

Научные статьи

УДК 561+551.48.1(265.54)

ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА ВРЕМЕНИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ

© 2010 Б.И. Павлюткин, В.В. Голозубов

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, 6900227;
e-mail: golozubov@fegi.ru*

По результатам сравнения третичных флор Японии, Кореи и Приморья установлено их сходство в таксономическом и палеоклиматическом отношении в досреднемиоценовое время. После раскрытия Японского моря с проникновением в него теплого течения Цусима (переходный ранне-среднемиоценовый интервал) климатические условия на западном побережье Хонсю резко улучшились. В континентальном секторе япономорского побережья они существенно не изменились из-за негативного влияния Восточно-Азиатского зимнего муссона. Палеоботанические данные о времени раскрытия Японского моря согласуются с данными, полученными ранее палеомагнитными методами. Однако данные по глубоководному бурению и по возрасту осадочных и вулканогенных пород во впадинах, обрамляющих Японское море, позволяют считать, что процесс раскрытия этого моря начался гораздо раньше, около 45 млн. л.н. Соответственно выделяются две главные фазы формирования впадины Японского моря. Первая фаза (45-17 млн.л.н.) – начало дрейфа Японии на юго-восток с сохранением флористических связей с материком, вторая (17-15 млн. л.н.) фаза – активного дрейфа с формированием в тылу Японии значительных водных пространств. С этого времени обозначились существующие поныне климатические различия Японии и континентального обрамления Японского моря.

Ключевые слова: палеофлоры, палеоклиматы, системы сдвигов, палеомагнитные исследования, тектонические реконструкции.

ВВЕДЕНИЕ

Идея о том, что впадина Японского моря образовалась в результате дрейфа на юго-восток отчленившегося фрагмента восточной окраины Азии, впервые высказана Кобаяси и Бубновым в 1941-1942 гг. (цит. по: Кропоткин, Шахварстова, 1965, с. 162). В основе этой гипотезы лежало установленное А.Н. Криштофовичем и Т. Кобаяси еще в 30-е годы прошлого столетия большое сходство мезозойской истории и мезозойской флоры Южного Приморья, Кореи и Внутренней Японии. Из этих черт сходства был сделан вывод о том, что в мезозое Япония располагалась гораздо ближе к материку, чем сейчас, а ее внутренняя зона вместе с Кореей и Южным Приморьем составляла в это время единый континенталь-

ный массив, время от времени прогибавшийся и служивший ареной прибрежно-морского и континентального осадконакопления.

Полученные к настоящему времени геологические данные полностью подтверждают заключение относительно общности в мезозойской истории развития Сихотэ-Алиня и Японии. Большая часть территории Японии образована юрскими и нижнемеловыми аккреционными комплексами (пояса Мино, Тамба, Ашио, Чичибу, Симанто и др.), которые полностью аналогичны таковым в Сихотэ-Алине (Самаркинский и Таухинский террейны и их аналоги в Приамурье) и являются, очевидно, их прямыми продолжениями. Надсубдукционные верхнемеловые вулканиты прослежены как вдоль побережья Сихотэ-Алиня и на отдельных подво-

дних возвышенностях Японского моря, так и на о. Хонсю и на юго-востоке Корейского полуострова (Голозубов, 2006).

Весомым подтверждением тезиса о том, что Японские острова представляют собой фрагменты, отделившиеся от Евразии, послужили палеомагнитные данные, согласно которым раскрытие Японского моря сопровождалось вращением Юго-Западной Японии по часовой стрелке при одновременном вращении Северо-Восточной Японии против часовой стрелки (Kawai et al., 1962). Составленная П.Н. Кропоткиным и К.А. Шахварстовой (1965) с учетом этих данных реконструкция положения блоков до раскрытия Японского моря является, по-видимому, первой из многочисленных работ такого рода.

Для решения вопроса о времени этого события И. Отофуджи выполнил палеомагнитные исследования серии хорошо датированных коллекций образцов различного возраста и установил, что вращение блоков Японии в ходе раскрытия Японского моря произошло достаточно быстро, в конце раннего – начале среднего миоцена (17–15 млн. л.н.) (Otofujii, 1996). Работами С. Лаллеманда, Л. Жоливе, К. Тамаки и М. Фурнье показано, что впадина Японского моря состоит из серии присдвиговых грабенов (pull-apart basins), которые формировались в связи с правосторонними перемещениями вдоль двух несоосных систем разломов близ меридионального простирания – Хоккайдо-Сахалинской и Цусимской. Эти перемещения, в свою очередь, по мнению этих авторов, являются удаленным эффектом Индо-Евразийской коллизии (Fournier et al., 1995; Jolivet, Tamaki, 1992; Lallemand, Jolivet, 1985).

