

УДК 551.782 : 552.2 : 56.118.2(265.54)

И. Б. Цой, Н. Г. Ващенко, М. Т. Горюва, Е. П. Терехов

О НАХОДКЕ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
НА ВОЗВЫШЕННОСТИ ЯМАТО

(Японское море)

Приводятся данные диатомового, палинологического и петрографического анализов слаболитифицированных пород, обнаруженных на подводной возвышенности Ямато (Японское море). Установлен автохтонный

характер и континентальный генезис пород. Комплексное исследование позволило предположить раннемиоценовый возраст их образования.

Впервые континентальные отложения с подводной возвышенности Ямато описаны в 1978 г. Л. Барклом и Ф. Акибой [11]. На северо-восточном склоне возвышенности на глубине 2338 м поршневой трубкой (станция RC12-394) была вскрыта трехметровая толща осадков, содержащих пресноводные диатомеи. На основе палинологических данных и возраста вышележащих морских осадков Л. Баркл и Ф. Акиба предположили позднемиоценовый возраст указанных отложений. Происхождение их объяснялось существованием в это время на месте Японского моря озерного бассейна.

При геологических исследованиях, проводимых Тихоокеанским океанологическим институтом ДВНЦ АН СССР, в юго-западной части возвышенности Ямато на шести станциях также обнаружены пресноводные отложения (рис. 1). Генезис их определен по обильному содержанию в осадках пресноводных диатомей, сходных с ранее описанными из керна трубки RC 12-394. Исследованный материал позволил авторам по-иному интерпретировать происхождение и возраст пресноводных отложений, и они надеются, что обсуждение предлагаемых в данной статье вопросов поможет прояснить некоторые стороны геологического развития как возвышенности Ямато, так и всей впадины Японского моря.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для статьи использован материал, полученный в 28-м (1977 г.) и 33-м (1980 г.) рейсах НИС «Первенец» (ТОИ ДВНЦ АН СССР) при дражировании в юго-западной части возвышенности Ямато крутых склонов и обрывов пре-

имущественно в интервалах глубин от 1000 до 1500 м, через 50—100 м (см. рис. 1). На шести станциях подняты слаболитифицированные осадочные породы, содержащие пресноводные диатомеи. Для выяснения условий образования и установления источников сноса проведено петрографическое изучение этих пород; особое внимание уделялось исследованию обломочной части и сравнению ее по составу с породами фундамента.

Из различных типов слаболитифицированных пород были отобраны образцы на диатомовый и палинологический анализы, техническая обработка которых проводилась согласно общепринятой в СССР методике с использованием для обогащения калий-кадмиевой жидко-

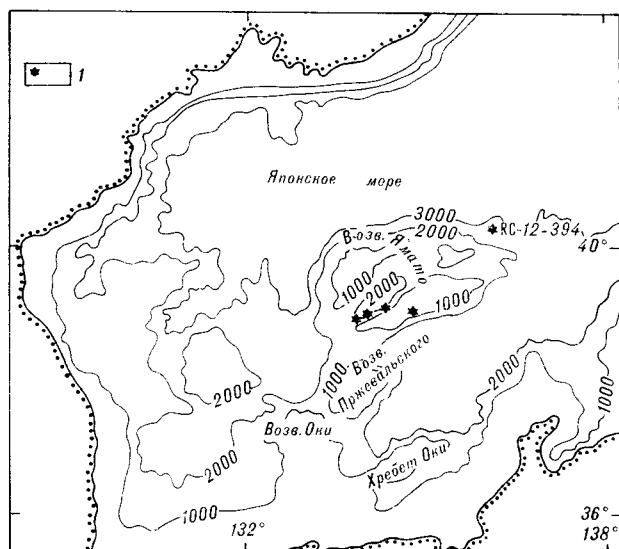


Рис. 1. Схема расположения станций. 1 — станции, на которых обнаружены пресноводные диатомеи.

