

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ ИСКОПАЕМОЙ ПЫЛЬЦЫ СОСЕН КАК ИНДИКАТОР КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОШЛОГО

Евстигнеева Т.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, e-mail: melnikova@ibss.dvo.ru

---

Изучена ископаемая пыльца сосен из донных отложений Японского моря. Выделено 8 типов пыльцевых зерен с аномалиями в морфологическом строении. Прослежено изменение содержания выделенных типов на протяжении последних 13 тыс. лет (поздний плейстоцен-голоцен). Установлена взаимосвязь влияния климатических условий (похолодания) на возникновение морфологических аномалий ископаемой пыльцы сосен. Увеличение количества аномальной пыльцы в нижней части разреза свидетельствует о развитии сосен в условиях холодного климата позднего плейстоцена (11 000 - 10 300 л.н.), на отметке 300 см - о похолодании на границе атлантической и суббореальной фаз голоцена (4 900 л.н.), на отметке 60 см - о похолодании в субатлантике (около 1 800 л.н.).

---

Ключевые слова: аномальная пыльца, сосна, климат, отложения, плейстоцен, голоцен, Японское море.

## MORPHOLOGICAL ANOMALIES OF FOSSIL POLLEN OF PINES AS INDICATOR OF CLIMATIC CONDITIONS OF THE PAST

Evstigneeva T.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific Center of the East Asia terrestrial biodiversity FEB RAS, Vladivostok, e-mail: melnikova@ibss.dvo.ru

---

Fossil pollen of pines from bottom sediments of the Sea of Japan is studied. 8 types of pollen grains with anomalies in a morphological structure are allocated. Change of maintenance of the allocated types for the last 13 thousand years is tracked. The interrelation of influence of climatic conditions (cold snap) on emergence of morphological anomalies of fossil pollen of pines is established. Increase in amount of abnormal pollen in the lower part of a section demonstrates development of pines in a frigid climate of a late pleistocene (11 000 - 10 300 л.н.), on a mark of 300 cm - about a cold snap on border of the Atlantic and subboreal phases of the Holocene (4 900 л.н.), on a mark of 60 cm - about a cold snap in a subatlantika (about 1 800 л.н.).

---

Keywords: abnormal pollen, pine, climate, sediment, pleistocene, holocene, Sea of Japan

Пыльца растений обладает морфологическими признаками, позволяющими установить ее систематическую принадлежность. По этой причине ископаемые пыльца и споры широко используются для восстановления растительности прошлых эпох, и косвенно для индикации палеоклиматических изменений. Однако многие исследователи при изучении морфологических особенностей пыльцы современных растений неоднократно фиксировали значительное количество полиморфных пыльцевых зерен. При изучении ископаемой пыльцы также отмечались схожие аномалии в морфологическом строении. Исследователи по-разному называют необычные пыльцевые зерна: ненормальные, отклоняющиеся, деформированные, дефективные, карликовые, гиганты, уроды, недоразвитые, нетипичные, тератоиды, мутанты и гибридные формы. Но чаще всего по отношению к необычным пыльцевым зернам употребляются термины «палинотератные» [1; 2] или «тератоморфные» [3-5]. Причины, вызывающие отклонения морфологического строения пыльцевых зерен, разнообразны. Они могут быть связаны как с воздействием природных факторов

(гибридизация, недостаточная влажность, пожары, интенсивная вулканическая деятельность, низкие температуры), так и с антропогенной деятельностью (промышленные выбросы, пожары, повышение уровня радиации, концентрации тяжелых металлов и пестицидов). Несмотря на многообразие факторов, можно говорить о том, что появлению аномальных пыльцевых зерен способствует нарушение условий существования растений. Ранее автором [6] была изучена тератоморфная пыльца из отложений, которые накапливались в течение последних 3 тыс. лет.

Цель настоящего исследования – выявить взаимосвязь влияния климатических условий на возникновение морфологических аномалий у пыльцы сосен на протяжении последних 13 тыс. лет.