Несколько неожиданные для решения проблемы времени раскрытия Японского моря свидетельства получены нами в процессе сравнения третичных флор Японии и континентального обрамления Японского моря.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ТРЕТИЧНЫХ ФЛОР ЯПОНИИ, КОРЕИ И ПРИМОРЬЯ

В практике палеоботанических исследований при изучении конкретных ископаемых флор в качестве обязательного элемента используется сравнение данной флоры с уже изученными близкими по возрасту флорами других регионов. Для российских палеоботаников, изучающих дальневосточные третичные флоры, основным регионом для такого сравнения традиционно выбирается территория Японии. Это вполне объяснимо, поскольку японские исследователи накопили к началу 1970-х годов огромный коллекционный материал и опубликовали большое количество научных работ с описанием третич-

ных листовых флор, обнаруженных в различных префектурах страны (Tanai, 1961, 1967, 1970; Huzioka, 1964, 1972 и др.).

В континентальном секторе Дальнего Востока на территории Приморского края на тот период была опубликована только одна монография по позднемиоценовой усть-суйфунской флоре (Байковская, 1974). В ней Т.Н. Байковская впервые обратила внимание на различие в таксономическом составе позднемиоценовых флор Приморья и Японии, однако без объяснения его возможных причин. По мере изучения листовых флор Приморья из других стратиграфических интервалов выяснились интересные закономерности. Таксономическое сходство одновозрастных флор островного и континентального секторов в обрамлении Японского моря проявлялось достаточно очевидно только до определенного стратиграфического рубежа. Так, эоценовые (олигоценые в ранней трактовке) флоры о-ва Хоккайдо, известные по работам Т. Танаи (Tanai, 1970, 1989), включают существенное количество видов, позднее обнаруженных в их эоценовых эквивалентах на территории Приморского края (Аблаев, 2000; Павлюткин, 2007). Речь идет не только о представителях широко распространенных родов из семейств *Cercidiphyllaceae*, *Betulaceae*, *Ulmaceae*, *Salicaceae*, но и более редких в ископаемом состоянии родов, таких как *Hamamelis*, *Cercis*, *Zanthoxylum*, *Cupania*, *Mallotus*, *Ziziphus*, *Maesa*, *Merilliodendron*, а также группу родов с листовой пластинкой *Alangium*-type.

Еще большая общность проявилась при сравнении раннеолигоценых флор, более известных под названием «энгельгардиевые». Их местонахождения обнаружены как в островном, так и в континентальном секторах побережья Японского моря (Tanai, Uemura, 1994). Несмотря на значительные широтные различия местонахождений, все они характеризуются двумя главными особенностями – высокой термофильностью и наличием в их составе специфических представителей рода *Quercus* (включая виды неустановленной секционной принадлежности) и трехлопастных брактеей *Alfaropsis koreanica* (Oishi) *Iljinskaja* («*Engelhardia*»). Эти таксоны характеризуются узким стратиграфическим диапазоном, что позволяет использовать их для уверенной корреляции географически удаленных местонахождений «энгельгардиевых» флор.

Также синхронно проявился и позднеолигоценый температурный минимум в составе соответствующих флор по обе стороны Японского моря. К ним относятся флоры Павловки (Приморье) и флоры Noda (Япония). Их объединяет незначительное участие термофильных родов. Так, в составе флоры Noda (Юго-Западный Хонсю),

согласно (Tanai, Uemura, 1991), термофильная составляющая представлена видами из родов *Lindera*, *Litseaephyllum*, *Eurya*, *Stewartia*, *Sapindus*. Более разнообразны роды, обычные в составе теплоумеренных и умеренных флор: *Glyptostrobus*, *Berberis*, *Cercidiphyllum*, *Liquidambar*, *Ulmus*, *Quercus* (листопадные виды), *Alnus*, *Carpinus*, *Carya*, *Pterocarya*, *Populus*, *Salix*, *Rhododendron*, *Rosa*, *Acer*. Довольно скромно выглядит термофильная компонента в составе флоры Акоби (Западный Кюсю). Она представлена видом *Plafkeria basiobliqua* (Oishi et Huzioka) Tanai – одним из реликтов более древних, эоцен-раннеолигоценовых флор (Uemura, 1998).

Позднеолигоценовая флора Павловки на сегодня изучена недостаточно. Она выглядит несколько более умеренной по сравнению с флорой Noda, вероятно, из-за существенных широтных различий соответствующих местонахождений (~ 10°). Ее ядро слагают виды из родов *Glyptostrobus*, *Metasequoia*, *Liquidambar*, *Nelumbo*, *Ulmus*, *Zelkova*, *Betula*, *Alnus*, *Cyclocarya*, *Populus* (Павлюткин, Петренко, 2010).

