

УДК 58+561:581.33

Дзюба О.Ф.

ТЕРАТОМОРФНЫЕ ПЫЛЬЦЕВЫЕ ЗЕРНА В СОВРЕМЕННЫХ И ПАЛЕОПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ СПЕКТРАХ И НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПАЛИНОСТРАТИГРАФИИ

В условиях экологического неблагополучия растения продуцируют большое количество тератоморфных (уродливых) и стерильных пыльцевых зерен. При этом, чем хуже экологическая обстановка, тем выше процент содержания патологически развитой пыльцы и наоборот. Пыльцу можно использовать для оценки качества современной окружающей среды. Реконструкции палеоэкологических условий также можно осуществлять с помощью изучения пыльцы, но уже не современной, а извлеченной из древних отложений. На рубежах различных палеоклиматических периодов, под влиянием неблагоприятных факторов различной этиологии (радиации, вулканической деятельности, повышенной солнечной активности и т.д.) появляется большое количество уродливых палиноморф. Для эпох экологической стабильности количество их резко сокращается. Знание особенностей морфологии современных пыльцевых зерен, сформировавшихся в условиях экологического неблагополучия/экологического стресса, специфики процессов, связанных с формированием пыльцы в таких условиях, при совместных усилиях актуо- и палеопалинологов, а также палеоэкологов могут помочь при решении многих сложных вопросов, связанных не только с адаптогенезом и эволюцией растений, но и с эволюцией нашей планеты в целом.

Ключевые слова: экологическое неблагополучие, тератоморфные пыльцевые зерна, палеопалинология, реконструкции палеопалинологических условий.

Возможности палинологического изучения разных этапов геологической истории Земли достаточно велики и далеко не исчерпаны. В настоящее время они сводятся преимущественно к разработке и уточнению общих и частных вопросов стратиграфии отложений, выяснению палеоэкологических условий их формирования; изучению эволюции отдельных таксонов растений, их ассоциаций, а также некоторых ландшафтных феноменов, в частности, разных типов болотных систем, пустынь и так далее. Велика роль палинологических данных и для правильного понимания и интерпретации археологических, биологических, геологических находок; некоторых природных явлений.

Весьма значительной представляется появившаяся возможность использовать палинологический материал для оценки качества окружающей среды современной и прошлых эпох, а также прогнозирования ряда природных явлений и вероятных изменений окружающей среды будущего. Разумеется, все это возможно при условии широкого, критического применения положений метода актуализма.

Уже неоднократно говорилось, что процессы формирования и развития пыльцы чувствительны к воздействию внешних факторов различной этиологии. [Бессонова, 1992;

Мейер-Меликян, Кифишина, 1993; Дзюба, 1993-2001, Глазунова, 1996, и др.]. Благодаря этому, исследуя морфологические особенности пыльцевых зерен, можно не только устанавливать наличие гаметопазогенных соединений в окружающей среде, но и давать сравнительную оценку загрязненности ими разных регионов и отдельных зон в пределах одного региона, не прибегая к традиционной методике прямого учета мутаций или к применению дорогостоящего, а иногда и труднодоступного оборудования

Для того чтобы исключить сомнения в объективности сказанного выше и правомочности использования морфологических особенностей строения пыльцевых зерен для индикации качества окружающей среды и экологического мониторинга, была исследована пыльца вида *Tilia cordata* Mill. – липа сердцевидная [Дзюба, 1995, 1999, 2006]. Пыльца собиралась с деревьев, произрастающих в Санкт-Петербурге, его рекреационной зоне и в Ленинградской области с 1892 по 1997 г. Использовались гербарные материалы Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН и кафедры ботаники Санкт-Петербургского (Ленинградского) государственного университета (1892-1994 гг.) и пыльца из собственных сборов (1990 - 1997 гг.). Методическая часть этой работы описана [Дзюба, 1995, С. 104-112]. Результаты сравнительного анализа показали: количество тератоморфной (уродливой, не типичной) пыльцы, продуцируемой липой сердцевидной, на территории исследования с 1892 по 1997 г. резко возросло. Если из образцов *T. cordata* 1892 г. удалось выделить 6,5 % патологически развитых пыльцевых зерен, то в 1996 г. уже - 44,8 - 64,0%, то есть - с 1892 по 1997 г. количество уродливых/нетипичных зерен возросло в 5 - 10 раз (в зависимости от места произрастания дерева). За тот же период заметно возросло и число типов тератоморф пыльцевых зерен, максимальное содержание которых выявлено в образцах, отобранных после 1956 г. Очевидно, что постоянно усугубляющееся, в первую очередь, вследствие увеличения техногенной нагрузки экологическое неблагополучие, влечет за собой ухудшение состояния генеративной сферы растений. В частности, развивается большое количество тератоморфных пыльцевых зерен.

Не менее интересными оказались результаты аналогичного исследования пыльцы видов *T. europaea* L. – липа европейская и травянистого растения - *Angelica sylvestris* L. – дудник лесной. За последние сто лет количество тератоморфных пыльцевых зерен *T. europaea* возросло в 5 - 12,5 раз, а *A. sylvestris* - в 6-10 раз [Дзюба, 1997].

В 1997 - 2006 гг. исследования были продолжены. Пыльца 25-ти видов растений исследовалась с помощью световой и сканирующей электронной микроскопии. Подробное описание результатов этих исследований изложено в статьях, опубликованных ранее [Дзюба,

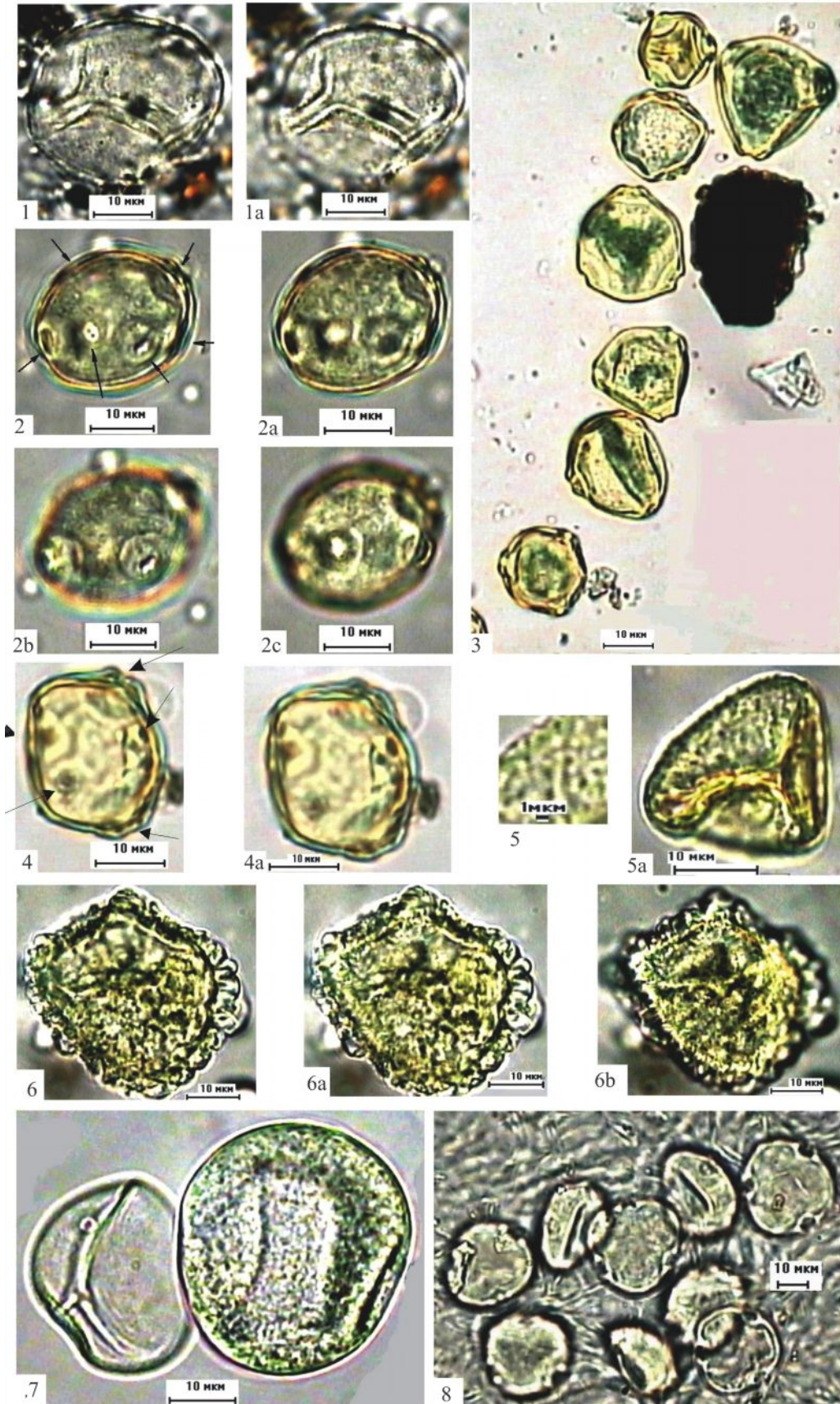
1999; Дзюба и др., 1999, 2001, 2006]. В целом, с помощью световой и сканирующей электронной микроскопии исследована пыльца 40 видов растений древесных и кустарниковых, анемофильных и энтомофильных; с нормальной сексуальностью и апомиктических. У всех видов под влиянием промышленных эмиссий изменяются размеры и форма пыльцевых зерен, количество, очертания и тип апертур, их размеры и расположение относительно друг друга. Главное, изменяются самые стабильные структуры пыльцевых зерен – скульптура поверхности спородермы, а также количество и толщина ее слоев. Максимальное количество (до 100%) патологически развитых и стерильных пыльцевых зерен у всех исследованных растений выявлено в районах экологического неблагополучия, то есть, подверженных наиболее значительному влиянию промышленных эмиссий.

