

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОДВОДНОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ ЯМАТО (*Японское море*)

М.Т. Горовая, Н.Г. Вашенкова

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
690041, Владивосток, ул. Балтийская, 43, Россия*

В отложениях подводной возвышенности Ямато установлены четыре разновозрастных спорово-пыльцевых комплекса: СПК-1 — ранний миоцен, СПК-2 — конец раннего—начало среднего миоцена, СПК-3 — средний—поздний миоцен, СПК-4 — поздний миоцен. В СПК-1 доминирует пыльца разнообразных древесных растений, преобладают голосеменные семейства Pinaceae. Климат был умеренный и влажный, обусловленный близкорасположенным водным пространством. СПК-2 отличается от СПК-1 значительным увеличением роли термофильных покрытосеменных, что связано с проявлением климатического оптимума рубежа раннего—среднего миоцена. Для СПК-3 характерно разнообразие и доминирование широколиственных древесных форм. Голосеменные представлены преимущественно сосновыми. Состав палинофлоры свидетельствует о расчлененном рельефе и о захоронении пыльцы вблизи мест произрастания. В СПК-4 доминируют голосеменные с преобладанием сем. Taxodiaceae. Состав СПК-4 свидетельствует о влажных условиях обитания, наличии заболоченных побережий и захоронении пыльцы вблизи мест обитания растений. Климат был умеренный и влажный. Палинологические исследования позволяют говорить о существовании суши в районе современной возвышенности Ямато в течение всего миоцена. В раннем и начале среднего миоцена рельеф суши был сильно расчлененным, гористым, затем расчлененность рельефа и площадь суши уменьшились.

Спорово-пыльцевой комплекс, миоцен, возвышенность Ямато, Японское море.

PALYNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MIOCENE DEPOSITS FROM THE SUBMARINE YAMATO RISE (*Sea of Japan*)

M.T. Gorovaya and N.G. Vashchenkova

Four heterochronous spore and pollen complexes (SPC) have been identified in the deposits of the submarine Yamato Rise: SPC-1 (Early Miocene), SPC-2 (the end of Early and the beginning of the Middle Miocene), SPC-3 (Middle–Late Miocene), and SPC-4 (Late Miocene). Pollen of various woody plants dominates in SPC-1; the families of gymnosperms (Pinaceae) also prevail in this complex. The climate was moderate and humid because of the proximity to the water area. The complex SPC-2 differs from SPC-1 in the highly increased role of thermophile angiosperms due to the impact of the climatic optimum between the Early and Middle Miocene. The complex SPC-3 is distinguished by the diversity and predominance of broad-leaved woody plants. Gymnosperms are mainly represented by pine families. The composition of palynoflora points to a dissected relief and the burial of pollen not far from the places of its growth. Gymnosperms with a predominance of the Taxodiaceae family are characteristic of SPC-4. The SPC-4 composition is indicative of humid habitat conditions, marshy shoreland, and pollen burial in places of plants growth. The climate was moderate and humid. Palynological investigation suggests the existence of a dry land in the area of the current Yamato Rise throughout the Miocene. The relief was highly dissected and mountainous in the Early and early Middle Miocene; then, the relief roughness and firm-land area reduced dramatically.

Spore and pollen complex, Miocene, Yamato Rise, Sea of Japan

ВВЕДЕНИЕ

Японское море является окраинным морем зоны перехода (ЗП) от азиатского континента к Тихоокеану. Изучение осадочного чехла дальневосточных морей является ключевым для решения проблем геотектоники и истории формирования ЗП. Несмотря на хорошую изученность Японского моря [Геология..., 1987; Tamaki et al., 1992; Jolivet et al., 1994; Geology..., 1996; Lelikov et al., 2007, 2008; и др.], существует ряд важных вопросов, ответы на которые можно получить лишь в ходе комплексного и детального изучения его ключевых структур. Одним из таких вопросов является выявление времени начала морской седиментации и раскрытия глубоководных котловин. Поскольку длительность геологического развития Японского моря имеет значение для оценки потенциала его осадочных бассейнов на углеводородное сырье, появление новых данных о более древнем палеогеновом возрасте Японской кот-

