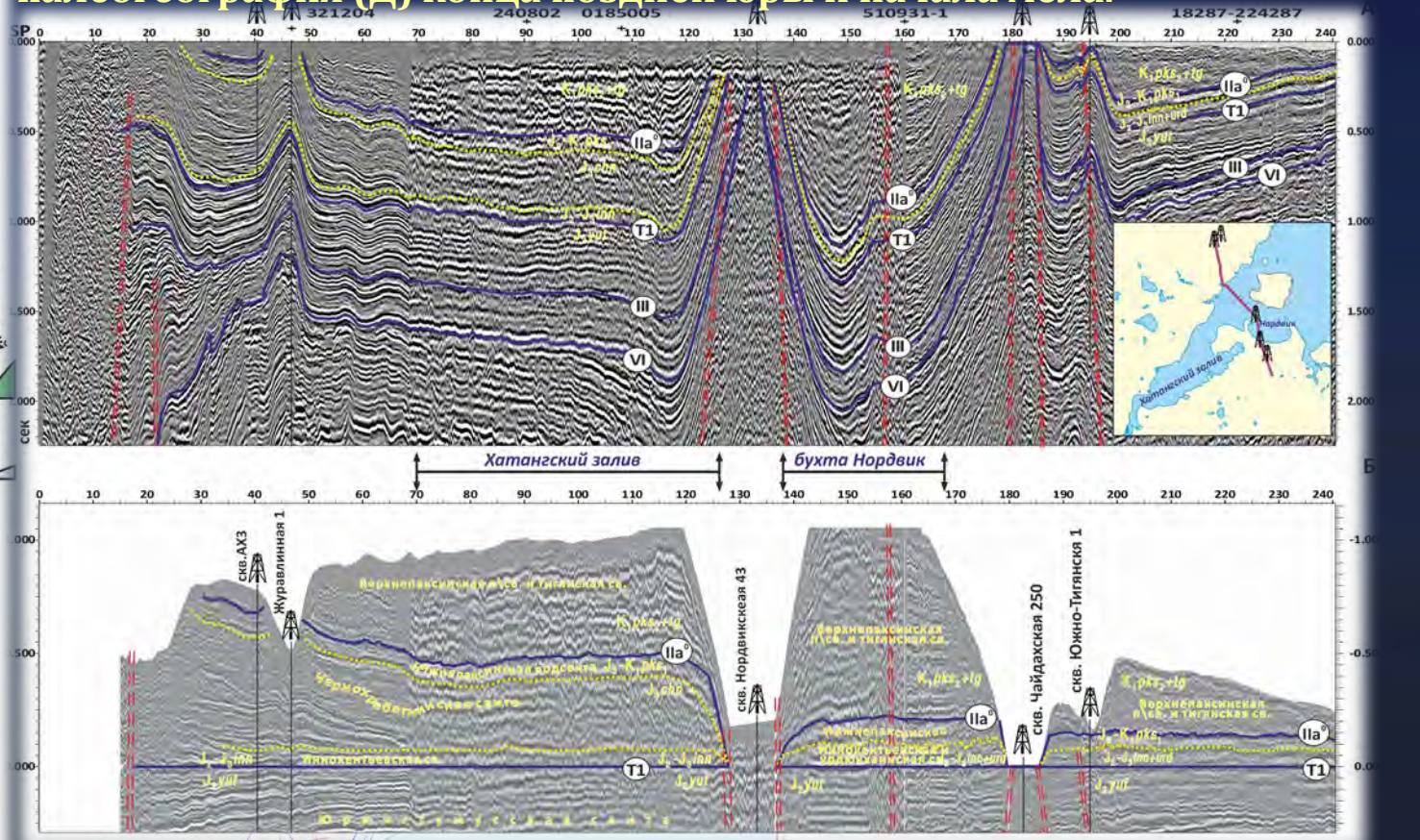


В эволюции мезозойского бассейна восточной части моря Лаптевых выделены несколько глобальных седиментационных этапов.

На каждый из них разработано фациальное районирование и впервые, на единых принципах, для этого региона разработаны стратиграфические схемы мезозоя.

Корреляция разрезов юры и мела (А), фациальное районирование (Б), изменения мощности (Г) разрезов Анабаро-Ленского бассейна и палеогеография (Д) конца поздней юры и начала мела.





Сейсмогеологический разрез 321204 (А), в т.ч. Выровненный по ОГ Т1 (Б)

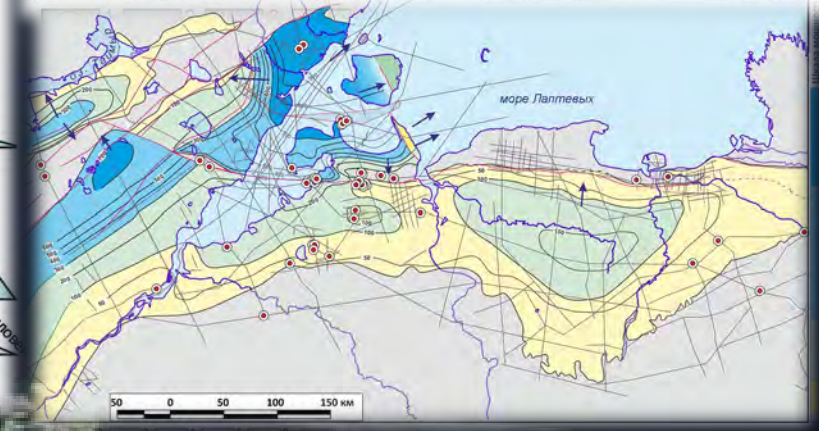
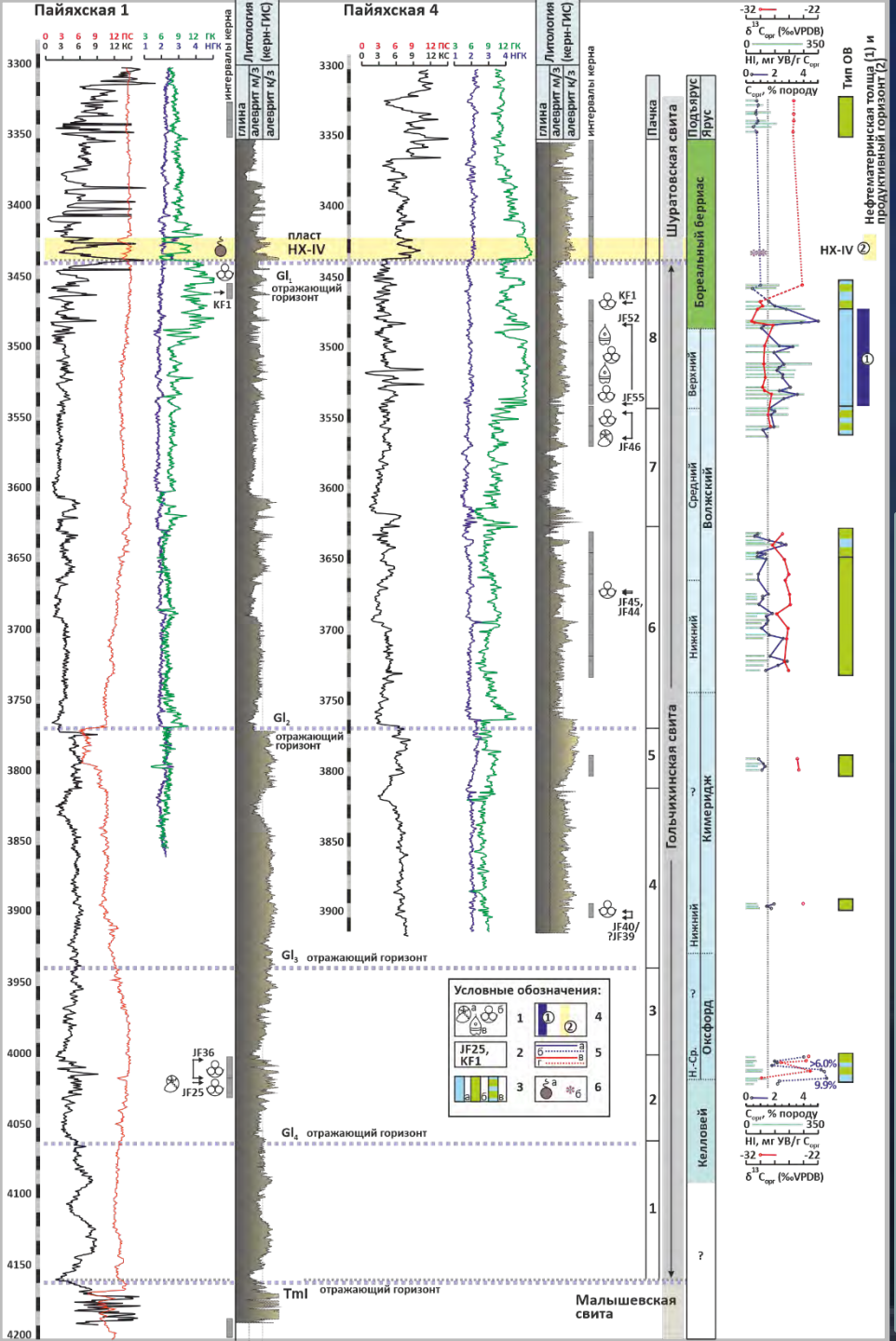


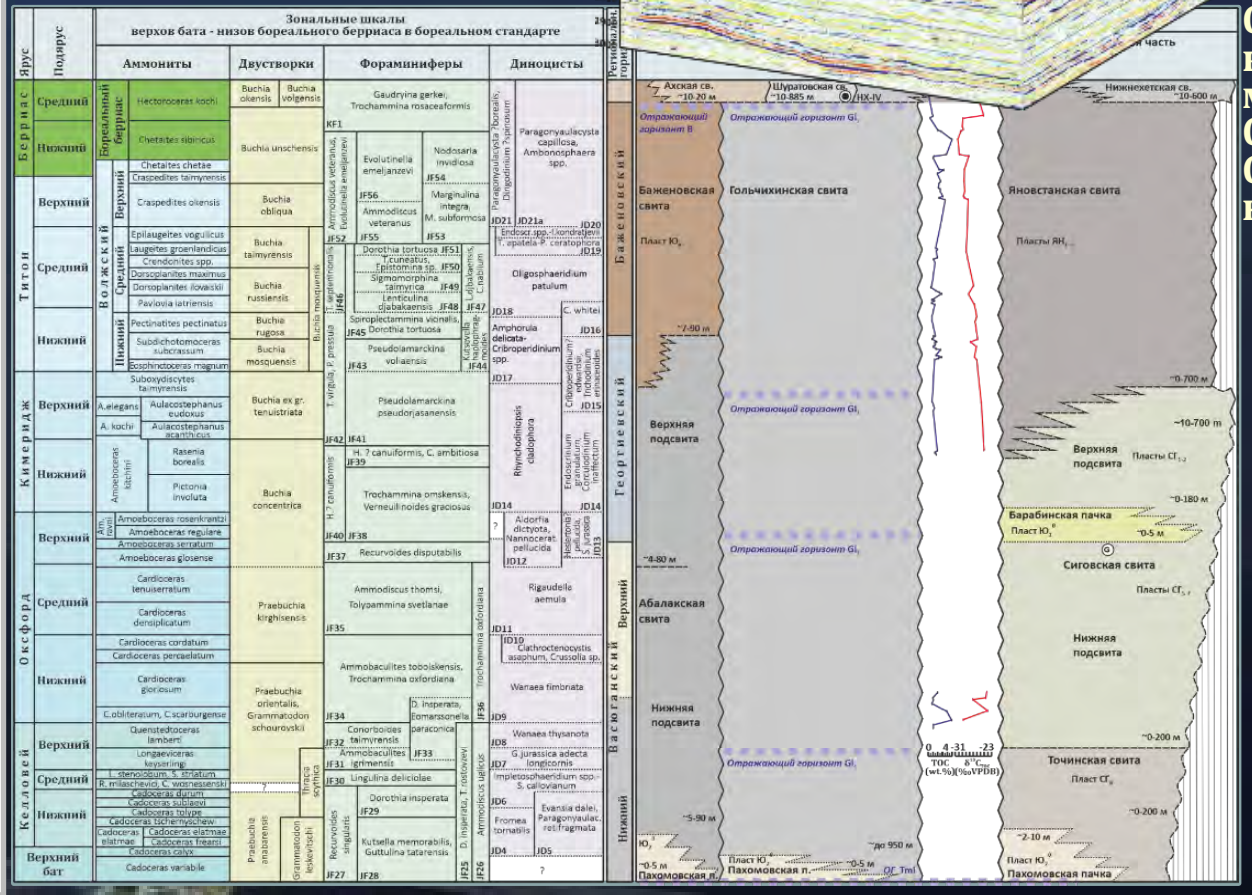
Схема мощности верхов средней юры - основания бореального берриаса

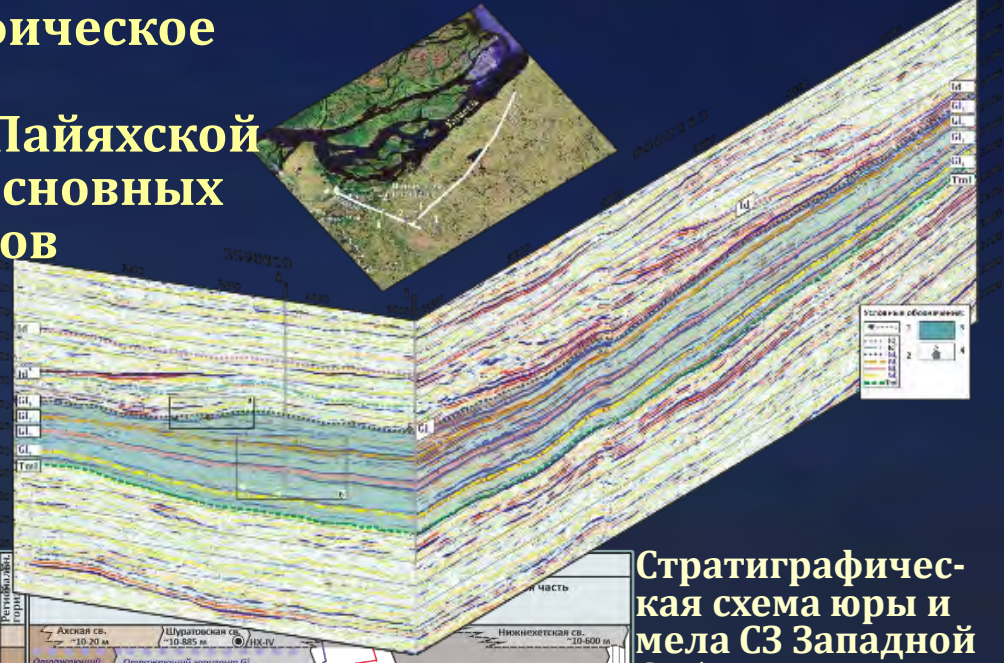
Стратиграфическая схема юры и мела побережья моря Лаптевых и Новосибирских островов

На основе этих схем, построенных для конкретных фациальных районов, в дальнейшем конструировались высокоразрешающие региональные стратиграфические схемы мезозоя нового поколения. Наряду с традиционными данными включались фациальные и хемостратиграфические сведения, показывались потенциально нефтепроизводящие участки и коллектора.

Био- и литостратиграфическое расчленение разрезов гольчихинской свиты Пайяхской площади, положение основных отражающих горизонтов

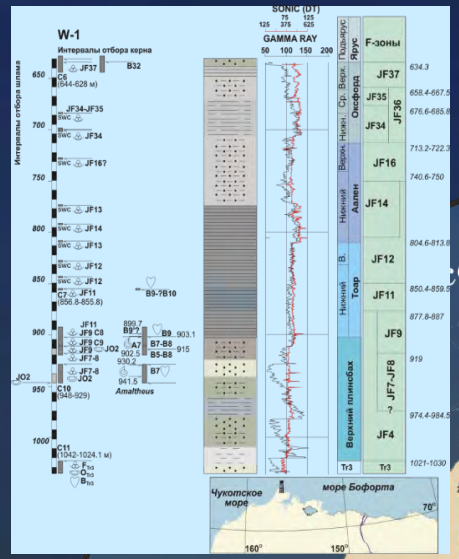


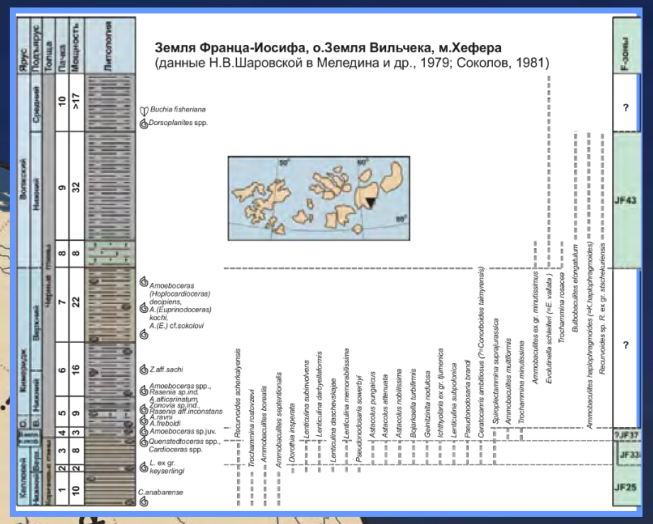


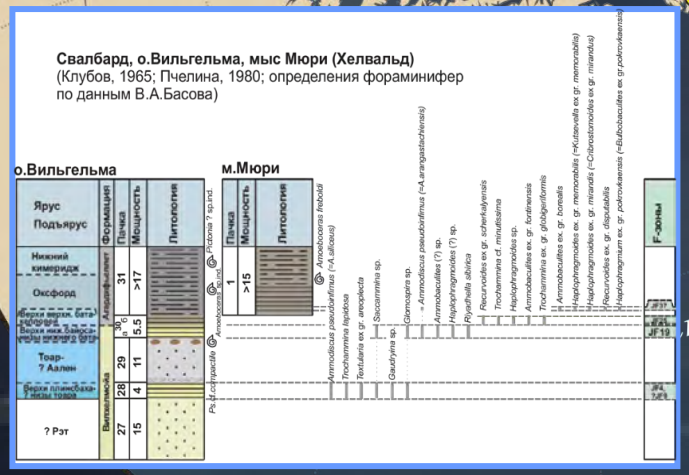


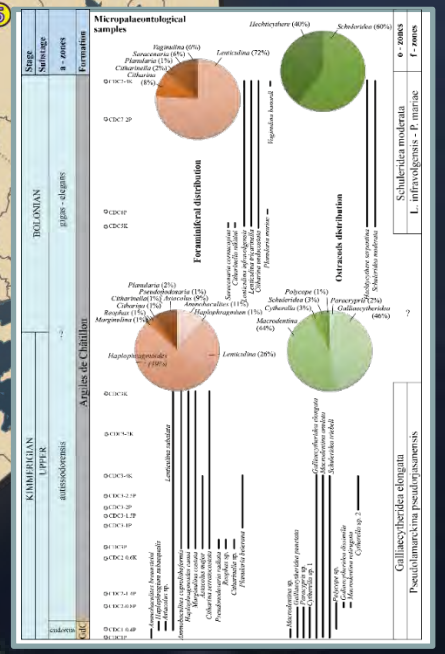
Стратиграфическая схема юры и мела СЗ Западной Сибири и востока Северо-Сибирской низменности

На тех же принципах, с учетом хемо- и сейсмостратиграфии, совершенствовалась и стратиграфия мезозоя севера Западной Сибири.









Выявлению определенных закономерностей в строении разрезов мезозоя, общности таксономического состава комплексов способствовали исследования в других регионах Северного Полушария: от Арктической Аляски до Западной Европы.

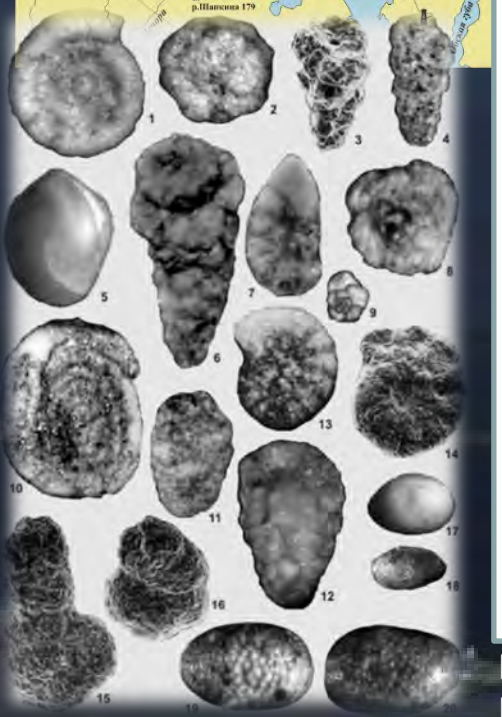
Анализ данных по составу микрофауны этих регионов показал, что здесь присутствуют те же таксоны и отмечаются последовательности комплексов, что и на севере Сибири.