Такой же теплоумеренный этап в палеофлористической сукцессии зафиксирован во флорах Aniai-типе на территории Японии и их аналогах в Корее (флора Changgi) и Приморье (флора Синего Утеса). По радиоизотопным данным возраст флор этого уровня датируется первой половиной раннего миоцена с возможным заходом нижней границы в терминальный олигоцен (Kano, Yanagisawa, 1989). Согласно нашим данным, дополненным материалами Р.С. Климовой (1983), степень участия общих родов в структуре флоры Aniai (флоротип) и Синего Утеса достигает 90 % (таблица).

Совершенно иная картина предстает при сравнении материковых и островных флор, отвечающих уровню второй половины раннего – первой половины среднего миоцена (15-17 млн. л.н.). В Японии флоры этого уровня, более известные как флоры Daijima-типе (Kano, Yanagisawa, 1989), несмотря на близкоширотное расположение, выглядят гораздо более термофильными по сравнению с одновозрастными флорами континентального сектора (флоры Tongcheon, Namjin в Корее, ханкайская флора в Приморье). Хотя ханкайская флора, отвечающая первой половине среднего миоцена, выглядит более обогащенной термофильными элементами по сравнению с флорой Синего Утеса, она по этому показателю уступает соответствующим среднемиоценовым флорам Японии (Павлюткин, 2005). В ее составе не обнаружены лавровые, кастанопсисы, вечнозеленые дубы и ряд других термофильных растений. Эта особенность сохраняется и в отношении более молодых флористических комплексов, отвечающих уровню японских флор Mitoku-типе (Павлюткин, 2002).

ЧТО ЖЕ ПРОИЗОШЛО НА РУБЕЖЕ РАННИЙ/СРЕДНИЙ МИОЦЕН?

На наш взгляд, смена характера и глубины корреляционных связей объясняется двумя важными палеогеографическими факторами, связанными с перераспределением в регионе водных и воздушных масс после отделения Японии от материка и формирования в ее тылу достаточно обширного водного бассейна. Один из них проявился в форме климатического феномена, известного как Восточно-Азиатский зимний муссон, второй – во влиянии омывающего Японские острова теплого течения Цусима.

Время зарождения муссона датируется рубежом поздний эоцен/ранний олигоцен (Wang, 1984), однако его влияние на климат умеренных и южных широт восточной окраины Азии резко возросло в позднем олигоцене.

Муссонный тип климата в умеренных широтах Восточной Азии сохраняется до настоящего времени. Атмосферный максимум, устойчиво существующий зимой над Монголией и Южным Забайкальем России, генерирует массы холодного, предельно сухого воздуха. Они движутся к востоку, обуславливая на континенте минимум осадков в зимнее время. Но, проходя над акваторией незамерзающего Японского моря, из-за разницы температур на границе вода/атмосфера (градиент достигает 20°) воздух нагревается за счет турбулентного потока скрытой теплоты, насыщается влагой и обеспечивает достаточно комфортные условия прохождения растениями экстремального зимнего сезона, особенно на западном побережье о. Хонсю. Данная модель взаимодействия гидро- и атмосферы уже давно разработана климатологами (Витвицкий, 1980). Ее влияние на растительный покров территории Японии детально рассмотрено в работе (Yasuda, 1984).

Вторая причина повышения температуры и увлажнения климата Японии в зимние периоды связана с проникновением в Японское море теплого течения Цусима. Оно омывает западное побережье Японии и через Сангарский пролив уходит в Тихий океан, давая ответвление, ориентированное вдоль юго-западного побережья Хоккайдо. Именно эта мощная теплая «река» выполняла роль своеобразного калорифера, ограждавшего территорию Японии от сухих холодных ветров Восточно-Азиатского муссона. Течение Цусима согревало (и согревает) и юго-западный Хоккайдо с его теплоумеренными каштаново-буковыми лесами.

Температурный фон во второй половине среднего и в позднем миоцене западного побережья Японии постепенно снижался в соответствии с последовавшим за миоценовым оптимумом общепланетарным охлаждением

Таксономический (родовой) состав раннемиоценовых флор Aniai-типе в обрамлении Японского моря.

