

# ***Биостратиграфические методы***

***Биостратиграфия*** основана на выделении определенных единиц в породах и их корреляции по разнообразным ископаемым остаткам.

Известно, что организмы особенно чувствительны к изменениям среды по сравнению с таким неорганическим материалом, как минеральные составляющие осадков, и могут изменяться даже в ответ на неуловимые вариации параметров среды.

- Поэтому (1) ископаемые остатки фауны и флоры дают более детальную информацию о палеосреде, чем методы литостратиграфии, о которых мы уже говорили.
- Кроме того, (2) в стратиграфических исследованиях использование так называемых палеонтологических методов, в том числе и микропалеонтологических анализов, дает возможность определять относительный возраст осадков и получать сведения о палеогеографических событиях.

Палеонтологические методы подразделяются на:

- 1 – палеофаунистические;
- 2 - палеофлористические.

- Одним из палеофаунистических методов является **метод изучения остатков ПОЗВОНОЧНЫХ.**

Ведущую роль здесь играют сухопутные формы, в первую очередь наземные млекопитающие (носороги, лошади, парнокопытные), которые эволюционизировали значительно быстрее остальных групп животного мира, давая новые филогенетические виды, роды и даже семейства (например, отряд хоботных). Сухопутная фауна неоднократно меняла свои биоареалы, зоны и провинции, приспособляясь к создавшимся климатическим режимам и претерпевая при этом определенные филогенетические изменения.

- В плейстоцене развитие фауны происходило в виде ритмических циклов, соответствующих оледенениям и межледниковьям. Ввиду резких похолоданий происходило либо массовое вымирание видов, либо адаптация к совершенно иным условиям жизни, либо зональная миграция.

К настоящему времени с использованием метода изучения остатков позвоночных (грызунов, хищных, хоботных, земноводных, пресмыкающихся, пресноводных рыб, птиц) для территории бывшего СССР на протяжении позднего плиоцена и четвертичного периода выделяется 12 зональных комплексов. В целом, из-за провинциального облика фауны, возможности метода ограничены для корреляции результатов, полученных в изолированных друг от друга регионах.

- **Недостатки метода:**

- 1 – не обеспечивает необходимой подробности стратиграфического расчленения разрезов;
- 2 - не обеспечивает необходимой точности датирования;
- 3 – имеет региональную значимость (в пределах определенного физико-географического региона).

- **Преимущества:**

разнообразие по видовому составу местонахождения остатков четвертичных сухопутных форм дает богатую информацию о климатических и растительных обстановках прошлого. Благодаря этому фаунистический метод находит довольно широкое применение в целях климато-стратиграфических исследований.

Так, в связи с ухудшением среды обитания животных в перигляциальной области коренным образом был изменен их видовой состав. Соотношение между появлением новых и исчезновением старых видов в зависимости от изменений физико-географических условий среды характеризует отдельные климатохроны в четвертичной периоде. Например, в Румынии в течение плейстоцена произошла 4-х-кратная смена фаун млекопитающих: при похолоданиях распространялись мамонт, северный олень, сайга, лошадь, а при потеплениях – кабан, благородный олень, первобытный осел.

Одним из распространенных методов **палеофлористического анализа** четвертичных отложений (относительная геохронология) является **карпологический метод** (карпос – плод). Этот метод основан на изучении семян и плодов, но включает также определение мелких листьев, остатков стеблей и других органов растений (этот метод иногда выделяют в отдельный анализ – **макроостатков растений**), которые попадали в благоприятные для захоронения условия. Метод дает ценные сведения о составе растительного покрова, а следовательно, и о палеогеографических обстановках прошлого.

### **Преимущества метода:**

при хорошей сохранности материала появляется возможность точного видового определения растительных остатков, что с достаточной степенью уверенности позволяет относить отложения к тому или иному временному интервалу и детально восстанавливать особенности палеорастительности.

### **Недостатки метода:**

- 1 - макроостатки наземных растений сохраняются лишь в немногих типах отложений, в основном в торфяниках и сапропелитах, которые в погребенном виде встречаются достаточно редко; поэтому группы растений из засушливых мест лишены возможности быть представленными в ископаемых флорах (быстрое разложение);
- 2 – в ископаемых толщах торфяники и сапропелиты сильно спрессованы и минерализованы, вследствие чего растительные остатки могут быть также сильно деформированы и представлены трудно распознаваемыми остатками, а то и вовсе фрагментами плодов и семян; в этом случае удастся провести лишь родовые определения, недостаточные для точного датирования отложений;
- 3 – недостаточно разработана подготовка материала к анализу (промыв), приводящая к неизбежной утрате части микрофоссилий с хрупкими, легко разрушающимися оболочками, что приводит к получению неполных данных (пример – последняя экспедиция, 50-70 кг породы, промыв, остаток – 200-300 г);
- 4 – самым серьезным осложняющим фактором метода является медленные эволюционные изменения флоры за все четвертичное время, вследствие чего однотипные флоры соседних стратиграфических подразделений оказываются близкими по составу.

## ***Пример применения метода (по макроостаткам растений):***

- анализ и сравнение флор озерно-болотных отложений лихвинского (290-340 т.л.) и микулинского межледниковий (115-130 т.л.) показали, что большинство видов этих двух межледниковий произрастает в исследованных районах и в настоящее время.

В лихвинское время ныне растущие виды составляют 85%, в микулинское – 88% ископаемой флоры, а теплолюбивые экзоты соответственно 10% и 8%.

Вымершие виды в лихвине – 2.8% и региональные экзоты – 2.8 %; в микулине – 0.6% и 1.1% соответственно.

- Таким образом, метод позволяет отличать межледниковые и межстадиальные флоры и с большой долей вероятности ранне-, средне- и позднеплейстоценовые флоры, с его помощью можно датировать лишь отдельные флороносные слои, которые обычно охватывают небольшую часть разрезов.

- Существующая методика подготовки проб к анализу требует массовой промывки послойно отобранных образцов и поэтому надежному датированию подвергаются лишь флоры обнажений.

- Материал по скважинам – основному источнику информации о сложно построенных четвертичных толщах, обычно остается неубедительно датированным.

## ***Палинологический (спорово-пыльцевой) анализ.***

Значительно более универсальным методом датирования и изучения палеорастительности является ***палинологический или СПА***, основы которого заложены шведом фон Постом в первой половине XX века. В СССР наибольший вклад в развитие метода внесли Сукачев и Гричук. СПА относится к ***микропалеонтологическим*** методам исследования отложений.

***Микропалеонтологический метод*** – метод использования ископаемой фауны и флоры для датирования геологических событий, основанный на том, что каждому отрезку геологического времени соответствует свой специфический комплекс растительных или животных видов.

- ***Метод СПА основан***

на свойстве растений терять пыльцу и споры, которые имеют крепкую оболочку, не поддающуюся разрушению под действием давления, при транспортировке, под воздействием кислотных грунтовых вод. Они задерживаются практически в любых отложениях, но в автохтонном виде встречаются прежде всего в озерно-болотных осадках, которые представляют для их изучения наибольшую ценность.

## ***Что такое спорово-пыльцевой анализ (СПА)?***

СПА относится к группе палеоботанических методов (или, иначе, к микрофлористическим методам палеоботаники) изучения осадочных пород. Среди палеоботанических методов СПА занимает приоритетное положение.

Этому способствует:

- хорошая сохранность оболочек пыльцы и спор;
- их присутствие практически во всех генетических типах отложений, начиная с рифейских;
- обилие пыльцы и спор в осадочных породах обеспечивает возможности статистической обработки результатов анализа.

### ***Целью СПА является:***

- восстановление палеогеографических условий осадконакопления;
- дальние палеогеографические и стратиграфические корреляции;
- возрастное расчленение рыхлых отложений;
- вопросы археологии и т.д.

**Пыльцевое зерно** – это мужская клетка, которая участвует в процессе создания семян.

Споры и пыльца, не выполнившие свои физиологические функции, разносятся ветром, попадают на поверхность почвы и акваторий и постепенно фоссилизируются. Каждое пыльцевое зерно и спора имеют разные морфологические признаки, строго характерные для определенной систематической группы растений.