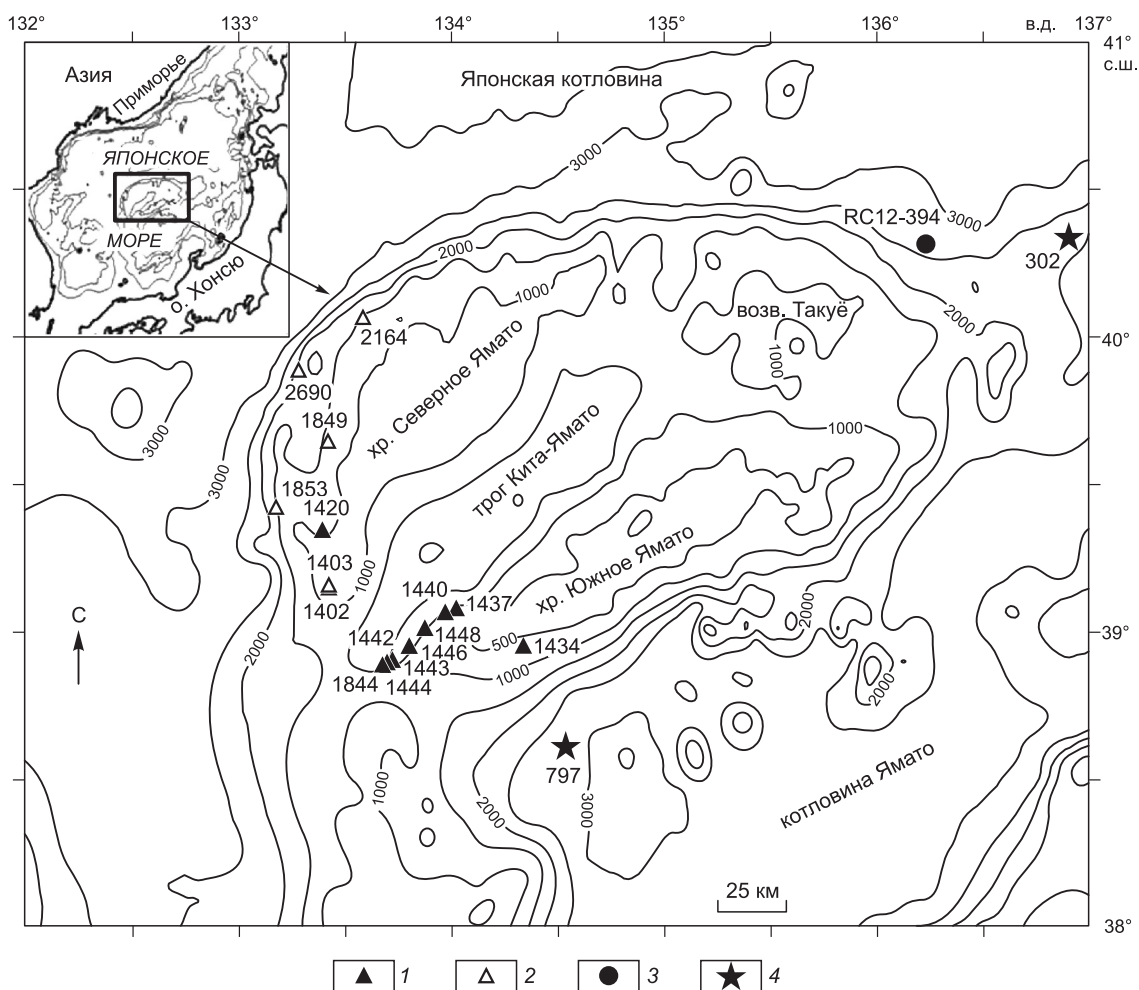


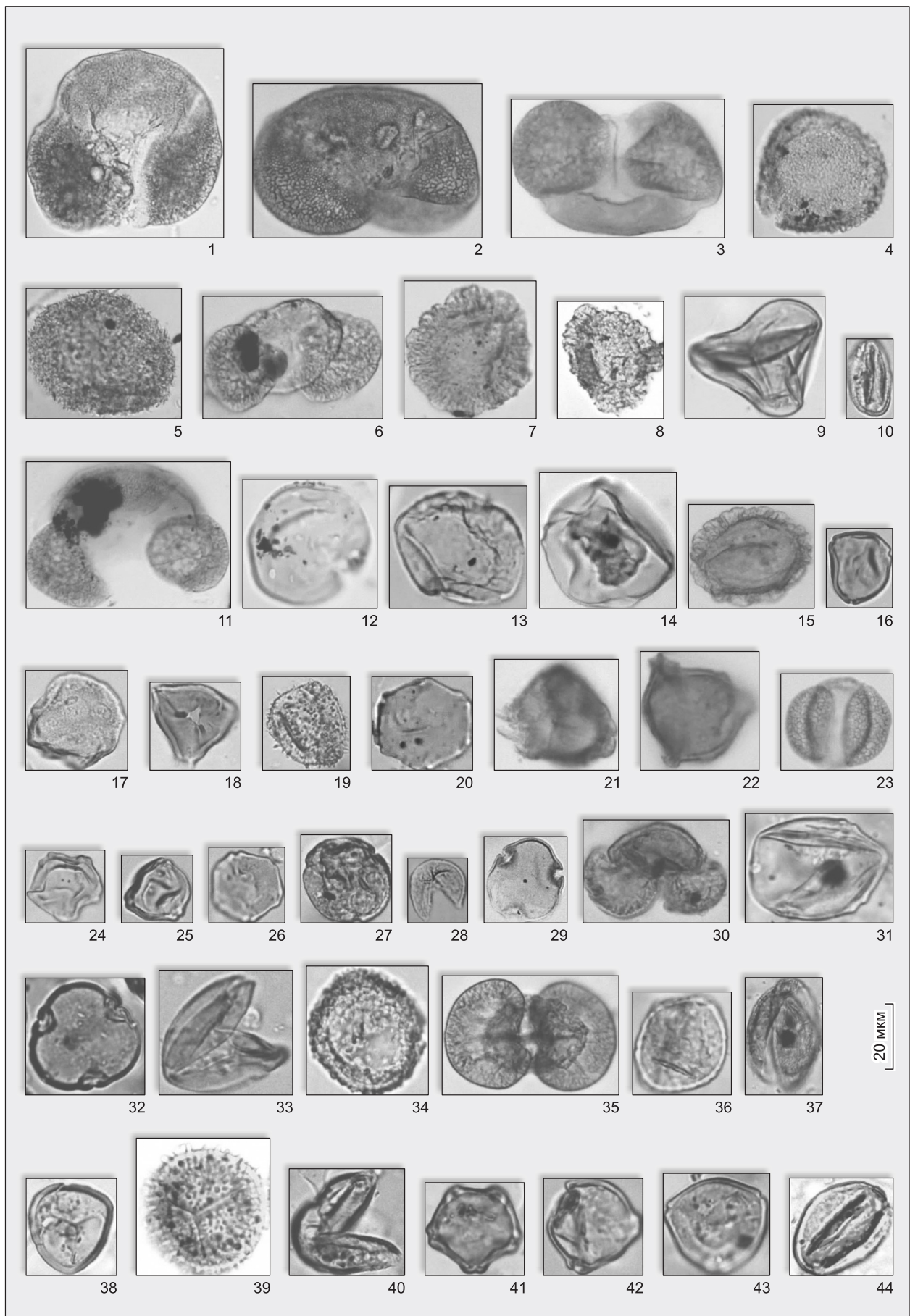
Рис. 1. Местоположение изученных станций драгирования подводной возвышенности Ямато Японского моря.

1 — станции с образцами, хорошо насыщенными пылью; 2 — станции, в образцах которых пыльца единична или не обнаружена; 3 — колонка RC12-394, в которой обнаружен палинокомплекс позднего миоцена [Burckle, Akiba, 1978]; 4 — скважина глубоководного бурения 797, в которой выделены палинозоны [Yamanoi, 1992].

ловины [Ohguchi et al., 2005; Kano et al., 2007; Ващенко и др., 2011] свидетельствует о необходимости дополнительных стратиграфических исследований.

Возвышенность Ямато — самая крупная подводная возвышенность Японского моря, расположенная в его центральной части (рис. 1). Она имеет форму овала, вытянутого в северо-восточном направлении, длиной около 360 и шириной около 250 км. Глубина ее отдельных вершин менее 500 м (244, 283, 287 м), при превышении над дном окружающих ее котловин до 2700 м. Возвышенность состоит из хребтов Северное Ямато (Кита-Ямато) и Южное Ямато (Ямато), разделенных трогом Кита-Ямато, и поднятия Такуё. По глубинному строению возвышенность сходна с континентальными структурами, но в то же время она отделена от континента глубоководными впадинами [Васильев и др., 1975; Васильковский и др., 1978; Geology ..., 1996]. По геофизическим данным, фундамент выходит на поверхность на разных глубинах. На сложном гетерогенном фундаменте, включающем консолидированные породы докайнозойского возраста и кайнозойские вулканиты, залегает слоистая осадочная неогеновая толща, мощность которой колеблется от 0—20 м на участках выхода фундамента в пределах хребтов и до 1000 м в трое Кита-Ямато [Карп и др., 1987; Милановский и др., 1987; Бараш и др., 2003].

Осадочная толща накапливалась главным образом в депрессиях между поднятиями фундамента [Цой и др., 1985; Геология ..., 1987]. Самый древний осадочный материал, поднятый в районе возвышенности Ямато (скв. 302), представлен цеолитсодержащими глинами, аргиллитами, вулканическими алевритистыми глинами и зелеными туфами [Initial..., 1975; Геология..., 1987]. Последние встречаются в основании глубоководной скв. 302 и хорошо коррелируются с нижнемиоценовыми зелеными туфами



Фототаблица 1. Споры и пыльца СПК-1 и СПК-2 подводной возвышенности Ямато Японского моря.

1 — *Picea* sect. *Eupicea* (обр. 1844-4); 2 — *Picea* sect. *Omorica* (обр. 1434-2); 3 — *Picea* sect. *Eupicea* (обр. 1434-2); 4 — *Tsuga canadensis* (L.) Carr. (обр. 1434-2); 5 — *Tsuga sieboldii* (L.) Carr. (обр. 1434-2); 6 — *Pinus* subg. *Diploxylon* (обр. 1446); 7 — *Tsuga* sp. (обр. 1434-2); 8 — *Tsuga parva* Brum. (обр. 1446); 9 — *Leiotriletes* sp. (обр. 1448-г); 10 — *Quercus* sp. (обр. 1448-г); 11 — *Abies* sp. (обр. 1446); 12 — *Carya* sp. (обр. 1446); 13 — *Ulmus* sp. (обр. 1446); 14 — *Carpinus* sp. (обр. 1448-г); 15 — *Tsuga diversifolia* (Maxim) Mast. (обр. 1434-2); 16 — *Corylus* sp. (обр. 1442-1г); 17 — *Liquidambar* sp. (обр. 1448-г); 18 — *Elaeagnus* sp. (обр. 1448-г); 19 — *Diervilla* sp. (обр. 1442-1г); 20 — *Pterocarya* sp. (обр. 1446); 21 — *Trapa comitantiboreales* Brum. (обр. 1448-г); 22 — *Orbiculapollis* sp. (обр. 1448-г); 23 — *Pinus* subg. *Haploxylon* (обр. 1434-2); 24 — *Alnus* sp. (обр. 1442-1г); 25 — *Betula* sp. (обр. 1442-1г); 26 — *Juglans* sp. (обр. 1442-1г); 27 — *Fagus* sp. (обр. 1448-г); 28 — *Cupressaceae* gen. indet (обр. 1442-1г); 29 — *Tilia* sp. (обр. 1444-5); 30 — *Pinus* subg. *Diploxylon* (обр. 1440); 31 — *Carpinus* sp. (обр. 1440); 32 — *Tilia* sp. (обр. 1440); 33 — *Glyptostrobus* sp. (обр. 1440); 34 — *Sciadopitys* sp. (обр. 1440); 35 — *Podocarpus* sp. (обр. 1440); 36 — *Ulmus* sp. (обр. 1440); 37 — *Acer* sp. (обр. 1440); 38 — *Sphagnum* sp. (обр. 1440); 39 — *Osmunda* sp. (обр. 1440); 40 — *Taxodiaceae* gen. indet (обр. 1440); 41 — *Alnus* sp. (обр. 1440); 42 — *Betula* sp. (обр. 1440); 43 — *Corylus* sp. (обр. 1440); 44 — *Quercus* (deciduous type) (обр. 1440).