	Родовой состав флор	Aniai (type), север Хонсю (Huzioka, 1964)	Синий Утес, Приморье		Changgi, Корея (Huzioka, 1972)
			Павлюткин, 2010	дополняющие роды (Климова, 1983)	
	<i>Picea</i>	+	+	—	+
	<i>Pinus</i>	+	+	—	—
*	<i>Pseudotsuga</i>	—	—	+	+
*	<i>Sciadopitys</i>	—	—	—	+
*	<i>Glyptostrobus</i>	+	+	—	+
*	<i>Metasequoia</i>	+	+	—	+
*	<i>Thuja</i>	+	—	—	—
	<i>Populus</i>	+	+	—	—
	<i>Salix</i>	+	+	—	+
*	<i>Carya</i>	+	—	+	+
*	<i>Pterocarya</i>	+	—	+	+
	<i>Alnus</i>	+	+	—	—
	<i>Betula</i>	+	+	—	+
	<i>Carpinus</i>	+	+	—	+
*	<i>Ostrya</i>	+	—	+	+
*	<i>Fagus</i>	+	+	—	+
	<i>Quercus</i>	+	+	—	+
	<i>Ulmus</i>	+	+	—	+
*	<i>Zelkova</i>	+	+	—	+
	<i>Nelumbo</i>	+	+	—	—
*	<i>Cercidiphyllum</i>	+	—	+	—
*	<i>Magnolia</i>	+	—	—	+
	<i>Schizandra</i>	+	+	—	—
*	<i>Hydrangea</i>	+	—	+	—
	<i>Prunus</i>	+	+	—	—
	<i>Sorbus</i>	+	+	—	+
*	<i>Wisteria</i>	+	+	—	—
	<i>Maackia</i>	+	—	—	—
*	<i>Cladrastis</i>	—	+	—	+
*	<i>Rhus</i>	+	+	—	+
	<i>Acer</i>	+	+	—	+
*	<i>Aesculus</i>	+	+	—	+
	<i>Tilia</i>	+	+	—	+
	<i>Alangium</i>	+	+	—	+
	<i>Cornus</i>	—	—	+	+
*	<i>Diospyros</i>	+	+	—	—
	<i>Fraxinus</i>	—	—	+	+
	<i>Hemitrapa</i>	+	+	—	+
	<i>Viburnum</i>	+	—	—	+

Примечание. * – роды, отсутствующие в современной флоре Приморья.

в умеренных и высоких широтах. Палеоклиматическая кривая этого отрезка времени имела достаточно сложный вид с неоднократными, но малоамплитудными (по крайней мере до позднего плиоцена) экстремумами (Tanai, 1967). Интересно, что восходящая ветвь кривой, отражающей миоценовый оптимум – крутая, а нисходящая – пологая. Вероятно, фактор, обусловивший ее вид, однажды возникнув, продолжал действовать в течение всего по-

следующего времени. Таким фактором, по-видимому, было Японское море с его теплым течением Цусима. Флоры постоптимального этапа на западном побережье Японии (Mitokutype) формировались под его защитой. Они медленно эволюционировали, постепенно приобретая умеренно теплый облик, но продолжая удерживать некоторые наиболее термофильные элементы, свойственные оптимальным флорам Daijima.

На противоположном, материковом побережье Японского моря при переходе от раннего к среднему миоцену климат не претерпел существенных изменений. Возможно, он даже стал несколько прохладнее в связи с влиянием холодного Приморского течения, омывающего побережье Приморья и севера Кореи (рис. 1). В Приморье палеофлоры этого уровня, датированные радиоизотопными методами (Павлюткин и др., 1993), не обнаруживают принципиальных отличий от флористического комплекса Синего Утеса.

События вышеназванного этапа проявились здесь также в слабой дифференцированности флор этого времени. Члены палеофлористической сукцессии, начиная с ханкайской флоры и до флоры усть-суйфунского уровня (поздний миоцен), не обнаруживают принципиальных различий. Это затрудняет их сопоставление и упорядочение. Отсюда следует важный вывод: аналоги (по степени термофильности!) японских миоценовых флор, начиная с флор Daijima-типа, в континентальном секторе япономорского побережья отсутствуют. Они не могли там сформироваться по причине иных палеоклиматических условий. Сравнение

возможно только на формальном уровне, но не по таксономическому составу: в частности, ханкайская флора по времени формирования близка флорам уровня Daijima (Павлюткин и др., 1993). Она включает ряд аналогичных или близких видов в различных систематических группах растений, но идентичных среди них почти нет. Это связано с тем, что японские средне-позднемиоценовые флоры, изолированные от азиатского материка, развивались автохтонно, в другой климатической обстановке, что не могло не сказаться на их составе и облике.