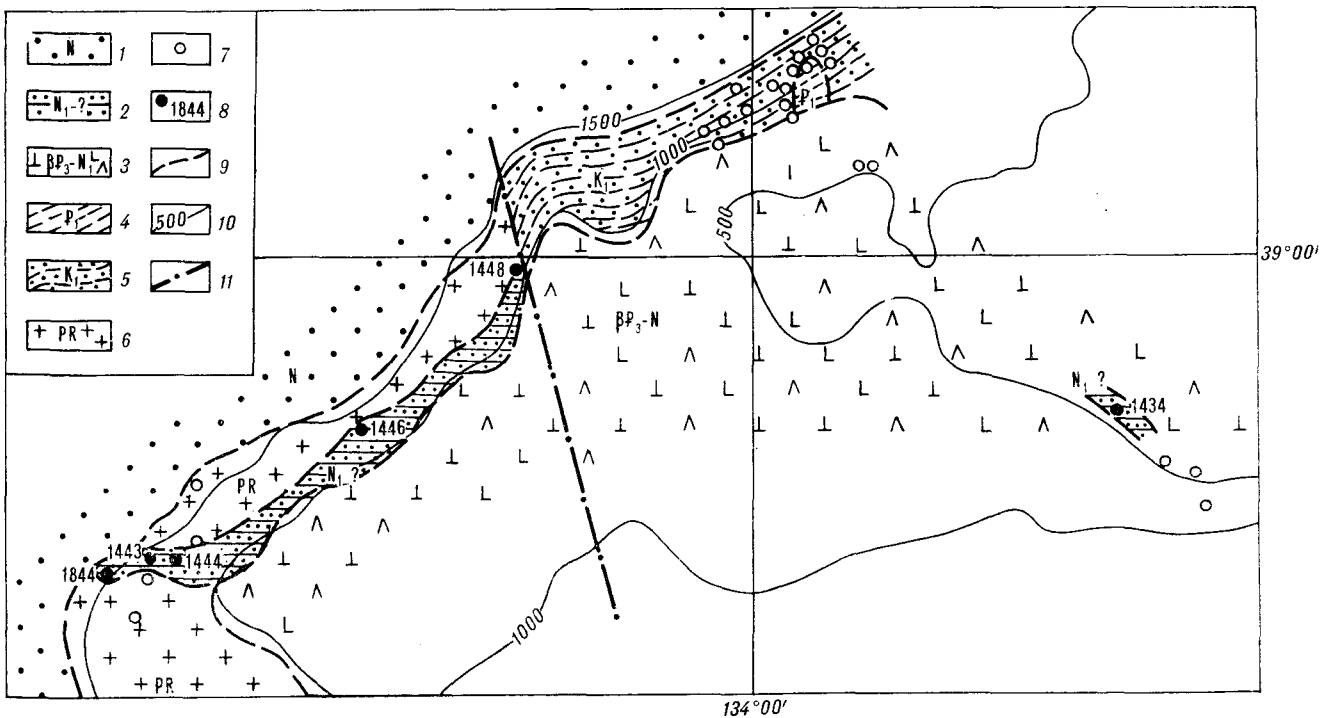


Рис. 2. Геологическая схема района работ.

1 — морские неогеновые отложения; 2 — раннемиоценовые континентальные отложения; 3 — вулканы олигоцен-раннемиоценового возраста; 4 — палеоценовые отложения; 5 — нижнемеловые отложения; 6 — протерозойские отложения; 7 — станции драгирования; 8 — станции, на которых обнаружены пресноводные диатомеи; 9 — геологические границы; 10 — изобаты; 11 — тектонические нарушения.

сти. Для определения возраста исследуемых пород установленные в них диатомовые и палинологические комплексы сопоставлялись со сходными комплексами из континентальных разрезов смежных регионов.