## ***Спорово-пыльцевой спектр (СПС)***

Совокупность пыльцевых зерен и спор составляет спорово-пыльцевой спектр (СПС). Ископаемые СПС отражают древнюю растительность, которая существовала во время формирования горизонта отложений, вмещающего эти спектры. Поскольку каждая геологическая эпоха характеризовалась только ей свойственной палеорастительностью и палеофлорой, постольку данные СПА позволяют судить не только о составе флоры и растительности этапа накопления изучаемых отложений, но и об их возрасте.

***Палинозоны*** – стратиграфические интервалы, характеризующиеся устойчивым сочетанием таксонов в определенных количественных соотношениях. Выделяется палинозона как толща, содержащая однотипный состав пыльцы и спор, отличающийся от ниже- и вышележащих толщ при детальном послойном изучении пыльцы и спор в непрерывных разрезах. Границы выделяемых палинозон иногда совпадают с границами литологических горизонтов.

Родовая идентификация спор и пыльцы обычно не представляет больших трудностей. Сложнее обстоит дело с видовыми определениями, но в последнее время и здесь достигнут значительный прогресс – из-за улучшения инструментальной базы (микроскопов) и наличия более полных коллекций и атласов.

Послойное изучение осадочных толщ методом СПА позволяет проследить исторический ход развития растительности – от холодолюбивых к теплолюбивым и затем к холодолюбивым, и тем самым определить характер изменения климатических условий.

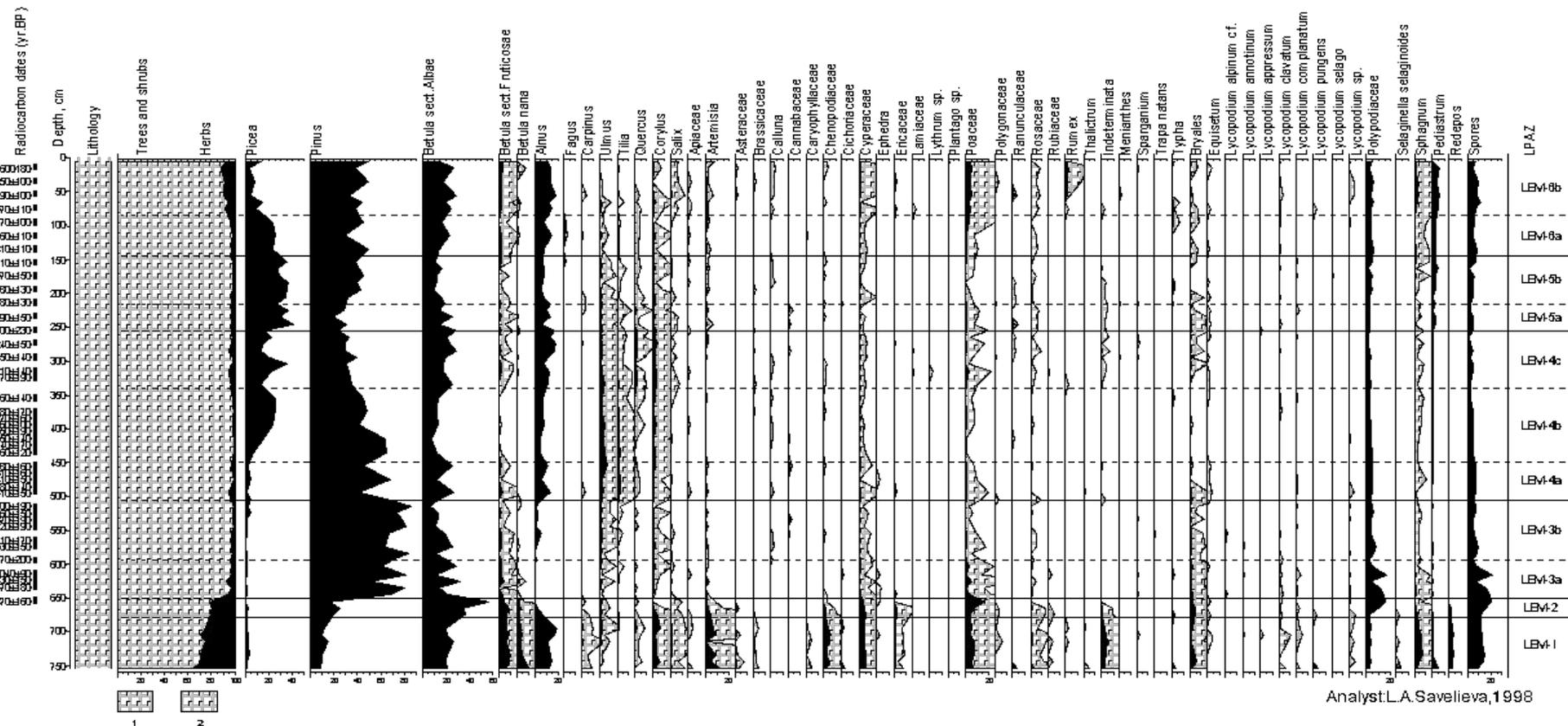
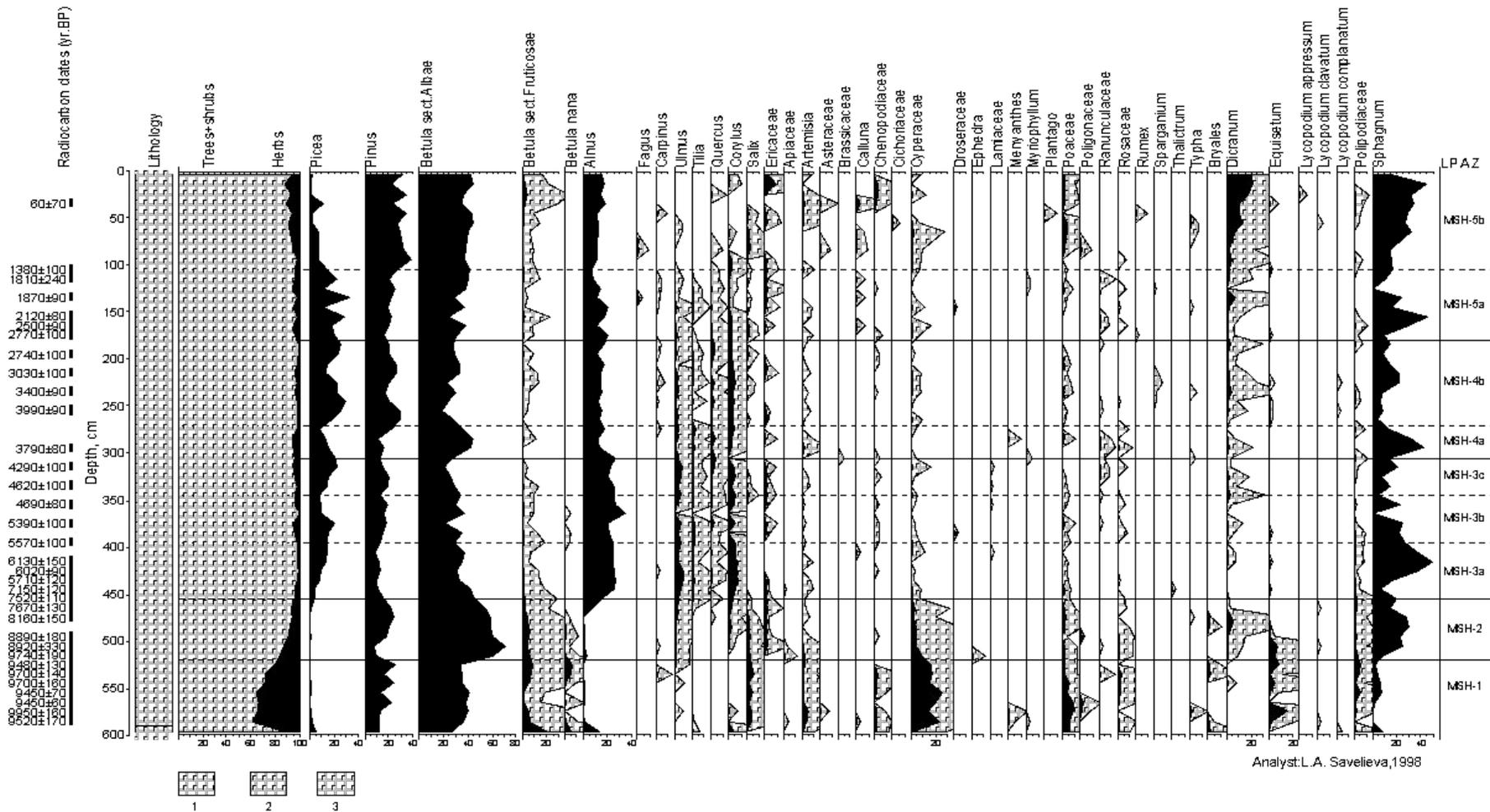


Рис.2. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза Лемболовское. Условные обозначения (сверху вниз): 1- сапропель, 2- глина.