Северного Хонсю, подстилающими толщу неогеновых неморских (Daijima Formation) и морских (Nishikurosawa Formation) пород, которые рассматриваются как начинающие историю Японского моря [Initial..., 1975; Geology ..., 1996]. Изученные авторами настоящей статьи наиболее древние отложения представлены субаэральным комплексом туфогенно-осадочных пород, поднятых драгами из коренных выходов в северо-западной части хр. Южное Ямато.

Первые палинологические исследования возвышенности Ямато проведены японскими исследователями [Burckle, Akiba, 1978], установившими в осадках, вскрытых поршневой трубкой RC 12-394 на северо-восточном склоне возвышенности, позднемиоценовый спорово-пыльцевой комплекс. В дальнейшем из отложений юго-западной части хр. Южное Ямато был выделен раннемиоценовый СПК [Цой и др., 1985; Горюва, 1987]. Из отложений Северного Ямато было описано три СПК: среднемиоценовый, позднемиоценовый и раннеплиоценовый [Бараш и др., 1987, 2003]. Палинологические данные, к сожалению, представлены в этих работах без полного таксономического состава комплексов, без указания процентного участия таксонов и не содержат иллюстраций, что затрудняет использование этих данных для корреляции. Позднее в отложениях, вскрытых глубоководными скважинами 794-797 (127-й и 128-й рейсы бурильного судна JOIDES Resolution в Японском море), были установлены четыре палинозоны: NP-1, NP-2, NP-3, NP-4, охватывающие возрастной интервал от раннего миоцена до раннего плиоцена [Yamanoi, 1992]. Все перечисленные палинологические данные были использованы авторами при сравнительном анализе установленных в настоящей работе СПК.

Основной целью проведенных исследований явилось получение дополнительной информации о возрасте и условиях формирования осадочного чехла возвышенности Ямато по данным палинологических исследований. Для этого было проведено повторное опробование имеющихся образцов, а также сравнение полученных результатов с опубликованными палинологическими данными. Анализ и обобщение новых данных существенно дополняют результаты предыдущих исследований и дают более полное представление о строении и условиях формирования осадочного чехла и геологической истории возвышенности Ямато и Японского моря в целом.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для палинологических исследований послужили образцы отложений, отобранные при драгировании крутых склонов возвышенности Ямато в рейсах НИС «Первенец» (1977, 1979 гг.) и хранящиеся в Тихоокеанском океанологическом институте ДВО РАН (см. рис. 1). Подготовка образцов для спорово-пыльцевого анализа проводилась по стандартной методике Палинологической лаборатории ВСЕГЕИ [Покровская, 1966]: 1 — удаление карбонатов растворением в 10 %-й HCl при слабом нагревании; 2 — кипячение в 10 %-й щелочи (KOH) в течение 10 мин для мацерации породы; 3 — центрифугирование 2500 об/мин в тяжелой кадмиевой жидкости ($\text{CdJ}_2 + \text{KJ} + \text{H}_2\text{O}$, уд. вес 2.6 г/см³) для сепарации органической части; 4 — всплывшие органические частицы отмывали от тяжелой жидкости, добавляли глицерин и готовили препараты для просмотра под микроскопом.

Препараты с пыльцой и спорами изучались под микроскопом Микмед-6 при увел. 600, фотографирование проводилось с помощью цифровой камеры ДСМ 510. Для каждой пробы производился подсчет 250 зерен пыльцы и спор найденных таксонов. Далее продолжали просмотр препаратов с целью поиска еще не найденных таксонов. Процент участия каждого таксона вычисляли от всей суммы подсчитанных зерен. Кроме того, вычисляли процент участия пыльцы (покрытосеменных, голосеменных) и спор по отношению ко всей сумме подсчитанных зерен. При интерпретации палинологических данных были использованы цифровые показатели Е.П. Бойцовой [1977]. Доминанты: преобладающие —

40 %, обильны — 20 %; субдоминанты: много — 10—20 %, значительно — 5—10 %; сопутствующие: мало — 2—5 %; единично — менее 2 %. Восстановление палеоусловий проводилось на основе интерпретации экологических особенностей таксонов спорово-пыльцевых комплексов. При определении возраста учитывали данные по диатомеям и радиоляриям, изученным в исследуемых отложениях [Geology..., 1996; Цой и др., 2017a], а также применяли сравнительный анализ с палинологическими данными сопредельных территорий, где возраст подтвержден морской фауной, палинофлорой и растительными остатками [Yamanoi, 1989, 1992]. При изложении материала используются понятия спорово-пыльцевой комплекс (СПК) и палинофлора (ПФ) в трактовке Е.Д. Заклинской [Заклинская, Лаухин, 1979; Методические аспекты..., 1987]. СПК — таксономический и количественный состав спор и пыльцы, установленный при изучении препарата одной пробы одного образца, ПФ — ископаемая флора, восстановленная на основе палинологических данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Палинологически было исследовано ~ 50 образцов с 21 станции (см. рис. 1, табл. 1), лишь 12 из которых содержали достаточное для анализа количество спор и пыльцы (табл. 2). Остальные образцы либо содержали очень малое количество спор и пыльцы, либо палиноморфы в них отсутствовали. В результате проведенных исследований выявлены четыре последовательных СПК.

Спорово-пыльцевой комплекс 1 — ранний миоцен. Споры и пыльца изучались в 22 образцах, полученных на 7 станциях с глубин 1500—1000 м при драгировании южной части северо-западного склона хр. Южное Ямато (см. рис. 1). Хорошо насыщены пыльцой и спорами преимущественно тонкозернистые разности пород (туфоглины, туфодиатомиты, пепловые туффиты; образцы 1434-2, 1442-1т, 1443-2, 1444-5, 1446, 1448, 1448г, 1448-2а, 1844-4) (см. табл. 2). В туфопесчаниках и разнотернистых туффитах пыльца малочисленна или единична (рис. 2).