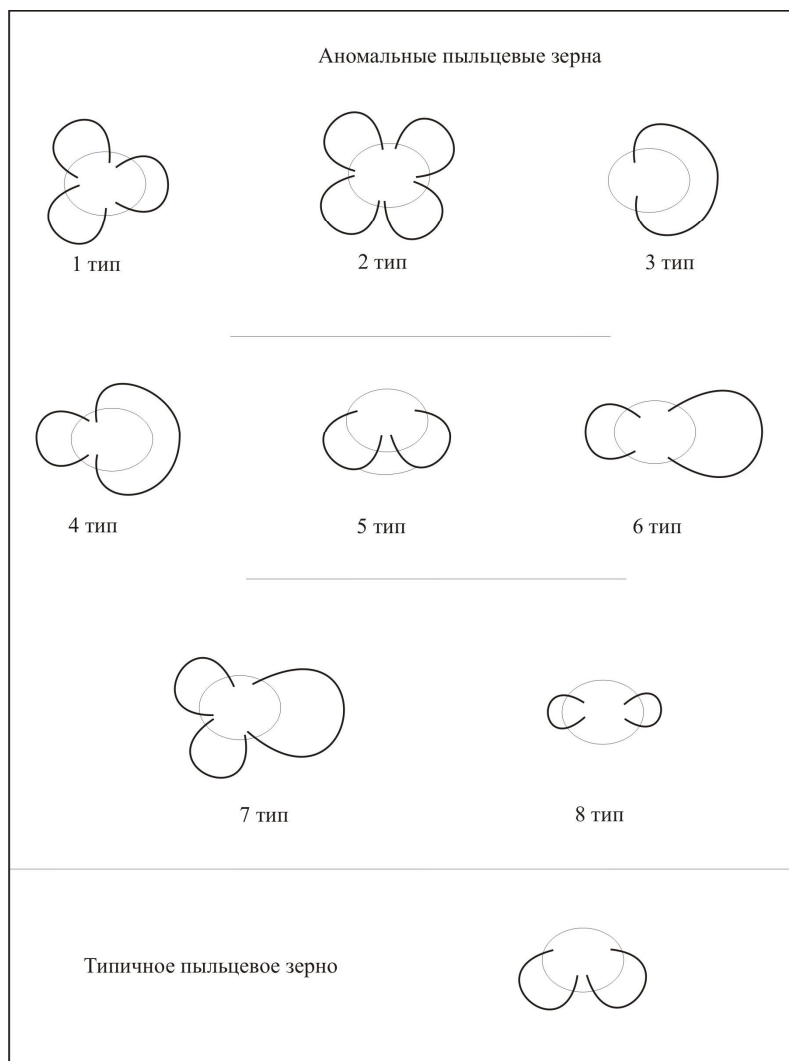
### **Материал и методы**

Материалом для исследования послужил керн колонки J-3 (35° 53' с.ш., 130° 14' в.д.), отобранной сотрудниками ТОИ ДВО РАН во время рейса на НИС «Академик Александр Виноградов», в южной части Японского моря. Мощность исследованного керна - 562 см. Радиоуглеродные датировки (1610±50 л.н. на глубине 55 см, 1850±60 л.н. на глубине 60 см, 5010±70 л.н. на глубине 295 см и 10100±50 л.н. на глубине 510-512 см) свидетельствуют, что изученные осадки формировались в позднем плейстоцене-голоцене [7].

Подготовка образцов для палинологического анализа выполнялась с использованием щелочной методики Поста, сепарационной Гричука и ацетолизной методики Эрдмана. Определение таксономической принадлежности пыльцы осуществлялось с помощью светового микроскопа ZEISS AXIO Lab. A1 (x 400). При просмотре препаратов в качестве среды использовался глицерин. В каждой пробе подсчитывалось 400-900 зерен пыльцы сосны. Из них отдельно фиксировались аномальные пыльцевые зерна, и определялось их процентное участие.

### **Результаты и обсуждение**

В ходе палинологического анализа морских отложений колонки J-3 было обнаружено значительное количество нетипичных пыльцевых зерен сосны. Аномальные пыльцевые зерна (п.з.) отличались от типичных: размерами, формой, количеством и способом соединения воздушных мешков [6]. На основании этого было выделено восемь типов пыльцы (рис. 1):



*Рис. 1. Типичное и аномальные пыльцевые зерна сосны*

- 1-й тип – п.з. с тремя воздушными мешками;
- 2-й тип – п.з. с четырьмя воздушными мешками;
- 3-й тип – п.з. с двумя воздушными мешками, смыкающимися между собой;
- 4-й тип – п.з. с тремя воздушными мешками, два из которых слившиеся;
- 5-й тип – п.з. с двумя воздушными мешками, слившимися между собой;
- 6-й тип – п.з. с двумя воздушными мешками разных размеров (один мешок почти в два раза больше другого);
- 7-й тип – п.з. с тремя воздушными мешками, один из которых значительно больше двух других;
- 8-й тип – п.з. с двумя воздушными мешками очень маленьких размеров.