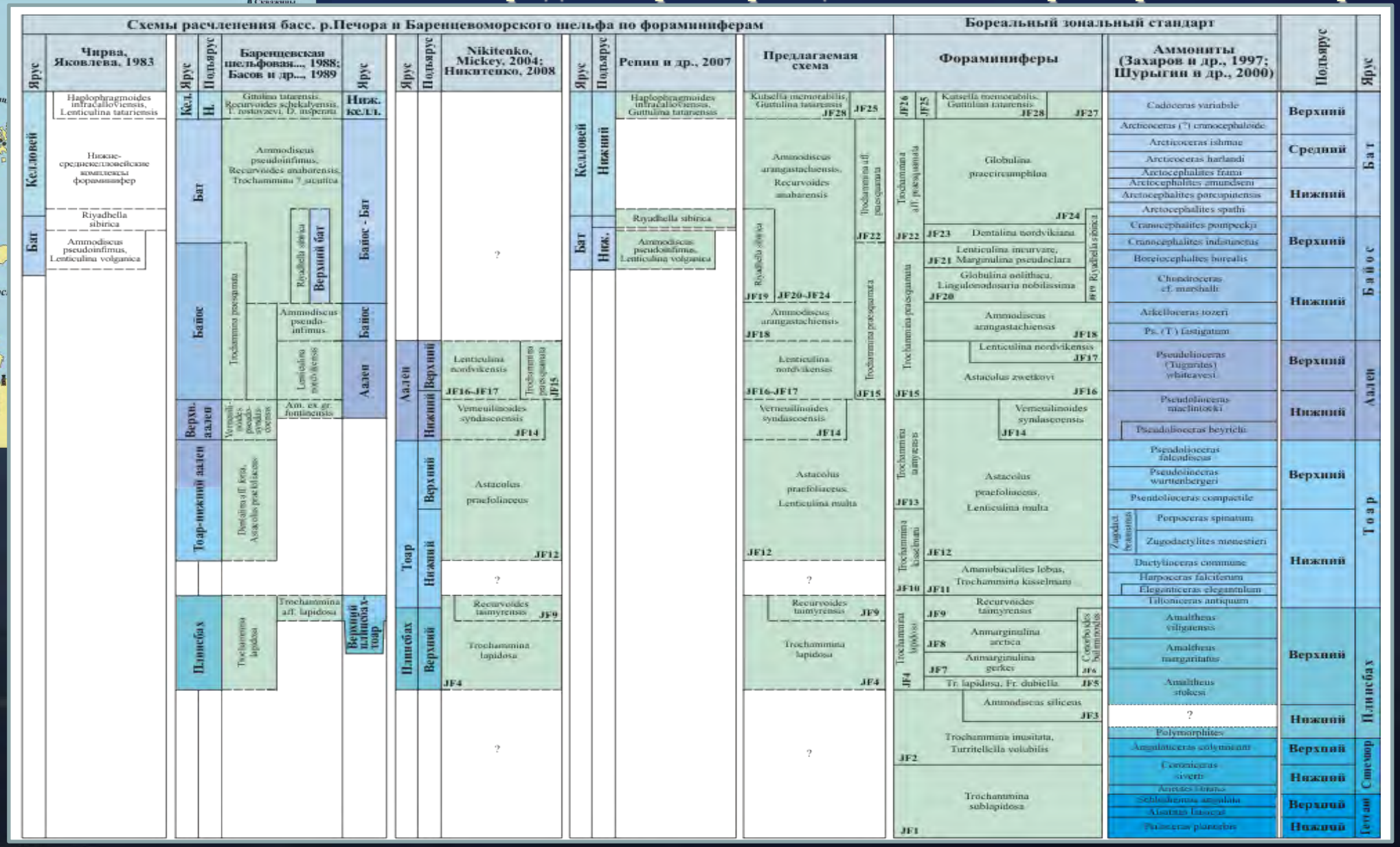
Таким образом, появляется возможность применения в этих регионах Арктики стратиграфических, палеогеографических и биофациальных моделей разработанных на эталонных разрезах Лаптевоморского региона.

С целью оценки применимости разработанных моделей изучались ключевые разрезы юры и мела Баренцевского шельфа, Арктической Аляски и Канады, севера Европы.

Баренцевский шельф

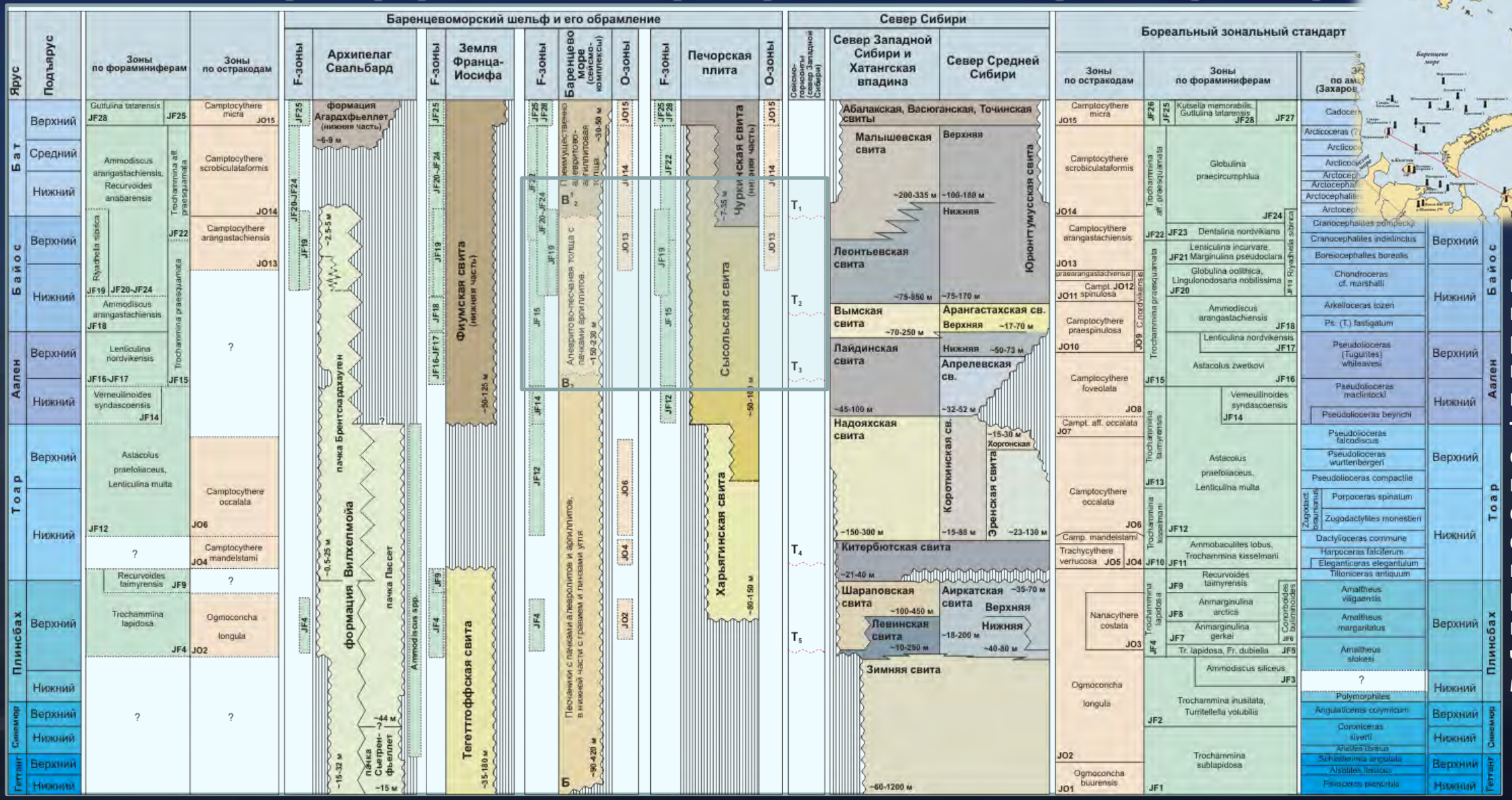
Сопоставление биостратонов по фораминиферам нижней и средней юры Баренцевского шельфа по разным авторам





Ревизия микропалеонтологических данных позволила существенно пересмотреть стратиграфию юры и мела Баренцевского региона. Например, то что принималось недавно как бат, теперь соотносится с байосом и т.д.

Сопоставление стратиграфических схем юры Баренцевского шельфа и севера Сибири



Некоторые основные сейсмогоризонты Баренцевского шельфа хорошо коррелируются с таковыми на севере Западной Сибири. Их стратиграфическое положение контролируется микропалеонтологическими данными.

Учитывая практически одинаковый состав микробиот Баренцевского шельфа и севера Сибири, близкую литостратиграфическую конструкцию разрезов, можно предположить, сходный характер седиментогенеза и историю развития этих бассейнов в юре.

Арктическая Аляска

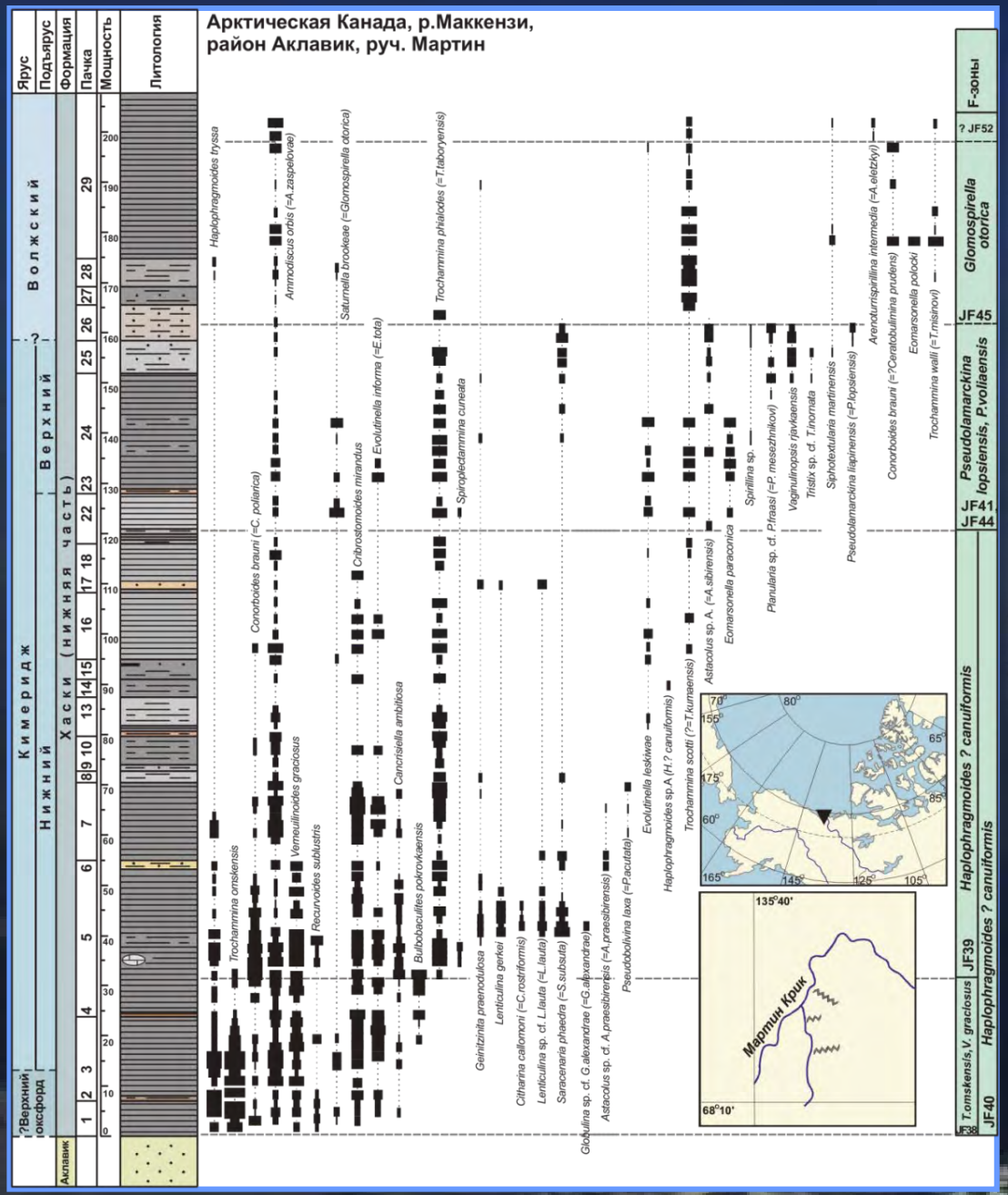
Шкала по фораминиферам нижней юры и аалена Арктической Аляски

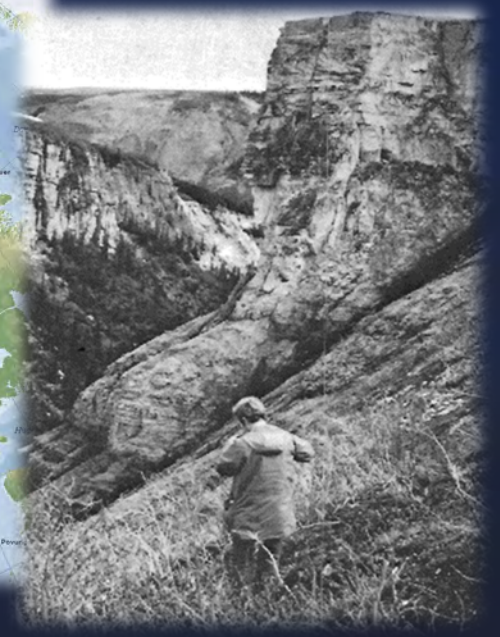
Изучение разрезов мезозоя и микрофауны Северной Аляски и акваторий моря Бофорта и Чукотского моря позволило проследить здесь практически всю последовательность северосибирских зон по микрофауне.

Арктическая Канада

Распространение микрофауны и расчленение верхней юры в разрезах района дельты р.Маккензи, Арктическая Канада

(данные по фораминиферам и строению разреза по A.S.Hedinger, 1993).





В разрезах Арктической Канады также отмечается близкая к северосибирской последовательность биостратонов.

Микрофоссилии и реперные уровни глобальной корреляции в верхней юре

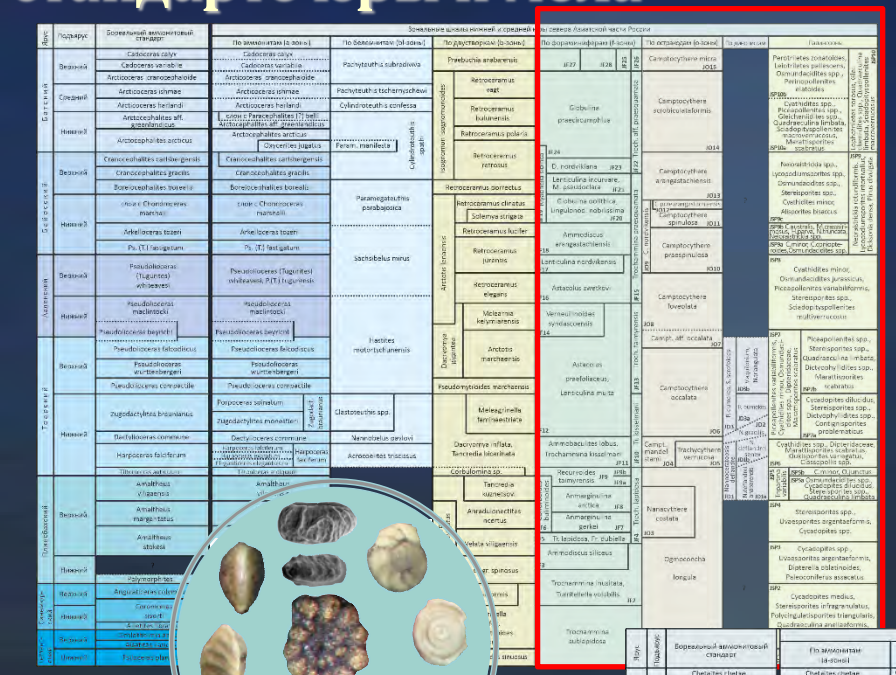
В самое последнее время впервые выявлен ряд реперных уровней в юре по микрофоссилиям обеспечивающим межрегиональные и глобальные корреляции от Арктики до Тетиса. Намечены перспективы и прямых корреляций с разрезами южного полушария.

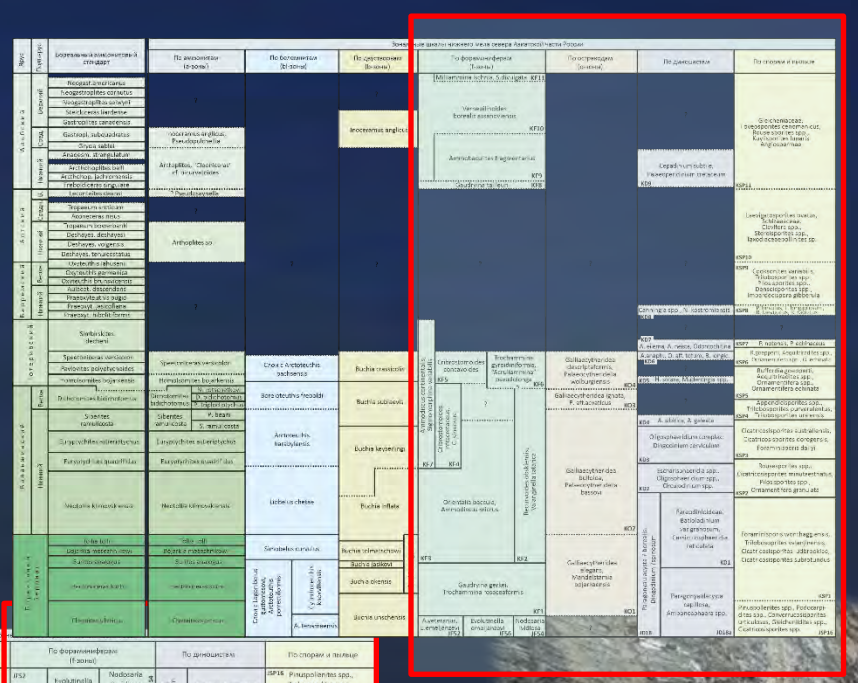
Широкое распространение таксономически близких комплексов обусловлено продолжительной крупной трансгрессией и теп-лым климатом, что способствовало развитию связей между средиземноморскими, бореальными и арктическими бассейнами.

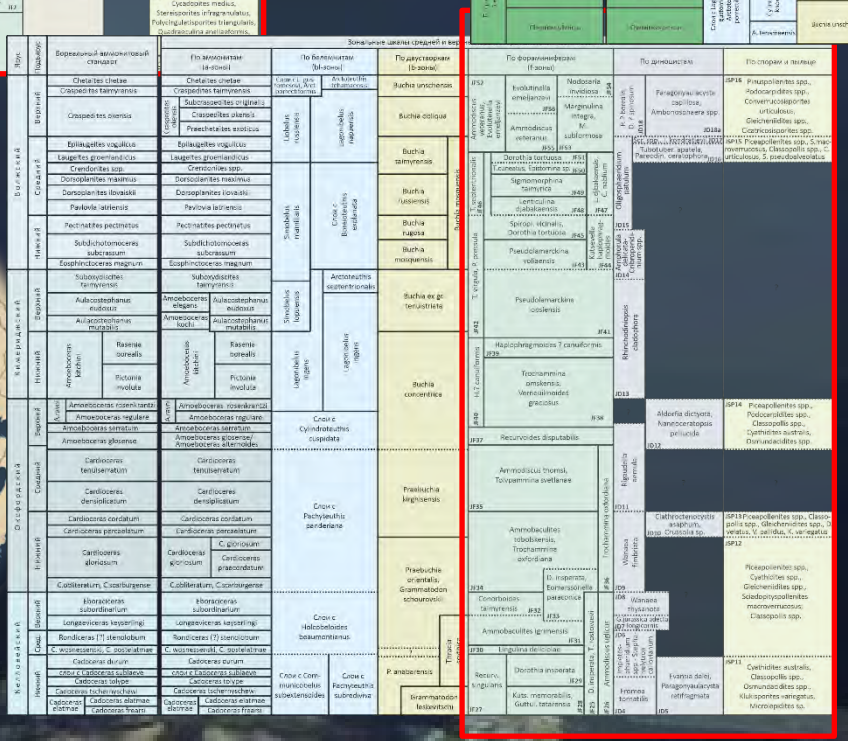
Синхронность этих уровней подтверждается хемостратиграфическими данными. Комплексный седиментологический, геохимический и микрофаунистический анализ изученных участков акваторий позволил реконструировать палеообстановки.

Фораминиферы шельфовых областей Тетических Гималаев имеют поразительное сходство с теми, которые обнаружены в бореальных и арктических широтах.