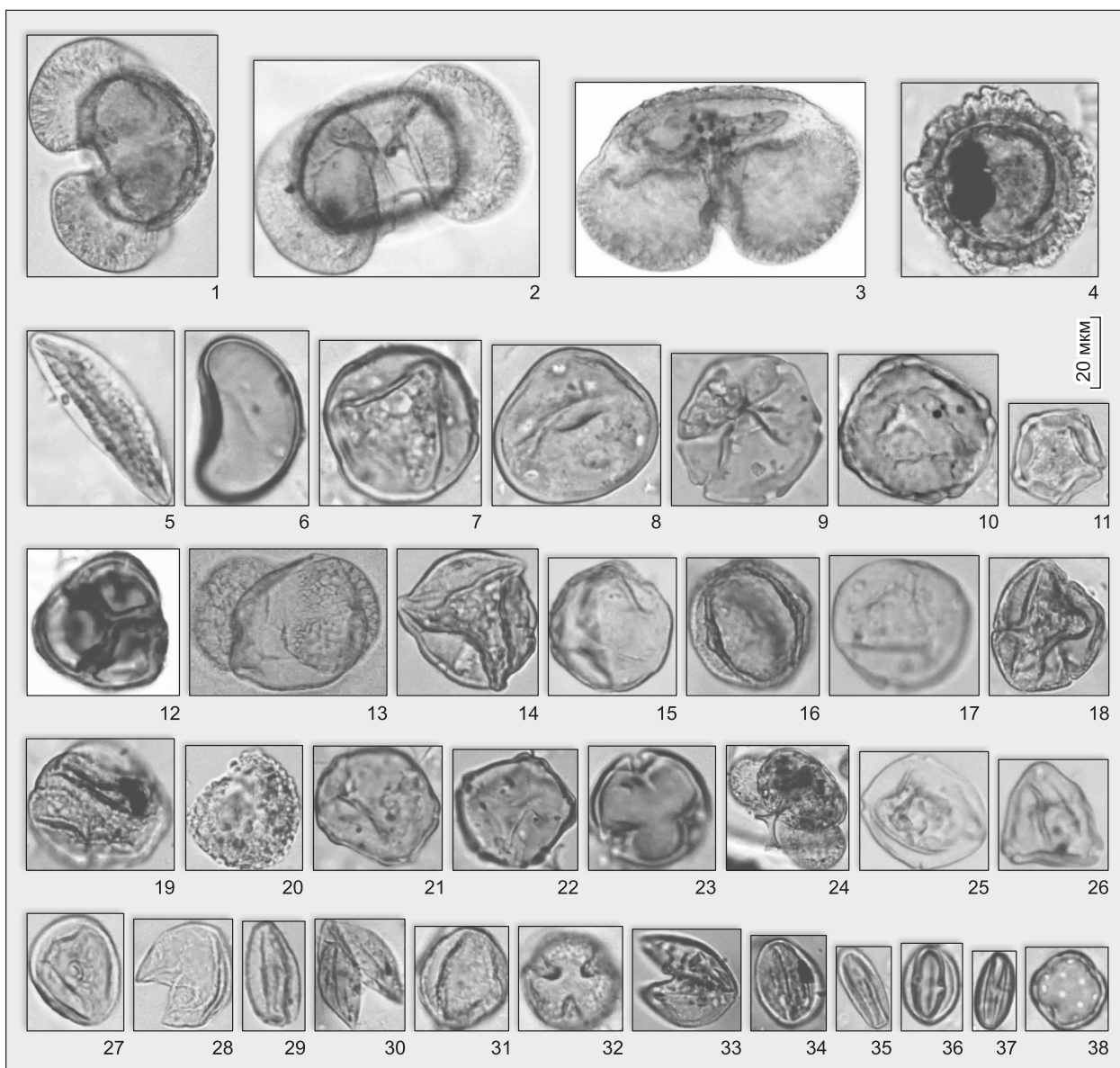
Характерной особенностью СПК-1 является доминирование и разнообразие пыльцы древесных растений. В их составе преобладают голосеменные семейства Pinaceae: *Picea* (*P. sect. Eupicea*, *P. sect. Omorica*, *Picea* sp.), *Tsuga* (*T. diversifolia* (Maxim.) Mast., *T. canadensis* (L.) Carr., *T. sieboldii* (L.) Carr., *Tsuga* sp.), *Pinus* (*P. subg. Haploxylon*, *Pinus* subg. *Diploxylon*, *Pinus* sp.), мало *Abies* sp., единичны *Cedrus* sp., *Podocarpus* sp., Taxodiaceae и Cupressaceae. В разнообразном составе покрытосеменных обилие или многочислен *Ulmus* sp., часто значительное содержание *Fagus* sp. Наиболее разнообразны, но малочисленны таксоны сем. Juglandaceae (*Carya* sp., *Juglans* sp., *Pterocarya* sp., *Platycarya* sp.) и сем. Betulaceae (*Carpinus* sp., *Betula* sp., *Alnus* sp., *Corylus* sp.). Единичны термофильные *Elaeagnus* sp., *Liquidambar* sp. (листопадные, редко вечнозеленые или полулистопадные деревья) и *Nyssa* sp., *Trapa comitantiboreales* Brutm. Немногочисленные споровые представлены папоротниками Polypodiaceae, *Osmunda* sp., *Dicksonia* sp. и плауном *Lycopodium* sp. В одном из образцов (1448) обнаружен единичный *Orbiculapollis* (таксон, характерный для маастрихт—палеоцена), что свидетельствует о размыве где-то поблизости мел-палеоценовых отложений (фототабл. 1).

Таблица 1. Каталог станций драгирования подводной возвышенности Ямато Японского моря

Станция	Широта	Долгота	Глубина, м
1402	39°08.5'	133°25.2'	1100—1000
1403	39°09.0'	133°25.3'	1100—1000
1420	39°20.5'	133°23.3'	1300—1200
1434	38°56.6'	134°10.6'	320—280
1437	39°03.0'	133°58.5'	1050—950
1439	39°03.5'	133°59.6'	1150—1100
1440	39°03.3'	133°59.0'	1260—1200
1442	38°53.7'	133°42.6'	1200—1100
1443	38°53.2'	133°42.6'	1400—1300
1444	38°53.0'	133°42.5'	1550—1450
1446	38°56.3'	133°48.2'	1260—1200
1448	38°59.8'	133°52.7'	1050—1000
1452	39°04.5'	134°01.5'	1230—1150
1832	39°04.6'	134°02.0'	1400—1300
1833	39°04.3'	134°01.3'	1300—1200
1842	38°53.0'	133°41.9'	1350—1250
1844	38°53.0'	133°40.5'	1500—1400
1849	39°33.3'	133°25.0'	1350—1250
1853	39°24.8'	133°10.3'	1380—1280
2164	40°03.5'	133°34.9'	1550—1400
2690	39°52.7'	133°16.9'	1400—1200

характерный для маастрихт—палеоцена), что свидетельствует о размыве где-то поблизости мел-палеоценовых отложений (фототабл. 1).

СПК-1 хр. Южное Ямато по таксономическому составу, доминированию сосновых среди голо-семенных и ильма в составе покрытосеменных сопоставляется с СПК низов миоценовых отложений яруса Фукуяма (Fakuyama), состав которого ассоциируется с умеренной, умеренно холодной макрофлорой типа Аниани (Aniai-type) [Sato, 1963]; с раннемиоценовой палинофлорой и палеофлорой верхней части отложений формации Мондзен (Monzen Formation) п-ова Ога Северного Хонсю [Huzioka, 1964; Wang, Yamanoi, 1996]; с раннемиоценовым СПК зоны NP-1 (Aniai-type flora), установленным в отложениях прибрежных районов Японии и вскрытых глубоководной скважиной 797 в котловине Ямато [Yamanoi, 1992]. Основное отличие сравниваемых СПК состоит в том, что в раннемиоценовых спорово-пыльцевых комплексах Японии большую роль среди покрытосеменных наряду с *Ulmus* имеет и *Carya*, а в СПК хр. Южное Ямато *Carya* субдоминирует. Но в некоторых образцах с возвышенности Ямато содержание *Carya* также достигает значительного количества.



Фототаблица 2. Споры и пыльца СПК-2, СПК-3, СПК-4 подводной возвышенности Ямато Японского моря.

1 — *Pinaceae* gen. indet (обр. 1437); 2 — *Abies* sp. (обр. 1440); 3 — *Picea* sect. *Omorica* (обр. 1440); 4 — *Tsuga diversifolia* (Maxim) Mast. (обр. 1440); 5 — *Ephedra* sp. (обр. 1440); 6 — *Polypodiaceae* (обр. 1440); 7, 8, 14 — *Carya* sp. (обр. 1440); 9 — *Juglans* sp. (обр. 1440); 10 — *Ulmus* sp. (обр. 1420-a); 11 — *Alnus* sp. (обр. 1420-a); 12 — *Ericales* (обр. 1440); 13 — *Pinus* sp. (обр. 1420-a); 15 — *Fagus* sp. (обр. 1420-a); 16, 18, 19 — *Fagus* sp. (обр. 1440); 17 — *Carya* sp. (обр. 1420-a); 20 — *Sciadopitys* sp. (обр. 1437); 21 — *Juglans* sp. (обр. 1440); 22 — *Pterocarya* sp. (обр. 1440); 23 — *Rhus* sp. (обр. 1437); 24 — *Pinus* subg. *Diploxylon* (обр. 1437); 25 — *Carpinus* sp. (обр. 1420-a); 26 — *Corylus* sp. (обр. 1420-a); 27, 33 — *Taxodium* sp. (обр. 1437); 28 — *Cupressaceae* gen. indet (обр. 1437); 29, 34, 35 — *Quercus* (evergreen type) (обр. 1420-a); 30 — *Glyptostrobus* sp. (обр. 1437); 31, 32 — *Quercus* (deciduous type) (обр. 1420-a); 36 — *Pasania* sp. (обр. 1440); 37 — *Castanea* sp. (обр. 1440); 38 — *Chenopodiaceae* gen. indet (обр. 1437).

Наиболее близким к СПК-1 является раннемиоценовый СПК, установленный из отложений плато Уллын Японского моря [Цой и др., 2017]. Их сближает сходный таксономический состав, доминирование голосеменных (до 80 %) над покрытосеменными (до 40 %) и спорами (до 6 %). В сравниваемых СПК в составе голосеменных обильны ели, а среди покрытосеменных — ильмы. Сходный состав и общие доминирующие таксоны описанный комплекс имеет также с раннемиоценовым СПК аргиллитовой толщи материкового склона Приморья [Geology ..., 1996; Ващенко и др., 2009]. Палинофлора с хр. Южное Ямато отличается от приморских большим таксономическим разнообразием и большим количеством термофильных представителей в составе сем. *Fagaceae*, *Juglandaceae* и др.