Analyst: L. A. Savellieva, 1998

Рис. 3. Спорво-пыльцевая диаграмма разреза Мшинское.  
 Условные обозначения (сверху вниз): 1- торф, 2- песок, 3- глина.

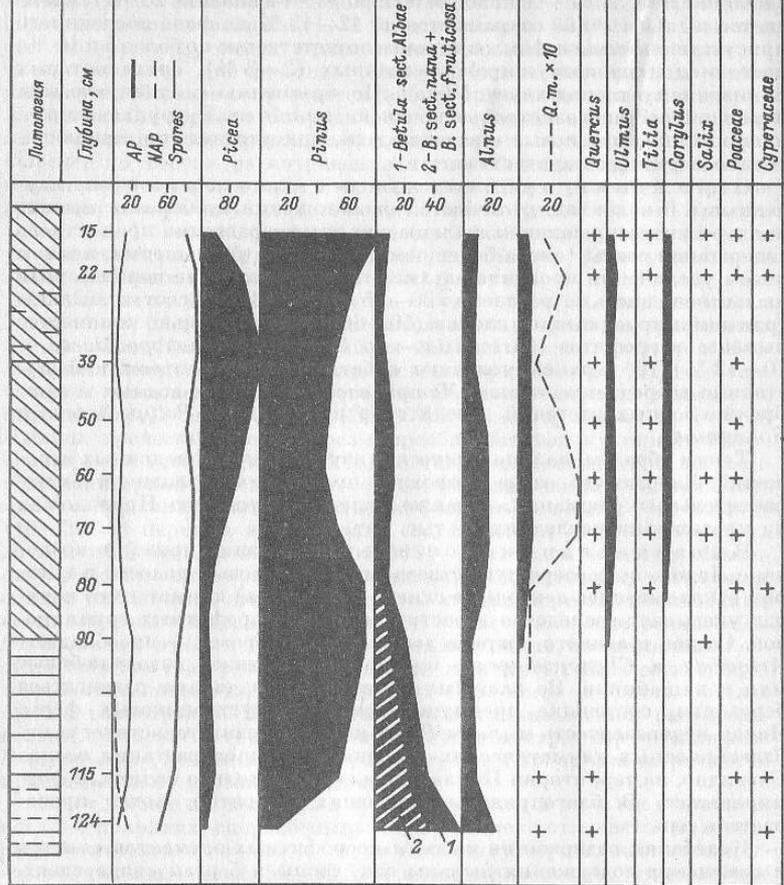


Рис. 14. Спорово-пыльцевая диаграмма колонки 20/81.

аса и пребореала по резкому увеличению количества пыльцы древесных пород (главным образом березы) и сокращению количества пыльцы трав (главным образом за счет ксерофитов).

В пребореальное время на месте тундростепей появляются березовые леса при широком распространении также кустарниковых форм березы. Среди трав продолжают преобладать ксерофиты, но увеличивается роль лугового разнотравья. Большого разнообразия

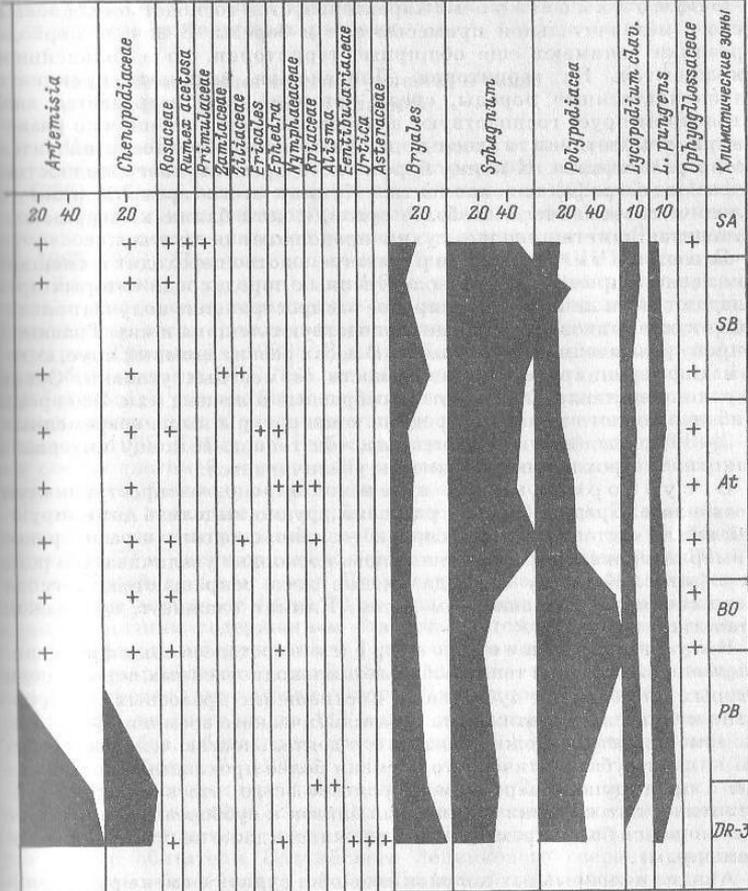
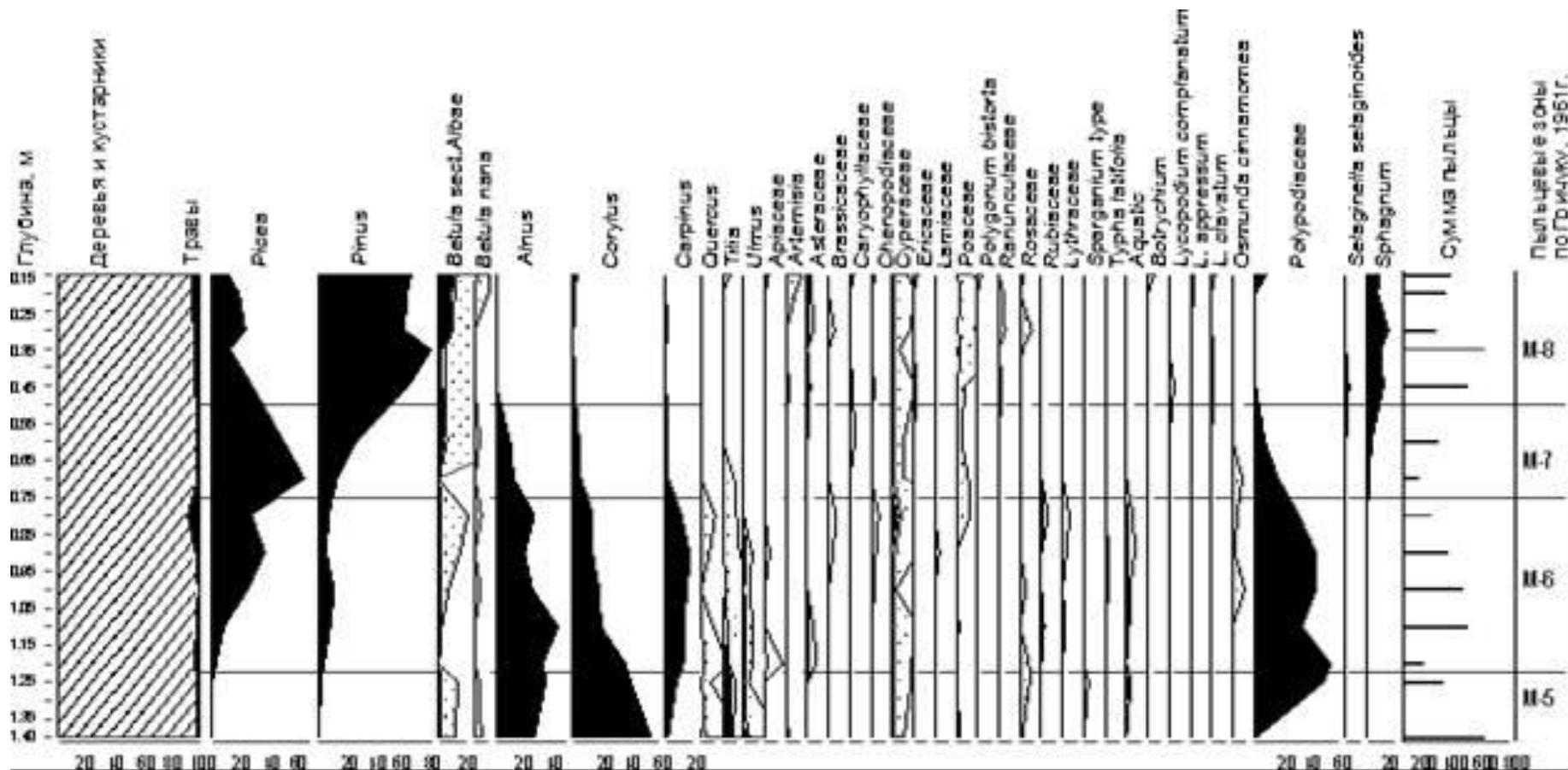