Естественно, что тератоморфные пыльцевые зерна попадают из пыльников растений в воздушный бассейн, то есть в современные им аэропалинологические спектры [Dzyuba, Gorbovskaĵa, 2000; Северова, Кувыкина, Полева, 2001; Дзюба и др., 2004; Дзюба, 2006] (табл. 1, 2), а затем, вместе с пыльцевым дождем, выпадают на поверхность Земли, участвуя, таким образом, в формировании спорово-пыльцевых спектров (СПС) поверхностных проб, которые с течением времени приобретают статус палеопалинологических спектров – основных объектов изучения палинотрапиграфов.

Качество пыльцевых зерен давно заставляет обращать на себя внимание специалистов при реконструкциях палеоэкологических обстановок. Многие авторы [Сукачев, 1905, Гричук, 1950, Тюремнов, 1962, Березина, Тюремнов, 1973, Кондратене, 1976, Мусина, 1980, 1981, 1982, Мусина, Сахибгареев, 1981, 1982, 1984, Клейменова, Рыбалко 1995 и др.] отмечали, что реконструкции как наиболее древних, так и самых молодых экологических обстановок, сопряжены с определенными трудностями, связанными, по их мнению, со степенью устойчивости оболочек пыльцы и спор к процессам литогенеза. В морских отложениях важную роль играют изменения гидродинамического режима, являющиеся “основным фактором, обуславливающим различную сохранность пыльцы и спор в одновозрастных, однотипных породах” [Мусина, 1982, с. 19]. Безусловно, эти процессы играют важную роль в формировании палиноспектров, но относить их к ведущим допустимо далеко не всегда. Принято считать, что литогенезу соответствуют следующие типы нарушений пыльцевых зерен и спор:

1. Трещины,
2. Разрывы,
3. Изменение цвета оболочек,
4. Появление “стеклянного” блеска оболочек,
5. Уплотнение пыльцевых зерен и спор,
6. Точечные и ветвящиеся повреждения экзины.

Некоторые из тератоморфных зёрен, уловленных из воздушного бассейна Санкт-Петербурга с помощью пылеуловителя Брукарда



Подписи к табл. 1.

Рис. 1, 1а. Пыльцевое зерно (п.з.) *Populus cf. tremula* с тетрадным рубцом в виде 3-х лучевой окаймленной щели, обнаруженное в аэропалинологическом спектре 27.04.2006. Разные глубины резкости СМ.

Рис. 2, 2с. П.з. рода *Betula*, с 6-ю нетипично расположенными апертурами (стрелки), и грубой коротко-струйчатой скульптурой (рис. 2b), выделенное из воздушного аэрозоля 04.05.2006. Разные глубины резкости СМ.

Рис. 3. 7 п.з. *Betula sp.* В случайном поле зрения микроскопа, обнаруженные в воздушном спектре 19.05.2003 г.

Рис. 4-4а. 5- апертурное (см.стрелки) п.з. *Betula sp.* Спектр 06.05.2003 г.

Рис. 5. Трехслитнобороздное (?) карликовое п.з. *Quercus sp.* из аэропалинологического спектра 25.05.2006 г.

Рис. 5а. Фрагмент того же п.з. Видна характерная для рода *Quercus* скульптура поверхности п.з.

Рис. 6-6b. П.з. *Pinus sp.* из спектра 01.06.2006. Редукция воздушных мешков (стрелки). Петлеобразное разрастание экзины щита.

Рис. 7. 2 п.з. *Poaceae gen.indet.* Одно из п.з. явно стерильное – в нем отсутствует внутреннее содержимое и на его поверхности отчетливо просматривается трехлучевой «тетрадный рубец». Воздушный спектр 04.07.2003 г.

Рис. 8. П.з. *Tilia sp.* В случайном поле зрения микроскопа. Аэропалинологический спектр 18.07.2004 г.

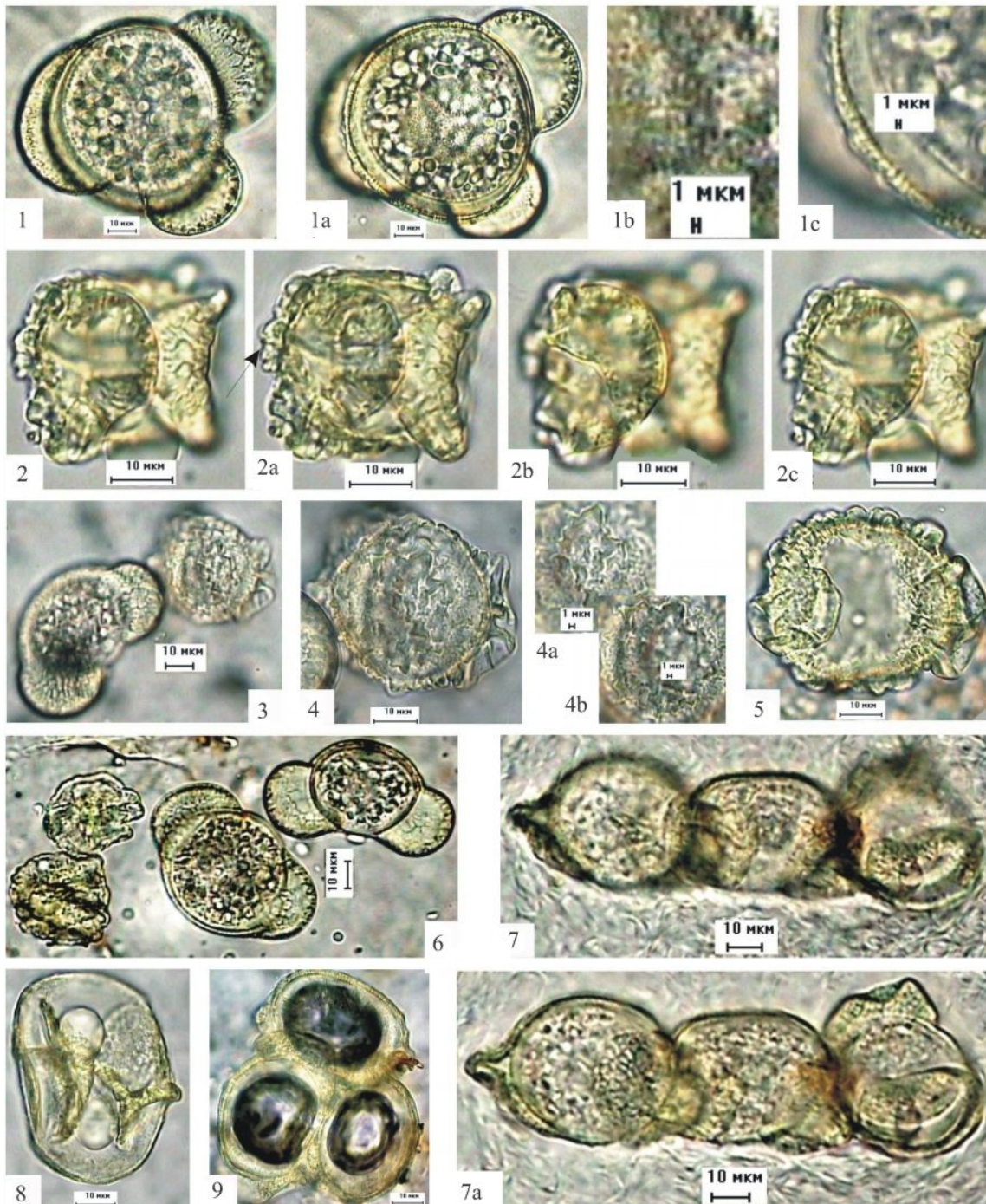
Однако, такие же и еще более серьезные нарушения пыльцевых зерен встречаются, при определенных обстоятельствах, и у современных растений (в зрелых пыльниках), задолго до начала процесса фоссилизации. Вызвано это, разумеется, не условиями литогенеза, а дестабилизацией окружающей среды, провоцирующей стрессовые состояния растений [Дзюба, 1996, 1999-2001].

