УДК 581.4

ПЫЛЬЦА И СПОРЫ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Евстигнеева Т.А.

Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, e-mail: melnikova@ibss.dvo.ru

Изучены пыльца и споры из донных осадков материкового шельфа и глубоководной части Японского моря. Всего в спектрах было определено 105 таксонов. Разнообразие пыльцы деревьев (46 таксонов) и трав (45 таксонов) в несколько раз превосходит разнообразие спор (14 таксонов). Среди пыльцы деревьев доминирует пыльца Pinus, Quercus, Castanopsis, Alnus и Betula; в составе пыльцы трав преобладает пыльца семейств *Asteraceae*, *Cyperaceae и Poaceae*; а среди споровых – многочисленны споры *Bryophyta и Polypodiales*. Наибольшее таксономическое разнообразие пыльцы и спор наблюдалось в спектрах из глубоководных осадков (98 таксонов); в осадках материкового шельфа оно мало (49 таксонов). Таксономический состав палиноспектров отражает господствующий тип растительности побережья. В осадки глубоководной зоны палиноморфы были принесены из юго-западной части о-ва Хонсю, а в шельфовые – с северо-восточного побережья Корейского полуострова.

Ключевые слова: пыльца, споры, донные отложения, Японское море

POLLEN AND SPORES IN BOTTOM SEDIMENTS OF THE SEA OF JAPAN

Evstigneeva T.A.

Institute of Biology and Soil Science, Far Eastern Branch Russian Academy of Science, Vladivostok, e-mail: melnikova@ibss.dvo.ru

The pollen and spores from bottom sediments of the Sea of Japan were studied. A total of 105 pollen and spore types were indentified including 46 arboreal taxa, 45 herbaceous taxa and 14 fern taxa. Arboreal pollen was dominated by the Pinus, Quercus, Castanopsis, Alnus and Betula; herbaceous pollen was prevalent in members of the Asteraceae, Cyperaceae and Poaceae; spores are dominated by the Bryophyta and Polypodiales. The greatest taxonomical variety of pollen and spores was observed in deep-sea sediments (98 taxa); in sediments of a continental shelf – 49 taxa. The taxonomical composition of pollen and spores is connected with dominating type of vegetation of the coast. In deep-sea deposits pollen and spores were brought from southwest part of the island of Honshu. In shelf deposits pollen and spores were brought from the northeast coast of the Korean peninsula.

Keywords: pollen, spores, bottom sediments, Sea of Japan

Ежегодно растения продуцируют огромное количество пыльцы и спор. Большая часть их после своего созревания оказывается в воздухе и рассеивается на расстояния от десятков метров до сотен километров. Постепенно пыльца и споры оседают и становятся одним из компонентов формирующихся континентальных или морских отложений. Внешняя оболочка микроспор обладает особой стойкостью и может сохраняться в отложениях миллионы лет. В ископаемом виде пыльца и споры перестают существовать как живые клетки, и мы имеем дело лишь с их оболочками, минерализованными в той или иной мере. Оболочки пыльцы или споры имеют свои характерные морфологические признаки, позволяющие определить, к какому семейству, роду или виду растения они принадлежали. Целью данного исследования было выявить таксономический состав пыльцы и спор в донных осадках южной части Японского моря.

Материал и методы исследования

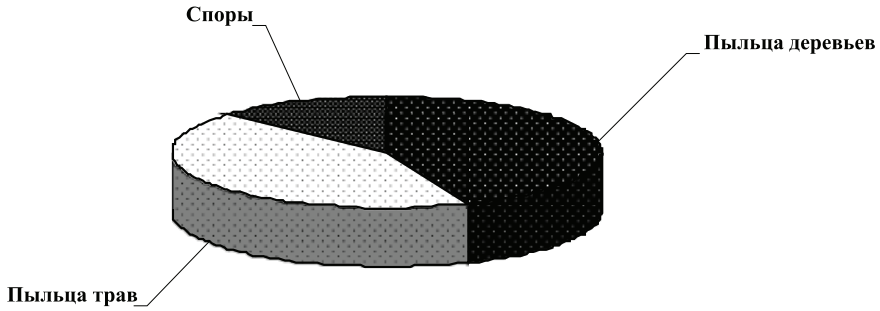
Материалом для исследования послужили отложения колонок, отобранных на материковом шельфе (2741, 2745, 2746, 2747) Японского моря и в его глубоководной части (1603, J-3, J-11). Осадки из глубоководной зоны представлены пелитовыми илами, из шельфовой – алевритом и пелитом, включающим органический детрит и ракушняк (Верховская и др, 1992; Марков и др., 2008; Garbarenko et al., 1995; Evstigneeva, Naryshkina, 2012). Извлечение пыльцы и спор из осадков выполнялось с использованием общепринятых методик: щелочной Поста, сепарационной Гричука и ацетолизной Эрдтмана (Покровская, 1966). Дальнейшее исследование пыльцы и спор осуществлялось с использованием светового микроскопа Axio Lab. A1, Carl Zeiss (x400). При просмотре препаратов под микроскопом в качестве среды использовался глицерин.