Рис. 14 (продолжение).

достигает водная растительность. К концу периода березовые леса (с примесью ольхи) постепенно вытесняются хвойными. Климат становится несколько более влажным, продолжая оставаться холодным. В составе спорово-пыльцевых спектров пребореала отмечается направленное изменение в сторону постепенного улучшения климата по сравнению с позднеледниковым временем. Возможно, что в середине пребореального времени происходило кратковременное похолодание.

Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза отложений Ладожского оз.

# Спорово-пыльцевая диаграмма отложений из разреза «Микулино».



## ***Основные достоинства и ограничения спорово-пыльцевого анализа:***

### ***Преимущества:***

- Массовость нахождения спор и пыльцы – можно получать достоверную информацию на малом количестве материала, получаемом, например, при бурении.
- Детальная реконструкция флор прошлого и выделение дробных климатостратиграфических подразделений (см. выше, голоцен).
- Методика полевой и календарной обработки материала достаточно проста, нет дорогостоящих приборов и оборудования.
- Метод – массово используемый, поэтому возможен межлабораторный контроль получаемых результатов.
- Споры и пыльца захораниваются не только в различных генетических типах континентальных отложений, но и морских донных осадках, что позволяет проводить прямые сопоставления результатов.

### ***Недостатки и ограничения:***

- Отсутствуют надежные критерии для отличия автохтонной и аллохтонной пыльцы.
- В разных лабораториях несколько отличаются методики подготовки проб к СПА.
- Соотношение локальной и заносной пыльцы – определить сложно.
- Ввиду несущественных изменений состава флоры в четвертичное время, отсутствуют или присутствуют в малых количествах экзотические или вымершие виды (роды) растительности из соседних подразделений плейстоцена.
- Проведение границ палинозон – субъективно.

## **Какая микрофауна и микрофлора используется при палеонтологических исследованиях океанских и морских осадков?**

Прежде всего – это **планктонные и бентосные** организмы. Однако огромное большинство среди них состоит только из мягких тканей и поэтому не имеет шансов сохраниться в ископаемом состоянии. Но некоторые групп обладают твердыми скелетными образованиями, которые способны фоссилизироваться (т.е. захораниваться и сохраняться). Это очень важно, поскольку именно они являются основными компонентами биогенных осадков и история океанской палеосреды восстанавливается в основном по этим группам.

1. Большинство групп сохраняющихся микроорганизмов строят свою раковину из кальцита, арагонита (т.е. на карбонатной основе) и аморфного кремнезема (на основе силиката).

Основные представители планктона из первой группы, с **карбонатной основой ( $\text{CaCO}_3$ )**:

- **фораминиферы**

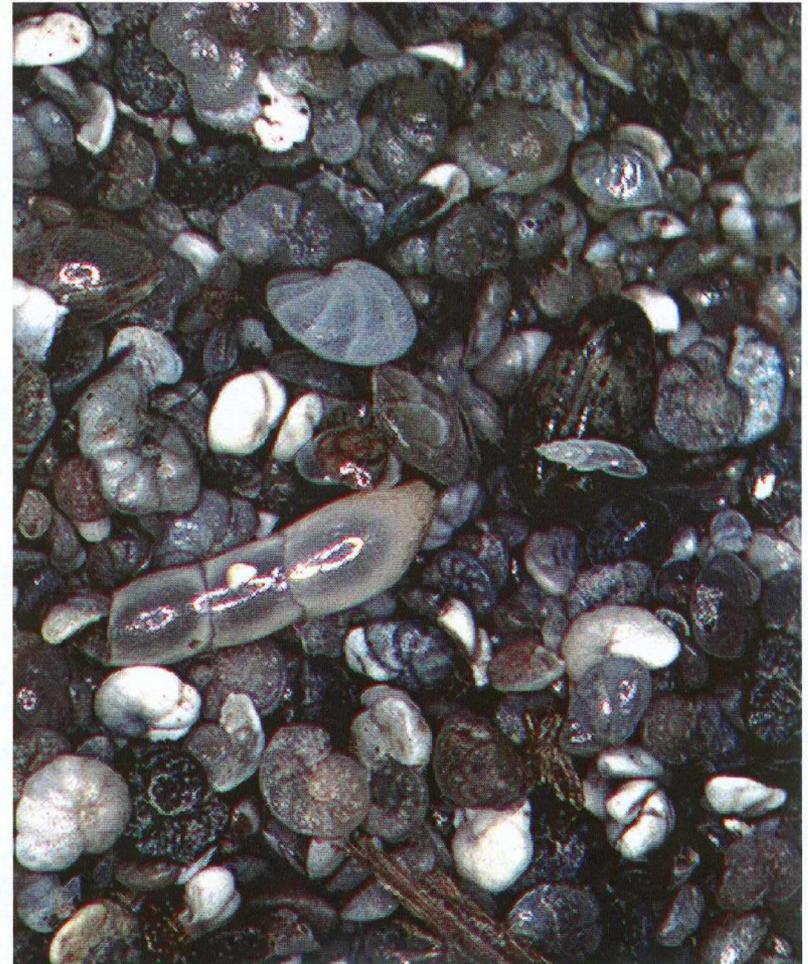
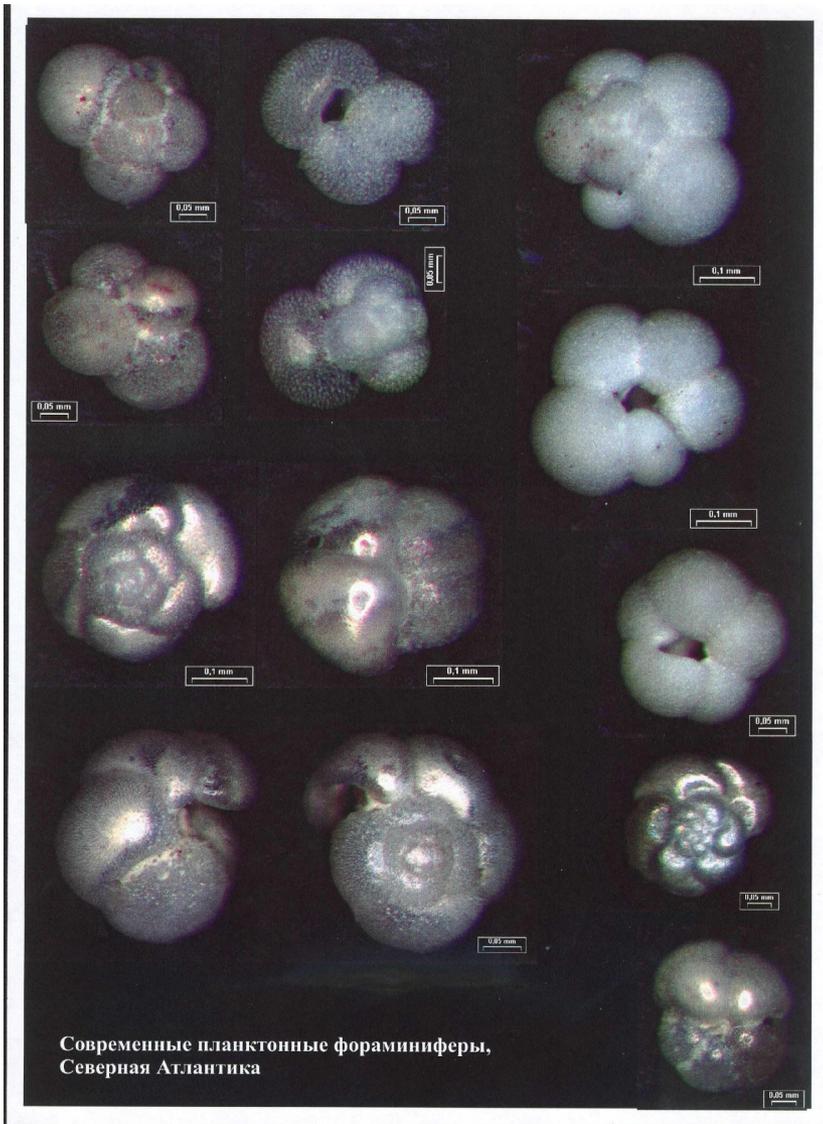
Это представители флоры океана, планктонные раковины. Обычно размер их колеблется в пределах 50 – 400 мкм, но может быть и крупнее. Они имеют огромное значение в стратиграфии из-за из большого разнообразия и повсеместного распространения во всех морских обстановках: от окраинных морей до глубоководных бассейнов, в поверхностных и подповерхностных водах (от 50 до 200 м), на всех широтах и во всех океанах.