Ананова Е.Н., еще в 1966 г. указывала на наличие в спектрах недоразвитых и дефектных (тератоморфных) пыльцевых зерен, не несущих следов механического повреждения. Появление такой пыльцы автор связывала с суровостью климата во время накопления осадков [Ананова, 1966, с. 21], то есть, не с условиями фоссилизации, а с определенными условиями экологической дестабилизации среды обитания растений.

Принимая во внимание тот факт, что пыльца может служить индикатором состояния окружающей среды, автором была сделана попытка применить аналогичный подход к исследованию субрецентной пыльцы, выделенной из археологического раскопа поселения Хачево (Псковская область, конец X века н. э.) [Еремеев, Дзюба, 1998]. Результаты палинологического анализа оказались весьма любопытными. Жители поселения занимались совершенно безобидным (по сравнению с современными производствами) земледелием¹.

¹ В пыльцевых спектрах всех образцов велико участие злаков (сем. *Poaceae*) (от 31,4 до 32,5%), причем содержание пыльцы культурных злаков (р. *cf. Secale* -, и р. *cf. Triticum* - пшеница) достигает 36,1 - 40,8% от общего количества злаков. На фоне этого выявлены пыльцевые зерна василька синего (*Centaurea cyanus* L.) - от 1 до 5 %, как правило, сопутствующего посевам культурных злаков. Удалось установить и наличие спектрах пыльцевых зерен гречихи посевной *Fagopyrum cf. esculentum* - от 0,7 до 4,4%.

Некоторые из тератоморфных пыльцевых зёрен *Pinus sylvestris* L., уловленных из воздушного аэрозоля Санкт-Петербурга с помощью пыльцеуловителя Брукарда 06.2006 г.



Подписи к табл. 2.

Рис. 1, 1а. Трехразномешковое пыльцевое зерно (п.з.), снятое на разных глубинах резкости светового микроскопа.

Рис. 1b. Фрагмент поверхности щита того же зерна.

Рис. 1с. Оптический срез края щита того же п.з.

Рис. 2 - 2с. Двухразномешковая п.з. С неравномерно разросшейся экзиной в области щита (стрелка). Разные глубины резкости СМ.

Рис. 3. 2 п.з. в поле зрения СМ – 1 типичное, второе – перисаккатное.

Рис. 4. Перисаккатное п.з. с рис.3.

Рис. 4а – 4б. Фрагменты поверхности того же п.з.

Рис. 5. П.з. с сильно редуцированными мешками и разросшейся экзиной в области щита.

Рис. 6. 4 п.з. сосны в поле зрения СМ – из них карликовые перисаккатные.

Рис. 7, 7а. Линейная триада (возможны фрагменты полиады) п.з. сосны с сильной редукцией мешков.

Рис. 8. П.з. с сильно редуцированными мешками, на одном из которых хорошо виден тетрадный рубец.

Рис. 9. Тератоморфная триада п.з. видно, что п.з. обращены внутрь триады областями лептом, а на щитов (как бывает в норме).

По всей видимости, территории для этого жизненно необходимого занятия расчищались посредством выжигания близлежащих смешанных лесов. Подтверждением этого предположения, с нашей точки зрения, может служить следующее.

Практически все пыльцевые зерна в образцах (особенно пыльца древесных пород) имеют очень плохую сохранность несмотря на хорошие условия захоронения и сравнительно молодой возраст осадков. Нарушения пыльцевых зерен из исследованных образцов аналогичны нарушениям пыльцы тех же видов современных растений специально подвергнутых высокотемпературной обработке в муфельной печи (900°C). У одних пыльцевых зерен отсутствуют отдельные элементы скульптуры поверхности экзины. Экзина других сильно истончена; в ряде случаев отсутствуют целые слои спородермы (роды *Tilia*, *Chamaenerion* - иван-чай, *Alnus* - ольха).

Пыльцевые зерна из раскопов и современная пыльца (тех же видов), подвергнутая высокотемпературной обработке, исследованы и с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). Установлено: поверхность как современной, так и субрецентной пыльцы изменена однотипно: ультраструктурные элементы сильно сглажены. С нашей точки зрения, это еще раз подтверждает предположение о лесных пожарах, связанных, скорее всего, с хозяйственной деятельностью человека.

Самое интересное, что в спектрах удалось выявить большое количество тератоморфной пыльцы. В частности, пыльца представителей рода *Tilia* (табл. 3) характеризуется диссимметрией зерен; изменением апертурного аппарата как в количественном, так и в качественном отношении; зафиксированы карликовость (э.д. = 14,6 мкм) и гигантизм (э.д. = 56 мкм) пыльцевых зерен. Все перечисленные нарушения, естественно не могли возникнуть вследствие плохих условий фоссилизации или механического воздействия на них.

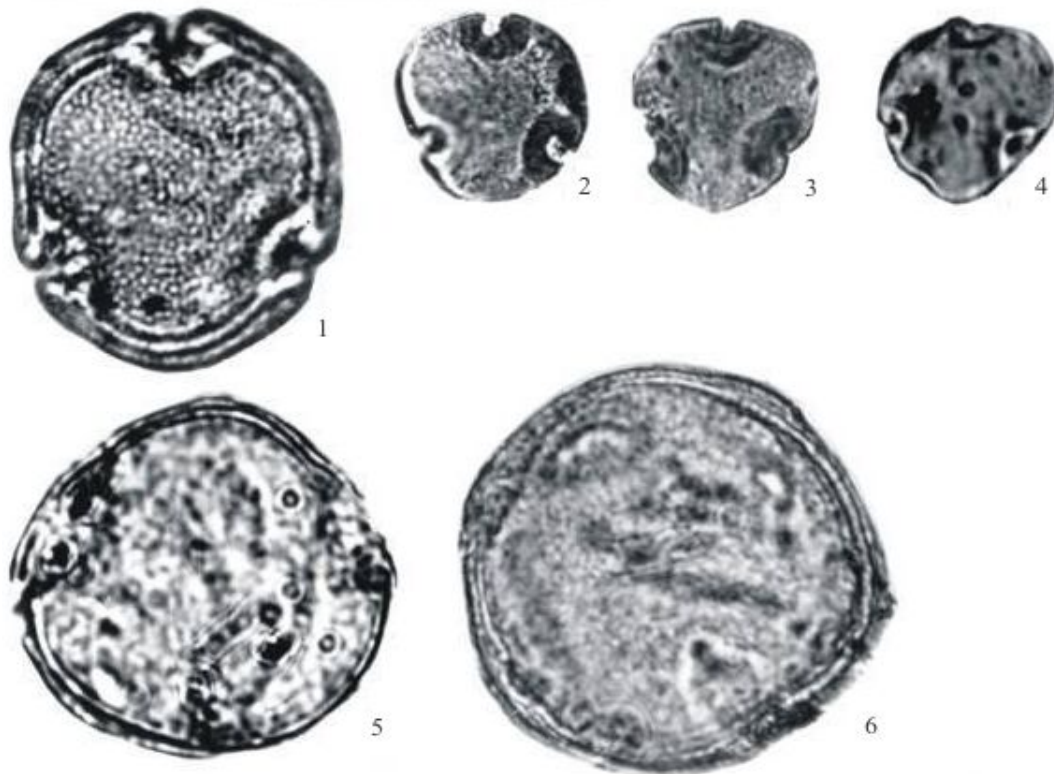
Как было показано выше, пыльца представителей р. *Tilia* является хорошим индикатором состояния окружающей среды. В настоящее время промышленные эмиссии, особенно транспортный выхлоп (в первую очередь, входящий в его состав, бенз(а)пирен),

негативно влияют на процессы формирования и развития пыльцевых зерен. В процессе горения лесов так же выделяется большое количество полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), в том числе бенз(а)пиренов (аналогичных таковым из современного автотранспортного выхлопа).

Таким образом, наличие тератоморфной пыльцы в изученных спектрах, вероятнее всего, является еще одним подтверждением наличия хозяйственной деятельности человека, связанной, в данном случае, с расчисткой территорий для земледелия посредством выжигания лесов.

Таблица 3

Микрография пыльцевых зерен рода *Tilia*, выделенных из культурного слоя поселения X века н.э., жители которого занимались подсечным сельским хозяйством (фиг. 5) и современного тератоморфного пыльцевого зерна вида *T. cordata*, выделенного из пыльника растения с Большого проспекта Васильевского острова Санкт-Петербург (фиг. 6). Сбор 1992 г. СМ.



Подписи к табл. 3.

Рис. 1. Нормально развитое пыльцевое зерно. $\times 1200$.

Рис. 2. - 4. Обгоревшие пыльцевые зерна $\times 1200$.

Рис. 5. Тератоморфное пыльцевое зерно $\times 1000$.

Рис. 6. Тератоморфное пыльцевое зерно, сформировавшееся в условиях сильного загрязнения окружающей среды транспортным выхлопом, т.е., прежде всего, бенз(а)пиренами, которые выделяются и во время горения лесов $\times 1000$.