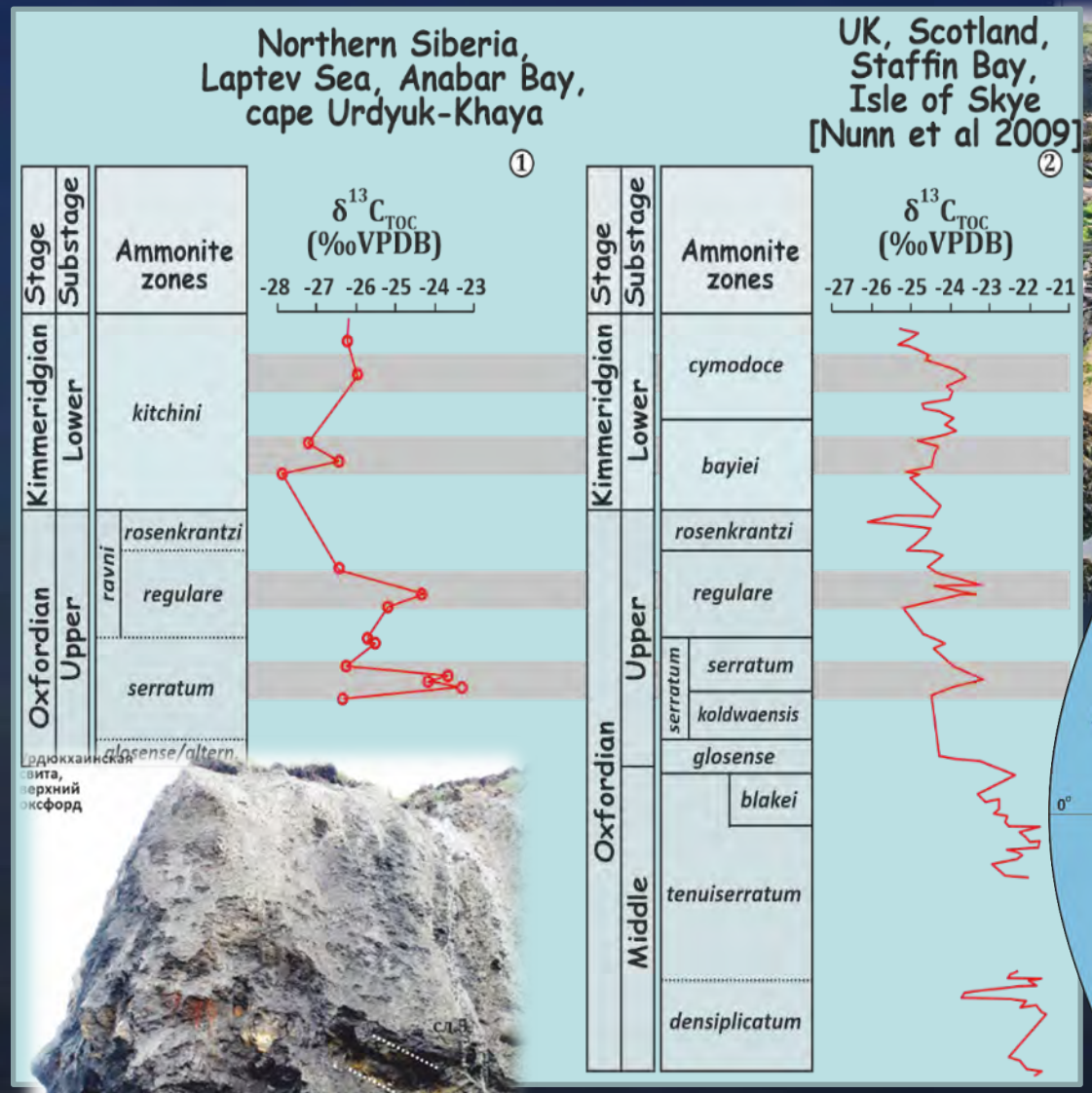
Шкалы по фораминиферам, остракодам и палиноморфам в Бореальном зональном стандарте юры и мела

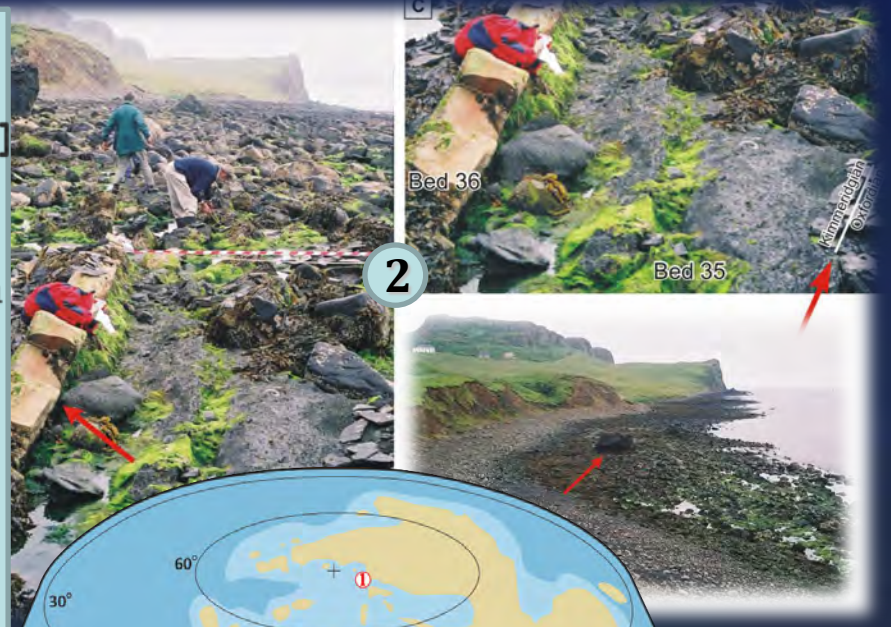


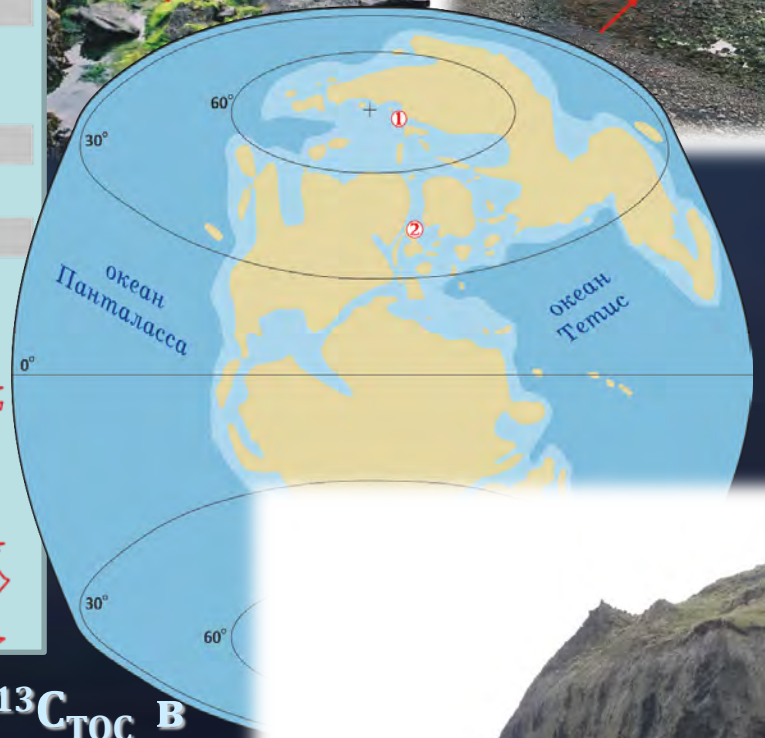




Шкалы юры и мела по микро-фоссилиям севера Сибири рассматриваются в качестве Бореального зонального стандарта







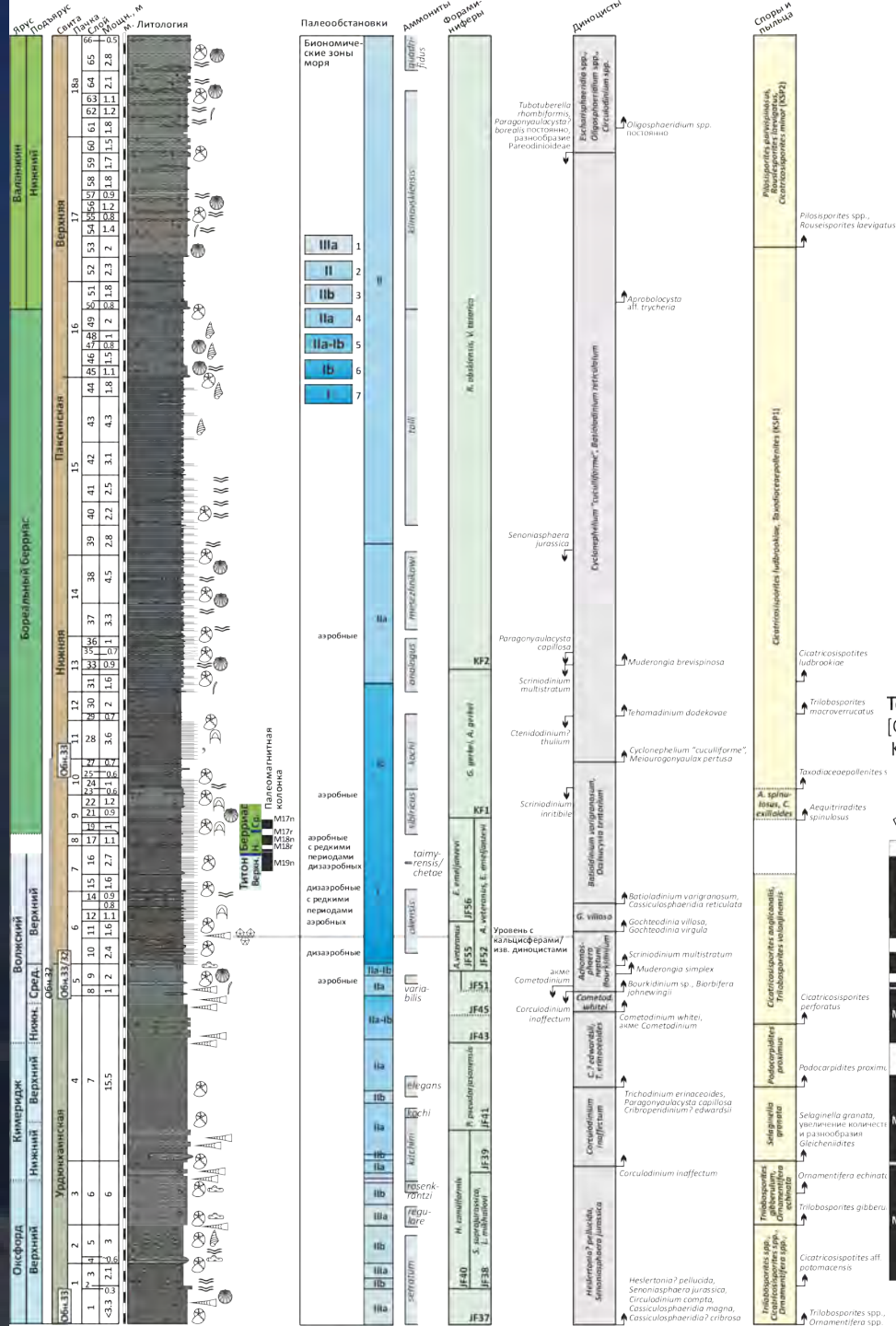
В качестве нового развивалось хемостратиграфическое направление. Предполагается построение синтетической кривой вариаций $\delta^{13}C$ мезозоя Арктических регионов и построение независимой хемостратиграфической шкалы. Анализ изменений значений $\delta^{13}C$ имеет очень хорошие перспективы для глобальных корреляций, с учетом биостратиграфических данных.

Сравнение вариаций $\delta^{13}C_{TOC}$ в оксфорде и кимеридже в разных регионах Северного Полушария (Арктических и Суббореальных)

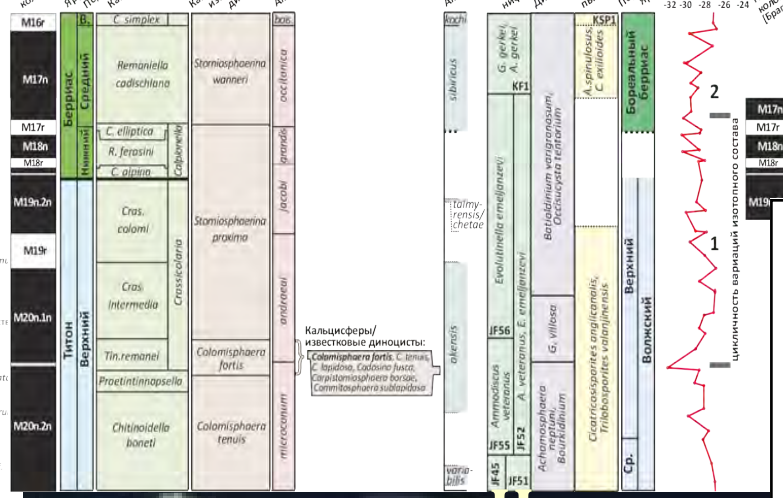
Корреляция приграничных толщ юры и мела Тетиса и Арктических регионов (п-ов Нордвик) с учетом палеомагнитных данных

Стратиграфические исследования позволили обосновать присутствие в разрезе волжского яруса в полном объеме. Ранее, здесь предполагался существенный стратиграфический перерыв, соответствующий нижневолжскому и большей нижней части средневолжского подъярусов.

Согласно первым палеомагнитным исследованиям разреза Нордвик основание бореального берриаса фиксировалась в нижней части хрона M18n. Однако последующие исследования показали, что положение этой границы следует соотносить с низами хрона M17r. Позднее была предложена формальная переинтерпретация этих данных без проведения новых исследований: нижняя граница хрона M17r передвинута вверх. В последствии, эта переинтерпретация уже использовалась как основная для Арктики, с ней увязывались границы стратиграфических подразделений и глобальные корреляции. Сделано это необоснованно с подгонкой под первоначальные данные. Полученные палеомагнитные данные согласуются с биостратиграфическими разбивками по микрофоссилиям. Они представляют особый интерес, поскольку позволяют провести сопоставление с тетическими регионами.

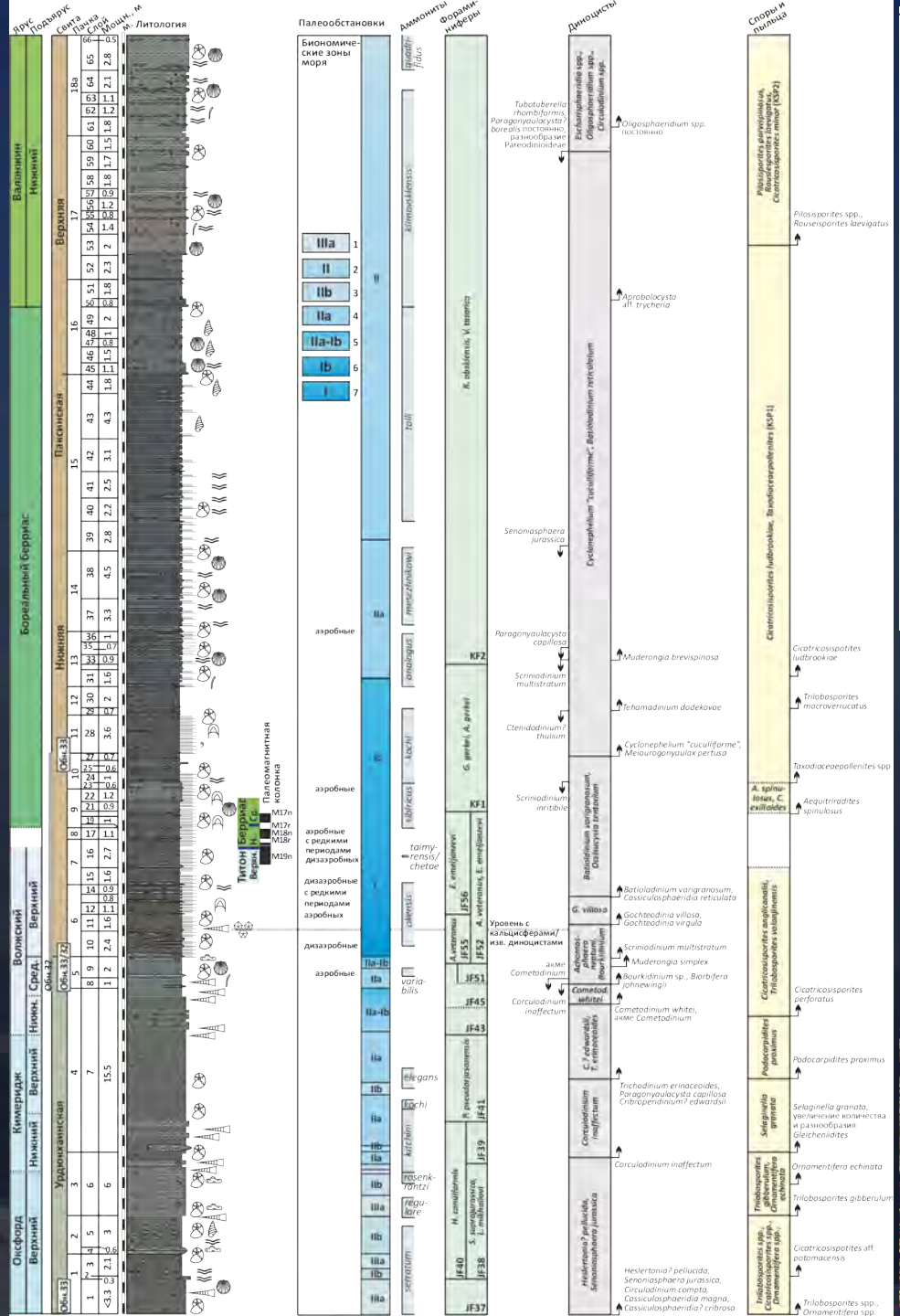


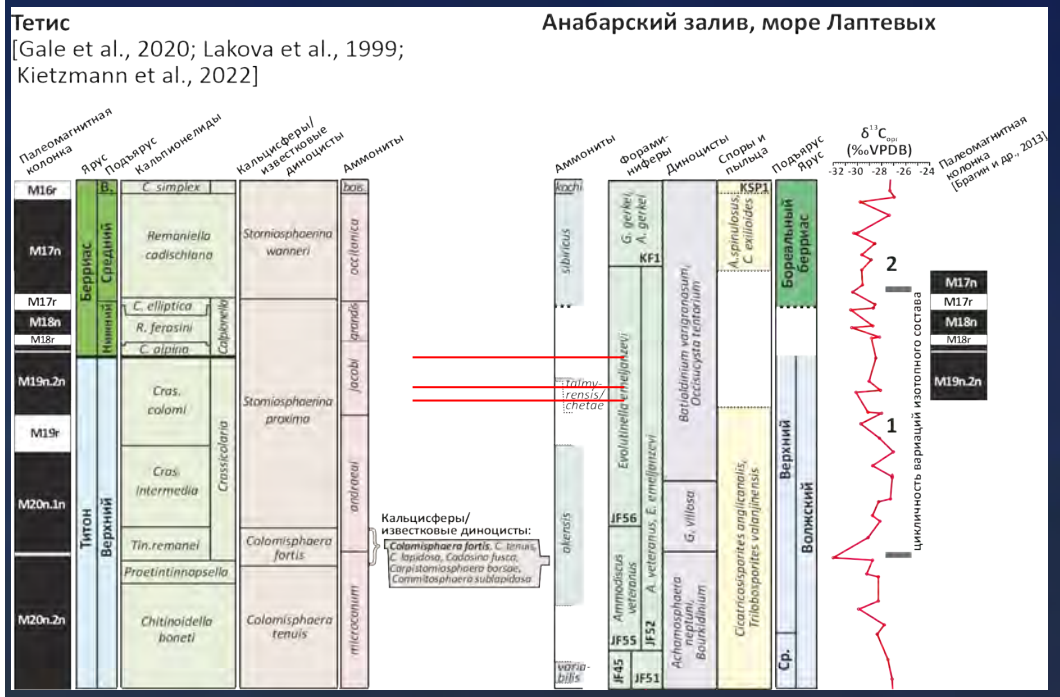
Тетис
[Gale et al., 2020; Lakova et al., 1999; Kietzmann et al., 2022]



Анабарский залив, море Лаптевых

п-ов Нордвик

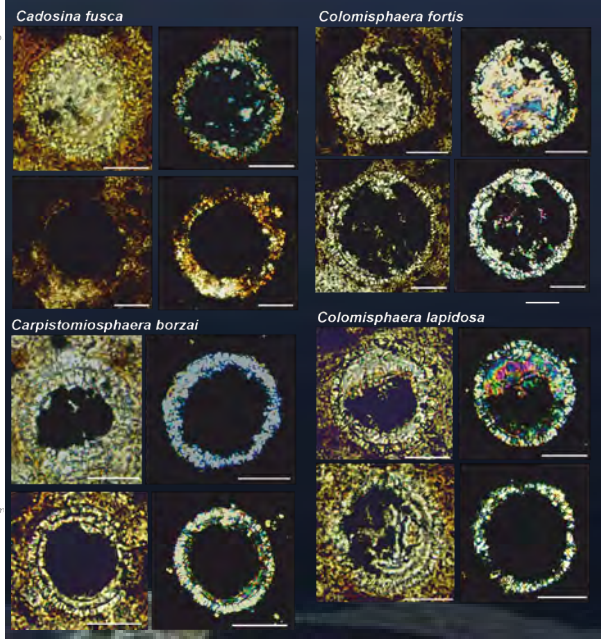




Граница титона и берриаса в тетических разрезах проводится по подошве подзоны Calpionella alpina, что соответствует в верхней части хрона M19n.2n.