- **кокколитофориды**

Входят в состав известкового нанопланктона, нано – очень мелкие. Представители фитопланктона, размер – от нескольких мкм до 20 – 30 мкм. Живут в верхних 150 м воды. Кокколитофориды относятся к водорослям, они способны образовывать известковые поверхностные чешуйки или тела, называемые **кокколитами**. Изучать их трудно из-за незначительных размеров. С появлением в настоящее время электронных микроскопов исследования кокколитов (такое название обиходное) инициировались.

Меньшую роль играют другие группы: **моллюски** и **остракоды**, хотя и они используются в палеонтологических исследованиях.

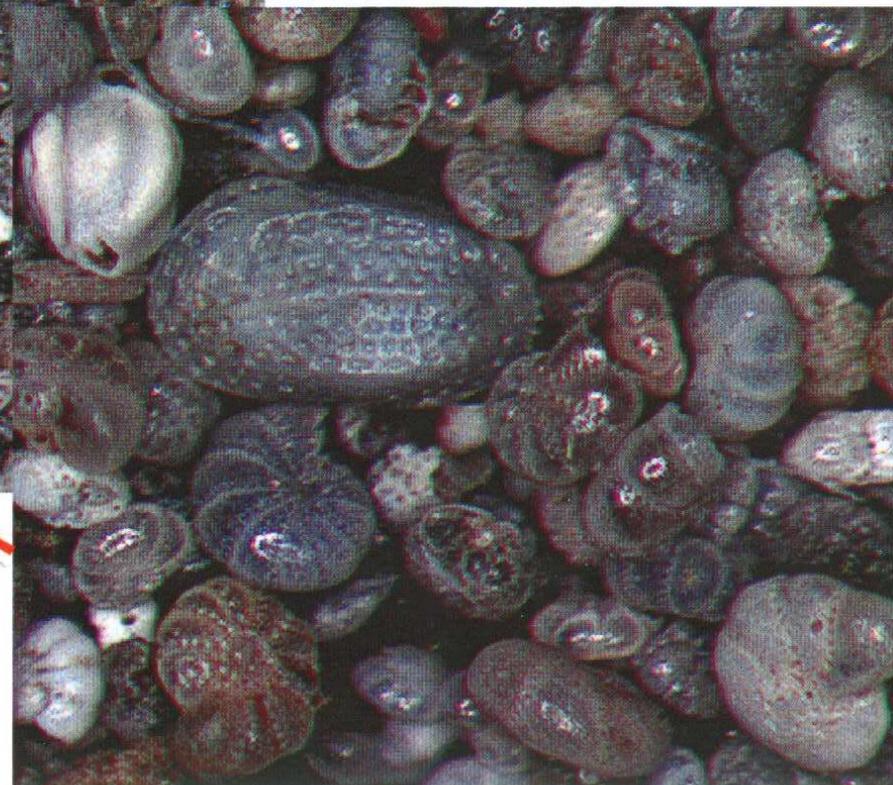
Fig. 1. Modern Arctic foraminifera and ostracodes



Современные арктические виды фораминифер и остракод из донных осадков Баренцева моря, архипелаг Шпицберген.



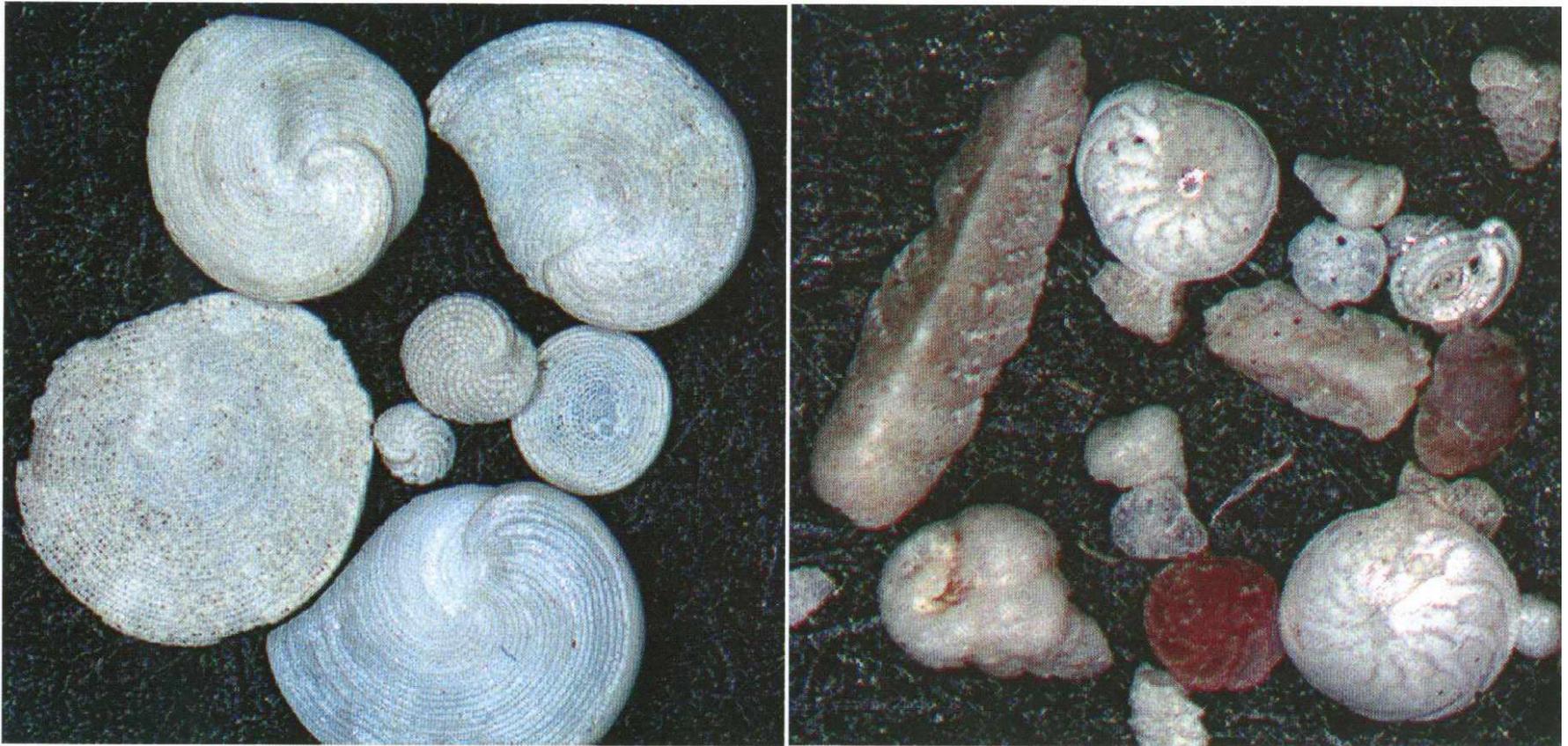
← Фораминиферы (Foraminifera), остракоды (Ostracoda), ювенильные формы двустворчатых (Bivalvia) и брюхоногих (Gastropoda) моллюсков из современных осадков залива Гуако-Наябо, Куба.