Распределение выделенных типов пыльцы по разрезу колонки представлено на рисунке 2. В нижней части керна, в интервале 560-290 см, выявлены в основном п.з. 3, 5, 6, и 8-го типов. С глубины 290 см появляются зерна 1-го и 4-го типов. В интервале 190-60 см

аномальная пыльца практически отсутствует, исключения составляют спектр с глубины 150 см, в котором установлены п.з. 4, 5 и 8-го типов, и 125 см с аномальным зерном 6-го типа. С отметки 60 см наблюдается тенденция увеличения разнообразия выделенных типов. Здесь встречаются все выявленные типы аномальных п.з. Стоит отметить, что п.з. 2-го и 7-го типов присутствуют только в верхней части разреза. Наиболее часто встречаются п.з. 8-го типа, реже – п.з. 1, 3, 4, 5 и 6-го типов, единичны находки п.з. 2-го и 7-го типов.

Содержание выделенных типов в осадках колонки постоянно меняется (рис. 3). Оно колеблется от единичных зерен до 16%. В основном содержание типов не превышает 4%. Однако на глубине 560 см их участие достигает максимальных значений по разрезу 15,8%. Значительное их увеличение наблюдается на глубине 300 см (до 8,8%) и на глубине 60 см (до 5,8%).

Считается, что пыльцевые зерна сосен полиморфны. Однако в благоприятных условиях естественный полиморфизм не превышает 3-7%, зато в стрессовых ситуациях он существенно усиливается [3]. Изученные осадки накапливались на протяжении последних 13 тыс. лет. Степень и масштабы воздействия человека на окружающую среду на протяжении этого времени были не такими значительными по сравнению с современным влиянием.

Четвертичный период характеризуется глобальным похолоданием климата, которое неоднократно приводило к образованию обширного покровного оледенения на севере Евразии и в Америке. Последнее и очень сильное оледенение было около 20 000 л.н. После 15 000 л.н. начинается постепенное потепление климата. К началу голоцена (10 000 л.н.) практически полностью исчезло покровное оледенение. Начинается один из самых коротких этапов четвертичной истории. В его пределах выделяют следующие периоды: пребореальный (10 300 - 9 300 л.н.), бореальный (9 300 - 8 000 л.н.), атлантический (8 000 - 4500 л.н.), суббореальный (4 500 - 2 500 л.н.) и субатлантический (2 500 - 0 л.н.). Интервал 8 000 – 4 500 л.н. считается временем относительно ровного и теплого климата. Однако климатические характеристики последних 15 тыс. лет не были постоянными. На фоне глобального потепления отмечается серия резких и непродолжительных похолоданий.