По палеомагнитным данным этот уровень опознается в разрезе Нордвик. Дополнительным корреляционным уровнем в верхах юрского интервала служит реперный уровень по кальцисферам.

Кальцисферы/ известковые диноцисты

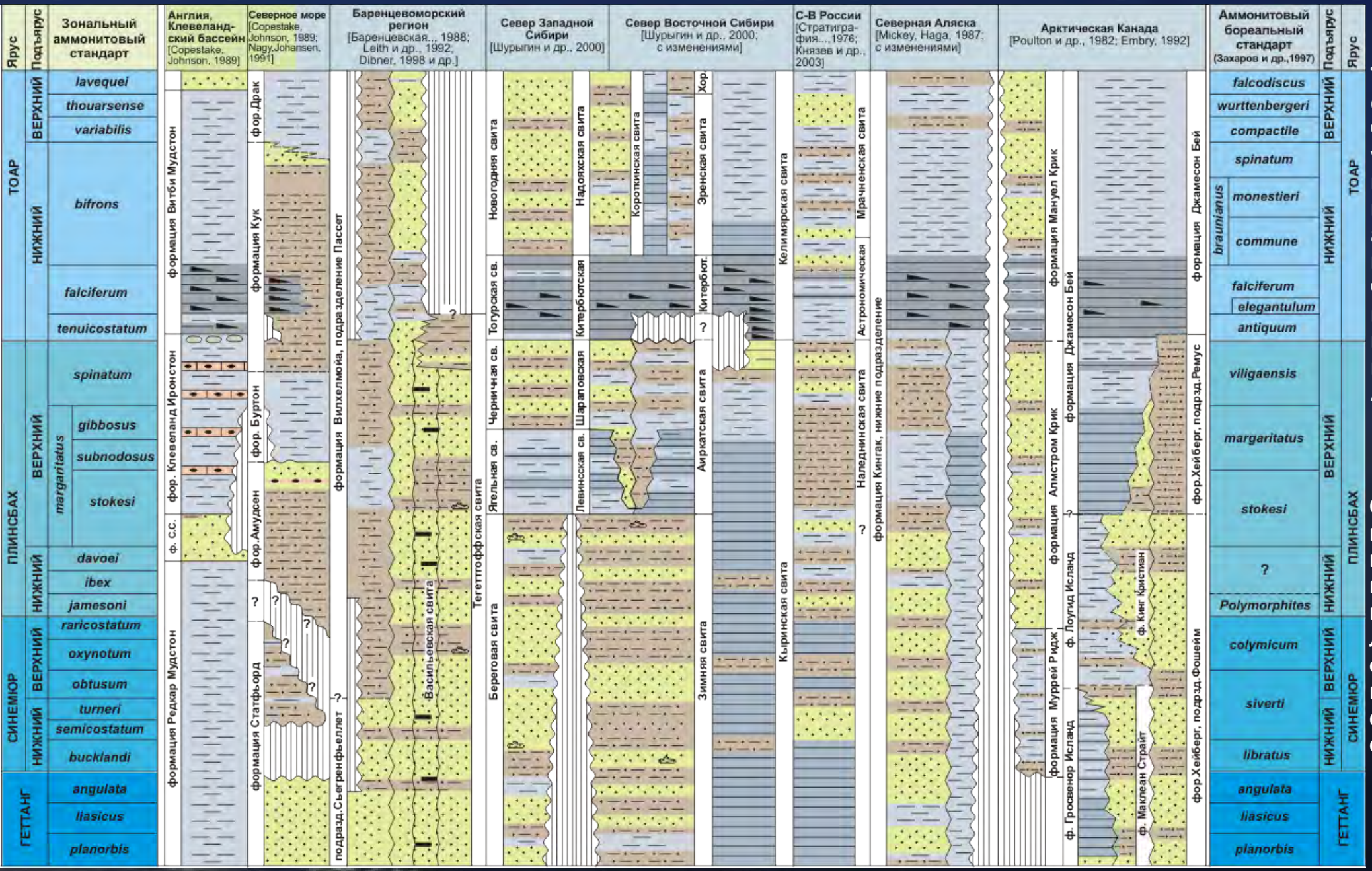


Зона Colomisphaera fortis установлена в средней части верхнего титона в тетических областях Европы и откалибрована относительно шкалы по кальпионеллам. Этот уровень прослеживается также в Аргентине и Антарктике.

В разрезе Нордвик уровень с C. fortis совпадает с началом 1-го цикла волжско-берриасских вариаций δ13Сорг.

Корреляция приграничных толщ юры и мела Тетиса и Арктических регионов с учетом палеомагнитных данных и реперного уровня по кальцисферам/известковистым диноцистам

Стратиграфическая схема нижней юры Арктики и сопредельных регионов



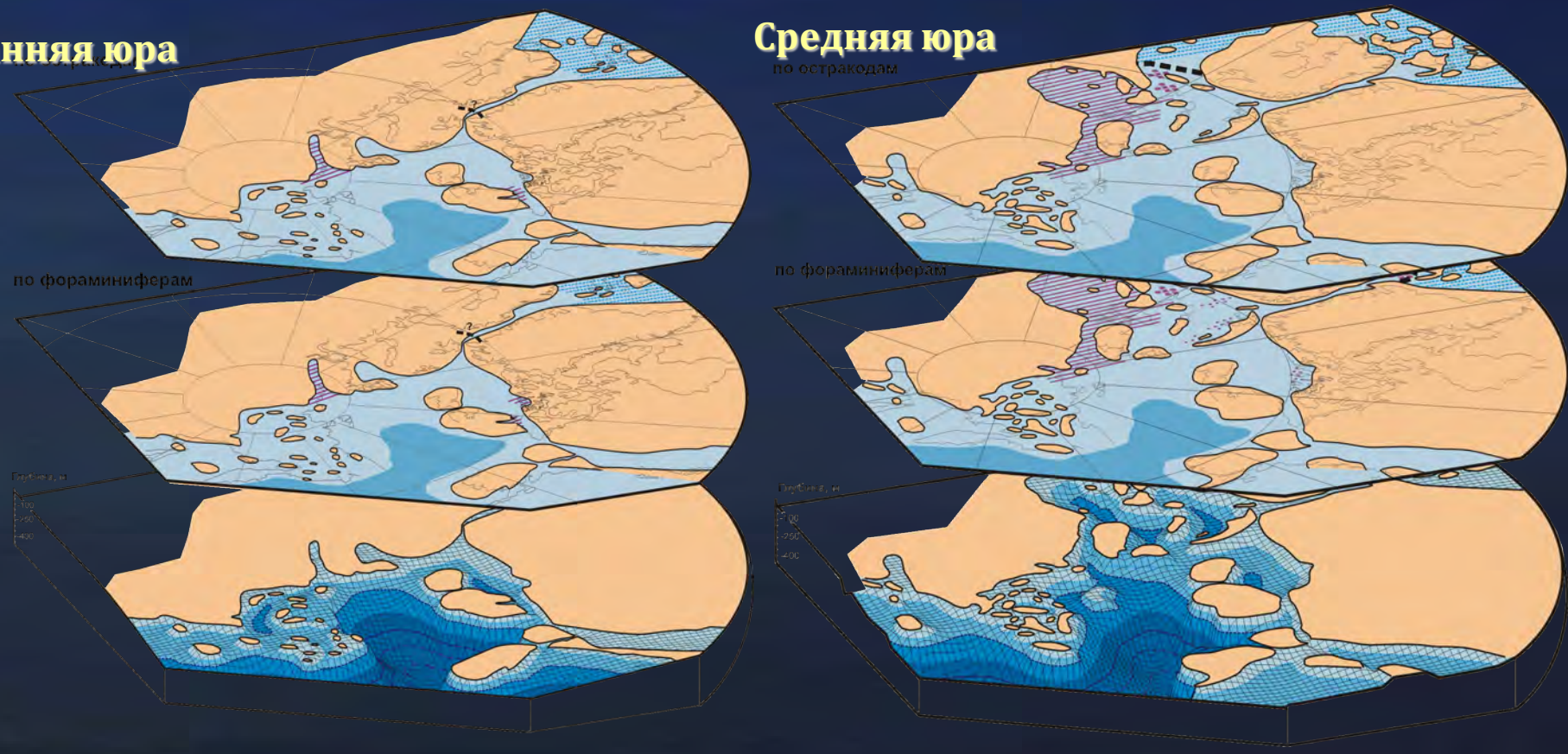
Таким образом, комплексом разных стратиграфических методов удалось увязать мезозойские толщи Арктики в единый каркас. Анализ биотических и абиотических событий, как и надежная стратиграфическая основа создает предпосылки для достоверной реконструкции истории развития Арктических бассейнов.

Сравнение вариаций ряда геохимических и седиментологических параметров в этих бассейнах приводит к мысли об общебореальном характере эволюции факторов, контролировавших перестройку сообществ и процессов осадконакопления.

Биофации, палеогеография и глобальные события

Арктический бассейн в мезозое располагался на территории, близкой к современному Северному Ледовитому океану и прилегающих эпиконтинентальных морей.

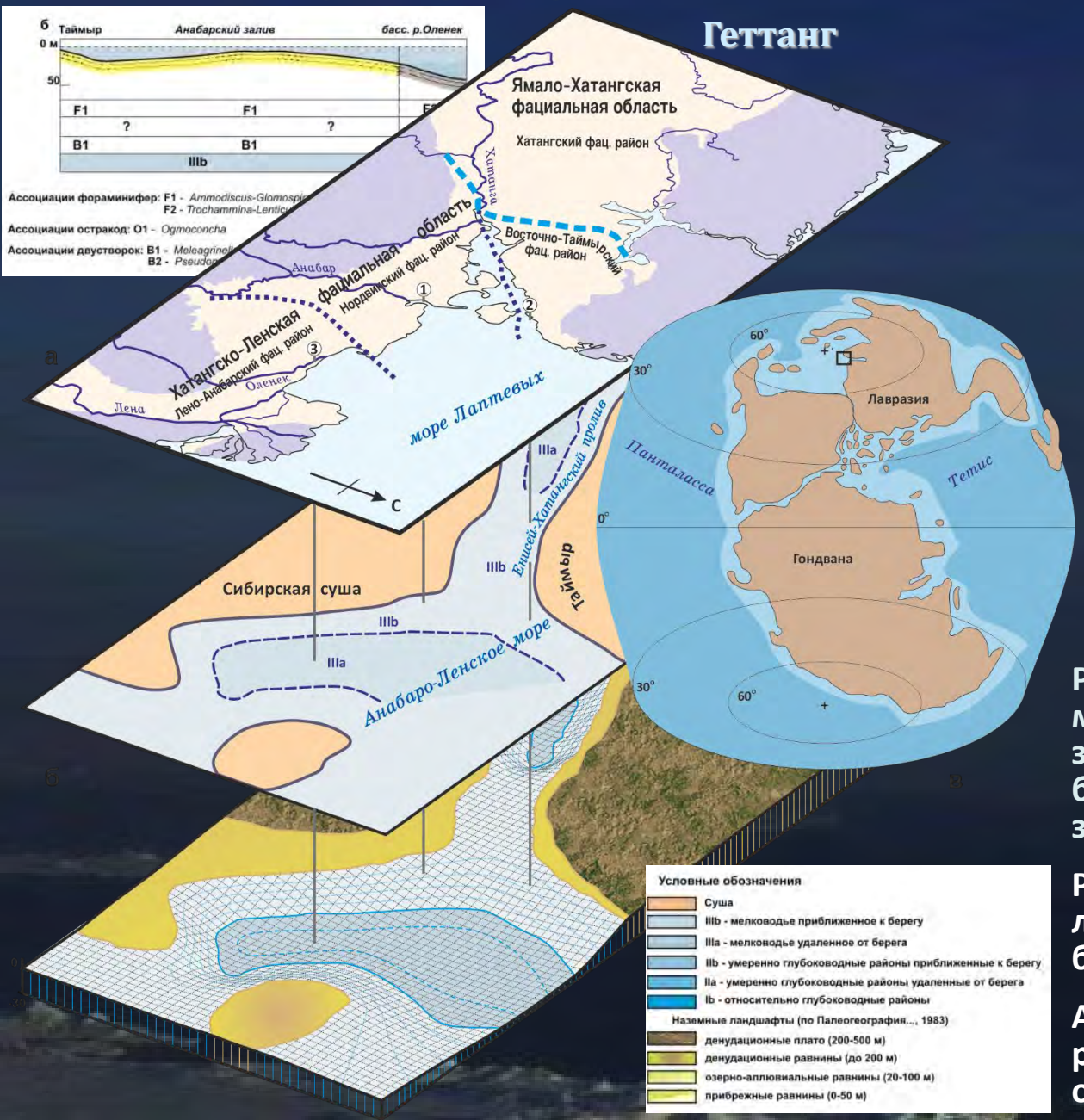
Связи с бореальными морями осуществлялись через проходы на севере Палеоатлантики и Палеопацифики. Положение южных границ этого бассейна изменялось за счет затопления или осушения окраинных частей.

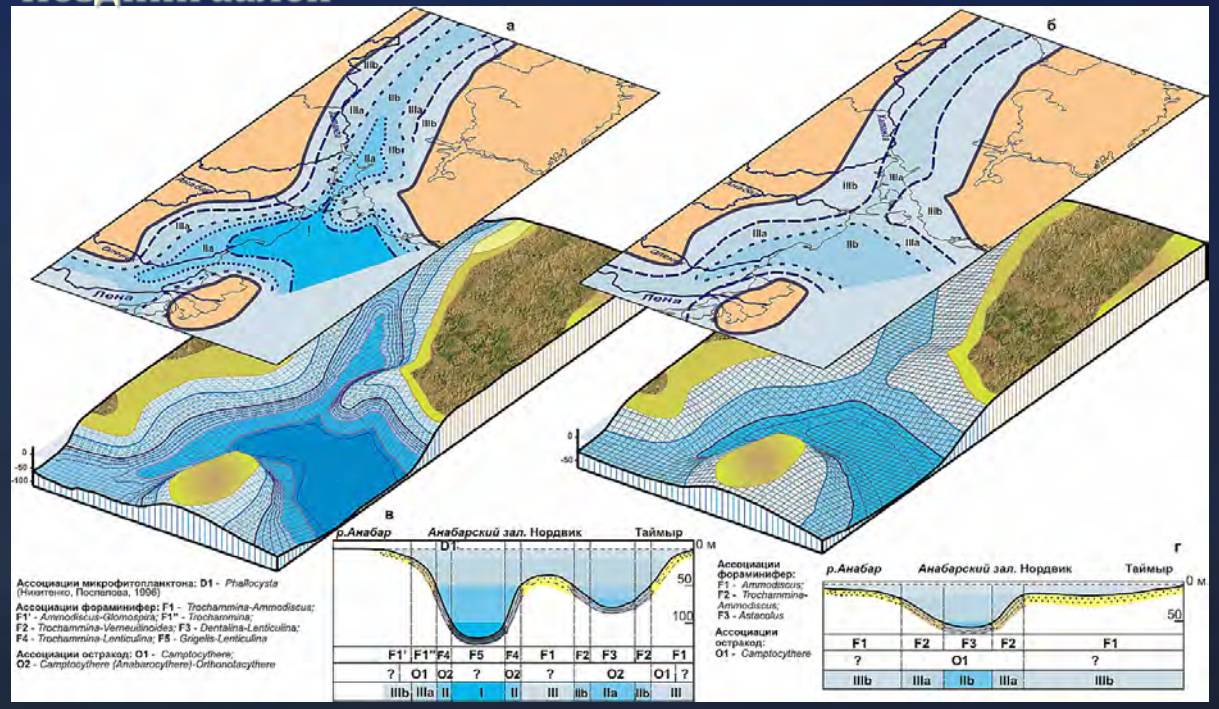


Учитывая специфику арктических биот в мезозое, можно предположить существование глубоководного бассейна. Такой бассейн был необходим для поддержания значительного разнообразия специфической морской биоты.

Значительная общность в таксономическом составе бентоса северо-евразийской и северо-американской акваторий, позволяет предположить, что глубоководный бассейн, располагавшийся на севере Палеопацифики в это время на западе не был обширным.

Биономические зоны северосибирских морей, батиметрический профиль Анабаро-Ленского моря с распределением ассоциаций фораминифер и остракод





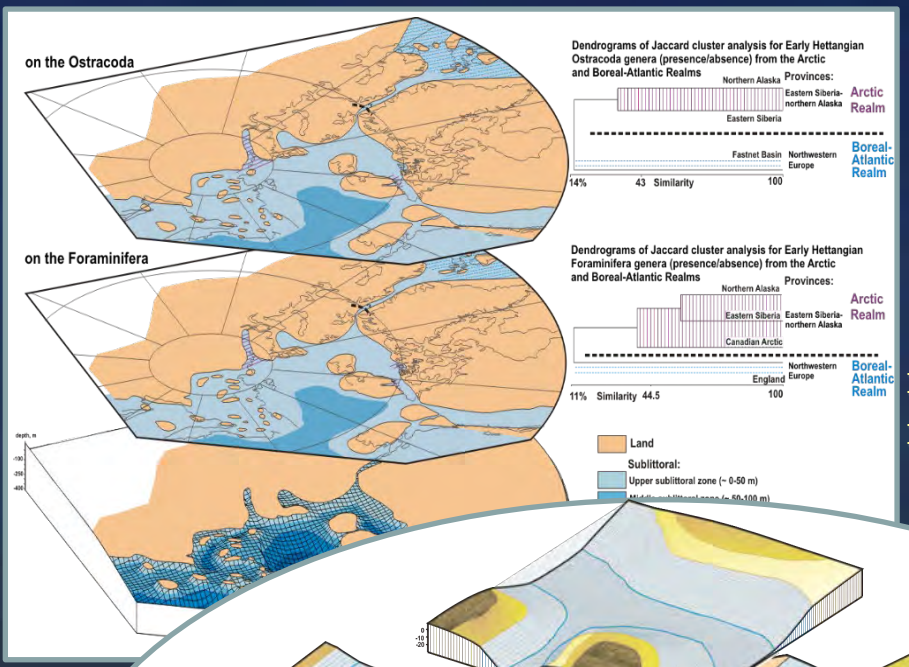
Распределение сообществ микрофауны в мезозойских Арктических морях определялось их дифференциацией по биономическим зонам. Установив закономерности распределения микробентоса в бассейне, реконструировалась последовательность биономических зон и топология дна бассейна от берега к центральной части.

Реконструированные сообщества определенных групп бентоса в латеральной последовательности от берега к центральной части бассейна представляют собой звенья катены.

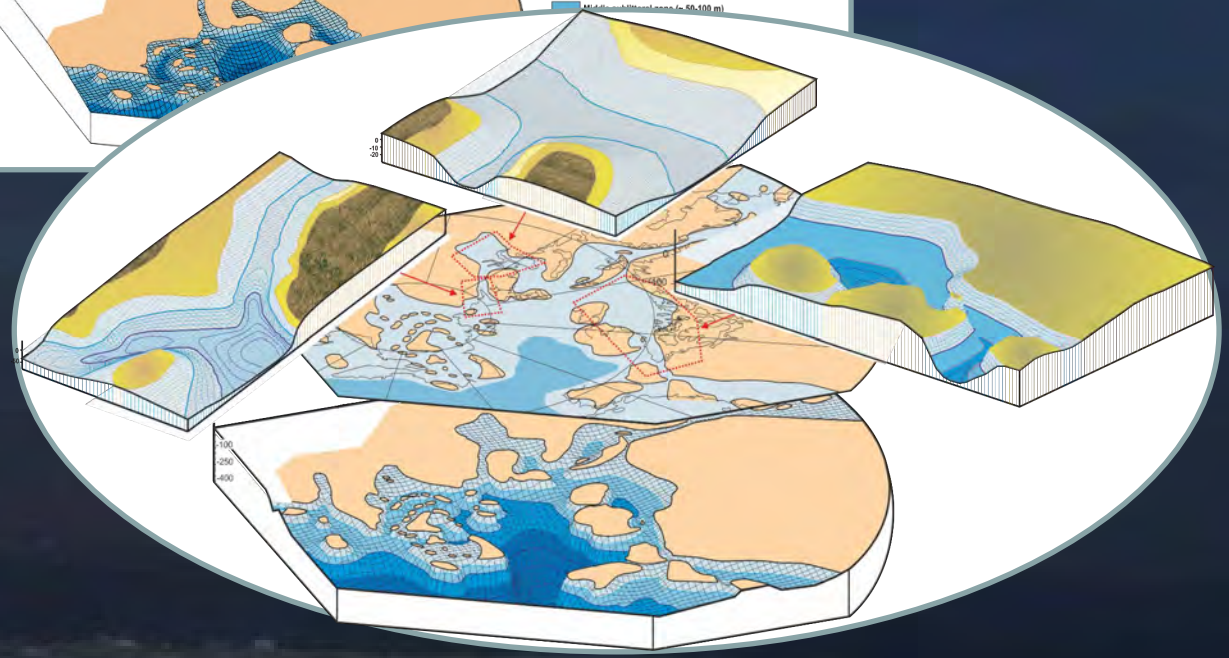
Анализ катен микробентоса разных морей позволил реконструировать топологию дна Арктического бассейна на отдельные временные уровни.