Остракод

Фораминиферы и остракоды из современных донных осадков залива Гуако-Наябо, Куба

Fig. 2. Modern Tropic foraminifera and ostracodes



Тропические виды фораминифер из современных донных осадков залива Гуако-Наябо, Куба

Fig. 3.  
Foraminifera from  
the Holocene  
shelf sediments of  
the Laptev Sea



## 2. К кремниевому (на основе $\text{SiO}_2$ ) микропланктону относятся:

- **диатомеи,**

единичные или колониальные водоросли, которые секретируют мелкие двустворчатые панцири или створки из аморфного кремнезема. Диатомеи являются главным первичным продуцентом биосферы и заключают в себе более 70%, а иногда и до 90% взвешенного в водах океана кремния. Радиолярии в этом отношении занимают второе место.

Размеры панцирей от 2 мкм до 2 мм, живут в поверхностной и подповерхностной воде.

### **Диатомеи ценны многими признаками:**

- они распространены от экватора до полюса,
- важны при биостратиграфических исследованиях глубоководных районов океана, где глубина больше уровня критической глубины карбоната накопления (КГК), начиная с которой известковые формации растворяются,
- разные комплексы диатомей проживают в пресноводной и соленой воде, и они сильно различаются. Таким образом можно фиксировать отделение озер от морей т.д.,
- по ним можно получать ценные океанологические сведения (циркуляция вод, направление разноса льдов, т.к. они могут прикрепляться к нижней части льдин,
- как и по другим группам микрофоссилий, по ним можно легко различать смену холодного и теплого климатов.

- **радиолярии,**

представители зоопланктона, простейшие организмы, похожие на фораминиферы, населяют в основном подповерхностные воды (50 – 200 м), размер (50 – 400 мкм). Многочисленны в глубоководных осадках, особенно в зонах распространения кремнистых илов. Довольно разнообразная группа (7000 видов), поэтому количественный анализ радиолярий может служить точной мерой связи фауны с условиями среды. Это особенно важно в полярных областях.

Известно около 30 антарктических видов.

## ***Биостратиграфические методы изучения наземных и океанских отложений***

осадочных последовательностей в основном одинаковы, но есть все-таки довольно существенные различия:

- 1 – в наземных разрезах ископаемые остатки встречаются только в небольшой части осадочной толщи. Даже в содержащих большое количество ископаемых остатков разрезах их редко находят в каждом пласте или формации;**
- 2 – многие осадочные разрезы в океанах относительно непрерывны по сравнению с континентальными. Поэтому эволюцию органического мира на суше трудно проследить с той же детальностью, как это делается для морских осадков.**

### ***Как же проводятся микропалеонтологические исследования?***

Образцы для работы отбираются по всей длине керна, без пропусков, через каждые несколько см. Затем проводятся лабораторная обработка проб, для выделения фракции, содержащей микрофоссилии. Часть полученной фракции наносится на предметное стекло и изучается под микроскопом. В препаратах отмечаются и подсчитываются (если это надо при количественном анализе) все встречающиеся виды, например, диатомей. Результаты изучения всей колонки заносятся в таблицу и строятся диатомовые диаграммы.

Затем на диаграмме выделяется какой-либо доминирующий вид или комплекс диатомей, содержание которого меняется по глубине керна. Уменьшение или увеличение концентрации этого выбранного вида свидетельствует об изменениях условий палеосреды. Все эти изменения сопоставляются всегда с результатами геохронологических исследований, что позволяет фиксировать смену холодных и теплых климатов и вод во времени. (Примеры подобных комплексных исследований будут показаны в заключительной лекции).



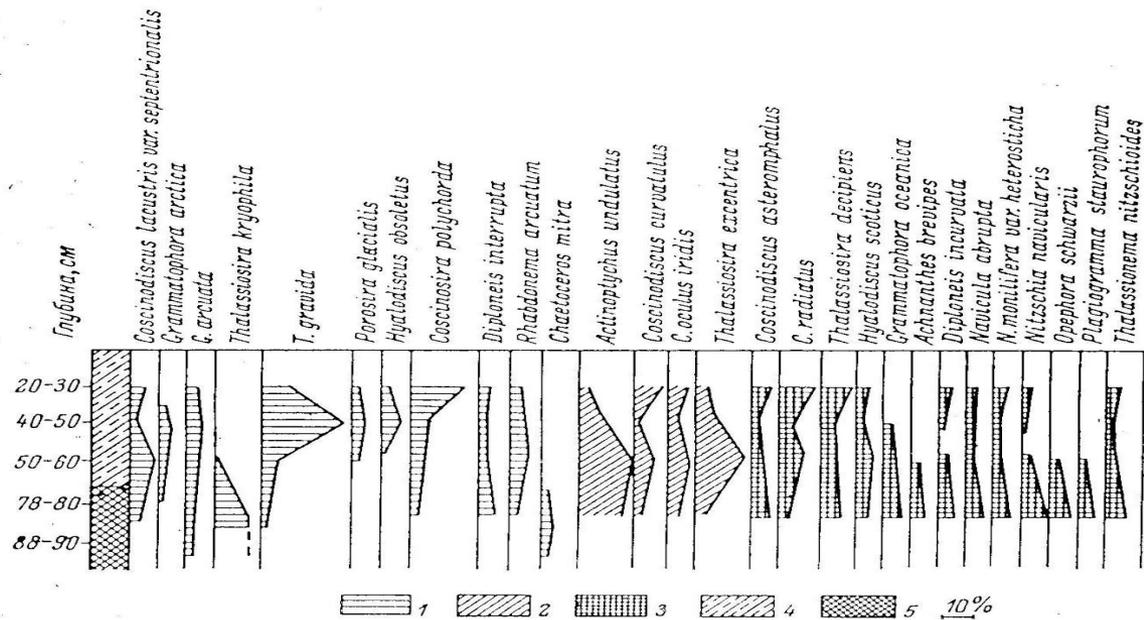


Рис. 2. Распределение доминантных и характерных видов в последних дождевых осадках северной части Белого моря (Забелина, 1969).

1 — арктобореальные виды, 2 — северо-бореальные, 3 — южно-бореальные; 4 — песчаные илы, 5 — глинистые илы.

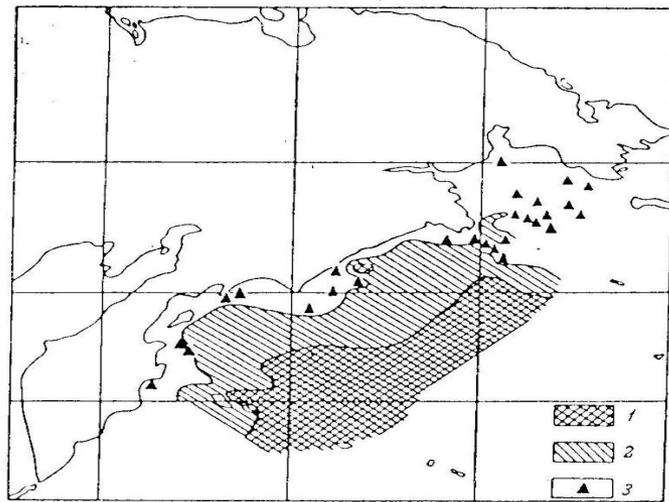


Рис. 3. Распределение створок *Coscinodiscus marginatus* Ehrh. в поверхностном слое осадков Берингова моря (Жузе, 1962).

1 — в массе; 2 — нередко, редко; 3 — единично.