Результаты нашего исследования пыльцы из торфяных отложений голоценового возраста подтверждают тот факт, что максимальное количество тератоморфной пыльцы

фиксируется в периоды экологической дестабилизации - на рубежах разных палеоклиматических периодов (в частности: PB/BO, BO3/ATL1, ATL1/ ATL2, ATL2/ATL3, SA1/SA2). Об этом же явлении, но для более древних отложений, писала А.А. Чигурьева: "...изменение физико-географических условий сопровождается образованием у растений аномальных пыльцевых зерен ... наиболее часто находки таких пыльцевых зерен приходится на переходные периоды (рэт-лейас, нижний миоцен, верхний олигоцен, верхнетретичный, позднеледниковый)" [Чигурьева, 1970, с. 86]. Экологическая стабилизация состояния окружающей среды характеризуется резким сокращением количества тератоморфной пыльцы.

Данные, полученные С.А. Афониним при изучении палинологического комплекса из пограничных отложений Перми и триаса Московской синеклизы, также говорят о том, что появление тератоморфных зерен в палеопалинологических спектрах связано с резкими изменениями в окружающей среде и приурочено к определенным событийным уровням [Афонин, 2003].

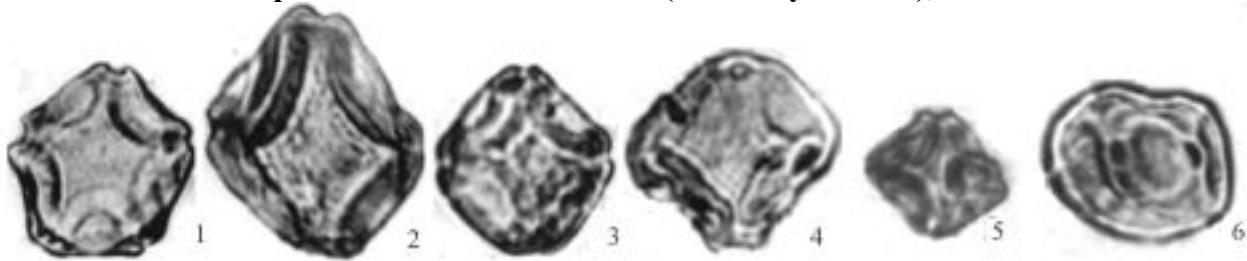
О том же свидетельствуют и наши результаты палиноморфологического изучения керн из отложений эоцен-верхнемиоценового возраста Западной Камчатки, вскрытых параметрической скв. № 1, пробуренной на Кшукской антиклинали [Дзюба, Тарасевич, Маргулис, Пылина, 2002, 2004; Дзюба, 2006]. В результате проведенной работы удалось установить, что с помощью традиционного спорово-пыльцевого анализа сложно получить хотя бы относительно полноценную информацию о последовательности седиментации осадков в районе исследования, а, значит, и делать выводы, связанные с выявлением событийных уровней и уточнением их границ. В первую очередь это связано с крайне низкой насыщенностью образцов микрофоссилиями и их плохой сохранностью. Попытка же подойти к исследованию материала с позиций палиноморфологии и палиноиндикации качества окружающей среды, подтвержденная независимыми данными геофизики, помогла получить интересную информацию. В оптимальных условиях существования, пыльца имеет определенные видоспецифические особенности строения. В условиях дестабилизации среды растения продуцируют много тератоморфных (уродливых) и стерильных пыльцевых зерен. Чем хуже экологическая обстановка, тем больше тератоморфной пыльцы продуцируется растениями. В исследованном материале (*в палиносpekтрах*), не смотря на плохую сохранность пыльцы, удалось зафиксировать относительно большое количество *тератоморфных* пыльцевых зерен. В частности, пыльца представителей рода *Alnus* Hill.² -

² Пыльца данного таксона представлена во всех отложениях, миоценового возраста, вскрытых скважиной.

характеризуется диссимметрией зерен; изменением скульптурных элементов, изменениями апертурного аппарата; зафиксированы карликовость и гигантизм пыльцевых зерен (табл. 4).

Таблица 4

Микрофотографии пыльцевых зёрен р. *Alnus* из отложений эоцен-верхнемиоценового возраста Западной Камчатки (скв. Кшукская-1), х600



Подписи к табл. 4.

Рис. 1. Нормально развитое п.з.

Рис. 1. –5. Вид п.з. с полюса.

Рис. 2 – 6. Тератоморфные п.з.

Рис. 6. Вид п.з. с экватора.

Пыльца современных представителей рода *Alnus* является индикатором состояния окружающей среды. Значит, наличие тератоморфных пыльцевых зерен данного вида в изученных палеопалиноспектрах, вероятнее всего, является одним из показателей дестабилизации среды обитания растений, продуцировавших ее.

В изученном материале тератоморфные пыльцевые зерна выявлены на границах этолонской (N^2_1) и какертской (N^2_1), какертской и кулувентской (P^2_3), вивентекской и утхолокской (P^2_3) свит. Это подтверждает обоснованность выделения и событийную природу границ местных стратонев. Указанные палеоэкологические рубежи характеризуются резкими изменениями уровня моря, ведущими к смене климата и всего ландшафтного облика региона.

Кроме того, выявлено достаточно большое количество тератоморфных пыльцевых зерен в середине эрмановской свиты / N^3_{1er} /: в четырёх образцах, отобранных последовательно из интервала глубин 1087 –1094 м. Казалось бы, этот факт ставит под сомнение наше предположение о том, что палиноморфологические исследования могут помочь при решении сложных вопросов, связанных с выделением событийных уровней и, тем более, уточнением их границ. В действительности же выяснилось, что результаты изучения морфологических особенностей пыльцевых зерен подтвердили данные геолого-геофизических исследований. Именно в это время (интервал глубин 1087 –1094 м), в регионе, происходили какие-то сложные процессы, возможно связанные с активизацией вулканической деятельности, что и отразилось на репродуктивной сфере растений,

произраставших там. Этот событийный рубеж очень четкий и на него следует обратить внимание стратиграфам, тем более, что он отчетливо выражен на каротаже. Именно в этом интервале глубин зарегистрированы отложения, насыщенные лигнитами (рис. 1).

В ряде случаев зафиксировать тератоморфные пыльцевые зерна, там, где согласно нашим предположениям, они должны были быть, не удалось, с нашей точки зрения, это можно объяснить в первую очередь тем, что:

- ◆ образцы керна отбирались с большими интервалами (100 –250 м);
- ◆ насыщенность всех, в том числе и “пограничных” образцов чрезвычайно низка: в ряде случаев, в сумме не более 20 пыльцевых зерен и спор на 4-6 предметных стеклах;
- ◆ сохранность палинологических объектов крайне плохая, что свидетельствует о сложных условиях их fossilization. Очевидно, что среда, в которой шло захоронение микрофитофоссилий, была достаточно агрессивной по отношению к ним. Даже устойчивая к воздействию концентрированных неорганических кислот составляющая оболочек нормально развитой пыльцы и спор в процессе fossilization разрушалась (частично, а иногда, возможно, и полностью). Оболочки тератоморфной пыльцы в таких условиях, скорее всего, дефрагментировались первыми. Дело в том, что у тератоморфных пыльцевых зерен, в большинстве случаев изменяются не только морфологические структуры, но и их биохимические свойства. При этом неизбежно меняется и прочность оболочек.

Таким образом, благодаря проведенным исследованиям удалось подтвердить правильность выделения границ некоторых стратиграфических подразделений по геологическим материалам (рис. 2, 3), уточнить их границы в отложениях миоценового возраста Камчатки и выявить в средней части одной из свит миоцена период значительной дестабилизации окружающей среды, связанной скорее всего, с усилением вулканической деятельности в регионе. При этом, благодаря выявлению тератоморфных пыльцевых зерен в палеопалиносpectрах, удалось решить эту проблему, не смотря на чрезвычайно низкую насыщенность образцов микрофоссилиями и очень плохую сохранность последних.

В заключение, на фоне всего выше сказанного, следует обратить внимание, на следующее. Выполняя подобные работы, необходимо помнить о репрезентативности анализируемого материала. Кроме того, выбирая таксоны-палиноиндикаторы для исследования, необходимо иметь информацию о том, насколько велик естественный полиморфизм пыльцы этих таксонов.