Палеобиогеография Арктического бассейна по фораминиферам и остракодам в юре

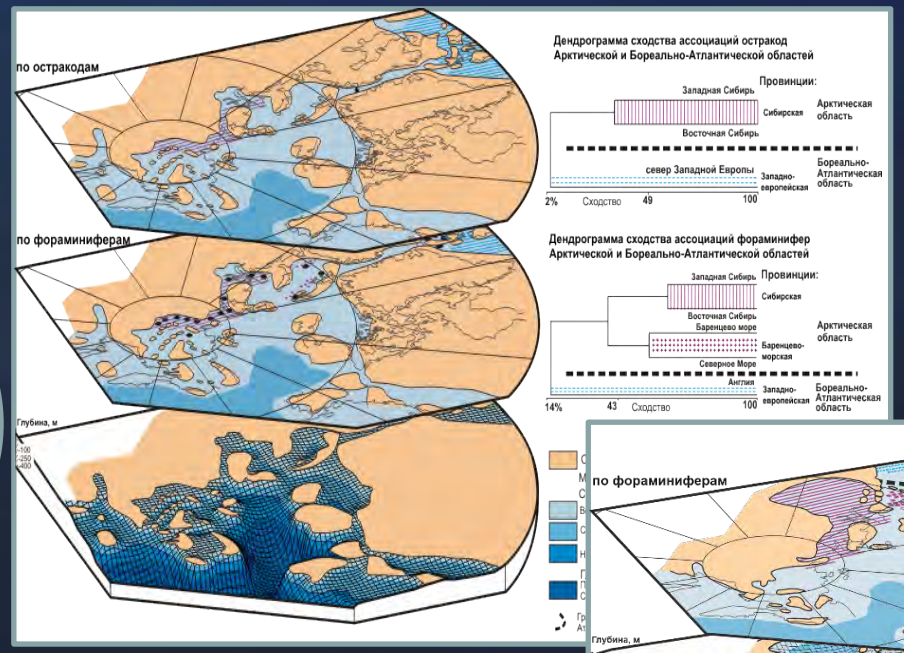
Проведено биогеографическое районирование по микрофауне юрских и меловых Арктических бассейнов, с учетом предшествующей и последующей историей формирования биохорий, структуры сообществ микробентоса. Биогеографический анализ позволяет соотносить положение террейнов с той или иной биохорией.



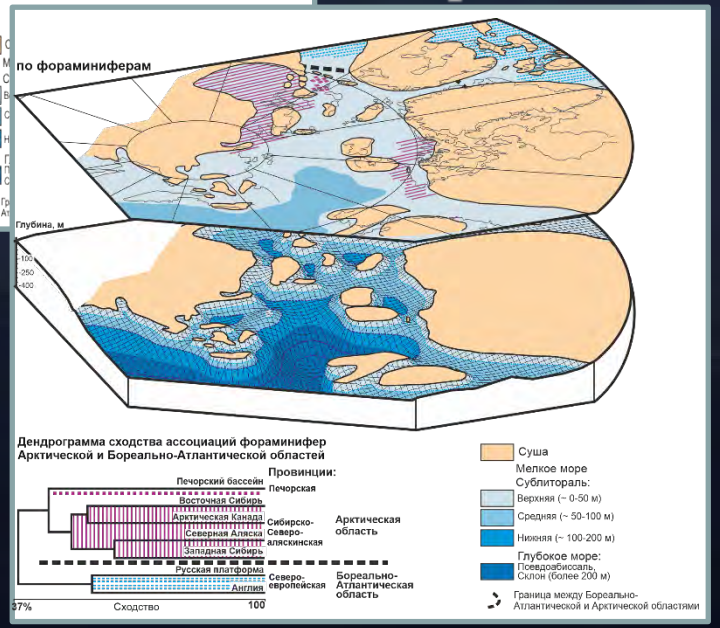
начало геттанга



начало байоса



Конец кимериджа

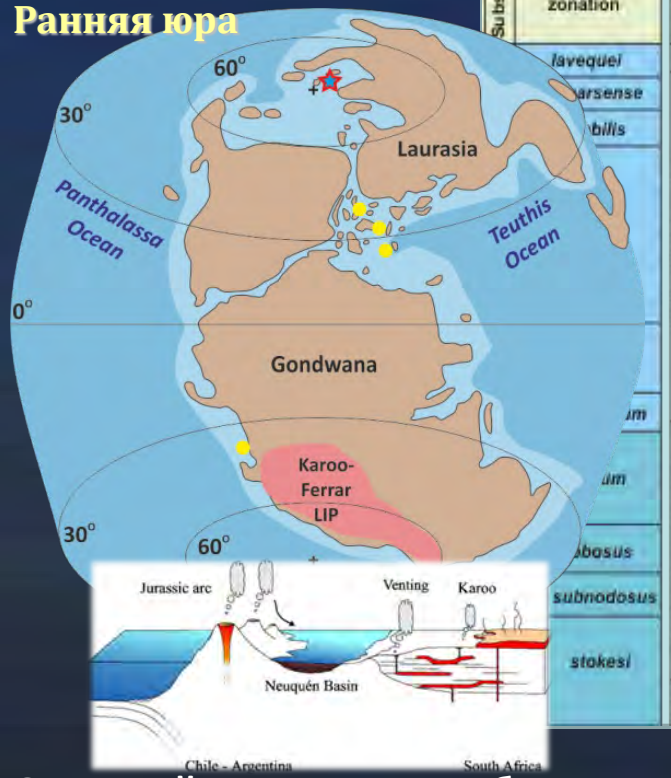


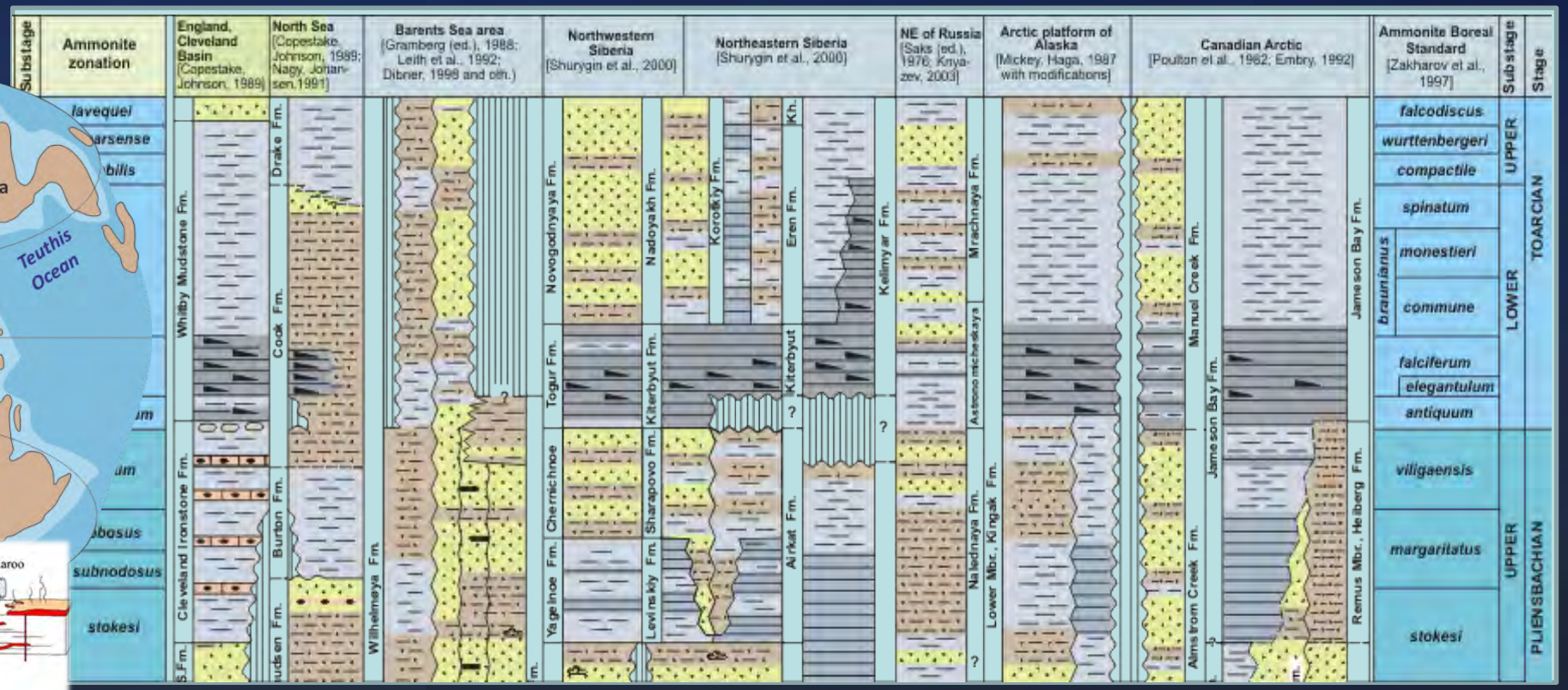
Выделен ряд биохорий в ранге областей и провинций как по фораминиферам, так и по остракодам. Установлено, что положение границ провинций и областей, оконтуренных по разным группам микробентоса, не совпадает и изменяется во времени.

Экотонные зоны между областями на разных этапах меняли свое положение и входили то в Арктическую область, то в Бореально-Атлантическую.

Одним из самых ярких биотических событий в мезозое является раннетоарское массовое вымирание (T-OAE), которое увязывается с климатическими изменениями, резким снижением кислорода в морской воде, образованием и широким развитием стагнационных обстановок.

Ранняя юра



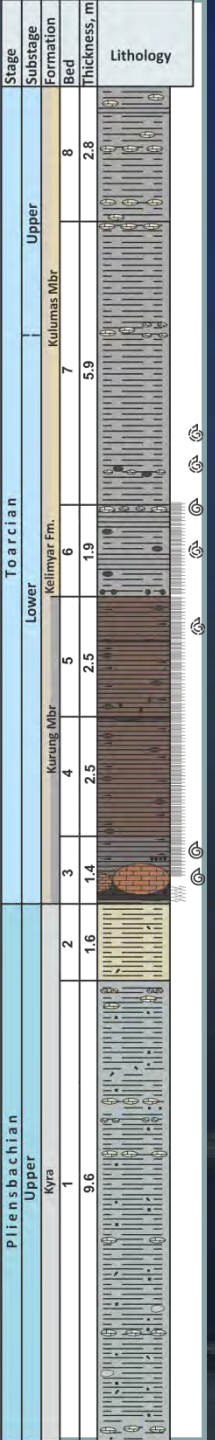


Основной моделью для объяснения подобных масштабных изменений является возможное глобальное высвобождение метана при разложении газа-гидрата, и климатические изменения, что отразилось в синхронном негативном экскурсе $\delta^{13}C_{TOC}$ в породе разрезов тоара разных зон. Триггером для начала глобальных перемен послужило формирование в конце плинсбаха крупной трапповой провинции Кару-Феррар (Karoo-Ferrar).

Всесторонние исследование этого события проводилось главным образом на разрезах Европы и полное отсутствие сведений о распределении геохимических параметров, увязанных с биостратиграфическими данными из высокоширотных (Арктических) бассейнов вызывало крупные дискуссии о временной и латеральной протяжённости T-OAE и, следовательно, о его основных причинах, глобальном или региональном характере.

Например, некоторые исследователи утверждают, что бескислородные условия были развиты только локально на шельфе Европейских морей, были диахронны во времени и, следовательно, не могли привести к массовому вымиранию.

Граница плинсбаха и тоара в разрезах низовьев р.Оленек

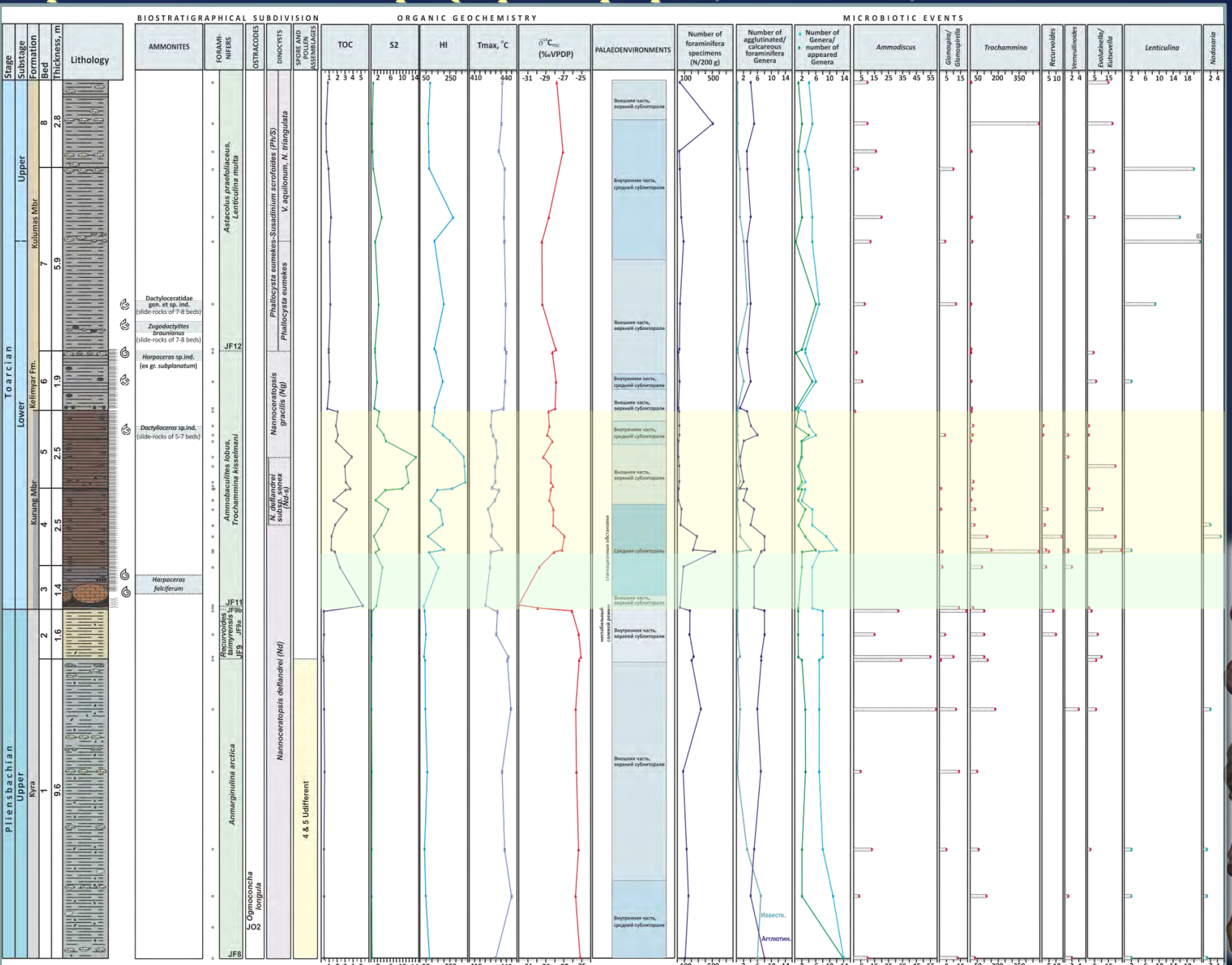


Сапропеллитовый прослой в основании слоя 3

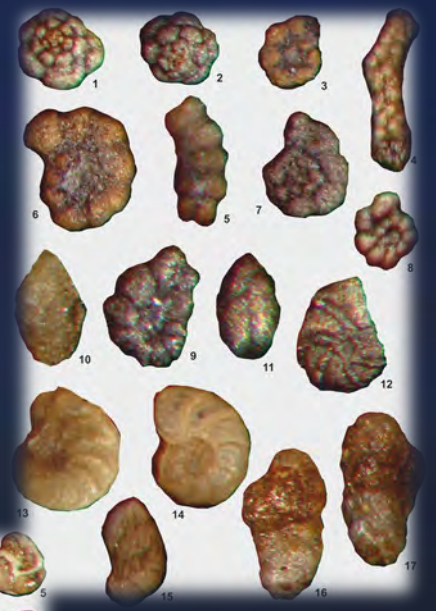
Для решения вопросов о латеральной протяжённости Т-ОАЕ, выяснения синхронности или диахронности геохимических и биотических перестроек эталонным объектом являются разрезы плинсбаха и тоара вскрытые в бассейне р. Оленек.

Нижний тоар, курунгская подсвита, келимярской свиты

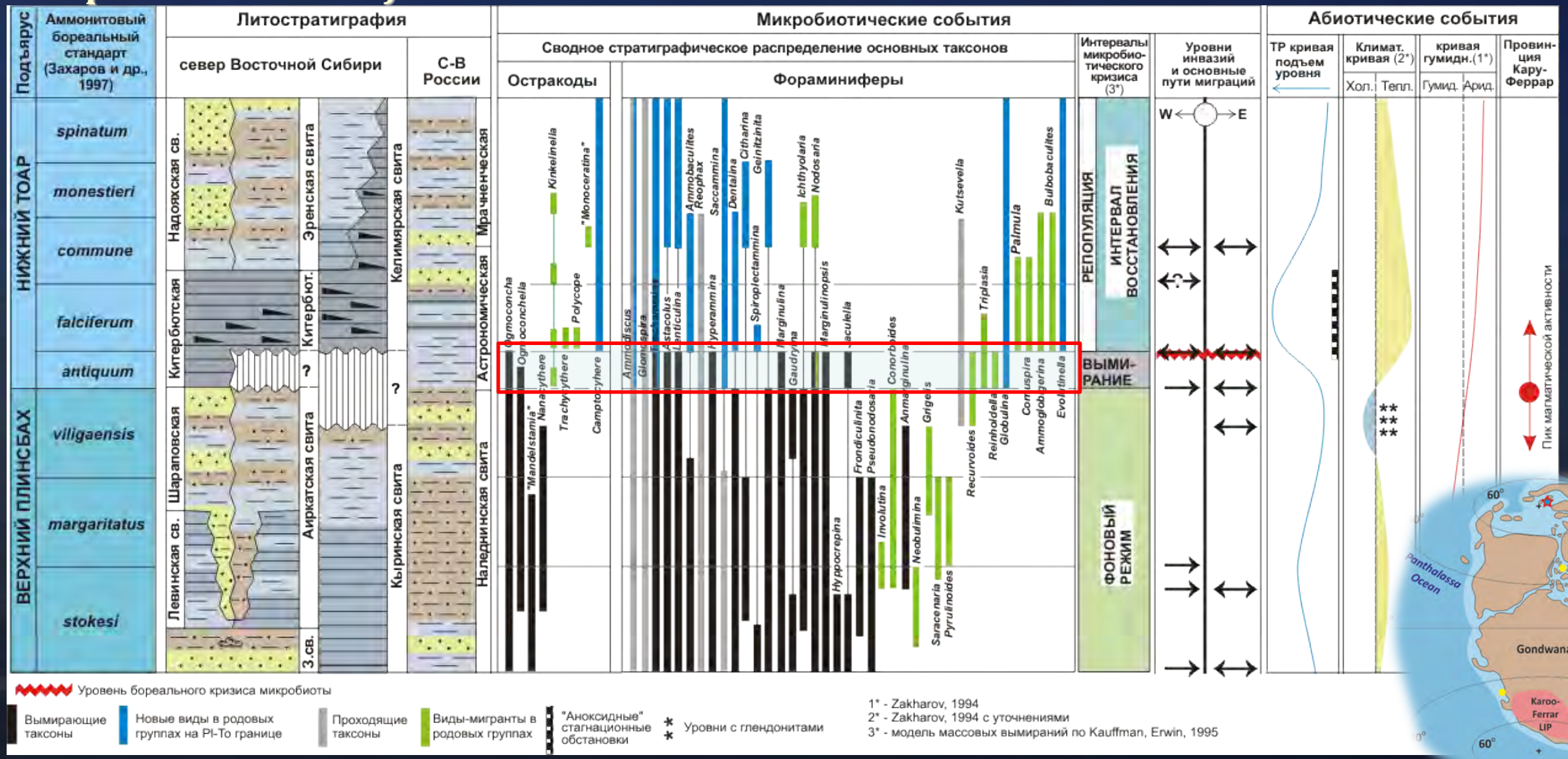
Верхи плинсбаха - тоара (стратиграфия, геохимия, палеообстановки), разреза низовьев р.Оленек



В этих разрезах выявлен ярко выраженный негативный экскурс $\delta^{13}C$, а микропалеонтологическими методами определено его точное положение в низах тоара.