# Fig. 5. Diatom diagram of Quaternary sediments from the Karelian Isthmus

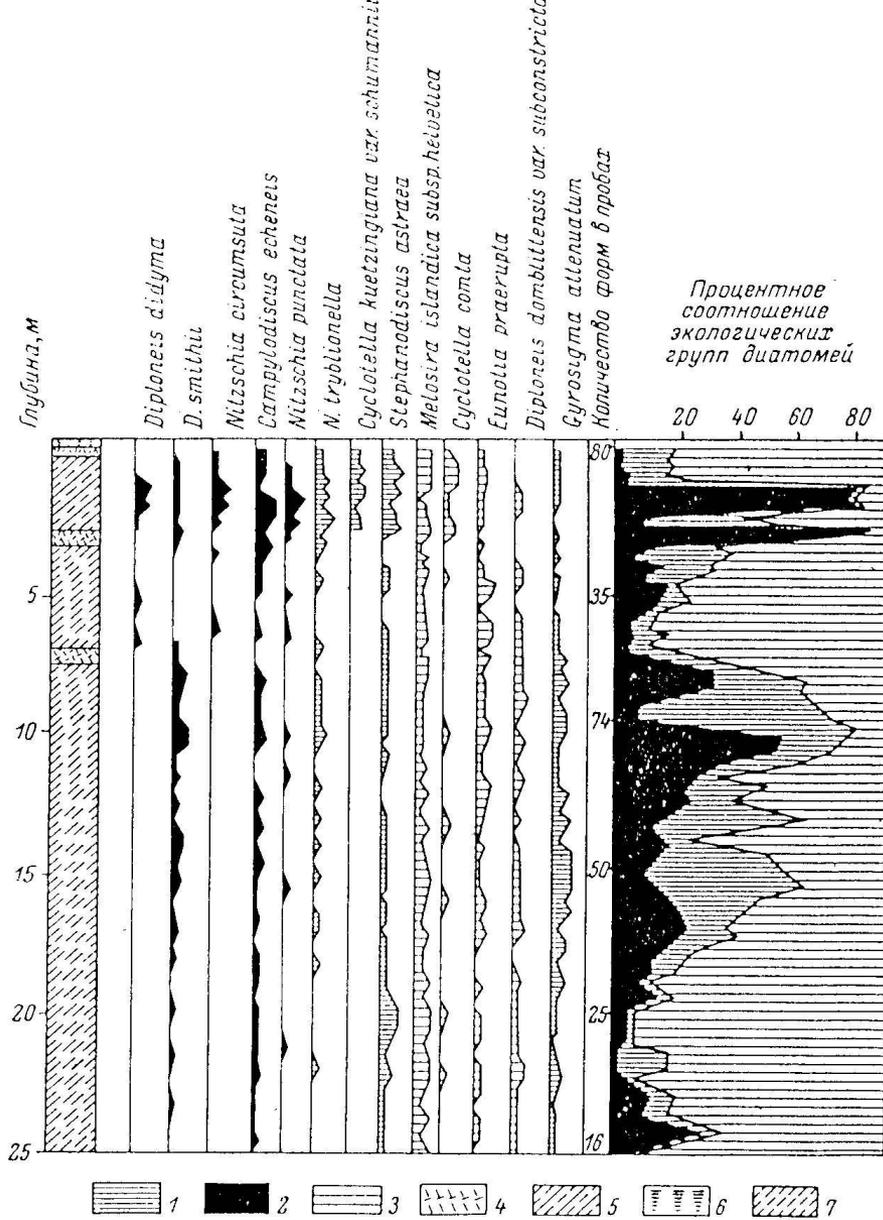


Рис. 1. Диатомовая диаграмма четвертичных отложений Лахтинского болота (Усенкова и др., 1963).

1 — пресноводно-солончатоводные виды, 2 — солончатоводные и морские, 3 — пресноводные; 4 — торф, 5 — сунь, 6 — почвенно-растительный слой, 7 — суглинок.

- При изучении достаточно мощных колонок осадков (например, полученных с помощью глубоководного бурения) или корреляции отложений или временных уровней из разрезов, отобранных на большой площади, используют так называемые **биостратиграфические шкалы**, построенные с использованием **биостратиграфических зон или биозон**.
- **Биозоны** – это участки (соответствующие неким временным рамкам), например, в вертикальном профиле отложений, которые характеризуются одним и тем же маркирующим (или доминирующим) комплексом микрофоссилий для определенной территории (например, в широтном диапазоне).
- Так, для тепловодных районов океана широко используется кайнозойская зональная схема по планктонным фораминиферам. Шкала Бэннера и Блоу весьма удобна из-за короткой и ясной номенклатуры для обозначения последовательности зон.

На ней зоны, маркированные буквой Р соответствуют палеогену, N – неогену. Все эти зоны выделены в соответствии с доминирующим комплексом микрофоссилий соответствующего возраста. Поэтому любому исследователю, не специалисту в обл. микропалеонтологии, понятно, что зона N19 имеет раннеплиоценовый возраст, и ему не надо вспоминать что эта зона является зоной совместного проживания ряда фораминифер с очень сложными латинскими названиями.

Млн. лет	Эпоха	Фораминиферные зоны	Нанозоны	Радиоляриевые зоны	
85	Плейстоцен	N23	NN20 & 21		
		N22	NN19		
	Плиоцен	Поздний	N21	NN18	<i>P. prismaticum</i>
				NN17	
				NN16	
				NN15	
		Ранний	N20	NN15	
			N19	NN14	<i>S. pentas</i>
				NN13	
				NN12	
5	Поздний	N18	NN12		
		N17	NN11	<i>S. peregrina</i>	
				<i>O. penultimatus</i>	
		N16	NN10	<i>O. antepenultimatus</i>	
	10	Средний	N15	NN9	
			N14	NN8	<i>C. pettersoni</i>
			N13		
			N12	NN7	<i>C. laticonis</i>
			N11	NN6	
			N10		
			N9	NN5	<i>D. alata</i>
			N8		
			N7	NN4	
			N6	NN3	<i>C. costata</i>
15	Ранний	N5	NN2	<i>C. virginis</i>	
		N4	NN1		
20	Ранний				
25	Поздний	N3	NP25	<i>L. bipes</i>	
		P22			
		N2	NP24	<i>D. atechus</i>	
		P21			
		N1	NP23		
30	Ранний	P19			
		P18	NP22	<i>T. tuberosa</i>	
		P17	NP21		
35	Поздний	P16	NP20	<i>T. bromia</i>	
			NP19		
		P15	NP18	<i>T. tetracantha</i>	
40	Поздний				

рис. 3-6. Сопоставление зональных шкал по планктонным фораминиферам, известковому наупланктону и радиоляриям для последних 43 млн. лет с геохронологической шкалой. Фораминиферные зоны показаны в основном по Блоу (1969), нанозоны – в основном по Мартини и Уорсли [695], радиоляриевые зоны – по Риделю и Санфилиппо [871], хронология – по Харденболу и Берггрену [423], Берггрену и ван Кауверингу [91].

Биозоны могут устанавливаться по глубине отложений по фактам появления и вымирания какого-либо вида микрофоссилий, по фазам эволюционного развития вида.

Рис. 6.  
Биостратиграфические интервалы 4-х видов планктонных фораминифер *Neogloboquadrina*