Таким образом, пока территория Японии являлась частью Азиатского материка (или удалась от него не слишком далеко), климатические условия районов местонахождения соответствующих островных и континентальных флор принципиально не различались. Это определяло их сходство по таксономическому составу и степени термофильности. В наибольшей степени сходство проявилось на уровне флор Aniai-типа и их аналогов в Корее (флоры Tongcheon, Changgi) и Приморья (флора Синего Утеса). Раскрытие Японского моря обусловило эффект «внезапно-

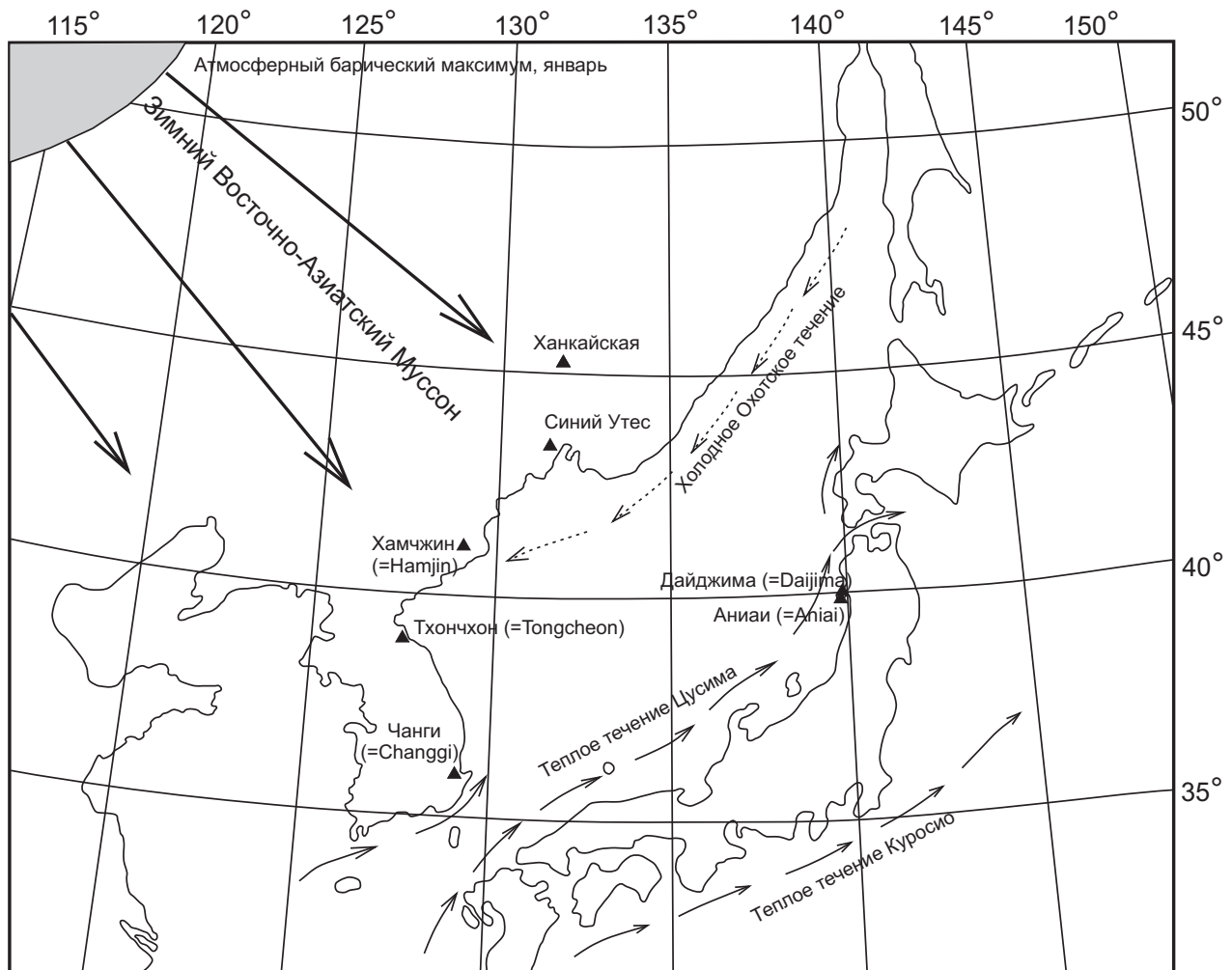


Рис. 1. Местоположение сравниваемых неогеновых флор юга Дальнего Востока.

го» резкого потепления в конце раннего – начале среднего миоцена на западном побережье Японии, в то время как в континентальном секторе климат не претерпел существенного улучшения в связи с сохранившимся неблагоприятным влиянием Восточно-Азиатского муссона.