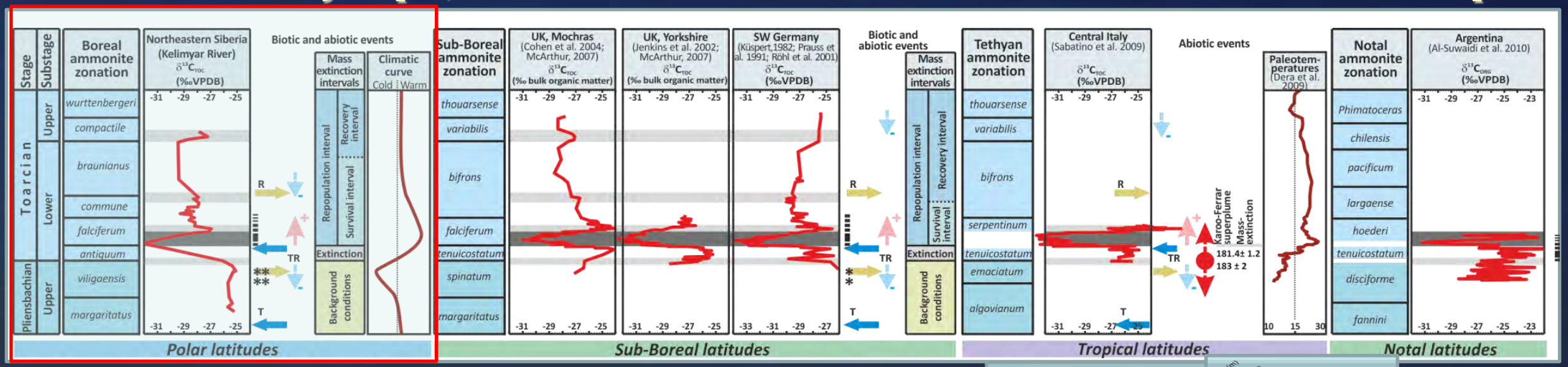
Распространение основных таксонов микрофауны на границе плинсбаха и тоара (север Сибири и Северо-Восток России). Биотические и абиотические события.



Исследования массового вымирания микрофоссилий в начале тоара от Арктики до Тетических бассейнов свидетельствуют о глобальном характере и показывают синхронность этого события.

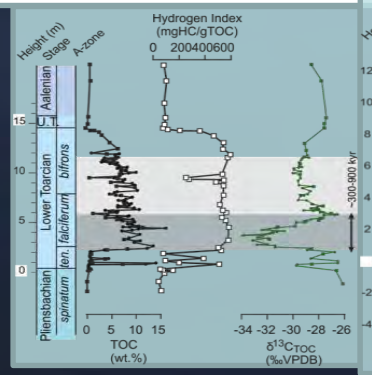
Кризис микробиоты в Арктических морях проявился более ярко, чем в западноевропейских.

Сравнение кривых $\delta^{13}C_{TOC}$ в разных регионах (полярный, суббореальный, тропический и нотальный) мира , биотические и абиотические события в плинсбахе и тоаре

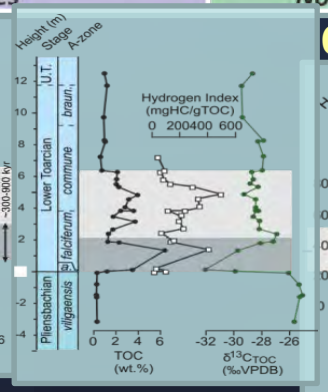


Так, в разрезах ЮЗ Германии, Арктической Сибири и Италии значение $C_{ОРГ}$ существенно различается, то есть, соответственно различается и количество захороненного углерода на единицу времени.

Несмотря на весьма контрастные нормы захоронения углерода, кривые $\delta^{13}C_{ОРГ}$ этих регионов имеют почти одинаковые значения. Более того, анализ биостратиграфических данных и кривых $\delta^{13}C_{ОРГ}$ Англии, Германии, Италии, Аргентины и Сибири показывает не только близкие значения кривой для негативного экскурса углерода и общий тренд развития, но и совпадения пиков второго порядка.

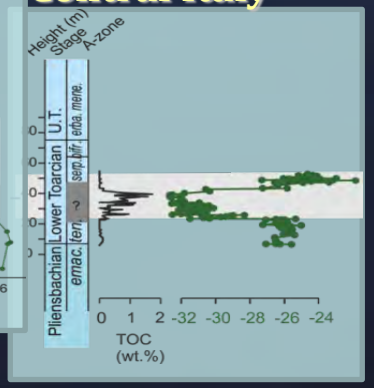


SW Germany



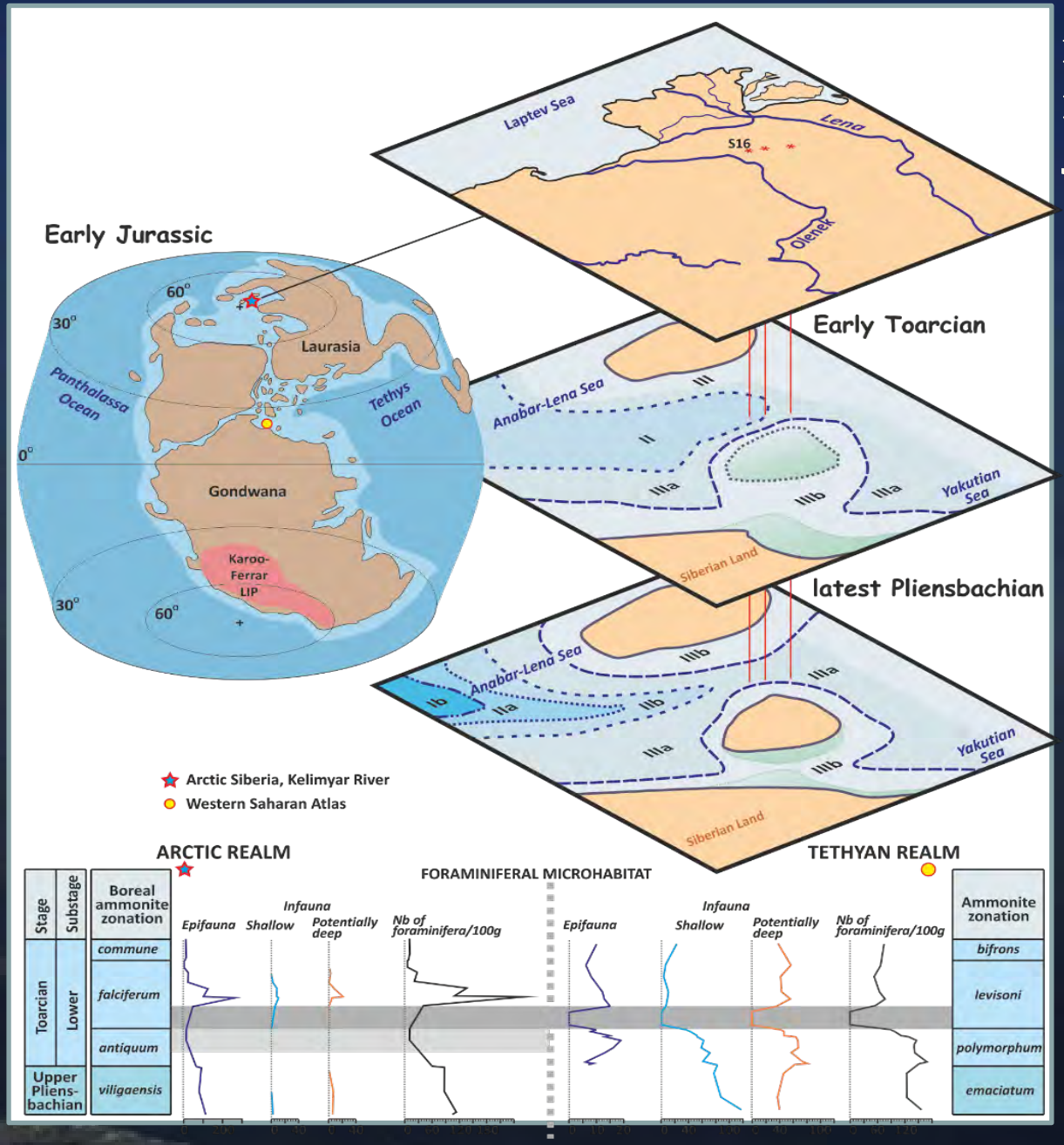
NW Siberia

Central Italy



Полученные данные по Арктическим разрезам и сравнение их с европейскими и южно-американскими позволяют поддержать идею, что в этих удаленных бассейнах в начале раннего тоара было быстрое и одновременное высвобождение метана из газов-гидратов, что стало причиной глобального биотического кризиса.

Сравнение флуктуаций в Арктических и Тетических сообществах микробентоса, биофациальные и палеогеографические реконструкции Анабаро-Ленского моря в конце плинсбаха и тоаре.



Изучены палеоэкологические особенности сообществ фораминифер конца плинсбаха и тоара Оленекского района. На основе особенностей строения раковин, реконструкции образа обитания и стратегии питания выделены восемь основных морфогруп.

Реконструирована эволюция сообществ микробентоса и обстановок седиментации Анабаро-Ленского бассейна.

Высокоуглеродистые раннетоарские глины формировались на пологом склоне дна открытого моря. Захоронение остатков водорослевых лесов или «плотов» принимало площадной характер. Отмечается периодическая (сезонная) смена режима осадконакопления, восстановительная среде в верхней части осадка, огромные пищевые ресурсы акватории и низкая скорость седиментации.

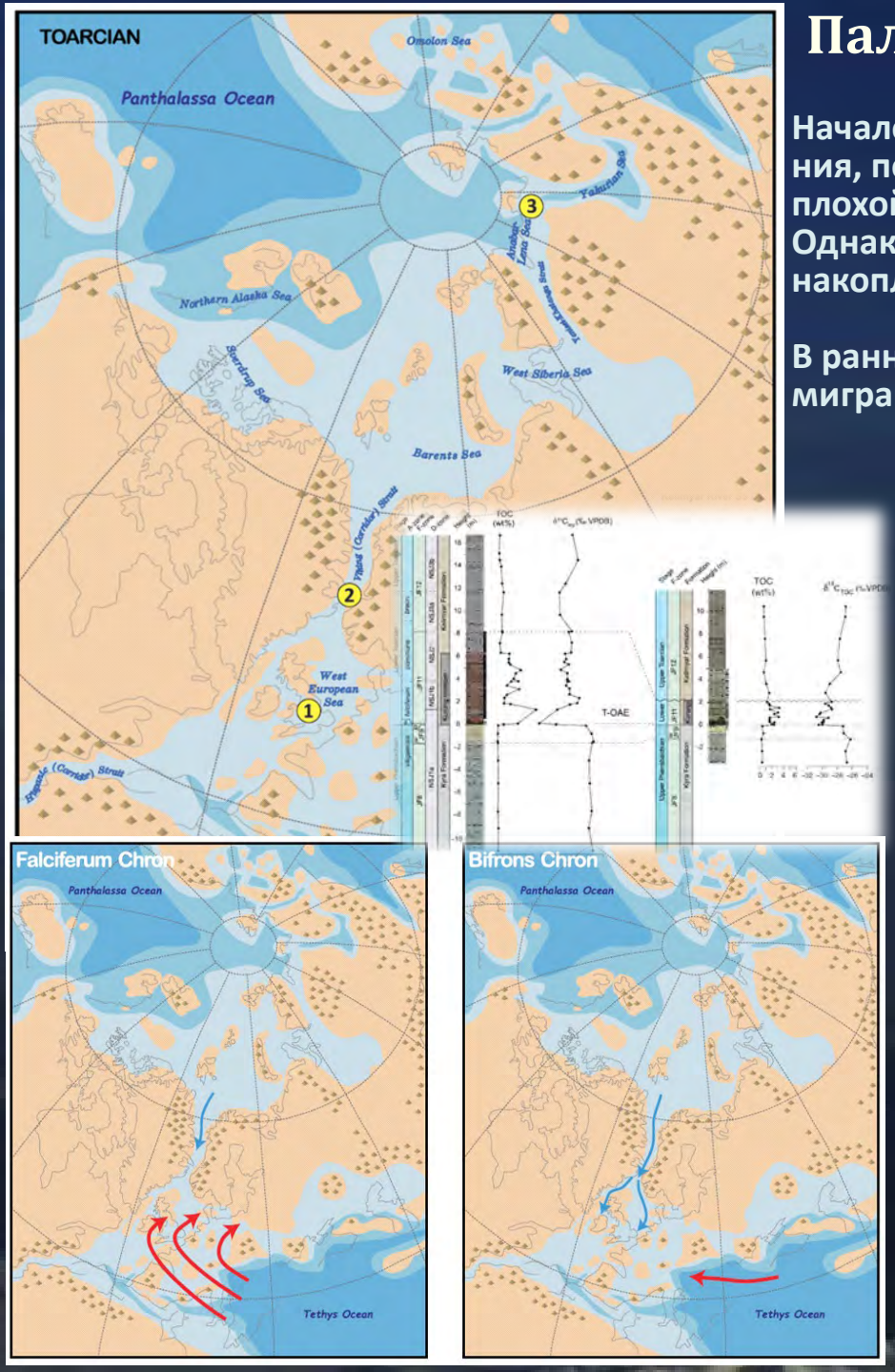
Сравнение одновозрастных сообществ фораминифер Арктики и Тетиса показывает эквивалентный ответ этих ассоциаций на раннетоарский биотический кризис, несмотря на значительные таксономические различия. В этих регионах, таксономический состав сообществ, таксономическое разнообразие и обилие фораминифер были чувствительны к ограниченному содержанию кислорода в придонных водах, и после биотического кризиса первыми колонизаторами донных биотопов были виды-оппортунисты. Таким образом, эти данные можно использовать при глобальных корреляциях.

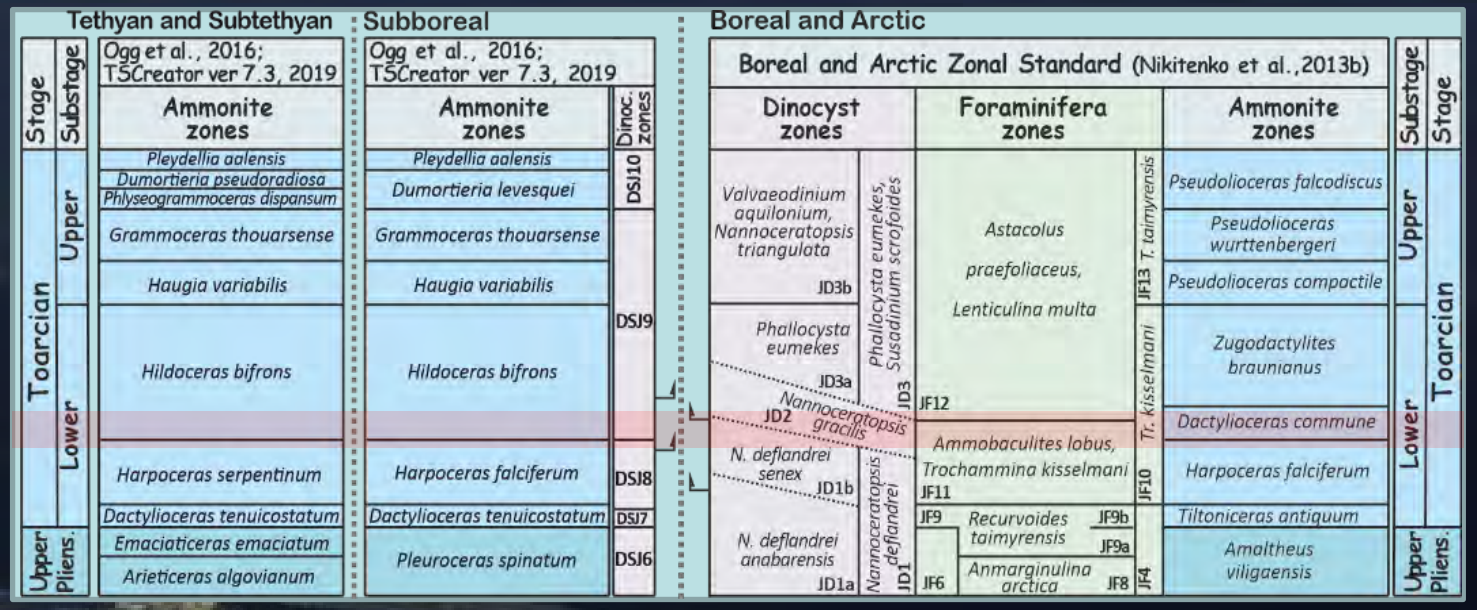
Палеогеография тоара и уровни миграций микрофоссилий

Начало тоарского события было связано с комбинированным эффектом глобального потепления, повышенным поступлением питательных веществ, приводящим к высокой продуктивности, плохой аэрации вод и стратификации солености и было синхронным в удаленных бассейнах. Однако процессы, которые привели к прекращению аноксиидных обстановок и массовому накоплению ОВ остаются неясными.

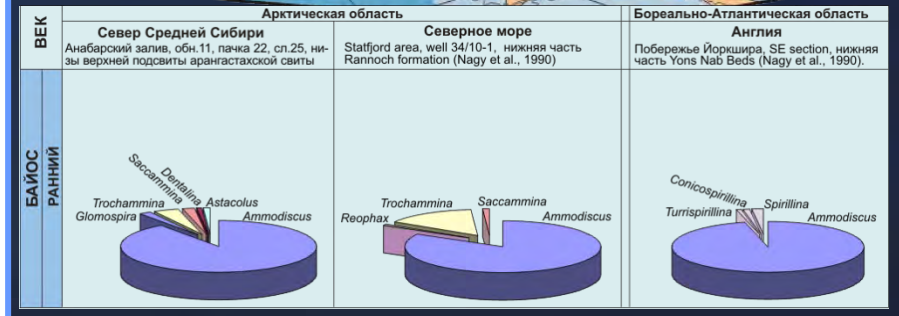
В раннем тоаре были два основных временных уровня связанных с крупными взаимными миграциями микрофоссилий в Арктические и Западноевропейские бассейны.

Миграция арктических микрофоссилий в Европейские бассейны в середине раннего тоара совпадает с окончанием Тоарского Океанического аноксидного события и увязывается с поступлением насыщенных кислородом, более холодных арктических вод с пониженной соленостью, через пролив Викингов, что и вызвало изменение газового режима от аноксии к более динамичным кислородным условиям в южных акваториях. Но это событие носило диахронный характер в разных бассейнах.





Таксономическая структура ассоциаций фораминифер начала раннего байоса ("аммодискусовые фации") Арктики и севера Европы



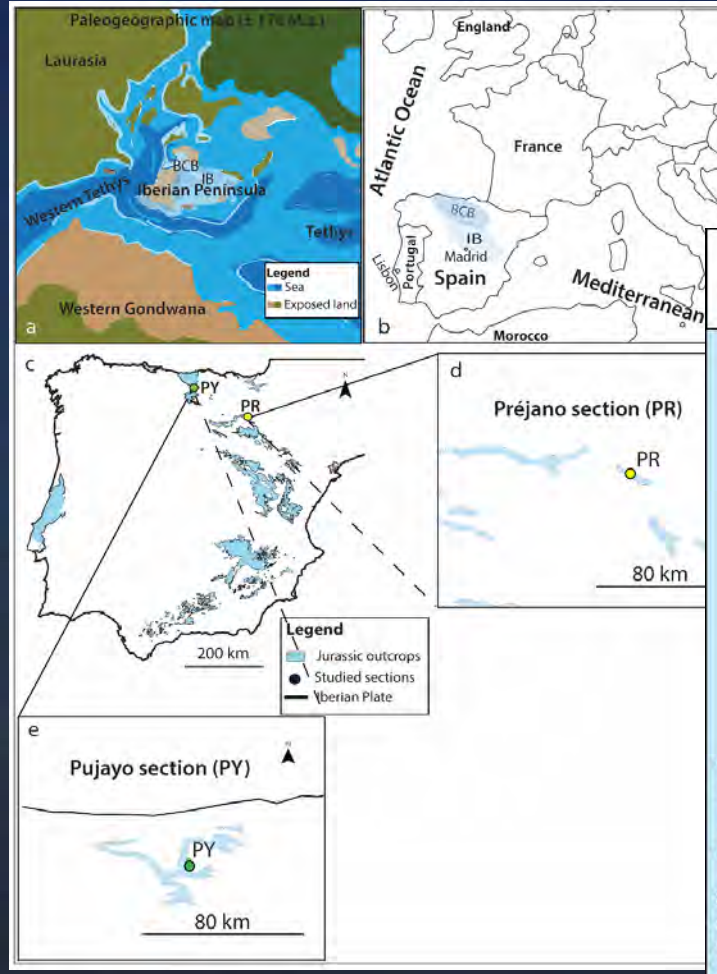
Во многих районах северного полушария на границе аалена и байоса фиксируется падение уровня моря. В это же время, как в морских бассейнах, так и наземных экосистемах, отмечается позитивный сдвиг изотопного состава органического и карбонатного углерода, что обычно увязывается с похолоданием и низким содержанием CO_2 в атмосфере.

Другое крупное биотическое событие отмечается на границе аалена и байоса. Локальные палеогеографические и тектонические причины вызвали изоляцию в районе Северного моря , что обусловило глобальное изменение систем течений в Арктике и климатические изменения, которые привели к кризису микробиот.