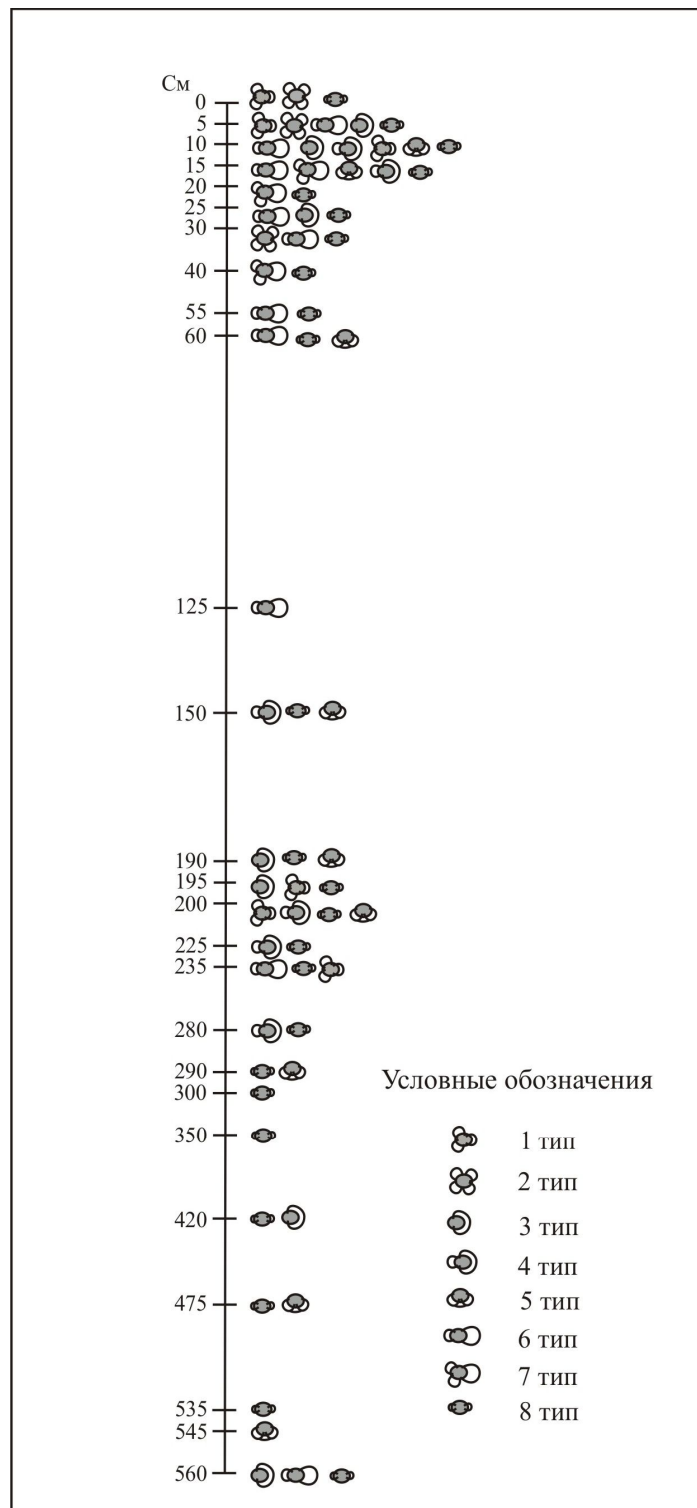
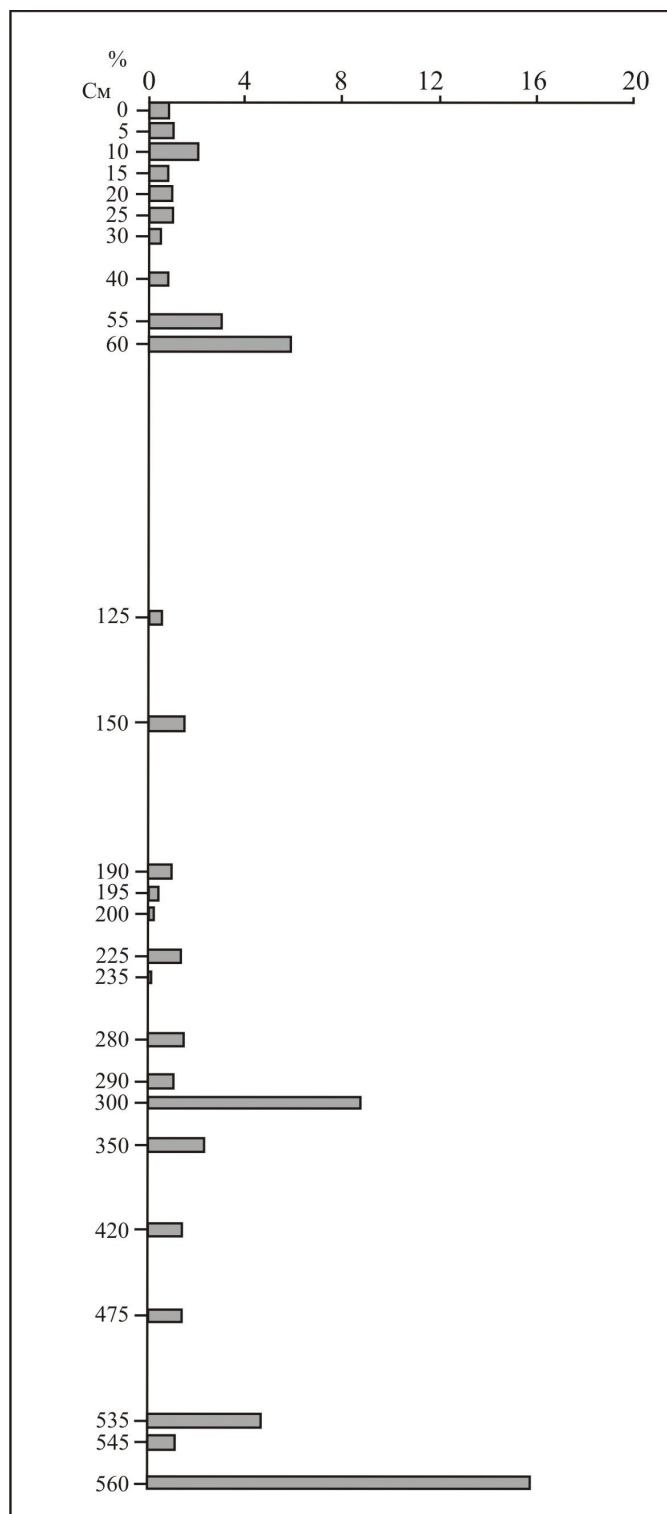