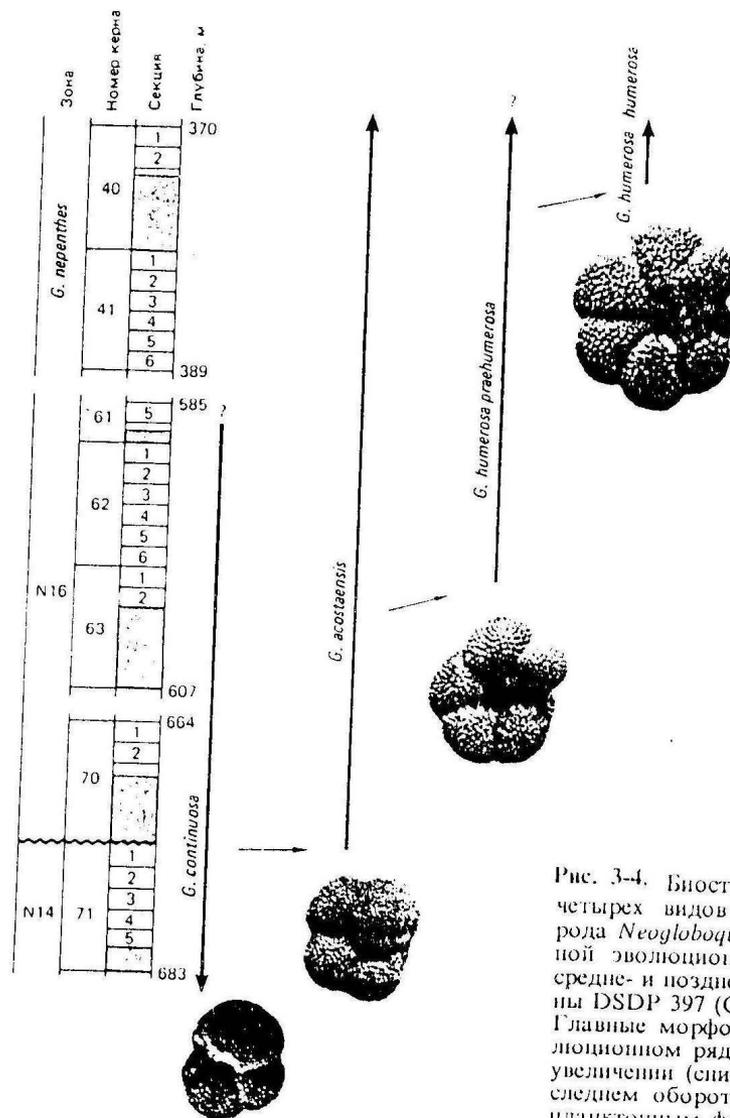


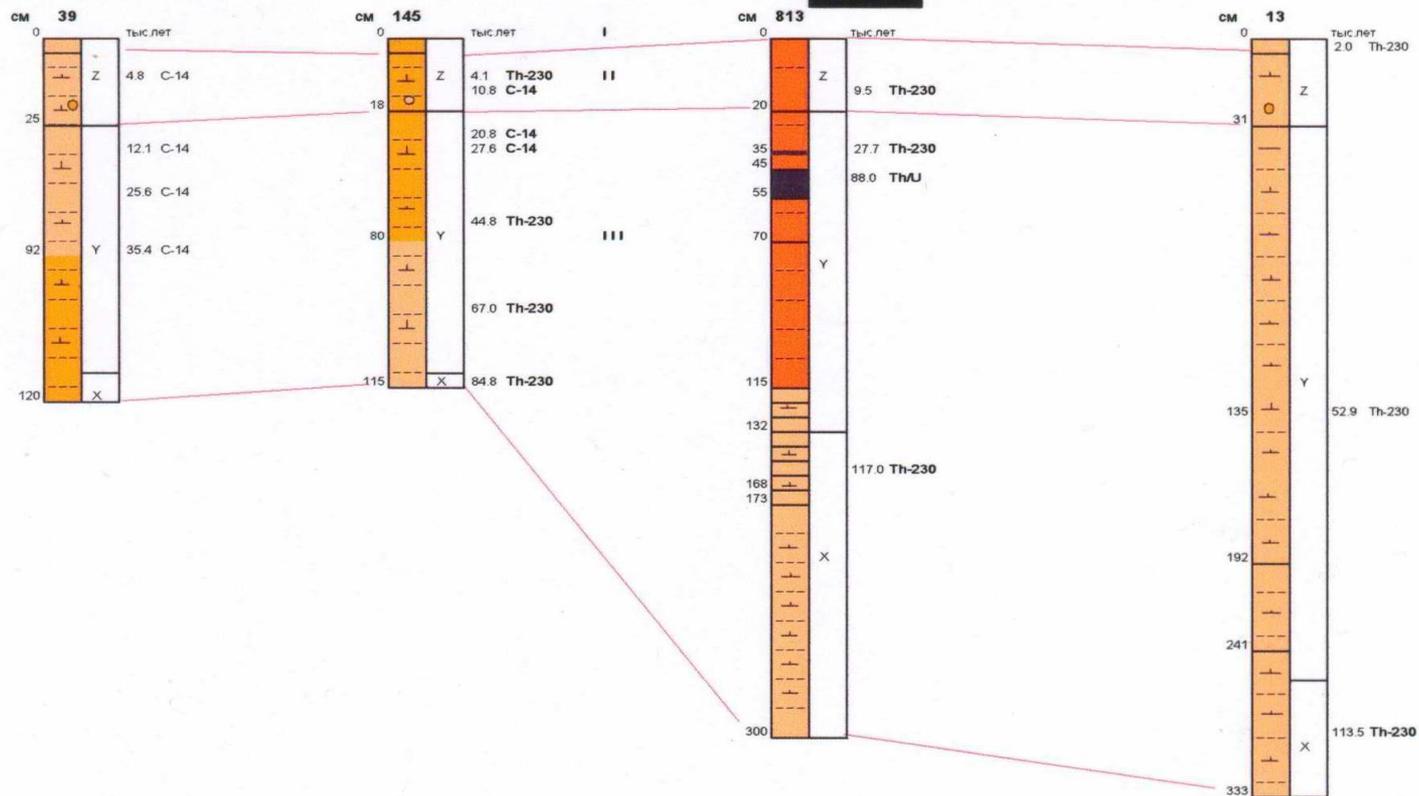
Рис. 3-4. Биостратиграфические интервалы четырех видов планктонных фораминифер рода *Neogloboquadrina*, принадлежащих к одной эволюционной линии наследования, в средне- и позднемиоценовых осадках скважины DSDP 397 (Северо-Восточная Атлантика). Главные морфологические изменения в эволюционном ряду проявились в постепенном увеличении (снизу вверх) числа камер в последнем обороте. Слева показаны зоны по планктонным фораминиферам [900].

Необходимо отметить, что биостратиграфические шкалы строятся как по данным биостратиграфических, так и хроностратиграфических исследований. И, вообще, при проведении стратиграфических исследований донных отложений, их палеонтологическое изучение всегда сопровождается геохронологическими и литологическими исследованиями.

В последние десятилетия **изучение спорово-пыльцевых комплексов** приобретает первостепенное значение для определения возраста и корреляции **разрезов донных осадков внутренних морей**. Так, например, стратиграфия четвертичных отложений Белого моря разработана в основном на изучении спор и пыльцы. Сравнительно небольшое Белое море расположено рядом с лесистой сушей, и споры и пыльца разносятся ветром по всей его акватории.

**ОПОРНЫЕ РАЗРЕЗЫ**  
**Логачёв 14-45 с.ш.**

**12-68 с.ш.**



**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:**

**IV** НОМЕРА  
СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ  
ЕДИНИЦ (ПАЧКИ И СЛОИ)



КАРБОНАТНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ (ИЛЫ, ПЕСКИ)



КАРБОНАТНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ, ОБОГАЩЕННЫЕ Fe~10%



МЕТАЛЛОНОСНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ (Fe>>10%)

ЗОНЫ ПО ПП. ФОРАМИНИ-  
ФЕРАМ Эрикссон и др. 1961 г.

Z - 0-11 тыс.лет

Y - 11-75 тыс.лет

X - 75-128 тыс.лет

W - 128-170 тыс.лет



КУРИЛЬЩИКИ

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ГРАНИЦЫ

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ГРАНИЦЫ

○ ПЯТНА

# Результаты исследования колонки Л-66 и ее стратиграфическое расчленение.

**Л-66**

Палеотемпература  $T$  по  $\delta^{18}O$   $CaCO_3$  бг. расч. дех Биогенные компоненты

4 6 8 10 12 8 10 12°C 20 60 100 40 60 80 40 60 80 100%

The figure displays a stratigraphic column on the left and three corresponding data graphs on the right. The column is divided into layers 1 through 8, with lithological symbols and radiocarbon dates (in years BP) for each layer. The graphs show paleotemperature (T),  $\delta^{18}O$  (in ‰), and biogenic components (in %) for each layer. The x-axis for the graphs is labeled with values 4, 6, 8, 10, 12, 8, 10, 12, 20, 60, 100, 40, 60, 80, 40, 60, 80, 100%.

Layer	Lithology	Radiocarbon Date (years BP)	Paleotemperature (T) (°C)	$\delta^{18}O$ (‰)	Biogenic Components (%)
1	1	8,4	~10	~10	~40
2	2	11	~10	~10	~40
3	3	40	~10	~10	~40
4	3	72	~10	~10	~40
5	2	115	~10	~10	~40
6	2	128	~10	~10	~40
7	1	188	~10	~10	~40
8	4	244	~10	~10	~40

20 40 60 80 40 60 80 100%

1 2 3 4