Таблица 2. Таксономический состав и количественные соотношения (%) спорово-пыльцевых комплексов подводной возвышенности Ямато Японского моря

Таксон	1434 -2	1442 -1г	1443 -2	1444 -5	1446	1448	1448г	1448-2а	1844-4	1440	1420а	1437
Споровые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Dicksonia</i> sp.	—	—	—	—	—	0.4	—	—	—	—	—	—
<i>Lycopodium</i> sp.	—	—	0.8	—	—	0.4	—	0.7	—	—	—	0.8
Polypodiaceae gen. indet.	0.8	1.8	—	4.6	2.1	2.2	1.4	2.2	1.2	0.7	—	0.8
<i>Osmunda</i> sp.	—	0.7	—	0.4	—	0.7	0.4	—	0.4	0.7	—	1.5
<i>Lygodium japoniciforme</i> Iv.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.7	—	—
Ophioglossaceae	—	—	—	—	—	—	0.4	—	—	—	—	0.4
<i>Leiotriletes</i> sp.	—	—	—	0.4	—	0.4	0.4	0.7	0.4	—	—	—
<i>Concavisporites</i> sp.	—	—	—	0.4	—	0.4	—	—	—	—	—	0.4
Голосеменные	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ephedra</i> sp.	0.4	—	—	—	0.4	0.7	—	—	—	0.7	—	—
Pinaceae gen. indet.	4.3	10.7	11.7	—	—	—	—	—	4.0	0.7	6.0	—
<i>Abies</i> sp.	0.8	1.8	0.4	3.6	7.1	3.6	1.1	4.6	0.4	1.4	0.4	0.8
<i>Tsuga</i> spp.	19.7	1.2	0.4	11.8	12.1	9.6	8.5	7.9	0.4	1.7	3.3	3.4
<i>Picea</i> spp.	27.6	25.0	43.1	35.7	7.9	28.5	35.0	16.1	34.0	6.8	4.9	1.5
<i>Picea</i> sect. <i>Eupicea</i>	19.7	3.6	23.5	5.3	4.3	7.1	3.6	6.4	4.0	2.8	—	—
<i>Picea</i> sect. <i>Omorica</i>	9.4	—	0.8	4.6	1.4	0.4	2.0	0.7	—	2.1	—	1.5
<i>Cedrus</i> sp.	—	—	—	0.4	—	0.4	—	0.4	—	—	—	—
<i>Pinus</i> spp.	—	2.5	9.4	4.6	3.6	8.9	—	5.4	16.0	1.4	8.8	3.4
<i>Pinus</i> subg. Haploxyton	5.2	—	1.6	—	2.1	5.7	0.7	3.6	4.0	2.8	—	—
<i>Pinus</i> subg. Diploxyton	2.3	—	1.2	0.4	3.6	1.4	5.0	0.7	4.0	2.1	—	8.9
Taxodiaceae gen. indet.	—	—	—	0.4	0.4	0.4	0.4	1.1	0.4	1.8	—	48.3
<i>Taxodium</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.8	5.9
<i>Glyptostrobus</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.4	—	0.4
<i>Sciadopitys</i> sp.	—	—	—	0.4	—	—	—	0.4	—	1.4	—	3.0
Cupressaceae gen. indet.	—	1.8	—	1.1	—	—	—	—	—	0.7	—	—
Покрытосеменные	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Sparganium</i> sp.	—	—	—	—	—	—	0.4	—	—	—	—	—
<i>Liquidambar</i> sp.	—	0.4	—	0.7	2.1	0.4	0.7	0.7	0.8	0.8	4.1	—
<i>Ulmus</i> sp.	3.2	2.8	4.3	7.1	26.1	11.1	20.3	19.6	12.8	3.6	13.0	1.5
<i>Fagus</i> spp.	0.4	1.1	1.2	2.8	3.6	4.5	7.1	9.3	3.2	14.3	12.6	—
<i>Castanea</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.6	—	—
<i>Castanopsis</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.8	—	—
<i>Pasania</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5	—	—
<i>Quercus</i> (everigreen)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.1	—	—
<i>Quercus</i> (deciduous)	—	0.4	—	0.7	0.7	0.7	—	1.4	0.4	16.0	7.3	3.7
<i>Betula</i> sp.	2.0	7.4	0.8	1.1	3.6	1.1	3.6	1.1	2.8	2.8	6.5	4.0
<i>Alnus</i> sp.	2.0	16.4	0.8	2.9	1.8	2.1	1.8	2.9	2.4	0.7	4.1	5.6
<i>Carpinus</i> sp.	—	0.4	—	1.1	0.7	1.1	—	3.6	1.2	2.2	8.1	0.4
<i>Corylus</i> sp.	—	0.7	—	0.4	0.4	0.4	—	1.1	—	1.4	1.2	0.4
<i>Myrica</i> sp.	—	0.7	—	0.4	—	0.4	0.4	—	—	—	—	—
<i>Juglans</i> sp.	1.6	7.4	—	2.1	6.4	2.1	2.5	3.6	1.6	2.8	5.6	0.4
<i>Pterocarya</i> sp.	—	—	—	—	1.1	—	—	0.4	0.4	0.7	—	—
<i>Platycarya</i> sp.	—	—	—	—	—	0.4	—	0.7	—	0.4	0.4	—
<i>Carya</i> spp.	—	2.1	—	1.4	7.1	1.4	1.1	3.6	2.0	4.6	12.2	—
<i>Engelhardtia</i> sp.	—	—	—	—	—	—	0.4	—	—	—	—	—
Chenopodiaceae gen. indet.	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	0.7	—	0.4
<i>Ericales</i>	0.4	—	—	0.4	—	0.7	—	—	0.8	0.4	—	—
<i>Tilia</i> sp.	0.4	3.6	—	4.2	1.1	—	0.7	1.1	0.8	1.4	0.8	0.4

Таксон	1434 -2	1442 -1т	1443 -2	1444 -5	1446	1448	1448г	1448-2а	1844-4	1440	1420а	1437
<i>Trapa comitantiborealis</i> Brutm.	—	—	—	—	—	0.4	—	—	0.4	—	—	—
<i>Acer</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	—	—
<i>Nyssa</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	0.4	—	—	—	—
Oleaceae gen.indet	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	0.4	—	—
<i>Diervilla</i> sp.	—	7.4	—	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Lonicera</i> sp.	—	—	—	—	—	0.4	—	—	—	—	—	—
<i>Elaeagnus</i> sp.	—	—	—	—	—	1.1	—	—	—	—	—	0.4
<i>Ilex</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	0.4	—	—
<i>Artemisia</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	—	1.5
Cyperaceae gen. indet.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4
<i>Triatriopollenites</i> sp.	—	—	—	—	—	0.4	1.4	0.7	0.4	—	—	—
Голосеменные	89.4	46.6	92.1	68.7	42.9	66.7	56.3	46.2	67.2	31.2	24.2	77.4
Покрытосемянные	10.0	50.8	7.1	25.7	54.7	28.7	41.1	50.2	30.8	67.0	75.9	19.1
Споровые	0.8	2.5	0.8	5.7	2.5	4.5	2.6	3.6	2.0	2.1	—	3.5

В тех же образцах, которые содержат СПК-1, установлена пресноводная диатомовая флора (см. рис. 2), что говорит о континентальном происхождении этих пород. Следовательно, в раннем миоцене, по крайней мере, данный район хр. Южное Ямато представлял собой островную или полуостровную сушу, где существовали пресноводные водоемы [Цой и др., 1985; Geology ..., 1996; Цой, Шастина, 1999; Tsoy, 2017].

Присутствие в составе палинофлоры СПК-1 таксонов с различной экологией (прибрежно-болотистые — таксодий; долинные — ильм, лапина, ольха; склоновые — ель, ореховые, бук и др.; высокогорные — сосна, тсуга, ногоплодник, береза; гидрофиты — водяной орех) свидетельствует о наличии вертикальной зональности растительного покрова (от прибрежного до горного) и о расчлененном рельефе суши. Присутствие пыльцы водяного ореха указывает на наличие пресных водоемов. Приведенный состав палинофлоры представлен в основном таксонами, произрастающими в настоящее время в условиях умеренного и влажного климата Юго-Восточной Азии [Wolfe, 1979]. Это дает основание предполагать, что во время формирования в раннем миоцене осадочной толщи климат был умеренный и влажный, обусловленный близкорасположенным водным пространством.