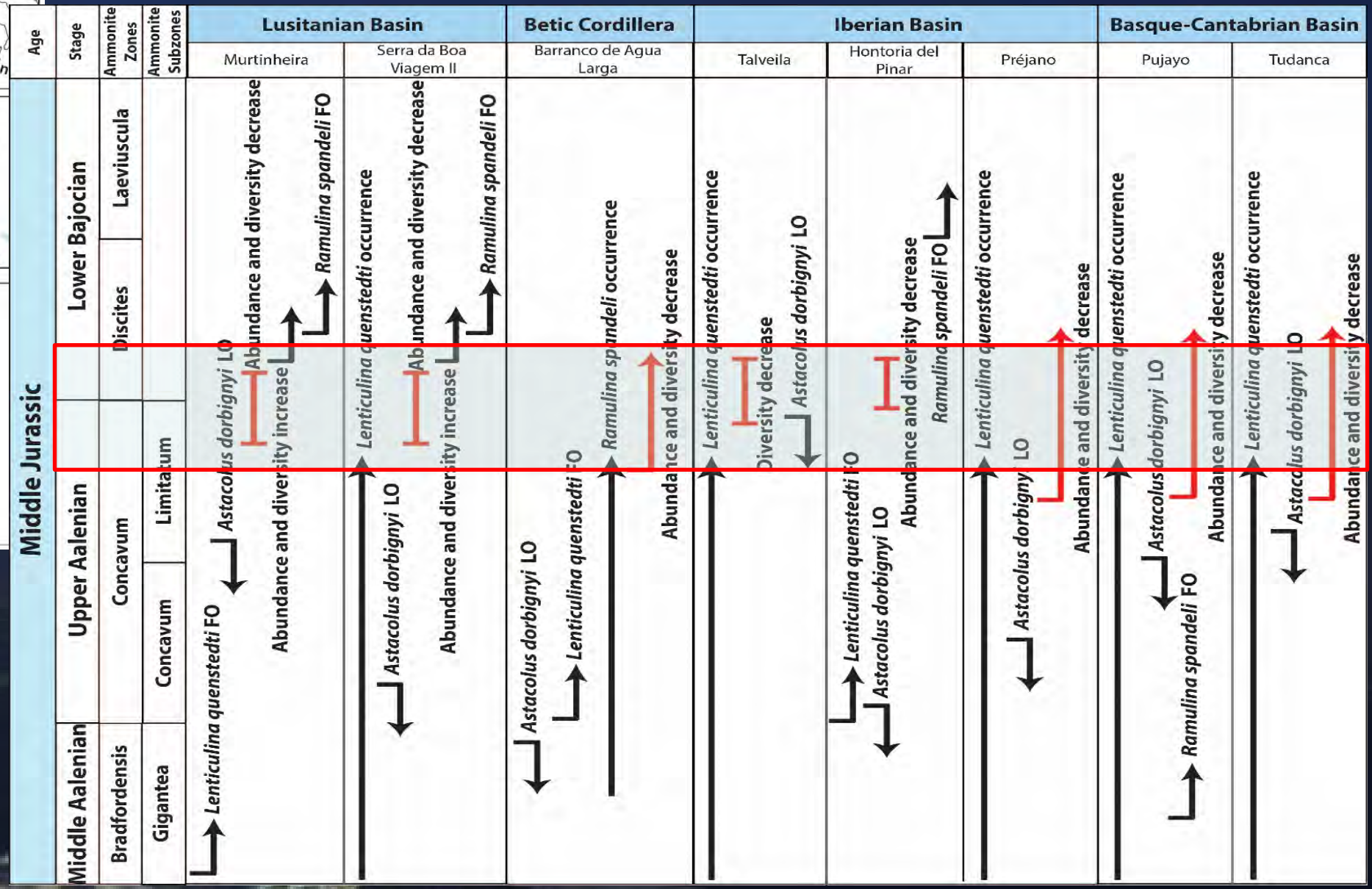
В бассейнах Арктики и морях севера Европы в сообществах фораминифер начинают резко преобладать представители примитивных (оппортунистических) форм.

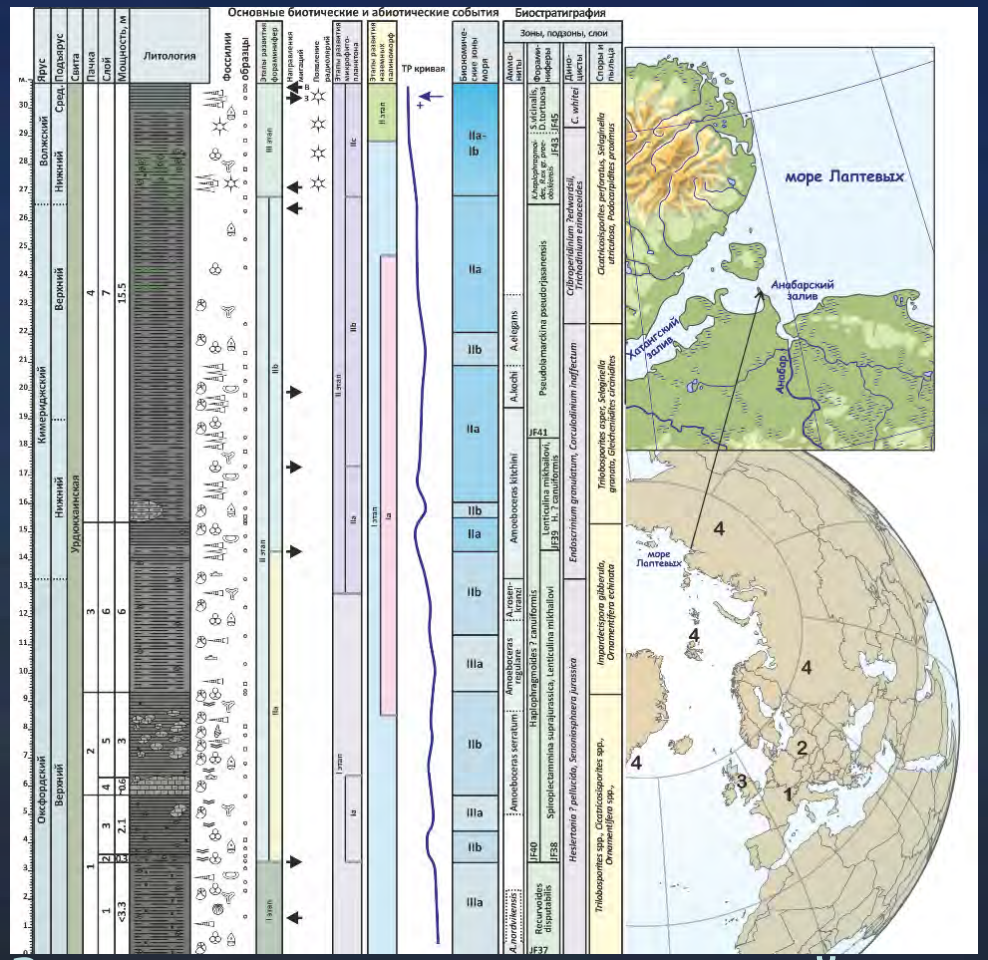
Этот кризис микробиот имеет более широкое распространение и отмечается на севере Тетиса

Synthesis of the main foraminiferal bioevents recorded in Aalenian-Bajocian sections from the Lusitanian, Iberian and Basque-Cantabrian basins and Betic Cordillera.

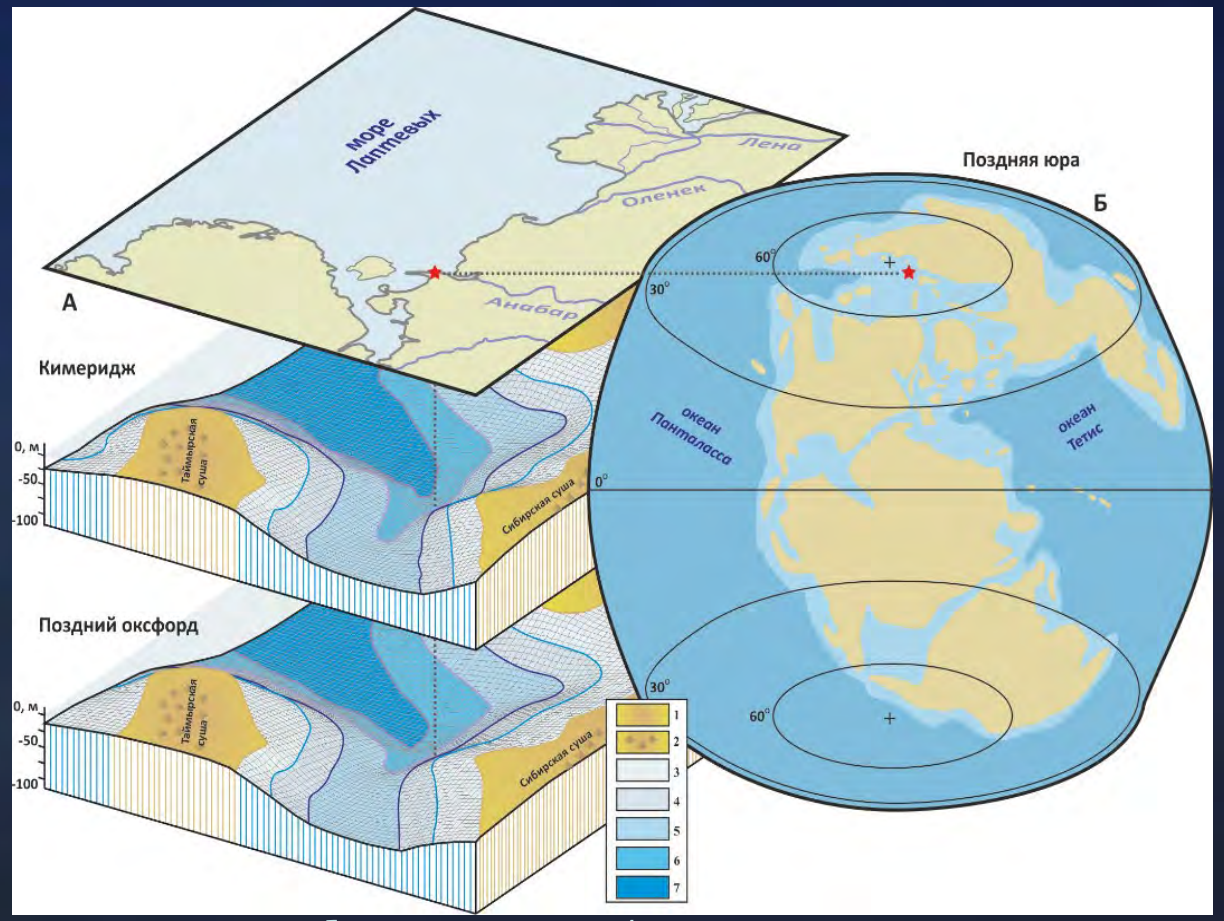


Paleogeographic (a) and geographical (b) maps of the Iberian Peninsula

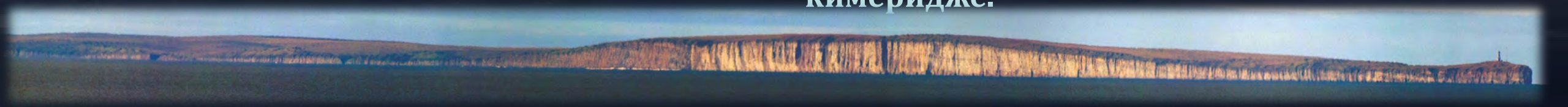




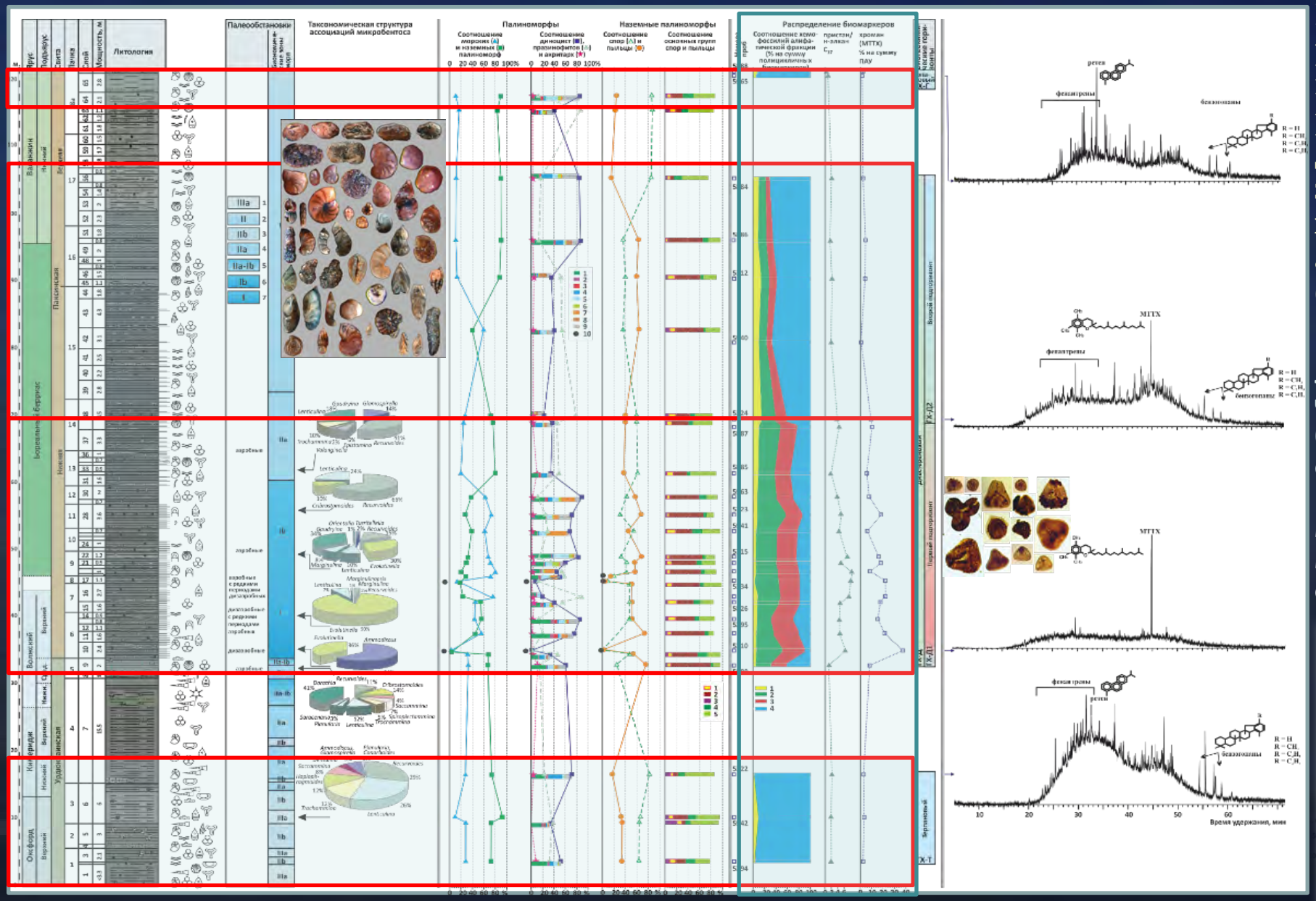
Этапность развития ассоциаций микрофоссилий, основные биотические и абиотические события.



Палеогеографические обстановки и распределение биономических зон в западной части Анабаро-Ленского моря в позднем оксфорде и кимеридже.

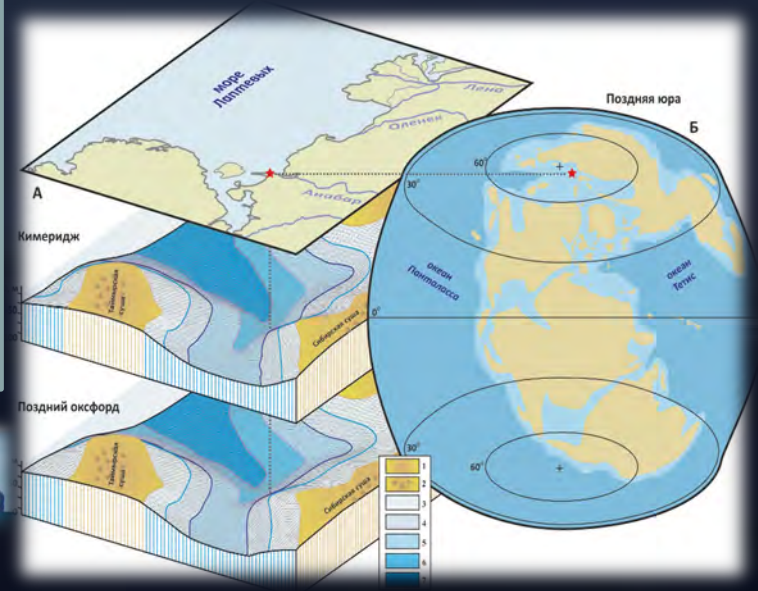


Особое внимание уделялось комплексным исследованиям высокоуглеродистых глин (баженовская свита и ее аналоги) верхней юры и нижнего мела Арктических и Бореальных бассейнов. Здесь на этом этапе формировались обогащенные органическим веществом глины. Исследования позволили реконструировать эволюцию морских палеообстановок Анабаро-Ленского моря.



Палеообстановки, таксономическое разобразие и структура сообществ микробентоса, палиноморф и распределение биомаркеров битумоидов, биогеохимические горизонты в эталонном разрезе Нордвик и масс-хроматоргаммы распреде-ления аренов в ароматических фракциях битумоидов.

В эталонном разрезе на западе Анабаро-Ленского бассейна выделены геохимические горизонты и сопоставлены с особенностями развития микрофоссилий на фоне эволюции обстановок бассейна. Наблюдаются определенные корреляции между изменением геохимических параметров, составом ассоциаций микрофоссилий и ТР динамикой палеобассейна.



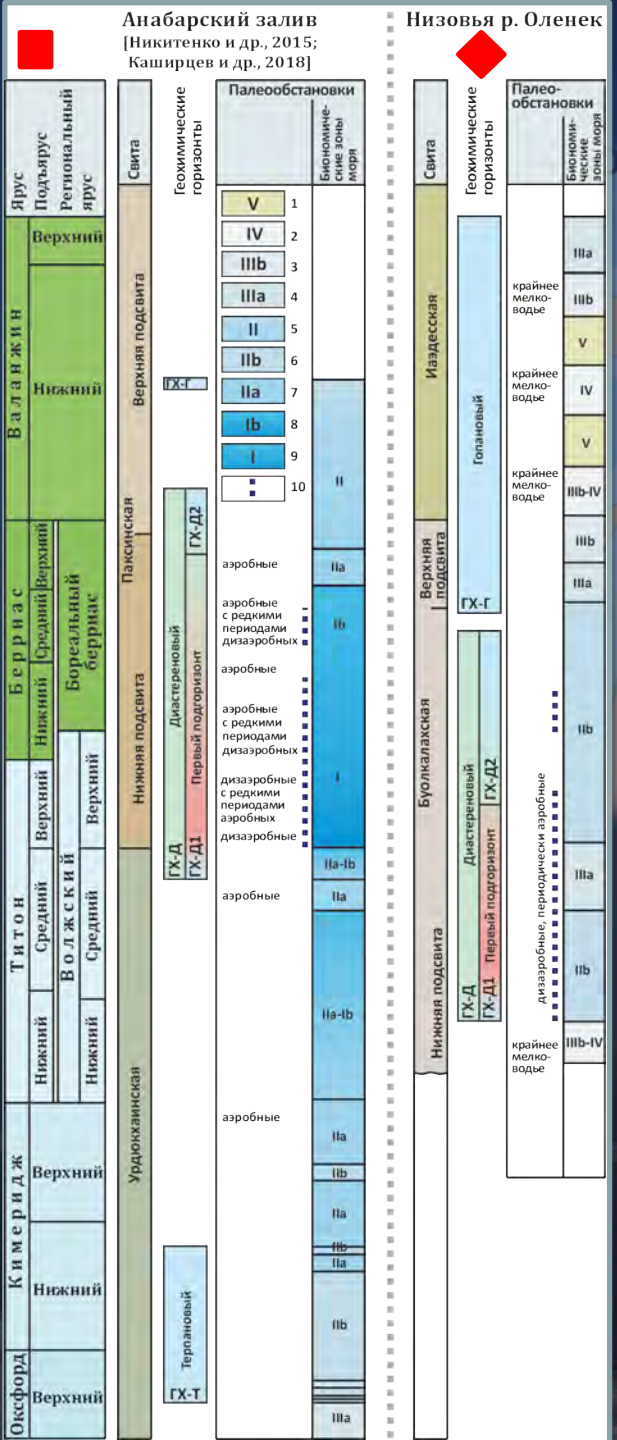
Разрезы юры и мела р. Оленек. Этапность развития ассоциаций микрофоссилий, основные биотические и абиотические события.

На востоке Анабаро-Ленского моря в это время также периодически возникали стагнационные обстановки (об этом свидетельствует состав ассоциаций фораминифер, высокие содержания C_{TOC} и вариации значений $\delta^{13}C_{TOC}$), хотя здесь и преобладали условия средней и верхней сублиторали. Они меняются на прибрежные и субконтинентальные обстановки в раннем валанжине и на мелководно-морские в конце валанжина.

Изменения в экологических группах фораминифер позволило определить три фазы (или экостратиграфических уровня).