Результаты исследования и их обсуждение

Пыльца и споры являются аллохтонным компонентом морских донных осадков. Они попадают в отложения благодаря воздушным и водным течениям.

Всего в спектрах было определено 105 таксонов. Значительное таксономическое разнообразие выявлено среди пыльцы древесных и травянистых растений (рисунок). Пыльца деревьев представлена 46 таксонами: Larix, Ephedra, Abies, Picea sect. Omorica, Picea sect. Eupicea, Pinus s/g Haploxylon, Pinus s/g Diploxylon, Pinus koraiensis, Tsuga, Pseudotsuga, Cryptomeria, *Taxodiaceae, Cupressaceae,* Fagus, Quercus, Castanea, Castanopsis, Ulmus, Alnus,

Duschekia, Betula, Myrica, Carpinus, Corylus, Juglans, Carya, Platycarya, Pterocarya, Tilia, Aralia, Acer, Syringa, Cornus, Salix, Euonymus, Morus, Vitis, Phellodendron, Populus, Ilex, Elaeagnus, Fraxinus, Rosa, Viburnum, Lonicera, Diervilla.



Таксономическое разнообразие пыльцы и спор в спектрах из донных осадков

В составе пыльцы трав установлено 45 таксонов: *Cannabaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Ranunculaceae,* Polygonum, *Ericaceae, Asteraceae,* Artemisia, Ambrosia, Cichorium, *Apiaceae, Cyperaceae, Poaceae, Urticaceae, Liliaceae,* Typha, *Fabaceae,* Polygala, Euphorbia, Iris, *Rosaceae,* Sanguisorba, *Onagraceae,* Thalictrum, Rumex, *Primulaceae,* Valeriana, Drosera, *Alismataceae,* Menyantes, *Valerianaceae, Dipsaceceae, Polemoniaceae, Lamiaceae, Campanulaceae, Gentianaceae, Geraniaceae,* Myriophyllum, Hedera, *Saxifragaceae, Violaceae, Brassicaceae,* Fagopyrum, Sparganium, *Nympheaceae.*

Споры менее разнообразны и представлены 14 таксонами: Sphagnum, *Bryophyta,* Lycopodium, Huperzia, Selaginella, Osmunda, *Polypodiales, Ophioglossum,* Botrychium, *Gleicheniaceae,* Anogramma, Cryptogramma, Hymenophyllum, *Hepaticae.*

Наибольшее таксономическое разнообразие пыльцы и спор выявлено в осадках колонок из глубоководной зоны Японского моря (98 таксонов); беднее таксономический состав в осадках материкового шельфа – 49. По всей вероятности, это обусловлено доминированием пелитовой фракции в осадках. Известно, что наибольшая концентрация палиноморф наблюдается в таком типе илов, наименьшая – в алевритовых, песчаных и песчано-галечных отложениях (Коренева, 1973; Вронский, 1976). Попадая в толщу воды, споры и пыльцевые зерна подчиняются гидродинамическим законам и ведут себя как твердые частицы пелитовой фракции, поэтому в осадках отчетливо выявляется их сортировка по удельному весу и диаметру. Кроме того, это может быть связано с тем, что в глубоководные осадки споры и пыльца транспортируются с более обширной территории.

В составе деревьев преобладает пыльца сосен, дуба, кастанопсиса, ольхи и березы, среди трав – пыльца полыней, злаков и осок, а среди споровых многочисленны споры мхов и многоножковых папоротников. Преобладание этих таксонов напрямую связано с господствующим типом растительности побережья. Таксономический состав спектров пыльцы и спор из донных отложений глубоководной зоны Японского моря свидетельствует о том, что в нем отражается растительность юго-западной части о-ва Хонсю. В спектрах принимают участие таксоны, характерные для теплоумеренной растительной зоны (тсуга, криптомерия, кастанопсис, кария, бук и споры глейхенеевых папоротников). В спектрах из шельфовых отложений отражается растительность умеренных лесов (сосна, дуб, ильм, ольха, липа, граб и т.п.). Следовательно, большая часть палиноморф были принесены в шельфовые отложения с северо-восточной части Корейского полуострова.