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВОЗВЫШЕННОСТИ ЯМАТО

Возвышенность расположена в центральной части Японского моря, имеет размеры около 500 км в длину и около 200 км в ширину и состоит из двух хребтов — Северного и Южного, имеющих северо-восточное простирание и разделенных межгорной впадиной. По глубинному строению возвышенность сходна с континентальными структурами, в то же время она отчленена от континента глубоководными впадинами. По геофизическим данным, в пределах возвышенности земная кора — субконтинентального типа, отличающаяся от коры окружающих участков суши пониженной мощностью (до 20—23 км) главным образом за счет сокращения промежуточного («гранитного») слоя, мощность которого не превышает 6,5 км [1].

На сложном гетерогенном фундаменте (акустически непрозрачные толщи), включающем

консолидированные породы докайнозойского возраста и кайнозойские вулканические толщи, залегает осадочный чехол слаболитифицированных пород неоген-четвертичного возраста (рис. 2).

Наиболее древние отложения чехла, возраст которых доказан микропалеонтологическими данными, имеют позднемиоценовый возраст. Они установлены в ядрах скважины 302 [12] и ряда поршневых трубок [14], подняты драгами [5] и представлены диатомитами, диатомовыми, диатомово-радиоляриевыми и цеолитовыми глинами, а также диатомовыми глауконитизированными песчанистыми алевритами. Отложения плиоценового возраста, обычно продолжающие разрез без видимого перерыва, представлены сходным набором пород. Аналогичные осадочные отложения установлены в глубоководных котловинах (скважины 299, 301), окружающих возвышенность [14, 15]. На соседних возвышенностях — Пржевальского (Кито-Оки), Оки и хр. Оки — по диатомовой флоре установлены морские отложения среднего миоценового возраста.

## ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Описываемая толща сложена слаболитифицированными туфодиадомитами, туфами, туф-

фитами, туфопесчаниками, туфоалевролитами, гравелитами, гравелитистыми песчаниками и конгломератами. Общим для всех типов пород является преобладание обломочного материала над цементом, слабая степень окатанности, плохая сортировка, однотипный состав обломков и наличие пресноводных диатомей. Преобладают крупнозернистые породы. Характерно, что тонкозернистые разновидности представлены туфодиатомитами и пепловыми туфами. Пирокластический материал, присутствующий практически во всех типах пород, обычно преобладает в тонкозернистых разностях либо в цементе (туфопесчаники).

Почти во всех типах изученных пород обнаружены диатомеи, распределение их в породе неравномерное, содержание колеблется от единичных находок до первых процентов, редко первых десятков процентов (за исключением туфодиатомитов, где их содержание достигает 50%). Во многих образцах наблюдаются линзочки (0,1—0,2 мм) округлой или слегка вытянутой формы более тонкого (пелитового) материала, обогащенного диатомеями (до 50% и более). Иногда такой материал образует редкие невыдержанные прослои мощностью около миллиметра. Видовой состав диатомей этих включений идентичен видовому составу расщепленных диатомей.

На большинстве станций подняты породы фундамента — граниты, гранитогнейсы и эффузивы, продукты разрушения которых являются составной частью слаболитифицированных пород осадочного чехла наряду с пирокластическим и органогенным материалом. Продукты разрушения гранитогнейсов представлены поликристаллическими обломками и обломками кварца, плагиоклаза, калишпата, биотита, мусковита, роговой обманки, сфена, апатита, продукты разрушения эффузивов — обломками пород (основных, средних и кислых эффузивов), плагиоклазов и роговой обманки.

Идентичность минерального состава обломочной части терригенных пород и подстилающих пород фундамента, угловатая форма обломков, плохая сортировка указывают на преимущественно автохтонный характер обломочного материала осадков.