Приведенные выше палеофлористические данные в целом подтверждают, таким образом, полученное палеомагнитными методами (Otofujі, 1996) время раскрытия Японского моря (рубеж ранний-средний миоцен, 15-17 млн. л.н.). Эти цифры, однако, не совсем соответствуют возрасту древнейших из изученных в ходе глубоководного бурения осадочных пород (Jolivet, Tamaki, 1992) в новообразованных котловинах Японского моря (до 20 млн. л.н.). Раскрытие Японского моря, по мнению Л. Жоливе и К. Тамаки (Jolivet, Tamaki, 1992), могло начаться еще раньше – около 25 млн.л.н. Если же принять, что присдвиговые осадочные бассейны в обрамлении Японского моря – вдоль Сихотэ-Алиня и Корейского полуострова (Мартынов и др., 2006), в том числе с проявлениями эоценового базальтового вулканизма – начали формироваться одновременно с главными впадинами этого моря, то заложение бассейна и первые стадии его развития следует датировать еще более древними цифрами – не менее 45 млн. л.н.

Соответственно, в процессе формирования впадины Японского моря намечаются две главные фазы. Первая (45-17 млн. л.н.) – когда Япония отделяется от материка серией присдвиговых впадин, вначале внутриконтинентальных, а позднее погружившихся ниже уровня моря (рис. 2а, б). Отдельные блоки между этими впадинами (в современной структуре – подводные возвышенности) образовывали, вероятно, архипелаг из многочисленных островов, не слишком удаленных друг от друга, от Японии и от материка, что обеспечивало сохранение флористических связей. Особо отметим, что отколовшиеся от материка фрагменты в процессе отодвигания не испытывали в этот период времени каких-либо вращений. Во вторую фазу (15-17 млн. л.н.) дальнейший достаточно быстрый дрейф Японии происходил уже в соответствии с «2-дверной» моделью И. Отофуджи (Otofujі, 1996), со значительными вращениями Северо-Восточной Японии против часовой, а Юго-Западной Японии – по часовой стрелке (рис. 2в). С этого времени Японию и материк разделяли уже значительные, близкие к современным водные пространства, и в связи с этим обозначились описанные выше климатические различия Японии и континентального сектора обрамления Японского моря.