Различия в составе ассоциаций в основном связаны с ТР, газовым режимом, изменениями субстрата и наличием питательных веществ.

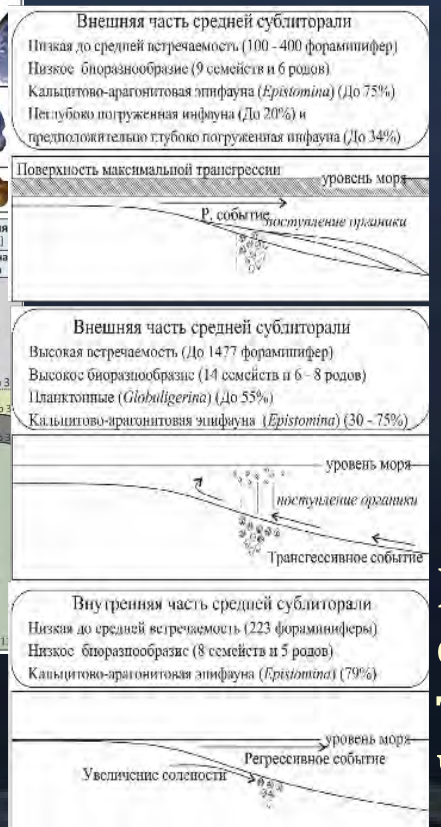
Стратиграфическое положение геохимических горизонтов в разрезах Анабарского залива и р. Оленек



Проведен анализ эволюции сообществ фораминифер позднеюрского Русского моря. Морфофункциональный анализ родов фораминифер позволил впервые выделить ряд морфогрупп (MG), различающихся образом жизни и типом питания, что поз-воляет интерпретировать изменения обстановок. Изменения в MG позволили выделить четыре экостратиграфических интервала.

Формирование осадков происходило в внешней части средней сублиторали. Крупное регрессивное событие значительно воздействовало на микробиоту в начале среднего оксфорда. Последующее трансгрессивное событие и значительное потепление привело к миграции планктонных фораминифер из тропических и суббореальных широт в бореальные моря.

В конце оксфорда и начале кимериджа в развитии ассоциаций фораминифер Русского моря зафиксирован кризисный этап, прослеженный и в Арктических бассейнах и это событие носит глобальный характер.



Распределение морфогрупп фораминифер в верхней юре и изменение их структуры в сравнении вариациями геохимических параметров и ТР событиями

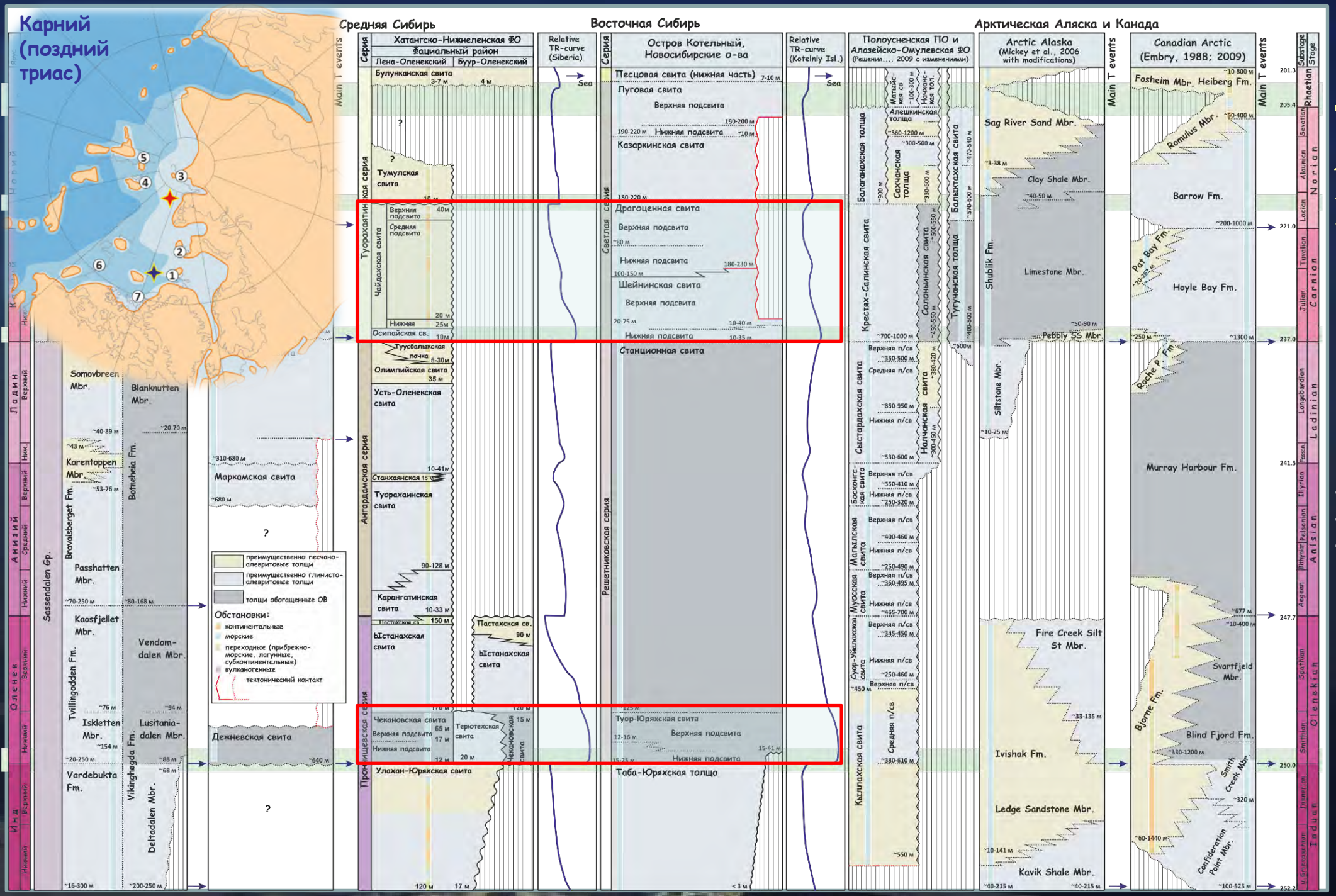
Палеогеография Арктического бассейна в мезозое

Для понимания геологической истории развития Арктики необходимо знать в какой “системе координат” находились исследуемые районы или террейны (например, Новосибирские о-ва) в мезозое.

С этой целью анализировались биогеографические данные, литостратиграфическое строения, последовательности основных абиотических и биотических событий и фаций разных регионов в Арктике.

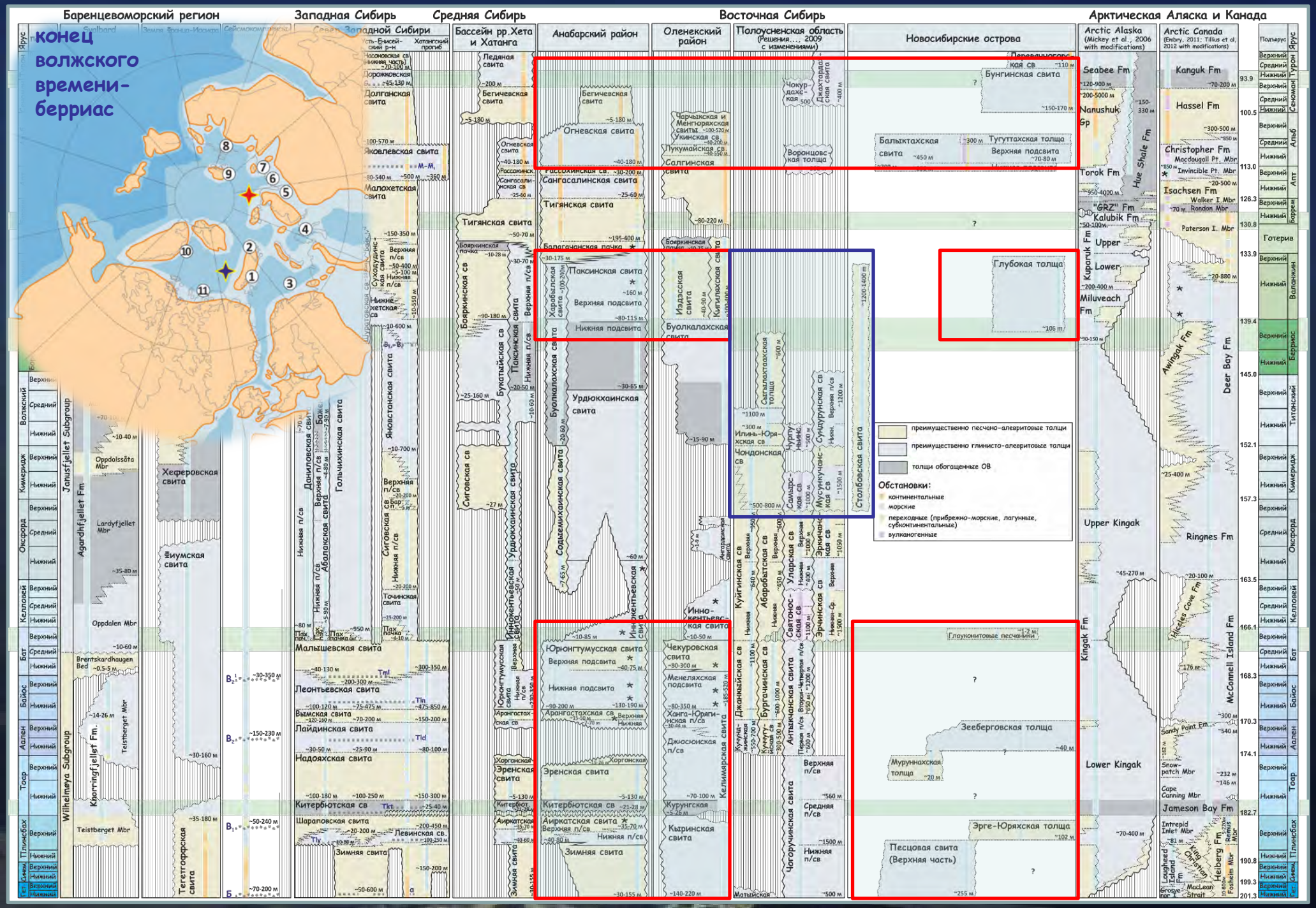
Картографическая основа Scotese 2012

Схема стратиграфии триаса Арктических районов



Проведенный анализ показывает значительную близость строения мезозойских разрезов Новосибирских о-в, а также микрофаунистических комплексов с таковыми востока Сибири, нежели чем с Североамериканскими или Баренцевскими.

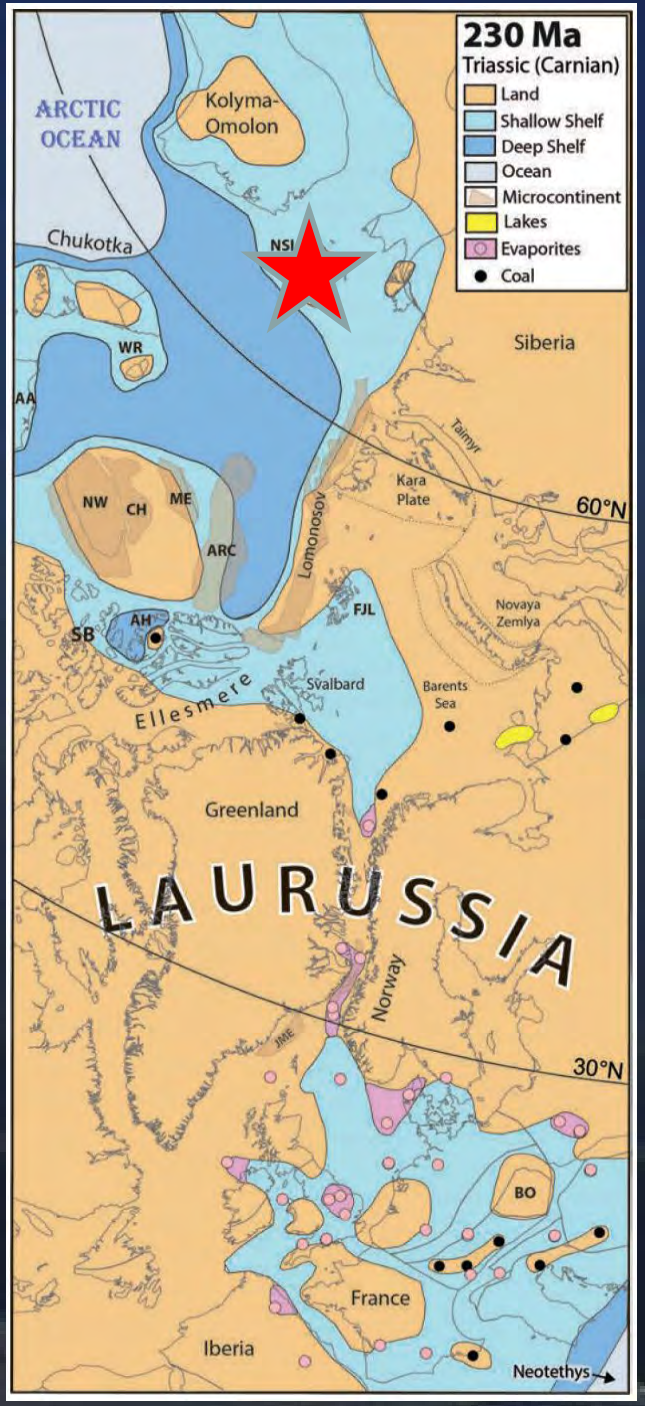
Схема стратиграфии юры и мела Арктических районов

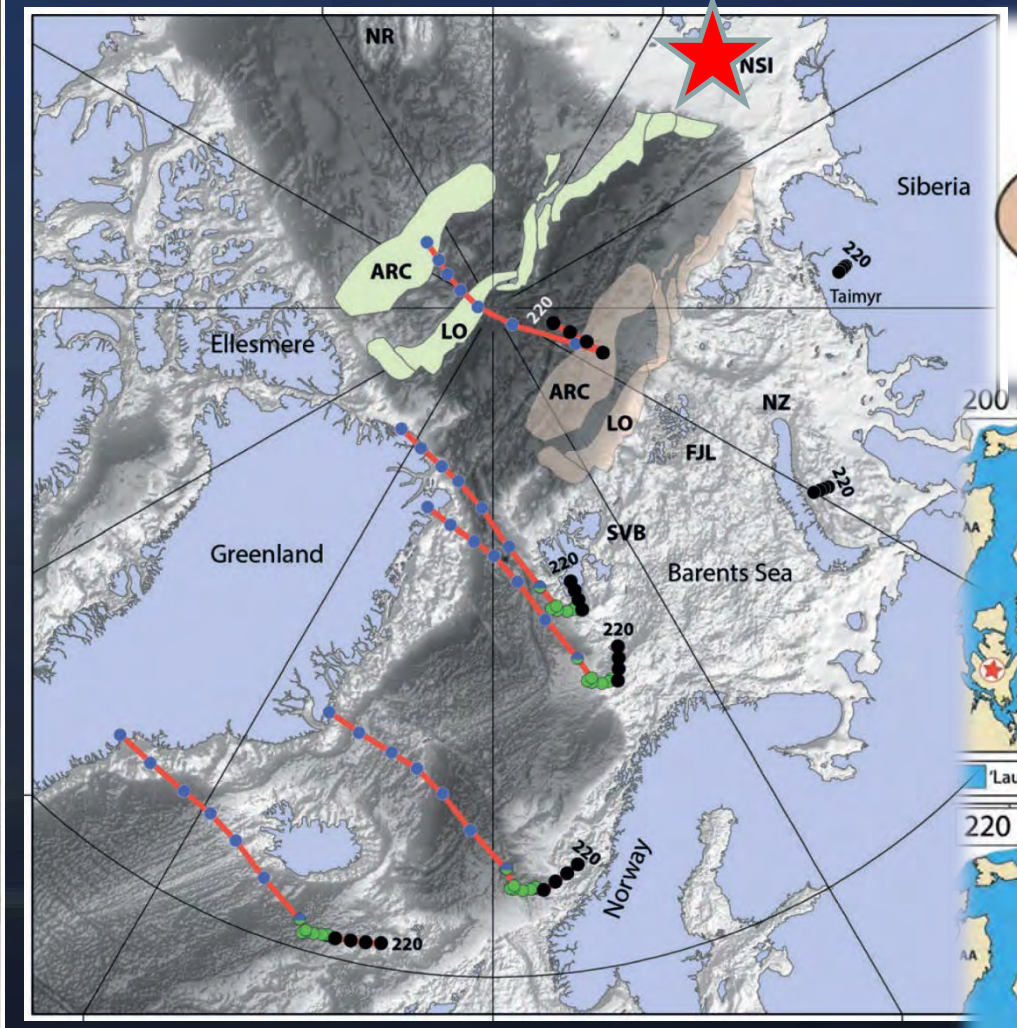


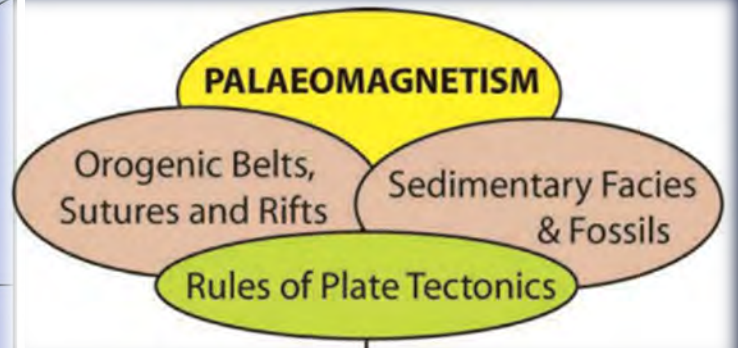
Таким образом, р-н Новосибирских о-в в мезозое представлял собой удаленное и более глубоководное окончание Сибирских акваторий.

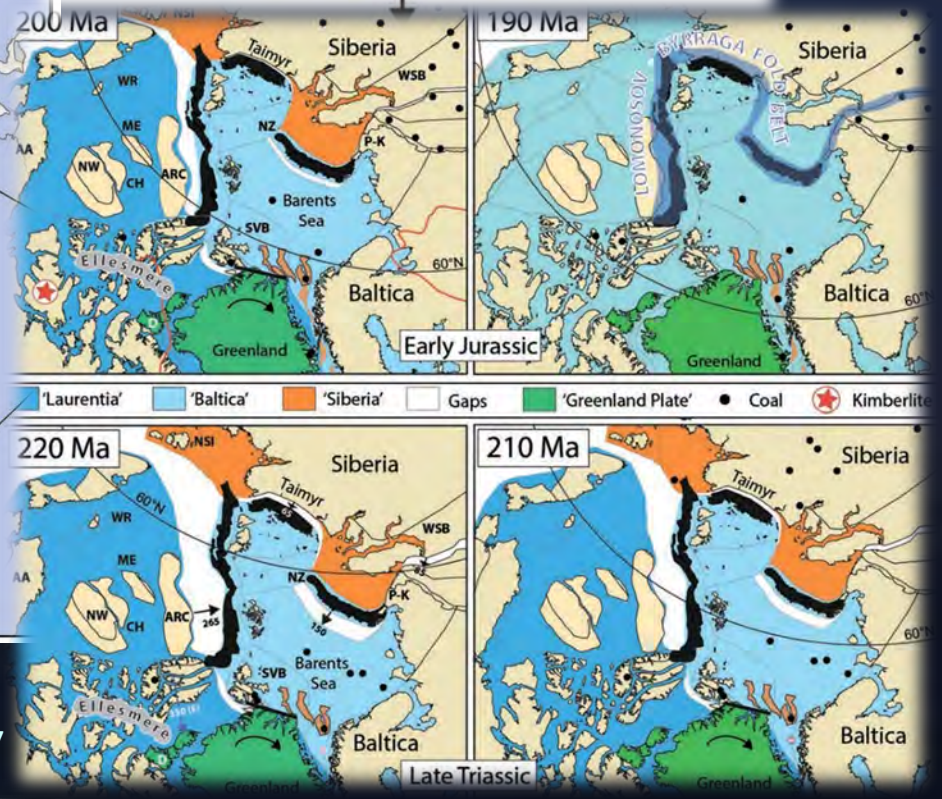
Late Triassic–Early Jurassic plate adjustments in the north-east Atlantic and the Arctic

Последние публикации с палинспатическими реконструкциями, сделанные с учетом палеонтологических данных рассматривают Новосибирские острова, Омолонский массив как северную окраину Сибири, что хорошо объяснимо с точки зрения биофациального и биогеографического анализа.









Cambridge University Press
978-1-107-10532-4 — Earth History and Palaeogeography, 2017
Trond H. Torsvik , L. Robin M. Cocks

Исследования поддержаны организациями нефтегазового комплекса, горно-металлургическими компаниями, госзаданием НИР, проектами РНФ:18-17-00038 (2018-2020), 22-17-00054 (2022-2024).

Отмечались премиями РГО и Мин.энергетики РФ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

IV Всероссийская школа молодых учёных

Системный анализ динамики природных процессов в российской Арктике

4–7 июня 2024 г., Московская область, г. Видное

РНФ Российский научный фонд