Пирокластический материал представлен плагиоклазом, кварцем, обломками стекла и эффузивов. Вулканическое стекло, главный и хорошо идентифицируемый вид пирокластики, встречено во всех типах пород, содержащих пресноводные диатомеи. Количество его, незначительное в грубозернистых породах, становится преобладающим в обломочной части туфов и туфодиатомитов. Стекло — кислое, прозрачное, обломки от алевритовых (до 0,8 мм) до псаммитовых, рогульчатой, серповидной и других причудливых остроугольных форм. Часто

встречаются обломки пористого стекла пемзовидного облика.

Пирокластические обломки эффузивов являются составной частью литокристаллокластических туфов. Форма обломков каплевидная, округлая, с разнообразными угонениями, тонкими выступами, внутренними полостями причудливой формы, с выступающими остроугольными вкрапленниками плагиоклаза и пироксена. Породы не несут следов вторичного разогрева, переплавления.

Плагиоклаз и кварц входят в состав литокристаллокластических и кристалловитрокластических туфов. Плагиоклаз представлен сильно трещиноватыми обломками кристаллов и единичными идиоморфными кристаллами. Для него характерны волнистая зональность и расположение рядом обломков резко различного размера, в единичных случаях можно определить, что это части одного крупного кристалла. Сильная трещиноватость и разрушение плагиоклазов свидетельствуют, по-видимому, о быстром охлаждении горячих обломков при падении их в воду. Обломки кварца имеют округлую, слабо оплавленную форму либо выпукло-вогнутые границы; характерна трещиноватость. В пепловых туфах и туфодиатомитах встречаются мелкие оскольчатые обломки плагиоклаза и кварца, которые также являются пирокластическими.

Совместное нахождение туфопесчаников, туффитов, туфов, туфодиатомитов, алевролитов, гравелитистых песчаников, переслаивание этих пород, неравномерное распределение диатомовой флоры, постоянное присутствие пирокластики свидетельствуют о сложных условиях формирования пород. Размыв подстилающих пород древней континентальной коры, продуктов предыдущих вулканических извержений сопровождался интенсивной вулканической деятельностью, характеризующейся эксплозивным характером и присутствием значительного количества кислых продуктов извержения.

Продуктом эксплозивного вулканизма на возвышенности Ямато является толща щелочных вулканитов трахиандезитового комплекса, образовавшихся в олигоцене — раннем миоцене [4]. Вулканиты имеют широкое распространение в юго-западной части Японского моря, для них характерно преобладание кислых пород и наличие игнимбритов. Непосредственно на исследуемом участке (ст. 1434) подняты трахилипариты, возраст которых 24,5 млн. лет (K-Ar) [4], а также туфодиатомиты и туфы, содержащие пресноводные диатомеи. В литокластах туфов присутствуют обломки, сходные с вышеупомянутыми трахилипаритами.

Широкое развитие в исследуемых осадочных породах пирокластического материала, совместное их нахождение с щелочными вулканитами,

присутствие в пирокластическом материале щелочной составляющей указывают на то, что осадки, вероятно, образовывались одновременно с щелочными вулканитами. Кроме того, в породах, содержащих пресноводный комплекс диатомей, часто отмечаются пирокластические обломки эффузивов основного и среднего состава. Средние и основные эффузивы моложе раннемиоценового возраста на возвышенности Ямато отсутствуют [2, 10]. Таким образом, все эти данные позволяют предполагать, что накопление слаболитифицированных осадочных пород происходило в олигоцене — раннем миоцене.

## ДИАТОМОВЫЙ АНАЛИЗ

Створки диатомовых водорослей обнаружены практически во всех типах пород. Они характеризуются хорошей сохранностью и довольно однообразны по систематическому составу. Основным флористическим компонентом являются древние представители исключительно пресноводного рода *Aulacosira*, составляющие 90% всего видового состава. Это *Aulacosira praeislandica* (Jousé) Simonsen, *A. cf. hibschii* (Reinch) Simonsen sensu Rehakova, *A. praegrnulata* (Jousé) Simonsen, реже *A. aff. baicalensis* (K. Meyer) Wisl., *A. aff. jouseana* (Moiss.) Sim.