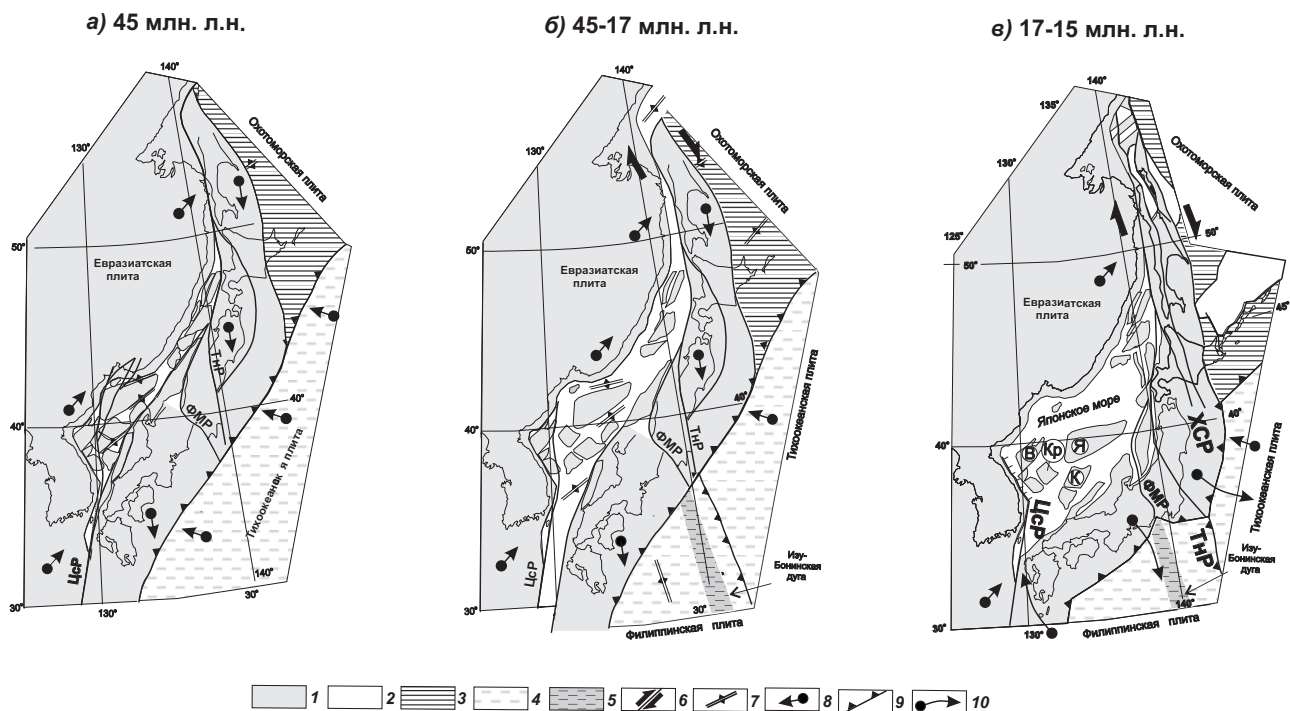


Рис. 2. Динамика раскрытия Японского моря по (Голозубов, 2006) с небольшими изменениями: 1 – докайнозойские террейны; 2 – участки новообразованной океанической коры; 3 – Охотоморская плита; 4 – Тихоокеанская плита; 5 – Осевая часть Изу-Бонинской дуги; 6 – системы сдвигов, в том числе ХСР – Хоккайдо-Сахалинская, ТНР – Танакура, ФМР – Фосса-Магна, ЦСР – Цусимская; 7 – оси растяжения; 8 – направления перемещения плит; 9 – зоны субдукции; 10 – направления вращений блоков. Буквами в кружочках обозначены подводные возвышенности: Я – Ямато, В – Восточно-Корейская, Кр – Криштофовича, К – Кита-Оки.

ВЫВОДЫ

1. Досреднемиоценовые флоры Японии, Кореи и Приморья не обнаруживают существенных различий. При этом умеренный облик позднеолигоценовых и раннемиоценовых флор сравнимых регионов во многом обусловливался влиянием Восточно-Азиатского зимнего муссона.

2. В переходный ранне-среднемиоценовый интервал времени под влиянием теплого течения Цусима произошло резкое улучшение климатических условий на западном побережье Хонсю, в то время как в континентальном секторе климат существенно не изменился. Он по-прежнему контролировался Восточно-Азиатским зимним муссоном.

3. В процессе формирования впадины Японского моря различаются две главные фазы. В течение первой (45-17 млн. л.н.) Япония отделяется от материка серией присдвиговых впадин, вначале внутриконтинентальных, а позднее – погрузившихся ниже уровня моря. Флористические связи Японии и континента в этот отрезок времени сохранились, блоки Японии не испытывали каких-либо вращений. Во вторую фазу (15-17 млн. л.н.) относительно быстрый дрейф Японии происходил со значительными вращениями Северо-Восточной Японии против часовой, а Юго-Западной Японии – по часовой стрелке. В течение этой фазы и появились сохранившиеся до настоящего времени климатические различия Японии и континентального сектора обрамления Японского моря.

Работа выполнена при поддержке грантов ДВО РАН № 09-1-ОНЗ-01 и № 09-3А-08-399.

Список литературы

- Аблаев А.Г.* Биостратиграфия палеогена побережья юга Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2000. 116 с.
- Байковская Т.Н.* Верхнемиоценовая флора Южного Приморья. Л.: Наука, 1974. 196 с.
- Витвицкий Г.Н.* Зональность климата Земли. М.: Мысль, 1980. 253 с.
- Голозубов В.В.* Тектоника юрских и нижнемеловых комплексов северо-западного обрамления Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2006. 239 с.
- Климова Р.С.* Миоценовая флора и фито-стратиграфические горизонты Приморского края // Палеоботаника и фито-стратиграфия Востока СССР. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. С. 65-76.
- Кропоткин П.Н., Шахварстова К.А.* Геологическое строение Тихоокеанского подвижного пояса. М.: Наука, 1965. 358 с.
- Мартынов Ю.А., Ли Д.У., Голозубов В.В., Рассказов С.В.* Геохимия и особенности формирования позднемиоценовых базальтов юга Корейского полуострова // Геохимия. 2006. № 6. С. 597-609.
- Павлюткин Б.И.* Позднемиоценовая флора юга Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2002. 192 с.
- Павлюткин Б.И.* Среднемиоценовая ханкайская флора Приморья // Владивосток: Дальнаука, 2005. 216 с.
- Павлюткин Б.И.* Эоценовая усть-давыдовская флора юга Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2007. 148 с.
- Павлюткин Б.И., Ганзей С.С., Пушкарь В.С., Петренко Т.И.* Палеоботаническая характеристика и радиометрическое датирование неогеновых отложений Южного Приморья // Стратиграфия. Геол. коррел. 1993. Т. 1. № 6. С. 40-47.
- Павлюткин Б.И., Петренко Т.И.* Стратиграфия палеоген-неогеновых отложений Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2010. 165 с.
- Fournier M., Jolivet L., Huchon P. et al.* Neogene strike-slip faulting in Sakhalin and the Japan Sea opening // J. Geophys. Res. V. 99. №. B2. 1995. P. 2701-2725.
- Huzioka K.* The Aniai Flora of Akita Prefecture, and the Aniai-type floras in Honshu, Japan // J. Minn. Coll. Akita Univ. Ser. A. 1964. V. 3. № 4. P. 1-83.
- Huzioka K.* Tertiary Floras of Korea // J. Minn. Coll. Akita Univ. Ser. A. 1972. V. 5. № 1. P. 1-83.
- Jolivet L., Tamaki K.* Neogene kinematics in the Japan Sea region and volcanic activity of the Northeast Japan Arc // Ingle J.C., Jr., Suyeshiro, K., von Breymann, M.T., et al., 1992. Proc. ODP, Sci. Res. V. 127/128. Pt. 2. College Station, TX. P. 1311-1331.
- Kano K., Yanagisawa Y.* Ages of the Aniai-type and Dajima-type floras in Japan // Bull. Geol. Surv. Jap. 1989. V. 40. №. 12. P. 647-653.
- Kawai N., Kume S., Ito H.* Study on the magnetisation of the Japanese rocks // Journal of Geomagnetism and Geoelectricity. 13. 1962. P. 150-203.
- Lallemant S., Jolivet L.* Japan Sea: a pull-apart basin // Earth Planet. Sci. Lett. 1985. № 76. P. 375-389.
- Otofuji Y.* Large tectonic movement of the Japan Arc in Late Cenozoic times inferred from paleomagnetism: review and synthesis. // The Island Arc. V. 5. 1996. P. 229-249.
- Tanai T.* Neogene floral change in Japan // J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. 4. 1961. V. 11. № 2. P. 119-298.
- Tanai T.* Miocene Floras and climate in East Asia // Abh. Zent. Geol. Inst. 1967. № 10. P. 195-205.
- Tanai T.* The Oligocene floras from the Kushiro coal field, Hokkaido, Japan // J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. 4. 1970. V. 14. № 4. P. 383-514.