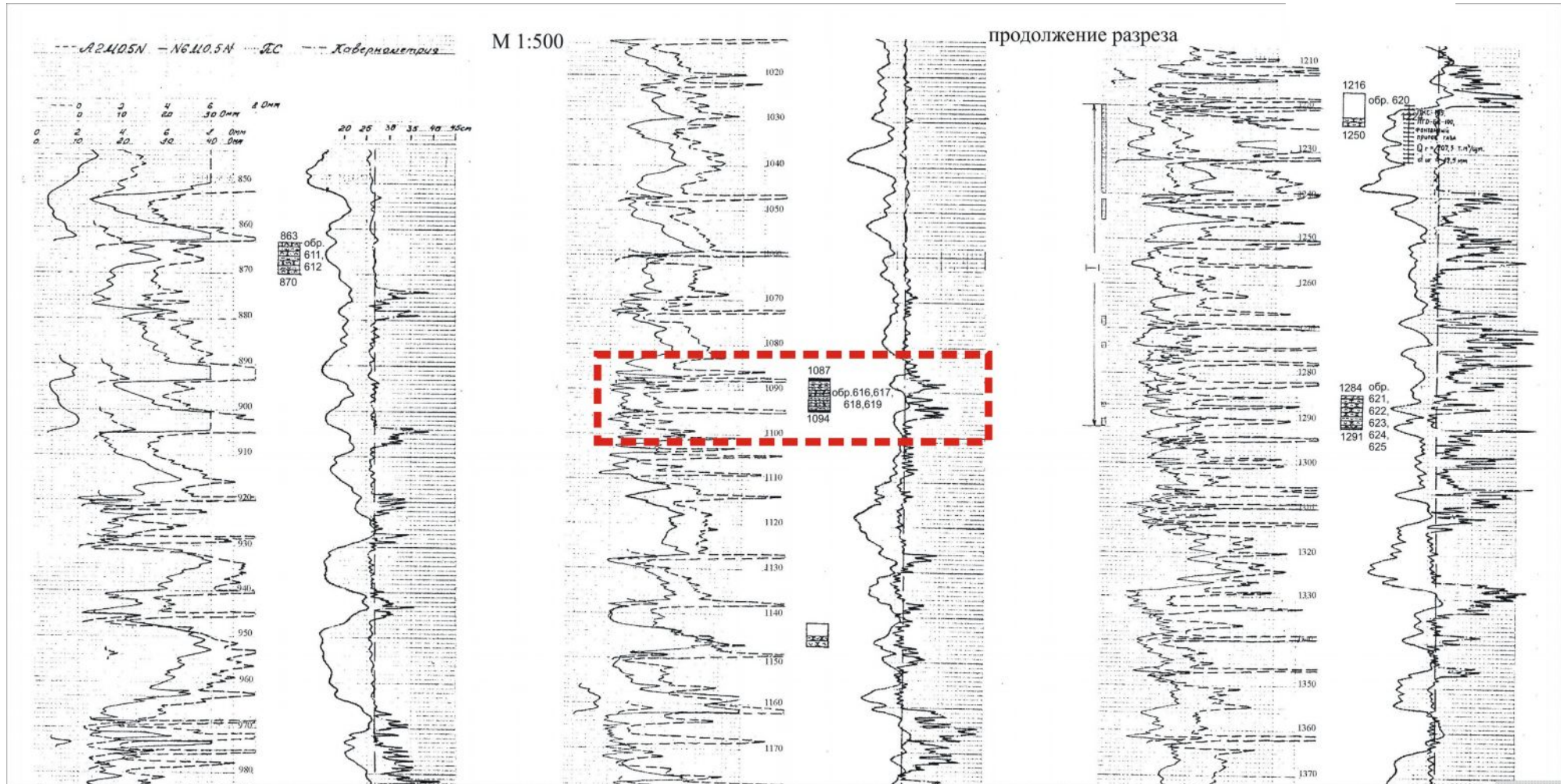


Рис. 1. Каротажная диаграмма скважины Кшукская 1. Положение и номера образцов эрмановской свиты, содержащих максимальное количество тератоморфных пыльцевых зерен разных таксонов, отмечены пунктирной линией красного цвета.

| Необраза | глубина (м) | СИСТЕМА | ОУДЕЛ | ГОРЮДЕЛ | СВЛА | ПАЛИНО | ТАКСОНЫ РАСТЕНИЙ | | |
|----------|-------------|------------|--------------|----------|---------|---------------------|--|--------------|--------|
| | | | | | | | | Палеогеновая | Миоцен |
| 1K | 863-870 | НЕОГЕНОВАЯ | ПАЛЕОГЕНОВАЯ | ОЛИГОЦЕН | СРЕДНИЙ | ИТЫНСКАЯ-КАКЕРТСКАЯ | <i>Osmunda, Tsuga, Picea, Pinus, Betula, Alnus, Juglandaceae</i> | | |
| 2K | 986-994 | | | | | | | | |
| 4K | 986-994 | | | | | | | | |
| 5K | 988-994 | | | | | | | | |
| 6K | 1087-1094 | | | | | | | | |
| 7K | 1087-1094 | | | | | | | | |
| 8K | 1087-1094 | | | | | | | | |
| 9K | 1087-1094 | | | | | | | | |
| 10K | 1216-1224 | | | | | | | | |
| 11K | 1284-1291 | | | | | | | | |
| 12K | 1284-1291 | | | | | | | | |
| 13K | 1284-1291 | | | | | | | | |
| 14K | 1284-1291 | | | | | | | | |
| 15K | 1284-1291 | | | | | | | | |
| 16K | 1409-1416 | | | | | | | | |
| 17K | 1499-1506 | | | | | | | | |
| 18K | 1499-1506 | | | | | | | | |
| 19K | 1558-1565 | | | | | | | | |
| 20K | 1558-1565 | | | | | | | | |
| 21K | 1632-1639 | | | | | | | | |
| 22K | 1745-1752 | | | | | | | | |
| 23K | 1745-1752 | | | | | | | | |
| 24K | 1745-1752 | | | | | | | | |
| 25K | 1797-1804 | | | | | | | | |
| 26K | 1797-1804 | | | | | | | | |
| 27K | 1877-1885 | | | | | | | | |
| 28K | 1997-2005 | | | | | | | | |
| 29K | 1997-2005 | | | | | | | | |
| 30K | 2055-2060 | | | | | | | | |
| 31K | 2055-2060 | | | | | | | | |
| 32K | 2078-2083 | | | | | | | | |
| 33K | 2122-2130 | | | | | | | | |
| 34K | 2122-2130 | | | | | | | | |
| 35K | 2248-2253 | | | | | | | | |
| 36K | 2253-2255 | | | | | | | | |
| 37K | 2337-2338 | | | | | | | | |
| 38K | 2527-2533 | | | | | | | | |
| 39K | 2475-2515 | | | | | | | | |
| 40K | 2571-2577 | | | | | | | | |
| 41K | 2666-2674 | | | | | | | | |
| 42K | 2666-2674 | | | | | | | | |
| 43K | 2807-2812 | | | | | | | | |
| 44K | 2847-2854 | | | | | | | | |
| 45K | 2847-2854 | | | | | | | | |
| 46K | 2902-2909 | | | | | | | | |
| 47K | 2936-2940 | | | | | | | | |
| 48K | 3032-3037 | | | | | | | | |
| 49K | 3099-3106 | | | | | | | | |
| 50K | 3106-3111 | | | | | | | | |
| 51K | 3238-3241 | | | | | | | | |
| 52K | 3291-3296 | | | | | | | | |

Рис. 2. Результаты палинологического исследования отложений Западной Камчатки, вскрытых скважиной Кущукская 1