Наряду с видами *Aulacosira praegrnulata* (Jousé) Simonsen, *A. praeislandica* (Jousé) Simonsen отмечены формы, характеризующиеся согнутостью по центральной оси: *A. praegrnulata f. curvata* (Jousé) Sim., *A. praeislandica f. curvata* (Jousé) Sim. Характерной особенностью описываемой диатомовой флоры является присутствие вида (?) *Aulacosira sp.*, аналогичного по структуре створки с *A. praeislandica* (Jousé) Simonsen, но отличающегося эллиптической формой и обычно более крупными размерами. Он отмечен лишь в верхней части пресноводной толщи, вскрытой трубкой RC12-394 [11]. Других сообщений о находках *Aulacosira sp.* авторами не найдено.

Еще одну характерную группу составляют довольно многочисленные *Coscinodiscus*: *C. gorbunovii* Sheshuk., *C. miocenicus* Krasske, *C. cf. variabilis* Freng. Постоянным компонентом флоры является *Paralia scabrosa* (Oestrup) Moiss. Спорадически отмечены пеннатные диатомей. Из них более или менее постоянно встречаются *Tetracyclus ellipticus* (Ehr.) Grun, *T. lacustris* Ralfs. Остальные виды (е. г. *Eunotia sp.*, *Cymbella sp.*, *Navicula sp.* и др.) обнаружены только в обломках.

Диатомовая флора характеризуется видами, типичными для планктона стоячих вод, что свидетельствует о формировании осадков в

озерном бассейне. Доминирующая роль *Aulacosira* связывается с олиготрофной средой, обычной для озер вулканических районов. На олиготрофность среды указывает и присутствие *Paralia scabrosa* (Östr.) Moiss., постоянного компонента изученной флоры. О холодноводных условиях формирования описанной флоры свидетельствует преобладание *Aulacosira praeislandica* (Jousé) Simonsen, современные представители которого известны как холодноводные.

Присутствие уникальных элементов (е. г. *Aulacosira sp.*) и ряда таксонов открытой номенклатуры придает данной флоре своеобразные черты, что затрудняет ее сопоставление с ранее описанными флорами. Но анализ данных по пресноводным диатомеям из смежных регионов показал возможность такой корреляции с определенной долей условности, учитывая сходство таксономического состава.

Наиболее близкая диатомовая флора описана из пресноводных осадков северо-восточной части возвышенности Ямато [11]. Как отмечалось выше, ее возраст установлен по палинологическим данным и возрасту перекрывающей морской толщи. Происхождение пресноводных осадков, вскрытых колодкой RC 12-394, объяснялось существованием на месте Японского моря в позднем миоцене озерного бассейна. Последнее предположение противоречит данным о широком распространении морских осадков этого же возраста в районе Ямато, что ставит под сомнение вывод о позднемиоценовом времени образования пресноводных осадков [5, 14, 15]. Сходство диатомей из нижней части керна RC12-394 с ассоциацией из алевритов Ямато п-ова Ното (верхняя часть яруса Дайсима — нижняя часть яруса Нисикурасава, т. е. ранний — средний миоцен) [13] свидетельствует о более древнем возрасте рассматриваемой толщи. Сравнение с диатомеями из континентальных разрезов Приморья, Кореи и других районов также указывает на более древний возраст пресноводных осадков.

В Приморье близкий комплекс диатомей описан в кизинской и усть-давыдовской свитах ранне-среднемиоценового возраста [3, 7]. Общими чертами являются: 1 — однообразный видовой состав, 2 — высокий процент вымерших форм, 3 — доминирующая роль древних планктонных видов рода *Melosira* \*. В комплексе кизинской свиты доминирует *Melosira jouseana* Moiss., не встречающийся в более молодой диатомовой флоре Приморья. Сходный вид отмечен в изученном авторами комплексе как *Aulacosira aff. jouseana* (Moiss.) Simonsen. Он характеризуется более крупными размерами и

\* Старое название рода *Aulacosira* [19], распространено в литературе, поэтому при сопоставлении сохранена старая номенклатура.