Спорово-пыльцевой комплекс 2 — конец раннего—начало среднего миоцена. СПК-2 установлен в двух образцах алевропелитов из юго-западной части хр. Южное Ямато (ст. 1440, гл. 1260—1200 м). Для него характерно таксономическое разнообразие и доминирование пыльцы покрытосеменных (66 %). В их составе высока роль термофильных широколиственных, среди которых многочисленны различные виды родов *Fagus* и *Quercus* (вечнозеленые и листопадные виды), значительно количество *Castanea* sp., *Castanopsis* sp., *Pasania* sp. и *Carya* spp., малочисленны *Liquidambar* sp., *Myrica* sp., *Juglans* sp., *Pterocarya* sp., *Platycarya* sp. Им сопутствуют разнообразные умеренные и умеренно теплолюбивые таксоны: *Ulmus* sp., сем. Betulaceae (*Betula* sp., *Alnus* sp., *Carpinus* sp., *Corylus* sp.), *Tilia* sp., *Oleaceae* gen. indet., *Ilex* sp., *Chenopodiaceae* gen. indet., *Ericales* sp., *Artemisia* sp., *Nuphar* sp. Среди голосеменных (31 %) значительное участие в СПК принимают различные виды тсуги (*Tsuga diversifolia*, *T. canadensis*, *T. sieboldii*) и малочисленные *Picea* spp., *Pinus* sp., *Abies* sp., сем. Taxodiaceae gen. indet., *Sciadopitys* sp., *Glyptostrobus* sp., *Podocarpus* sp. и *Ephedra* sp. Участие споровых невелико: *Polypodiaceae* gen. indet., *Osmunda* sp., *Sphagnum* sp. и *Leiotriletes* sp. Таким образом, СПК-2 отличается от СПК-1 значительным увеличением роли термофильных покрытосеменных, таких как *Fagus*, вечнозеленый *Quercus*, *Castanea*, *Castanopsis*, *Pasania*, *Carya* и *Liquidambar* (см. фототабл. 1, 2).

По количественному и таксономическому составу СПК-2 хорошо сопоставляется со СПК палинозоны NP-2, отражающим климатический оптимум конца раннего—начала среднего миоцена (Daijima type flora) и установленным в миоценовых отложениях прибрежных районов северо-востока Японии, нефтяных областей Ниигата, п-ова Ога и других районов Японии [Fuji, Kawai, 1982; Takahashi, 1984; Wang, Yamanoi, 1996], а также в глубоководных скважинах 794, 797 в районе котловины Ямато в Японском море [Yamanoi, 1992]. Отличаются японские раннесреднемиоценовые палинофлоры от СПК-2 большим количеством *Carya* и *Liquidambar*, характерными для климатического оптимума [Yamanoi, 1978, 1989; Takahashi, 1984], а в нашем случае они входят в группу субдоминантов. Это, вероятно, связано с тем, что изученный район находится севернее Японии. Комплексы, отражающие условия первого

климатического оптимума миоцена, установлены также на континентальном склоне залива Петра Великого [Geology ..., 1996; Цой, Вагина, 2008].

В отложениях ст. 1440 установлен радиоляриевый комплекс зоны *Eucyrtidium inflatum* среднего миоцена [Цой, Шастина, 1999], что подтверждает наши данные о возрасте отложений (см. рис. 2).

В составе среднемиоценового (возраст определен по радиоляриевым и диатомовым комплексам) спорово-пыльцевого комплекса, установленного в отложениях хр. Северное Ямато (ст. 3120), преобладает пыльца хвойных [Бараш и др., 2003], что, вероятно, говорит о более холодных условиях в исследуемом районе Ямато. Вероятно, в это время между Северным и Южным хребтами уже существовал трог Кита-Ямато.

Таксономический и количественный состав СПК-2 свидетельствует о распространении вблизи бассейна седиментации хвойно-широколиственных полидоминантных лесов с разнообразным составом теплоумеренных широколиственных как листопадных, так и вечнозеленых растений. Основными лесобразующими породами в составе этих лесов были *Fagus*, *Quercus* (листопадный и вечнозеленый), *Castanea*, *Carya*, *Juglans* (произрастающие в настоящее время в условиях достаточно теплого и влажного климата Восточной Азии [Wolfe, 1979]) и *Pinaceae* совместно с разнообразными таксонами сем. *Betulaceae*. Обогащение миоценовой растительности теплолюбивыми элементами многие исследователи связывают с проявлением первого климатического оптимума рубежа раннего—среднего миоцена [Ахметьев, 1974; Фатьянова, 1987; Изменение..., 1999; и др.]. Экологические особенности таксонов (горные, склоновые, долинные ассоциации растений) свидетельствуют о том, что бассейн седиментации был окружен гористой местностью. Хорошая сохранность пыльцы и присутствие значительного количества таксонов, пыльца которых разносится на небольшие расстояния, таких как бук, каштан, березовые, ореховые, тсуга, могут свидетельствовать о захоронении пыльцы вблизи мест произрастания продуцирующих ее растений.

Спорово-пыльцевой комплекс 3 — средний—поздний миоцен. СПК-3 установлен в диатомитах (обр. 1420) и туфодиатомитах (обр. 1420а) с хр. Северное Ямато (см. рис. 1, 2). В пробе 1420 мало пыльцы, но таксономический состав ее аналогичен составу палиноспектра, установленному в пр. 1420а. Для установленного комплекса характерно разнообразие и доминирование пыльцы широколиственных древесных форм (76.4 %), среди которых наиболее многочисленны *Ulmus* sp., *Fagus* sp. и *Carya* sp.; значительное количество *Quercus* sp. (листопадный), *Carpinus* sp., *Betula* sp.; малочисленны *Juglans* sp., *Liquidambar* sp. и *Alnus* sp.; единичны *Quercus* (вечнозеленый), *Tilia* sp., *Platycarya* sp., *Corylus* sp. Голосеменные входят в группу сопутствующих и представлены преимущественно сосновыми (*Pinus* sp., *Picea* sp., *Tsuga* sp., *Abies* sp.) и единичными *Podocarpus* sp. и *Taxodium* sp. (см. фототабл. 2).

СПК-3 и СПК-2 имеют сходный таксономический состав, но количественные соотношения групп таксонов сильно меняются: в СПК-3 резко уменьшается количество вечнозеленых *Quercus* и *Castanea* (до единичных зерен), произрастающих в настоящее время в субтропической зоне юго-западной части о. Хонсю Японии, Китае и Тайване, но увеличивается роль умеренно теплолюбивых (*Fagus*, *Carpinus*).

СПК-3 по таксономическому составу и обилию *Carya*, *Fagus*, *Ulmus*, *Quercus* (листопадный) сходен с ПФ подзоны *Carya* (зона *Carya-Liquidambar*) п-ова Ога Японии (конец среднего—начало позднего миоцена) [Yamanoi, 1978; Takahashi, 1984] и с позднмиоценовой ПФ (Mitoku — type flora) из отложений северо-восточного склона возвышенности Ямато, вскрытых колонкой RC-12-394 [Burckle, Akiba, 1978].

В тех же образцах, что и СПК-3, установлен комплекс диатомей зоны *Denticulopsis dimorpha* (поздний миоцен) и радиоляриевый комплекс зоны *Lychnocanoma nipponica magnacornuta* (средний—поздний миоцен) [Цой, Шастина, 1999].

Приведенный состав СПК-3 свидетельствует о лесном типе растительности в районе седиментации. Леса были широколиственно-сосново-мелколиственными. Широколиственные растения были представлены вязом, буком, лапиной, дубом (листопадный), грабом, с малочисленными орехом и ликвидамбаром, немногочисленными липой, гикари и другими. В составе хвойных сообществ принимали участие сосны, ели и тсуги.

Таксономический состав комплекса свидетельствует об умеренном, умеренно теплом климате, типичном для второго потепления, имевшего место на рубеже среднего и позднего миоцена [Фатьянова, 1987]. Экологические особенности таксонов (долинные — таксодий, ильм долинный, ольха, лапина; склоновые — буковые, ильм, разнообразные ореховые, липа и др.; высокогорные — сосна, тсуга, ногоплодник, пихта), входящих в состав палинофлоры, свидетельствуют о расчлененном рельефе и вертикальной зональности растительности покрова вблизи бассейна седиментации. Разнообразие таксономического состава, хорошая сохранность пыльцы свидетельствуют о захоронении пыльцы вблизи мест произрастания растений [Коренева, 1983].

Спорово-пыльцевой комплекс 4 — конец позднего миоцена. СПК-4 установлен в туфопесчаниках (обр. 1437, гл. 1050—950 м), поднятых на северо-западном склоне хр. Южное Ямато (см. рис. 1, 2). В составе СПК-4 доминирует пыльца голосеменных с преобладанием сем. *Taxodiaceae* (*Taxodium* sp.