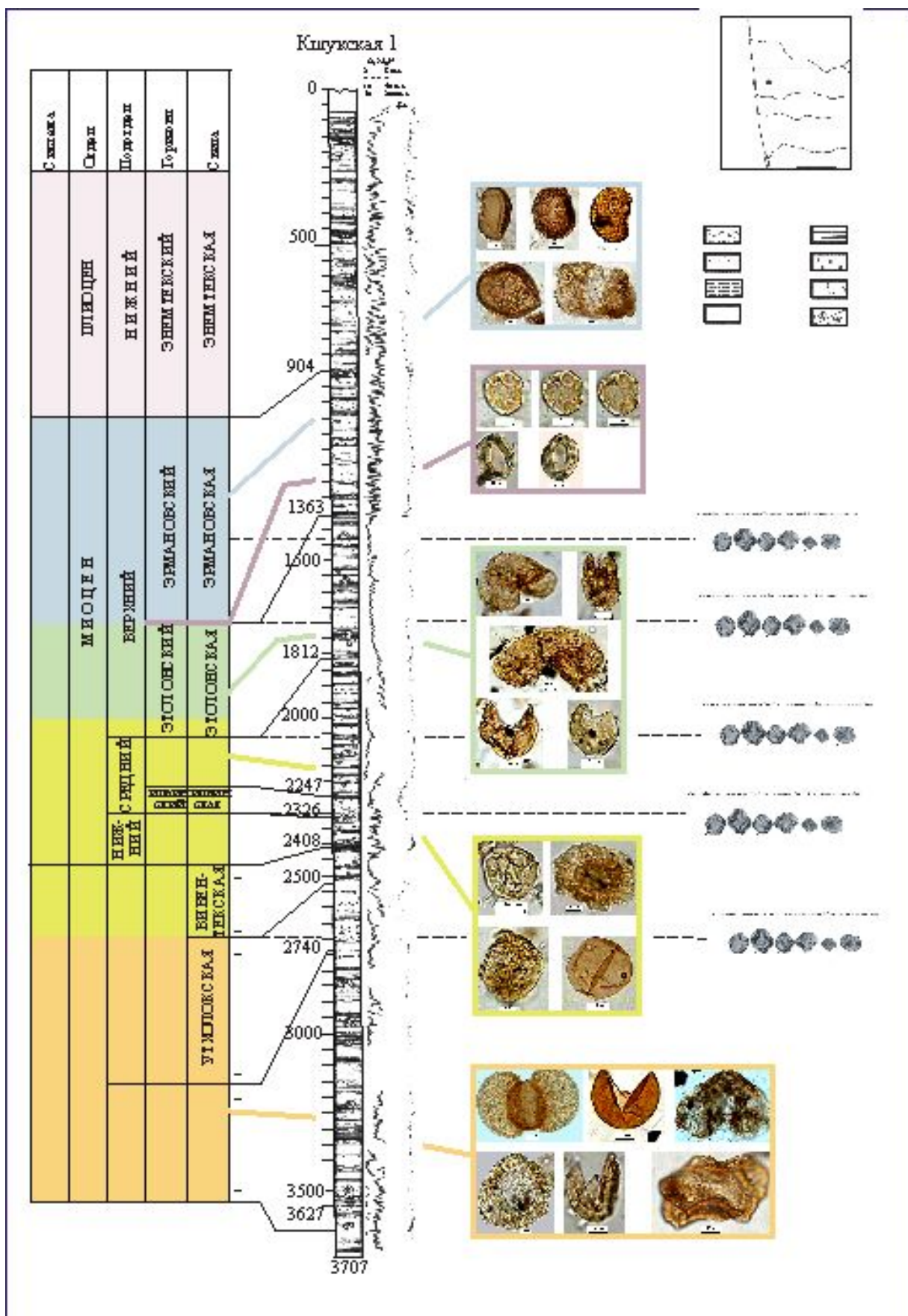


Рис. 3. Разрез отложений палеоген- неогенового возраста, вскрытых Кшукской скважиной 1

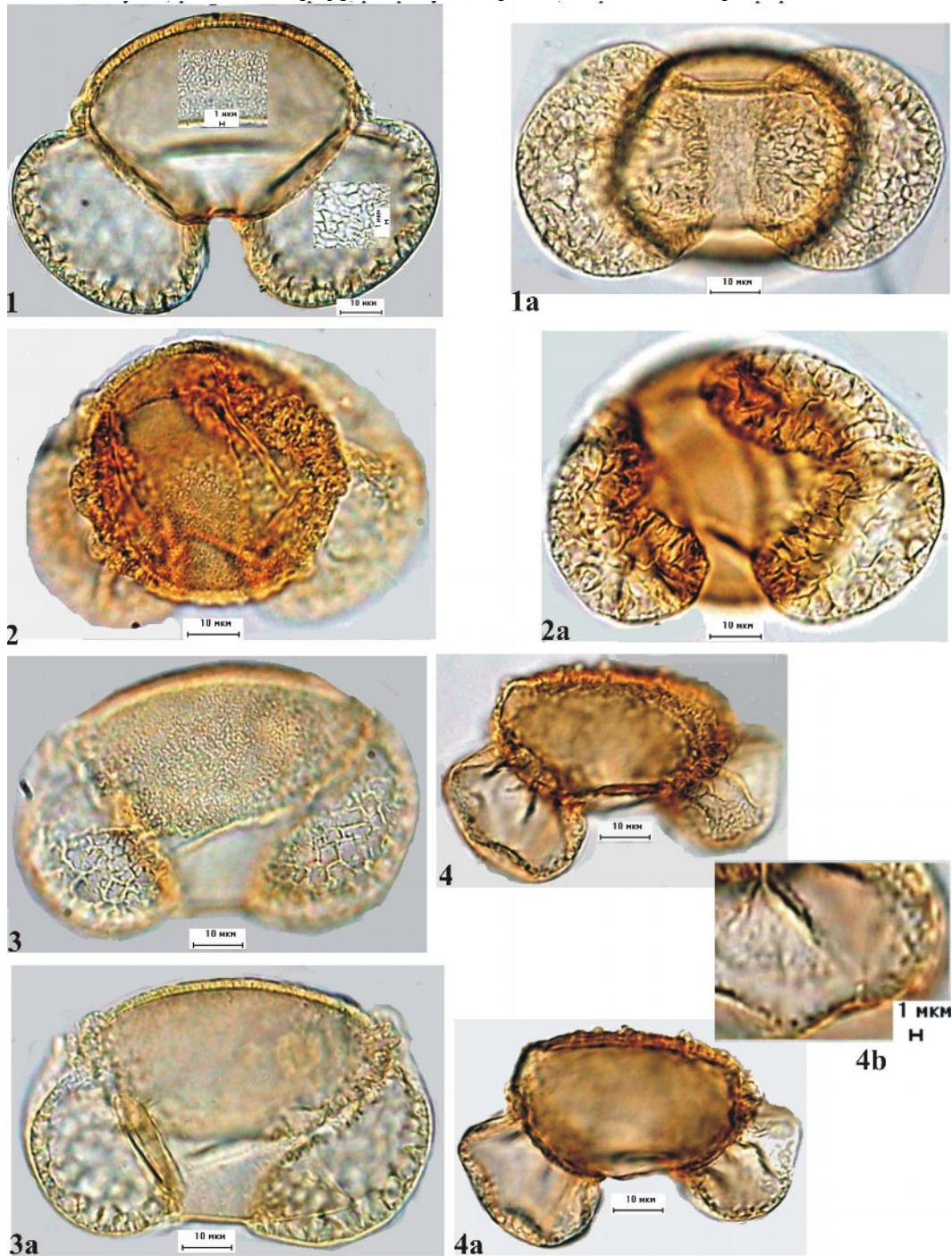
В качестве пояснения приведу следующий пример.

Характерные особенности пыльцевых зерен представителей рода *Pinus* (сосна) позволяют без особых затруднений регистрировать их в больших количествах в отложениях разного возраста и генезиса, что привело нас к мысли провести детальное исследование современной пыльцы вида *Pinus sylvestris* L. [Дзюба, Куликова, Токарев, 2005].

Изучалась пыльца, отобранная с деревьев, произрастающих в Санкт-Петербурге и его рекреационной зоне с 1883 по 1924 г. (гербарные материалы Ботанического института РАН им. В.Л. Комарова - LE), а также в условиях Санкт-Петербурга и его области, (Сосновый Бор город - спутник Ленинградской атомной электрической станции /ЛАЭС/) и в зоне отчуждения Чернобыльской атомной электрической станции (ЧАЭС). Результаты исследования пыльцы *P. sylvestris* L. из гербарного материала, показали, что пыльцевые зерна этого вида полиморфны даже в условиях относительного экологического благополучия (1883 –1924 гг.). Все выделенные нетипичные/тератоморфные зерна удалось объединить в семь групп (морфотипов). Выделенные даже из одного микростробила пыльцевые зерна, сильно отличаются от типичных/нормально развитых. Некоторые пыльцевые зерна сосны обыкновенной настолько отличаются от общепринятой нормы по своим морфологическим характеристикам, что их можно ошибочно диагностировать, как пыльцевые зерна других таксонов (в том числе и регистрируемых палеопалинологами в отложениях мезозойского возраста) (табл. 5-7). Это двухмешковые пыльцевые зерна с недоразвитыми воздушными мешками типа «*Microcachryidites*» (табл. 7, рис. 4-4b); одномешковые, с полусферическим мешком типа «*Protopodocarpus*» (табл. 6, рис. 4-4a); двухмешковые зерна типа «*Haploxylon*» (табл. 7, рис. 3-3a); одномешковые - типа «*Tsuga*» (табл. 6, рис. 1-1a). Тем не менее, содержание тератоморфных пыльцевых зерен, в образцах из гербарного материала не превышает 3-7% от общего числа исследованных зерен.

На территории города-спутника ЛАЭС и в зоне отчуждения ЧАЭС полиморфизм пыльцы того же вида усиливается до 80-100%, здесь это явление уже правильнее называть тератоморфозом. Общая тенденция тератоморфоза – измельчение (нанизм) и утолщение экзины тела пыльцевых зерен. Кроме того, выявлены уже далеко не единичные, как в образцах 1883 – 1924 гг., формы с морфологическими признаками, свойственными пыльцевым зернам голосеменных растений прошлых эпох. На указанных территориях зарегистрированы формы перисаккатные, стриатные, с редуцированными и сближенными мешками.