отсутствием гиалиновых линий на поверхности и загибе створки. Отличие установленного комплекса от комплексов Приморья состоит в незначительном участии пеннатных диатомей и преобладании представителей *Coscinodiscus*. В Корее обилие *Melosira* характерно для комплексных биозон *Melosira islandica* и *M. granulata* из формаций Нултаири (*Nultairi*) и Иол (*Ioil*) группы Джанги (*Jangii Group*), возраст которой по остаткам макрофауны установлен как ранний миоцен [17]. Изученный комплекс сходен с комплексами, широко распространенными в озерных фациях северо-восточных и центральных районов Западно-Сибирской низменности. Это олигоцен-нижнемиоценовые отложения некрáсовской серии [8, 9]. Сходный комплекс описан из миоценовых отложений Чехословакии [18]. Он также характеризуется однообразием систематического состава, незначительным количеством пеннатных видов, преобладанием *Melosira*, типичных для нижнемиоценовых отложений. Изученная авторами флора обнаруживает наиболее близкое сходство с комплексами преимущественно раннемиоценового возраста. Однако возможен более широкий возрастной предел: олигоцен — средний миоцен. Некоторая условность мнения о возрасте связана с недостаточной изученностью пресноводных диатомей из кайнозойских отложений сопредельных регионов, а также с отсутствием непрерывного разреза в исследуемом районе.

Таким образом, изучение диатомовых водорослей приводит к выводу о развитии их в пресноводном озерном бассейне, вероятно олиготрофном, в холодноводных условиях, предположительно в раннемиоценовое время.

## ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Насыщенными пыльцой оказались преимущественно туфодиациты и туфоалевролиты. В палинокомплексе доминирует пыльца древесных растений. Среди голосеменных (43—77,2%), насчитывающих 15 таксонов, многочисленна пыльца родов *Picea* (14—15%): *P. sp.*, *P. sect. Euripicea*, *P. sect. Omorica* и *Tsuga* (7—17%): *T. sp.*, *T. cf. diversifolia* (Maxim) Mast., *T. cf. canadensis* (L.) Carr., *T. cf. siboldii* Carr. Пыльца рода *Pinus* (5—16%) — *P. sp.*, *P. s/g Naploxylon*, *P. s/g Diploxylon* — постоянна и обильна, реже встречается *Abies sp.* семейства *Taxodiaceae*, а пыльца *Sciadopitys sp.*, *Cedrus sp.*, *Keteleeria sp.*, *Podocarpus* отмечается спорадически и в виде единичных зерен.

Для покрытосеменных (17,8—54,7%) характерно таксономическое разнообразие (21 таксон). Это главным образом пыльца *Ulmus* (5—31%) семейств *Fagaceae* и *Juglandaceae*. Среди

*Fagaceae* наиболее многочислен *Fagus sp.* (3—10%), а *Quercus sp.* единичен. Наиболее полно и разнообразно представлена пыльца *Juglandaceae*: *Juglans sp.* (2—11%), *Carya* (до 17%), *Pterocarya sp.* и *Platycarya sp.* (единична). Пыльца семейства *Betulaceae* представлена в основном родами *Betula sp.* (1—10%), *Carpinus sp.* (до 4%) и *Corylus sp.* (единично) и количественно несколько уступает доминантам. Обычна пыльца *Tilia*. Термофильные элементы в составе умеренной палинофлоры отмечены в виде единичных находок. Это пыльца *Myrica sp.*, *Liquidambar sp.*, *Comptonia sp.*, *Elaeagnus sp.*, *Celtis sp.*, *Nyssa sp.* Травы бедны в видовом и количественном отношении. Они представлены только *Sparganium sp.* и *Cyperaceae*. Участие спор невелико (до 4,5%). Среди них преобладают гладкие бобовидные споры *Polypodiaceae*, отмечены единичные *Osmunda sp.*, *Ophyoglossaceae*, *Dicksonia sp.* и *Lycopodium sp.*