Морфологические особенности строения оболочек пыльцевых зерен и спор определяют различную их способность к переносу по воздуху и водой. К примеру, в осадках как глубоководных, так и шельфовых колонок среди пыльцы древесных пород доминирует пыльца сосен, имеющая воздушные мешки, благодаря которым она переносится на значительные расстояния. Кроме того, разные растения продуцируют неодинаковое количество пыльцевых зерен и спор. Например, сосна, береза, ольха, лещина производят наибольшее количество пыльцы; менее продуктивны ель, дуб, бук, липа; а у лиственниц вообще количество пыльцы незначительное. По пыльцевой продуктивности деревья, за некоторыми исключениями, превосходят травы.

Пыльца бука и липы из-за своего тяжелого удельного веса по сравнению с пыльцой других растений почти вся оседает вблизи продуцирующего ее растения. Поэтому в исследуемых отложениях пыльца этих родов встречается в виде единичных зерен. В то же время в континентальных осадках о-ва Хонсю пыльцы бука составляет до 30% (Tsukada, 1986). Кроме того, все липы цветут во время полного облиствления лесов, что значительно затрудняет распространение их пыльцы. Липа является энтомофильной древесной породой, поэтому ее пыльца лишь в исключительных случаях может быть обнаружена за пределами ареала. Пыльца криптомерии, также значительно представленная в континентальных осадках о-ва Хонсю, редко встречается в донных осадках южной части Японского моря. Это может свидетельствовать о том, что она плохо переносится как воздушными, так и водными потоками. Считается, что многие травянистые растения в период цветения выбрасывают огромное количество пыльцевых зерен, но их распространение воздушными потоками довольно ограничено. В палиноспектрах изученных отложений значительный процент принадлежит пыльцевым зернам маревых, осоковых и полыней. Следовательно, они имеют хорошую способность к транспортировке. Споры, также как и пыльца трав, обладают слабой летучестью, и поэтому воздушным путем распространяются на незначительные расстояния. Исключением являются споры многоножковых папоротников, которые доминируют в спектрах среди споровых растений.

Внешняя оболочка микроспор, содержащая спорополленин, обладает особой стойкостью к различным внешним воздействиям и поэтому прекрасно сохраняется в отложениях. В ископаемом виде пыльца и споры перестают существовать как живые клетки, и мы имеем дело лишь с их оболочками, минерализованными в той или иной мере. Чрезвычайно малые размеры зерен предохраняют их от механического разрушения. Однако пыльца хвойных из-за своих крупных размеров (около 150 мкм) несет на себе следы различной степени нарушений – деформацию, трещины и разрывы. Неодинакова и устойчивость пыльцы к разложению. Например, плохо сохранятся в отложениях из-за чрезвычайно тонкой оболочки пыльца лиственницы, тополя, ивы, можжевельника, а также ряда травянистых растений. Пыльца этих таксонов встречается в спектрах из осадков исследуемых колонок в виде единичных зерен.

Интересно, что споры и пыльцевые зерна могут использоваться в качестве дополнительного источника пищи обитателями морских водоемов (Козяр, Соколова, Зезина, 1974). Известно, что они содержат 13–28% белка, 2–17% жира, 13–37% углеводов и 1–7% минеральных веществ: соли K, Mg, Ca, Cu, Fe, Si, S, Cl (Stanly, 1971), многие витамины, аминокислоты, пигменты, различные гормоны (в том числе гормон роста), ферменты и коферменты (Lunden, 1956).

Заключение

В результате исследования были изучены пыльца и споры из донных осадков материкового шельфа и глубоководной части Японского моря. Всего в спорово-пыльцевых спектрах было определено 105 таксонов пыльцы и спор наземных растений. Таксономическое разнообразие пыльцы деревьев и трав в несколько раз превосходит таковое споровых растений. Кроме того, разнообразие пыльцы и спор в спектрах из осадков глубоководных колонок значительно превосходит таксономический состав палиноморф материкового шельфа. В спектрах в основном содержится пыльца высоко- и среднепродуктивных растений, а также палиноморфы, хорошо переносимые как воздушными, так и водными потоками. Среди деревьев доминирует пыльца сосен, дуба, кастанопсиса, ольхи и березы, среди трав – полыней, злаков и осок. В составе споровых многочисленны споры мхов и многоножковых папоротников.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ и Президиума РАН (№ 12-05-31201 и 12-I-П28-01).