Различные морфотипы пыльцевых зерен вида *Pinus sylvestris* L., продуцированных в условиях Санкт-Петербурга и Ленинградской области в разные годы

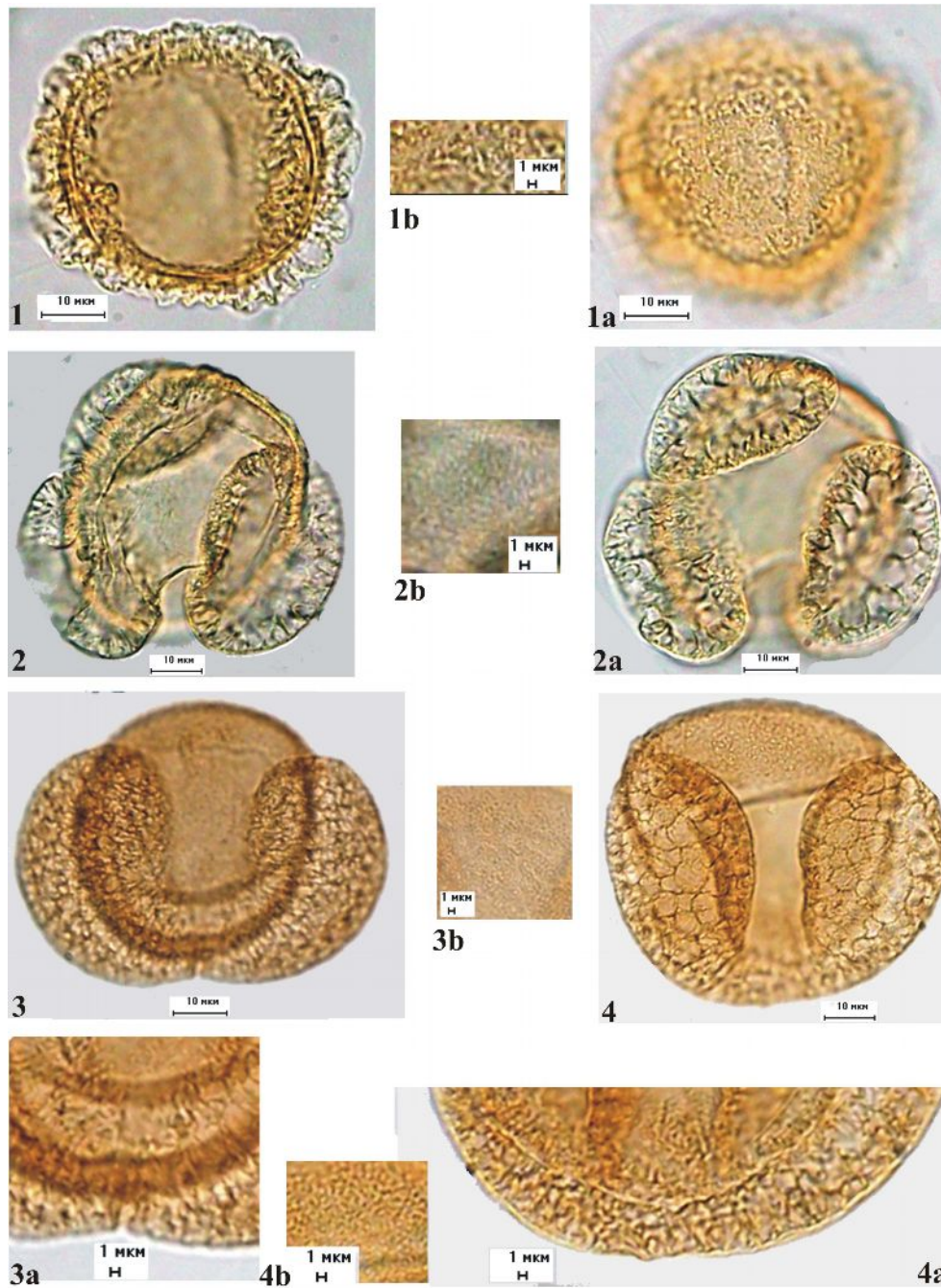


Подписи к табл. 5.

рис. 1, 1а – обр. 3 г., репродукция 1883 г., Санкт – Петербург; рис. 2, 2а, 3, 3а – обр. 1 г., репродукция 1918 г., Лужский уезд; рис. 4 – 4б – обр. 4 г, репродукция 1912 г., окрестности Сестрорецка

Рис. 1 – 1а. Типичное (нормально развитое) пыльцевое зерно: 1 – экваториальное положение; 2 – полярное положение (вид с дистального полюса). **Рис. 2, 2а.** Двухразномешковое пыльцевое зерно. Полярное положение. Разные глубины резкости СМ. **Рис. 3 – 3а.** Пыльцевое зерно типа «*Haploxyton*». Экваториальное положение. Разные глубины резкости СМ. **Рис. 4-4а.** Пыльцевое зерно с недоразвитыми мешками. Тип «*Pinus minutisaccus*» (экваториальное положение). Разные глубины резкости СМ. **Рис. 4б.** Фрагмент мешка того же зерна.

Различные морфотипы пыльцевых зерен вида *Pinus sylvestris* L., продуцированных в условиях Ленинградской области (Петроградской губернии) в разные годы.

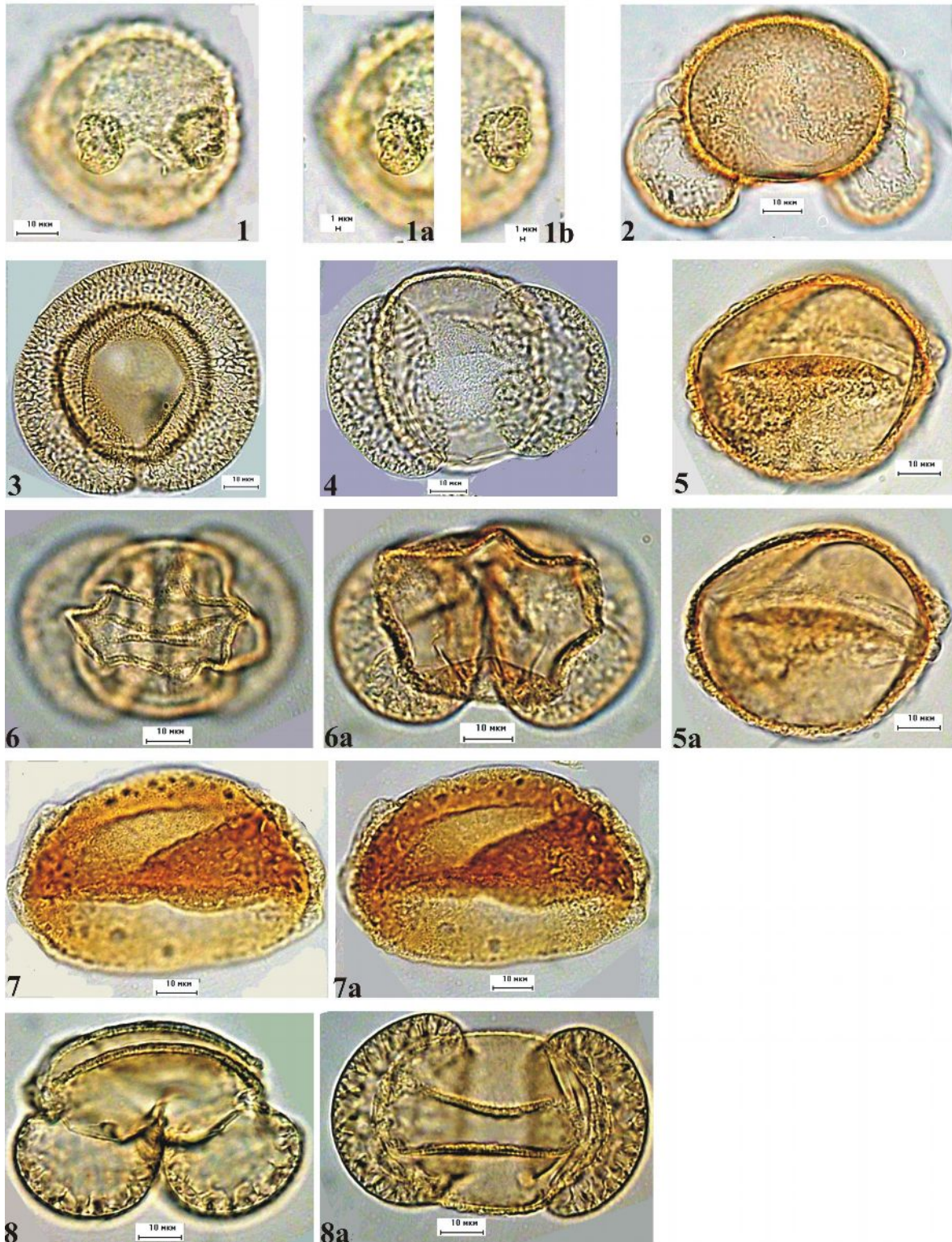


Подписи к табл. 6.

рис. 1 – 2b. – обр. 1 г., репродукция 1918 г., Лужский уезд; рис. 3 – 4a – обр. 5 г., Репродукция 1924 г., Лужский уезд.

Рис. 1 – 1a. Одномешковое пыльцевое зерно. Тип «*Tsuga*». **Рис. 1b.** – фрагмент поверхности того же зерна. **Рис. 2, 2a.** Трехразномешковое пыльцевое зерно. Вид с дистального полюса. Разные глубины резкости микроскопа. **Рис. 2b.** – Фрагмент поверхности тела того же зерна. **Рис. 3a.** Фрагмент того же зерна в области «сближения» мешков **Рис. 3b.** Фрагмент поверхности тела того же зерна. **Рис. 4.** Одномешковое пыльцевое зерно (мешок полусферичекий) типа «*Protopodocarpus*». **Рис. 4a.** Фрагмент мешка того же зерна (зона предполагаемого слияния мешков). **Рис. 4b.** Фрагмент поверхности тела того же зерна.