Таксономический состав палинофлоры позволяет восстановить последовательный экологический ряд растительных ассоциаций: рипарийная (*Alnus*, *Sparganium*, *Cyperaceae*, *Taxodium*, *Pterocarya*) с участием долинного ильма; низкорослая или склоновая, где основными лесобразующими видами были сосновые и буквые с примесью разнообразных ореховых, ильмовых, березовых, липовых, (реже кедровых) кустарниковых — *Myrica*, *Corylus*, *Diervilla*, *Lonicera* и другие, с травянистым покровом из папоротников *Osmunda*, *Ophyoglossaceae*, *Dicksonia* и плауна; горная с доминирующими *Tsuga*, *Pinus* и примесью *Betulaceae*.

Совместное нахождение флор из различных местообитаний свидетельствует о расчлененном рельефе и наличии вертикальной зональности растительного покрова. Преобладание типичных мезофильных представителей среди голо- (*Picea*, *Tsuga*, *Pinus*) и покрытосеменных (*Ulmus*, *Fagus*, *Juglandaceae*, *Betulaceae*) растений указывает на умеренный и влажный климат. Современные аналоги этих растений распространены в зонах умеренного климата, а многие из них (*Picea*, *Tsuga* и др.) требуют для своего развития повышенной влажности воздуха.

Для палинокомплекса, выделенного из отложений северо-восточного склона возвышенности Ямато [11], характерно доминирование пыльцы древесной растительности (96,5%), среди которой наиболее обильно представлены *Quercus*, *Fagus*, *Zelkova*, *Ulmus*, *Juglans*, *Pterocarya*, *Carya*. По мнению Шимазаки [11], он сходен с флорой типа Митоку (*Mitoku*). Сходство его с изученным авторами палинокомплексом состоит в доминировании пыльцы древесной растительности и наличии общих таксонов (*Fagus*, *Ulmus*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Carya*), которые наряду с *Pinaceae* составляют основное ядро комплекса.

Изученный комплекс по таксономическому составу сходен с ранне-среднемиоценовой палинофлорой формации Ашибетцу (Ashibetsu) Центрального Хоккайдо [20]. В комплексе нет пыльцы семейства Chenopodiaceae, родов Magnolia, Acer. По доминирующей роли Pinaceae, Ulmaceae, Fagaceae, Juglandaceae комплекс сходен с палинофлорой ханкайских слоев Приморья [6]. Наблюдается сходство этих флор в составе как хвойных, так и лиственных растений, за исключением того, что во флоре ханкайских слоев наряду с пыльцой семейства Pinaceae много пыльцы семейства Taxodiaceae и богаче видовой состав рода Pinus. Возраст ханкайской палинофлоры считается ранне-среднемиоценовым, но не исключается возможность ее отнесения к концу среднего миоцена [6].

Состав палинофлоры возвышенности Ямато (умеренная с небольшим участием теплолюбивых видов) позволяет предположить, что последняя формировалась, вероятнее всего, в раннем миоцене.

Насыщенность проб большим количеством безмешковой пыльцы хорошей сохранности свидетельствует о том, что ее источником служила растительность, произрастающая вблизи от места захоронения.

Петрографическое и микропалеонтологическое изучение отложений, вскрытых драгированием в юго-западной части подводной возвышенности Ямато, указывает на их автотонный характер. Осадкообразование происходило в пресноводном озерном бассейне, расположенном на островной суше, в районе активной вулканической деятельности, в условиях умеренно влажного климата.

Наиболее вероятное время образования изученных отложений — ранний миоцен. Этот вывод обоснован анализом комплексов пресноводных диатомовых водорослей, пыльцы и спор.