Список литературы

1. Вронский В.А. Маринопалинология южных морей. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1976. – 200 с.

2. Верховская Н.Б., Горбаренко С.А., Черепанова М.В. Изменения природной среды юга Японского моря и прилегающей суши в конце плейстоцена – голоцене // Тихоокеанская геология. – 1992. – № 2. – С. 12–21.

3. Козяр Л.А., Соколова М.Н., Зезина О.Н. Споры и пыльца высших растений в питании морских беспозвоночных // Океанология. – 1974. – Т. 14. – Вып. 3. – С. 522–525.

4. Коренева Е.В. Распределение пыльцы и спор в осадках морей и океанов // Палинология голоцена и маринопалинология. – М.: Наука, 1973. – С. 111–114.

5. Осадки затопленных долин прибрежной части шельфа Восточно-Корейского залива – индикаторы палеогеографических условий в голоцене / Ю.Д. Марков, Ф.Р. Лихт, А.Н. Деркачев, И.В. Уткин, А.И. Боцул, В.С. Пушкарь, Е.Д. Иванова, Т.А. Евстигнеева, Г.А. Евсеев // Тихоокеанская геология. – 2008. – № 3. – С. 74–93.

6. Evstigneeva T.A., Naryshkina N.N. Holocene vegetation changes on the north-eastern coast of the Korean Peninsula based on the palynological data // Acta Palaeobotanica. – 2012. – Vol. 52. – № 1. – P. 147–155.

7. Gorbarenko S.A., Pliss S.G., Sauthon J.R., Kashgarian M., Verkhovskaya N.B., Kundyshev A.S. Detailed carbonate stratigraphy of the Japan sea sediments during Last Glaciation-Holocene // TAO. – 1995. – Vol. 6, № 1. – P. 103–113.

8. Lunder R. Literature on pollen chemistry // Grana palinol. – 1956. – Vol. 1. – № 2. – P. 3–19.

9. Stanly R.G. Pollen chemistry and tube growth // Pollen development and physiology. – London: Butterworts, 1971. – P. 131–155.

10. Tsukada M. Vegetation in prehistoric Japan: The last 20,000 years // Windows on the Japanese past: Studies in archeology and prehistory. – Michigan, University of Michigan Press, 1986. – P. 11–56.

References

1. Vronskii V.A. *Marinopalinologiya yjnikhmorey* [Marine palynology of South Seas]. Rostov, Rostov Univ. Publ, 1976. 200p.

2. Verkhovskaya N.B., Gorbarenko S.A., Cherepanova M.V. *Tikhookeanskaya geologia – Russ.J.Pac.Geol*, 1992, no. 2, pp. 12–21.

3. Kozyar L.A., Sokolova M.N., Zezina O.N. *Okeanologiya – Oceanology*, 1974, no. 14 (3), pp. 522–525.

4. Koreneva E.V. *Palinologiyagolocena i marinopalinologiya* [Palynology of holocene and marinepalynology]. Moscow, Nauka, 1973. pp. 111–114.

5. Markov U.D., Likht F.R., Derkachev A.N., Ytkin I.V., Botsyl A.I., Pushkar V.S., Ivanova E.D., Evstigneeva T.A., Evseev G.A. *Tikhookeanskaya geologia – Russ.J.Pac.Geol*, 2008, no. 3, pp. 74–93.

6. Evstigneeva T.A., Naryshkina N.N. *Acta Palaeobotanica*, 2012, Vol. 52, no. 1, pp. 147–155.

7. Gorbarenko S.A., Pliss S.G., Sauthon J.R., Kashgarian M., Verkhovskaya N.B., Kundyshev A.S. *TAO*, 1995, Vol. 6, no. 1, pp. 103–113.

8. Lunder R. *Grana palinol.*, 1956, Vol. 1, no. 2, pp. 3–19.

9. Stanly R.G. *Pollen development and physiology*. London: Butterworts, 1971. pp. 131–155.

10. Tsukada M. *Windows on the Japanese past: Studies in archeology and prehistory*. Michigan, University of Michigan Press, 1986. pp. 11–56.

Рецензенты:

Голов В.И., д.б.н., г.н.с. лаборатории почвоведения и экологии почв БПИ ДВО РАН, г. Владивосток;

Маркевич В.С., д.-г.м.н., г.н.с. лаборатории палеоботаники БПИ ДВО РАН, г. Владивосток.

Работа поступила в редакцию 03.06.2013.