- Tanai T.* Revision of the so-called «Alangium» leaves from the Paleogene of Hokkaido, Japan // *Bull. Nath. Sci. Mus. Tokio. Ser. C.* 1989. V. 15. № 4. P. 121-149.
- Tanai T., Uemura K.* The Oligocene Noda Flora from the Yuyu-wan Area of the Western End of Honshu, Japan. Pt. 1 // *Bull. Nath. Sci. Mus. Tokio. Ser. C.* 1991. V. 17. № 2. P. 57-80.
- Tanai T., Uemura K.* Lobed oak leaves from the Tertiary of East Asia with reference to the oak phytogeography of the Northern Hemisphere // *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N.S.* 1994. № 4. P. 343-365.
- Uemura K.* Oligocene Plants from Akogi in the Northeastern Sasebo Coal-bearing Field, Kyushu, Japan // *Mem. Nath. Sci. Mus. Tokio.* 1998. № 31. P. 57-65.
- Wang P.X.* Progress in Late Cenozoic palaeo-climatology of China // *Evol. East. Asian Environ (1): Geol. and Palaeoclimatol. Proc. Inter. Conf. (Hong-Kong, 7-12 Jan. 1983).* Hong-Kong, 1984. P. 165-187.
- Yasuda Y.* 1984. Oscillations of climatic and oceanographic conditions since the last glacial age in Japan // *Evol. East. Asian Environ (1): Geol. and Palaeoclimatol. Proc. Inter. Conf. (Hong-Kong, 7-12 Jan. 1983).* Hong-Kong, 1984. P. 397-443.

PALEOBOTANIC EVIDENCES FOR THE TIME OF THE SEA OF JAPAN ORIGIN

B.I. Pavlyutkin, V.V. Golozoubov

Far Eastern Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, 690022.

The comparison of the Tertiary floras of Japan, Korea, and Primorye shows that they are similar in taxonomy and paleoclimate conditions to floras of the Pre-Middle-Miocene time. After the opening of the Sea of Japan accompanied by penetration of the Tsushima warm current (Early-Middle Miocene transitional interval), the climatic conditions on the Honshu western coast became better over a short period of time. In the continental part of the Sea of Japan coast they did not change significantly due to the negative influence of the East-Asian winter monsoon. Paleobotanic data on the time of the Sea of Japan opening corresponds to the data obtained earlier using paleomagnetic methods. However, the data from the deep-sea drilling and data on the age of the sedimentary and volcanogenic rocks in the troughs, surrounding the Sea of Japan, make it possible to consider that the process of this Sea opening began much earlier, about 45 m.y. The authors distinguish two main stages of the formation of the Sea of Japan basin. The first stage (45-17 m.y.) suggests the beginning of the Japan drift southeastward. Japan kept the floristic relations with the continent. The second stage (17-15 m.y.) suggests active drift accompanied by formation of significant water space in the back part of Japan. That was the time when the climatic differences between Japan and continental surroundings of the Sea of Japan appeared.

Keywords: paleofloras, paleoclimate, fault system, paleomagnetic research, tectonic reconstruction.