Дополнительным указанием на образование пород в более древнее время, чем поздний миоцен [11], является присутствие в их составе пирокластического материала, имеющего сходство с вулканитами трахиандезитовой серии. Время ее формирования — олигоцен — ранний миоцен.

Подводная возвышенность Ямато в ранне-миоценовое время, вероятно, была островом, на котором существовали озера. Собственно морская история развития возвышенности началась, по-видимому, в среднем миоцене [4], после чего она опустилась не менее чем на 1500 м ниже уровня моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильковский Н. П. и др. Основные черты геологического строения дна Японского моря.— М.: Наука, 1978.
2. Коновалов Ю. И., Грачева А. А. Вулканические породы Южного Ямато (Японское море).— В кн.: Геология дна Японского и Филиппинского морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978.
3. Куклина Т. А., Моисеева А. И. Сопоставление комплексов диатомовых водорослей Камчатки и юга Дальнего Востока с целью корреляции неогеновых континентальных отложений.— В кн.: Микрофито-фоссилии в нефтяной геологии. Л.: ВНИГРИ, 1980.
4. Леликов Е. П., Терехов Е. П. Щелочные вулканы дна Японского моря.— Тихоокеанская геол., 1982, № 2.
5. Липкина М. И., Цой И. Б. Конкреции барита с подводной возвышенности Ямато в Японском море.— ДАН СССР, 1980, т. 254, № 4.
6. Мамонтова И. Б. Миоценовая флора ханкайских слоев Приморья (палеонтологические данные).— В кн.: Новые данные по стратиграфии и палеогеографии Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982.
7. Моисеева А. И. Атлас неогеновых диатомовых водорослей Приморского края.— М.: Недра, 1971.
8. Рубина Н. В. Диатомовые водоросли континентальных третичных отложений Западной Сибири и их стратиграфическое значение.— Тр. Тюмен. индустр. ин-та, 1970, вып. 1.
9. Рубина Н. В. Методы дробного биостратиграфического расчленения и корреляции континентальных толщ на примере изучения диатомовых водорослей в некрасовской серии Западно-Сибирской низменности.— Тр. Тюмен. индустр. ин-та, 1973, вып. 17.
10. Съедин В. Т., Леликов Е. П. Базальтоиды центральной и юго-западной части Японского моря.— В кн.: Новые данные по геологии дальневосточных морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979.
11. Burckle L. H., Akiba F. Implications of late Neogene freshwater sediment in the Sea of Japan.— Geology, 1978, N 6.
12. Ingle J., Karig D. E., White S. M. Introduction and explanatory notes.— In: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. V. 31. Washington, 1975.
13. Koizumi I. The deep-sea sediments and the geological history of the Japan Sea.— Kagaku, 1977, v. 47, N 1.
14. Koizumi I. Neogene diatoms from the Sea of Japan.— Marine Geology, 1978, N 26.
15. Koizumi I. The geological history of the Sea of Japan based upon sediments and microfossils.— Nipponkai, 1979, N 10.
16. Lee Y. G. Neogene Diatoms of Pohang and Gampo areas, Kyongsangbuk — Do, Korea.— Journ. Geol. Soc. Korea, 1975, v. 11, N 2.
17. Lee Y. G. Fossil Diatoms in the upper of the Eoil Formation, Eoil area, Gyeongsangbuk — Do, Korea.— Journ. Kor. Inst. Mining Geol., 1976, v. 9, N 2.
18. Rehakova Z. Changements qualitatifs des associations de Tchecoslavaquic.— VIII-e Congress INQUA, Paris, 1969.
19. Simonsen R. The Diatom system: Ideas on Phylogeny.— In: Bacillaria Intern. Journ. for Diatom Research. V. 2, 1979.
20. Tanai T. The Miocene Sakipenpetsu flora from Ashibetsu area, central Hokkaido, Japan.— Mem. Nat. Sci., 1971, N 4.