Различные морфотипы пыльцевых зерен вида *Pinus sylvestris* L., продуцированных в 1998 г.



Подписи к табл. 7.

рис. 1 – 2 - в условиях города-спутника ЛАЭС Сосновый Бор (Ленинградская область); рис. 3 – 8а - зоны отчуждения ЧАЭС.

Рис. 1 – 1b. Тип “*Minutisaccus*”. **Рис.2.** Тип “*Microcachrydites*”. **Рис.3.** Тип “*Heliosaccus dimorphus*”
Рис. 4.Тип “*Taeniaesporites krauseli*”. **Рис.5 – 5а.** Тип “*Ovalipollis grebeae*”. **Рис. 6 – 6а.** Тип
“*Paleoconiferus rugate*”. **Рис. 7 – 7а** Тип “*Ovalipollis ovallis*”. **Рис. 8- 8а** Тип “*Luecisporites virkkiae*”.

В частности, двухмешковые пыльцевые зерна с недоразвитыми воздушными мешками типа «*Pinus minutisaccus*»; двухмешковые зерна типа «*Haploxylon*» (табл. 5), двухмешковые с разнонаправленными складками на щите типа «*Paleoconiferus rugate*»; двухмешковые со щелью на щите типа «*Luekispurites vikkae*»; пыльцевые зерна с продольной складкой на теле и редуцированными воздушными мешками типа «*Ovalipollis ovalis*» и типа «*Ovalipollis grebeae*»; двухмешковые пыльцевые зерна с двумя широкими ребрами на проксимальной стороне тела типа «*Quadraeculina anellaeformis*» зерна с двумя редуцированными воздушными мешками типа «*Minutosaccus gracilis*»; одномешковые, с полусферическим мешком типа «*Protopodocarpus*»; одномешковые (перисаккатные) типа «*Tsuga*» и одномешковые пыльцевые зерна типа «*Heliosaccus dimorphus*» (табл. 7, рис. 1-8а). Легко ошибиться в диагностике пыльцевых зерен такого типа, особенно, при изучении субфоссильной пыльцы. Если для решения некоторых глобальных проблем стратиграфии такие моменты могут оказаться и не очень существенными, то при решении проблем палеопалинологии, связанных с эволюционными построениями, а также вопросов экологического характера они могут сыграть важную роль. Тем более что в условиях агрессивной окружающей среды (экологическая дестабилизация) полиморфизм пыльцы значительно усиливается, перерастая в тератоморфоз. Экологическая стабилизация, наоборот, характеризуется резким сокращением количества тератоморфных пыльцевых зерен.

Как видим, знание особенностей морфологии пыльцевых зерен, продуцированных современными растениями в разных экологических условиях, может помочь воссоздать эволюцию природных обстановок, проследить, как они сменяли друг друга, а, со временем, и понять какие именно природные (и/или антропогенные) факторы стимулировали эти процессы. Все это возможно благодаря постоянному присутствию на земной поверхности растительного покрова, его высокая споровая и пыльцевая продуктивность, а так же способность растений и их ассоциаций специфически реагировать практически на любые изменения, происходящие в окружающей среде.

Литература

Ананова Е.Н. О недоразвитой пыльце в плейстоценовых отложениях // Комиссия по изучению четвертичного периода. 1966. №32. С. 18-22.

Березина Н.А. Некоторые факторы, определяющие формирование спорово-пыльцевого спектра и использование анализа при геоботанических исследованиях. Автореф. канд. дисс. - М.: МГУ. 1969, 24 с.

Березина Н.А., Тюремнов С.Н. Использование спорово-пыльцевого анализа почв при палеофитологических исследованиях // Вестн. МГУ. Сер. биол., почвовед. 1973. №3. С.65-70.

Бессонова В.Н. Состояние пыльцы как показатель загрязнения Среды тяжелыми металлами // Экология. Екатеринбург, 1992. № 3. С. 45-50.

Глазунова К.П. Нарушения типичного строения пыльцевых зерен *Tussilago farfara* L. (Compositae) // Палинология в биостратиграфии, палеоэкологии и палеогеографии. М., 1996. С. 35-36.

Гричук М.П. Опыт выделения различных генераций пыльцы по степени ее метаморфизации в межстадиальных отложениях у с. Ильинского // Палеогеографич. сб. - № 1. - 1950. Вып. 46. С. 28-36.

Дзюба О.Ф. Палиноиндикация состояния окружающей Среды и индикация глобальных экологических процессов в историческом прошлом Земли // Палинология в России. М., 1995а. С. 104-112.

Дзюба О.Ф., Яковлева Т.Л., Кудрина А.Н., Тарасевич В.Ф. Пыльца как модель для контроля качества мужской генеративной сферы растений, животных и человека // Сб. научн. статей Актуальные проблемы палинологии на рубеже третьего тысячелетия. М.: ИГиРГИ, 1999. С. 61-80.

Дзюба О.Ф., Кудрина А.Н. Основные тенденции изменения скульптуры поверхности пыльцы покрытосеменных растений под влиянием промышленных эмиссий // Палинология в биостратиграфии, палеоэкологии и палеогеографии. М., 1996. С. 46.

Дзюба О.Ф. Состояние репродуктивной сферы *Angelica sylvestris* L. в условиях Ленинградской области в текущем столетии // Тр. межд. конф. по анатомии и морфологии растений. СПб., 1997. С. 245 - 246.

Дзюба О.Ф., Маргулис Л.С., Пылина Л.М., Тарасевич В.Ф. Уточнение границ событийных уровней в отложениях миоценового возраста Камчатки на основе изучения морфологических особенностей пыльцевых зерен // Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов России. СПб.: Недра, 2004. С. 207-219.

Дзюба О.Ф., Куликова Н.К., Токарев П.И. Естественный полиморфизм пыльцы *Pinus sylvestris* L. в связи с некоторыми проблемами палеопалинологии // Тр. Межд. палеоботанич. конф. Современные проблемы палеофлористики, палеофитогеографии и фитостратиграфии. М.: Геос, 2005. С. 84-88.

Дзюба О.Ф. Палиноиндикация качества окружающей среды. СПб.: Недра, 2006, 197 с.

Клейменова Г. И., Рыбалко А.Е. Возможности литологического и палинологического методов исследования для реконструкции палеоэкологических и палеогеографических обстановок позднего плейстоцена и голоцена (на примере Финского залива) // География и современность. Вып. 7. СПб.: СПбГУ, 1995. С. 103-119.

Кобзарь В.Н. Изменчивость аэроаллергенов в условиях экологического дисбаланса. Автореф. дисс...докт. биол. наук. М.: МГУ, 1998, 36 с.

Кобзарь В.Н., Харитонов Э.П. Изменчивость оболочки у пыльцы семейства *Poaceae* // Палинология в биостратиграфии, палеоэкологии и палеогеографии. М., 1996. С. 35-36.

Кондратене О.П. Некоторые методические особенности и погрешности спорово-пыльцевого анализа на примере разреза Куркляй (Литовская ССР) // Палинология в континентальных и морских геологических исследованиях. Рига: Зинатне, 1976. С. 179-186.

Мусина Г.В. Значение данных о сохранности пыльцевых и споровых оболочек для биостратиграфических исследований // Палинология в СССР. М.: Наука, 1980. С. 17-18.

Мусина Г.В. Формирование спорово-пыльцевого комплекса в процессе литогенеза. Автореф. дисс...канд. геол.-мин. наук. Свердловск, 1982, 24 с.

Мусина Г.В., Сахибгареев Р.С. О литогенетических факторах разрушения пыльцы и спор // Биостратиграфические аспекты в палинологии (методика и интерпретации). Тюмень, 1981. С. 90.

Мусина Г.В., Сахибгареев Р.С. Влияние условий седиментации на сохранность пыльцы и спор // Проблемы современной палинологии. Новосибирск: Наука. 1984. С. 34-41.

Ровнина Л.В. Стратиграфическое расчленение континентальных отложений триаса и юры северо-запада Западно-Сибирской низменности. М.: Наука, 1972, 77 с.

Северова Е.Э., Кувыкина О.В., Полевова С.В. Анализ особенностей пыления некоторых таксонов аэропалинологического спектра // Мат-лы межд. семинара Пыльца как индикатор состояния окружающей среды и палеоэкологические реконструкции. СПб, 2001. С. 177-181.

Тюремнов С.Н. Сохранность пыльцы и спор в торфяных и озерных отложениях голоцена // К первой палинологической конференции (Таксон, США). М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 49-55.

Чигуряева А.А. Палинология и апомиксис // Апомиксис и селекция. 1970. С. 80-86.

Dzyuba O.F. Pollen Angiosperms Teratomorphs as the Result of an Ecological Stress under Conditions of a Large City // XV Int. Botanical Congress, Abstr. Yokohama, Japan. 1993. P. 247, P. 287.

Dzyuba O.F., Gorbovsckaja A.D. Environmental Quality And Aeropalinological Investigations
// Abstr. X IPC Meeting. Nanging, China. 2000. P. 37.

Рецензент: Киричкова Анна Ивановна, доктор геолого-минералогических наук.