Рис. 2. Распределение типов пыльцы сосны по разрезу колонки



*Рис. 3. Содержание аномальной пыльцы сосны по разрезу колонки*

Таким образом, вероятнее всего, увеличению содержания тератоморфной пыльцы в изученных отложениях способствовали резкие колебания температуры и влажности при переходе от одной климатической ситуации к другой (возможно понижение температур и иссушение). По-видимому, увеличение количества аномальной пыльцы в нижней части разреза свидетельствует о развитии сосен в условиях холодного климата позднего

плейстоцена (11 000 – 10 300 л.н.), на отметке 300 см - о похолодании на границе атлантической и суббореальной фаз голоцена (4 500 л.н.), на отметке 60 см - о похолодании в субатлантике (около 1 800 л.н.).

### **Заключение**

В результате палинологического исследования были выявлены аномальные типы пыльцевых зерен сосен в морских донных отложениях Японского моря, которые накапливались на протяжении последних 13 тыс. лет. Прослежено участие выделенных типов по разрезу колонки. Установлено, что увеличение их процентного содержания свидетельствует о резких переменах условий окружающей среды, переходе от одной климатической ситуации к другой: о похолодании в конце позднего плейстоцена, о похолодании на границе атлантической и суббореальной фаз голоцена, о похолодании в субатлантике. Таким образом, наличие тератоморфной пыльцы в осадках может быть использовано в качестве дополнительного критерия при реконструкции состояния палеоэкосистем в прошлом.

### **Список литературы**

1. Левковская Г.М. Качество пыльцы и особенности палинокомплексов некоторых природных экстремумов плейстоцена и их сравнение с палинокомплексами отложений с высоким радиоактивным заражением из района Чернобыльской техногенной катастрофы / Г.М. Левковская, А.Н. Боголюбова // Проблемы современной палинологии: мат-лы XIII Росс. палинол. конф. Т. 2. – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. – С. 278-285.
2. Тупицын С.С. Уровень тератогенеза как показатель состояния биообъекта в разных экологических условиях / С.С. Тупицын, Н.Е. Рябогина, Л.С. Тупицына // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. - Т. 14. – № 1 (3). – С. 822-828.
3. Дзюба О.Ф. Качественный состав палинологических спектров Санкт-Петербурга во время пыления сосны обыкновенной на территории города-спутника ЛАЭС Сосновый бор / О.Ф. Дзюба, С.В. Подойницына // Проблемы современной палинологии: мат-лы XIII Росс. палинол. конф. Т. 2. – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. – С. 253-257.
4. Дзюба О.Ф. Морфологические особенности пыльцевых зерен вида *Chenopodium Album* L. в связи оценкой качества окружающей среды / О.Ф. Дзюба, О.В. Кочубей, В.М. Леунова, М.А. Мещеряков // Проблемы современной палинологии: мат-лы XIII Росс. палинол. конф. Т. 2. – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. – С. 248-252.

5. Беянина Н.И. Влияние вулканических факторов на полиморфность пыльцы *Pinus pumila* Pall. Regel (Курильские острова) // Проблемы современной палинологии: мат-лы XIII Росс. палинол. конф. Т. 2. – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. – С. 229.
6. Мельникова Т.А. Аномальная пыльца рода *Pinus* L. как индикатор палеоклиматических флюктуаций в позднем голоцене // Вестник ДВО РАН. – 2004. – № 3. – С. 178-182.
7. Gorbarenko S.A. Detailed Japan Sea paleoceanography during the last 25 kyr: constraints from AMS dating and  $\delta^{18}\text{O}$  of planktonic foraminifera / S.A. Gorbarenko, J.R. Southon // *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*. – 2000. – Vol. 156. – P. 177-193.