доминирует, *Sciadopitys* sp. и *Glyptostrobus* sp. малочисленны). Сосновые (*Pinus* sp., *Tsuga* sp. малочисленны; *Abies* sp., *Picea* spp. единичны) и *Ephedra* sp. в данном комплексе являются субдоминантами. Покрытосеменные входят в группу сопутствующих. В их составе в небольшом количестве в порядке убывания отмечены *Alnus* sp., *Betula* sp., *Quercus* (листопадные), *Ulmus* sp., *Corylus* sp., *Carpinus* sp., *Juglans* sp., *Tilia* sp., *Elaeagnus* sp. Единично представлены травянистые: *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Artemisia* sp. Состав спор немногочисленный и малопредставительный: *Polypodiaceae*, *Lycopodium* sp., *Osmunda* sp. (см. фототабл. 2).

Сходный позднемиоценовый комплекс с доминированием сем. *Taxodiaceae* и *Pinaceae* установлен в отложениях северо-западной части хр. Окусири в северо-восточной части Японского моря (ст. 1711, 1713) [Вашенкова и др., 2011], на северо-восточном склоне хр. Окусири (станции D-258, RC-19) [Geological ..., 1978], а также в отложениях, вскрытых глубоководной скв. 796 (палинозона NP-3) [Yamanoi, 1992]. В позднемиоценовых японских палинофлорах типа Митоку [Tanai, 1961; Sato, 1963; Fuji, 1969] и палинофлоре зоны NP-3 [Yamanoi, 1978; Takahashi, 1984; Yamanoi, 1992; и др.] наряду с обилием таксодиевых и сосновых отмечается разнообразие и многочисленность буковых (*Fagus*, *Quercus*-листопадный, *Castanea*) и ореховых, т.е. эти палеофлоры более теплолюбивы, чем япономорские.

Таксономический состав СПК-4 позволяет предположить, что растительность в районе седиментации была представлена склоновыми и долинными ассоциациями. Преобладание *Taxodium*, который производит мало пыльцы и разносится она плохо, присутствие *Glyptostrobus* в составе СПК свидетельствуют о влажных условиях обитания, наличии заболоченных побережий в бассейне седиментации, а также на захоронение пыльцы в месте обитания растений, продуцирующих пыльцу [Коренева, 1983; Петросьянц и др., 1990]. Доминирование в составе СПК пыльцы растений долинных ассоциаций свидетельствует о менее расчлененном рельефе, чем ранее. Климат был умеренный и влажный.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований в отложениях подводной возвышенности Ямато установлены четыре разновозрастных спорово-пыльцевых комплекса: СПК-1 — ранний миоцен, СПК-2 — конец раннего—начало среднего миоцена, СПК-3 — средний—поздний миоцен, СПК-4 — поздний миоцен. Анализ таксономического состава пыльцы, количественных и экологических особенностей комплексов позволил проследить смену флористических комплексов в районе подводной возвышенности Ямато в миоценовое время.

Для палинофлоры СПК-1 характерно доминирование и разнообразие таксонов покрытосеменных растений, существовавших в условиях умеренного и влажного климата раннего миоцена. Палинофлора СПК-2 с разнообразным таксономическим составом, большим участием термофильных растений как листопадных, так и вечнозеленых отражает первый миоценовый климатический оптимум конца раннего—начала среднего миоцена. Палинофлора СПК-3 отражает второе потепление климата рубежа среднего и позднего миоцена. Из состава ПФ выпадают наиболее термофильные таксоны, увеличивается количество умеренно теплолюбивых растений, что свидетельствует об умеренно теплом климате. Состав СПК-4 свидетельствует о похолодании климата в конце позднего миоцена, выпадают термофильные широколиственные таксоны, увеличивается роль бореальных таксонов. Климат был умеренным. В целом последовательная смена спорово-пыльцевых комплексов отражает общую тенденцию похолодания климата в миоцене с несколькими периодами относительного потепления.

Хотя лишь осадки, содержащие СПК-1, являются континентальными озерными отложениями, так как содержат пресноводные диатомеи, палинологические исследования позволяют говорить о существовании суши в районе современной возвышенности Ямато в течение всего миоцена. Разнообразие таксономического состава, хорошая сохранность пыльцы свидетельствуют о захоронении пыльцы вблизи мест произрастания продуцирующих ее растений. В раннем и начале среднего миоцена рельеф суши был сильно расчлененным, гористым. Об этом говорит большое присутствие в составе комплексов пыльцы таксонов с различной экологией (ель, сосна, тсуга, ильм, бук, каштан, береза). В позднем миоцене расчлененность рельефа уменьшилась, возможно, и площадь суши сократилась. В составе СПК-4 доминирует пыльца долинных растений, которая плохо разносится, а также пыльца растений, произрастающих на заболоченных побережьях. Вероятно, лишь в плиоцене возвышенность полностью ушла под воду.

Близость изученных миоценовых спорово-пыльцевых комплексов хр. Южное Ямато с разновозрастными спорово-пыльцевыми комплексами Японии говорит в пользу того, что возвышенность в это время была уже достаточно удалена от азиатского материка, а котловина Ямато, возможно, была еще недостаточно широка.

Авторы благодарят И.Б. Цой за критическое прочтение рукописи и конструктивные замечания. Авторы признательны рецензентам за справедливые замечания, которые позволили улучшить рукопись.

Работа проводилась при поддержке программы «Дальний Восток» (проекты № 15-I-1-003, 15-I-1-004о) и частично по теме 7 программы ФНИ ТОИ ДВО РАН (№ 0271-2016-0007).

ЛИТЕРАТУРА

Ахметьев М.А. Олигоценные и миоценовые флоры юга Дальнего Востока СССР как показатели климатической обстановки // Изв. АН СССР. Сер. геол., 1974, № 4, с. 134—143.

Бараш М.С., Казарина Г.Х., Кругликова С.Б., Сафарова С.А. Стратиграфия неогена и палеогеография поднятия Северное Ямато (Японское море) // Материалы по стратиграфии и палеогеографии востока Азии и Тихого океана / Ред. А.Г. Аблаев. Владивосток, ДВНЦ АН СССР, 1987, с. 134—146.

Бараш М.С., Казарина Г.Х., Кругликова С.Б., Сафарова С.А., Ханкишеева Л.М. К неогеновой палеогеографии поднятия Северное Ямато (Японское море) по биостратиграфическим и сейсмостратиграфическим данным // Океанология, 2003, т. 43, № 4, с. 573—582.

Бойцова Е.П. Основные критерии выделения и обоснования стратиграфических подразделений по палинологическим данным // Тр. ВСЕГЕИ, вып. 279, 1977, с. 5—10.

Васильев Б.И., Карп Б.Я., Строев П.А., Шевалдин Ю.В. Строение подводной возвышенности Ямато по геофизическим данным. М., Изд-во Моск. ун-та, 1975, 95 с.

Васильковский Н.П., Безверхний В.Л., Деркачев А.Н., Евланов Ю.Б., Карп Б.Я., Коновалов Ю.И., Марков Ю.Д., Пискунов Б.И., Строев П.А., Филатьев В.П., Хведчук И.И., Шевалдин Ю.В. Основные черты геологического строения дна Японского моря / Ред. И.К. Туезов. М., Наука, 1978, 264 с.

Вашенкова Н.Г., Горовая М.Т., Можеровский А.В. О составе и возрасте аргиллитовой толщи (осадочный чехол материкового склона Японского моря) // Тихоокеанская геология, 2009, т. 288, № 3, с. 53—64.

Вашенкова Н.Г., Горовая М.Т., Можеровский А.В., Цой И.Б. Осадочный чехол и позднекайнозойская история развития хребта Окусири (Японское море) // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2011, т. 19, № 6, с. 89—104.

Геология дна Японского моря / И.И. Берсеньев, Е.П. Леликов, В.Л. Безверхний, Н.Г. Вашенкова, В.Т. Съедин, Е.П. Терехов, И.Б. Цой. Владивосток, ДВНЦ АН СССР, 1987, 140 с.

Горовая М.Т. Палинологическое обоснование отложений неогена Японского моря // Материалы по стратиграфии и палеогеографии востока Азии и Тихого океана / Ред. А.Г. Аблаев. Владивосток, ДВНЦ АН СССР, 1987, с. 42—50.

Заклинская Е.Д., Лаухин С.А. Корреляция палеогена Северного полушария по палинологическим данным. Итоги науки и техники. М., Наука, 1979, т. 10, 98 с.

Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет (кайнозой: от палеоцена до голоцена) / Ред. А.А. Величко. М., ГЕОС, 1999, 260 с.

Карп Б.Я., Милановский В.Е., Заболотников А.А., Ханкишиева Л.М. Сейсмофациальный анализ осадочного чехла на Северном хребте Ямато (Японское море) по сейсмическим данным // III Тихоокеанская конференция «Морская геология, геофизика, геохимия». Тезисы докладов. Владивосток, 1987, т. 2, с. 69—71.

Коренева Е.В. Значение палинологии в исследовании современных морей и океанов // Современные аспекты применения палинологии в СССР / Ред. С.И. Пуртова. Тюмень, 1983, с. 16—21. (Тр. Зап. СибНИГНИ, вып. 178).

Методические аспекты палинологии / Ред. И.И. Нестеров. М., Недра, 1987, 223 с.

Милановский В.Е., Карп Б.Я., Ханкишиева Л.М. Сейсмическая стратиграфия осадочного чехла на возвышенности Ямато (Японское море) // III конференция советских океанологов. «Геология, геофизика, геохимия океана». Тезисы докладов. Л., Гидрометиздат, 1987, с. 168—170.

Петросьянц М.А., Овнатанова Н.С., Мусина Г.В. Микрофоссилии в геологической практике: их роль в определении обстановок древнего осадконакопления. Итоги науки и техники. М., ВИНТИ. Сер. Общая геол., 1990, т. 27, 160 с.

Покровская И.М. Методика палеопалинологических исследований // Палеопалинология. Т. 1. Л., Недра, 1966, с. 29—83.

Фатьянова Л.И. Климаты океанов и материкового обрамления Северо-Тихоокеанского побережья в кайнозой // Климаты Земли в геологическом прошлом / Ред. А.А. Величко. М., Наука, 1987, с. 95—124.

Цой И.Б., Шастина В.В. Кремнистый микропланктон неогена Японского моря (диатомеи и радиолярии) / Ред. А.Г. Аблаев. Владивосток, Дальнаука, 1999, 241 с.

Цой И.Б., Вагина Н.К. Палеонтологическая характеристика верхнекайнозойских осадков и изменение среды в районе залива Петра Великого (Японское море) // Тихоокеанская геология, 2008, т. 27, № 3, с. 81—98.

Цой И.Б., Вашенкова Н.Г., Горовая М.Т., Терехов Е.П. О находке континентальных отложений на возвышенности Ямато // Тихоокеанская геология, 1985, № 3, с. 50—55.

Цой И.Б., Вашенкова Н.Г., Василенко Л.Н., Вагина Н.К., Горовая М.Т., Мельниченко Ю.И. Стратиграфия и условия формирования осадочного чехла поднятия Ямато Японского моря // Физика геосфер. Десятый Всероссийский симпозиум, 23—29 октября 2017 г., Владивосток, Россия: мат. докл. Владивосток, ТОИ ДВО РАН, 2017а, с. 253—257.

Цой И.Б., Горовая М.Т., Василенко Л.В., Вашенкова Н.Г., Вагина Н.К. Возраст и условия формирования пород осадочного чехла плато Уллын Японского моря по микропалеонтологическим данным // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2017б, т. 25, № 1, с. 85—108, doi: 10.7868/SO869592X17010070.

Burckle L. H., Akiba F. Implications of late Neogene freshwater sediment in the Sea of Japan // *Geology*, 1978, № 6, p. 123—127.

Fuji N. Fossil spores and pollen grains from the Neogene deposits in Noto Peninsula, Central Japan-I: A palynological study of the Late Miocene Wakura Member // *Trans. Proc. Paleont. Soc. Japan, New Series*, 1969, № 73, p. 1—25.

Fuji N., Kawai A. The Middle Miocene Takaya pollen flora of Noto Peninsula. Palynological investigation of the Neogene system in the Hokuriku region, central Japan // *Bull. Fac. Educ. Kanazawa Univ. Nat. Sci.*, 1982, № 31, p. 49—61 (in Japanese with English abstract).

Geological investigation of the Okhotsk and Japan Seas off Hokaido. June–July 1977 (GH 77-3 Cruise). *Geol. Surv. Japan. Cruise Reports*, № 11, 1978, 72 p.

Geology and geophysics of the Japan Sea. Japan–Russia Monograph Series. V. 1 / Eds. N. Isezaki, I.I. Bersenev, K. Tamaki, Karp B.Ya., Lelikov E.P. Tokyo, TERRAPUB, 1996, 500 p.

Initial reports DSDP. V. 31 / Eds. D.E. Karig, J.C. Ingle. Washington, 1975, 927 p.

Huzioka K. The Aniai flora of Akita Prefecture, and the Aniai-type floras in Honshu, Japan // *J. Min. College. Akita Univ. Ser. A*, 1964, v. 3, № 4, p. 1–83.

Jolivet L., Tamaki K., Fournier M. Japan Sea, opening, history and mechanism: A synthesis // *J. Geophys. Res.*, 1994, v. 99, № B11, p. 22237—22259.

Kano K., Uto K., Ohguchi T. Stratigraphic review of Eocene to Oligocene successions along the eastern Japan Sea: implication for early opening of the Japan Sea // *J. Asian Earth Sci.*, 2007, v. 30, p. 20—32.

Lelikov E.P., Tsoy I.B., Terekhov E.P., S'edin V.T., Vashchenkova N.G., Nabiullin A.A. Geology and dredged rocks from the Sea of Japan: Part I // *New Concepts in Global Tectonics. Newsletters*, 2007, № 45, p. 5—20.

Lelikov E.P., Tsoy I.B., Terekhov E.P., S'edin V.T., Vashchenkova N.G., Nabiullin A.A. Geology and dredged rocks from the Sea of Japan Floor: Part II // *New Concepts in Global Tectonics. Newsletters*, 2008, № 46, p. 4—18.

Ohguchi T., Yamazaki T., Noda H., Sasiki K., Kano K. Marine sediments older than 20 Ma in the Oga Peninsula, NE Japan // *J. Jap. Assoc. Petrol. Technol.*, 2005, v. 70, № 2, p. 207—215.

Sato S. Palynological study on Miocene sediments of Hokkaido, Japan // *Geol. Miner. Ser. IV*. 1963, v. 2, № 1, p. 1—110.

Takahashi K. Neogene pollen assemblages and zonation of Japan // *Bull. Fac. Lib. Arts, Nagasaki Univ. Nat. Sci.*, 1984, v. 24, № 2, p. 39—72 (in Japanese with English abstract).

Tamaki K., Suyehiro K., Allan J., Ingle J.C., Pisciotto K. Tectonic synthesis and implications of Japan Sea ODP drilling // *Proc. ODP, Sci. Results*, 1992, 127/128, pt. 2, p. 1333—1348.

Tanai T. Neogene flora change in Japan // *Hokkaido Univ. J. Fac. Sci.*, 1961, № 10, p. 119—398.

Tsoy I. Early Miocene freshwater diatom flora from the Yamato Rise, the Sea of Japan // *Diatom Res.*, 2017, doi:10.1080/0269249X.2017.1367726.

Wang W.-M., Yamanai T. New data on Miocene pollen floras of the Oga Peninsula, Northeast Honshu of Japan, with comparison to those of Northeast China // *Jpn. J. Palynol.*, 1996, № 42 (1), p. 1—13.

Wolfe J.A. Temperature parameters of humid to mesic forests of eastern Asia and relation to forests of other regions of the Northern Hemisphere and Australasia. *Geol. Surv. Prof. Pap.*, 1979, № 1106, 37 p.

Yamanai T. Neogene pollen stratigraphy of the Oga Peninsula, Northeast Honshu, Japan // *J. Geol. Soc. Japan*, 1978, № 84, p. 69—84 (in Japanese with English abstract).

Yamanai T. Neogene palynological zones and event in Japan // *Proc. Int. Symp. Pacific Neogene continental and marine events*. Nanjing University Press, 1989, p. 83—90.

Yamanai T. Miocene pollen stratigraphy of Leg 127 in the Japan Sea and comparison with the standart Neogene pollen floras of Northeast Japan // *Proc. ODP. Sci. Results*, 1992, v. 127/128, pt.1, p. 471—491.

Yanagisawa Yu., Akiba F. Revised marine diatom biostratigraphy of the Miocene sequence in the Matsushima area, northeastern Japan // *Bull. Geol. Surv. Japan*, 1998, v. 50, № 7, p. 431—448.