

ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВБЛИЗИ МЕЛ-ПАЛЕОГЕНОВОЙ ГРАНИЦЫ В СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКЕ (НА ПРИМЕРЕ ПАЛЕОЦЕНОВОЙ ФЛОРЫ СЕВЕРНОЙ АЛЯСКИ)

А.Б. Герман, М.Г. Моисеева

Введение

Граница между мелом и палеогеном является одним из наиболее ярких рубежей в истории Земли. Для выяснения характера событий, происшедших в это время в континентальных условиях, большое значение имеет изучение растительных сообществ конца мела и начала палеогена, которое могло бы существенно дополнить существующие представления о роли в этих событиях палеоклиматических и палеогеографических факторов. В последние годы были получены важные данные, свидетельствующие против гипотезы катастрофических изменений биоты на этой границе и подтверждающие значительную роль миграционных процессов в ходе ее модернизации. В рамках этой проблемы нами рассматриваются флористические изменения в конце мела–начале палеогена в Арктике на примере ископаемых флор, произраставших по разные стороны этого рубежа: позднемаастрихтской корякской флоры (Северо-Восток России) и раннепалеоценовой флоры Сагвон (Северная Аляска).

Палеоценовые флоры Северной Аляски

В районе Сагаванирктон (рис. 1) широко распространены меловые и палеогеновые отложения, относящиеся к свитам Фортресс Маунтин и Торок, сериям Нанушук и Колвилл и свите Сагаванирктон [Molenaar et al., 1984; Mull et al., 2003]. Первая, несколько сотен метров мощностью, представлена турбидитовыми сланцами и перекрывающимися их конгломератами, обнажающимися на юге района в предгорьях хребта Брукс [Mull, 1989; Mull, Harris, 1989].

Свита Торок, серия Нанушук и более молодые верхнемеловые отложения, относящиеся к свитам Принс Крик, Шрадер Блафф и Сиби серии Колвилл, развиты севернее горы Слуп Маунтин, где

они слагают пологие синклинали и антиклинали. Эти отложения, однако, плохо обнажены и известны по немногочисленным выходам по берегам рек и ручьев и в придорожных выемках вдоль шоссе Дальтон [Molenaar et al., 1984; Mull, 1989]. Литологически и палеонтологически они изучены слабо. Песчаники и алевриты серии Нанушук, относившиеся ранее к не выделяющейся ныне свите Игнук, известны в районе рек Сагаванирктон и Ивишак [Huffman, 1989]. Верхнемеловые-нижнепалеоценовые отложения свиты Принс Крик или палеогеновые – свиты Сагаванирктон, представленные плотными грубозернистыми песчаниками и конгломератами, слагают вершины холмов на протяжении от мили 352 до мили 354 вдоль шоссе Дальтон. Лучше всего эти отложения обнажены в береговом обрыве реки Сагаванирктон возле урочища Сагвон (рис. 1) и ниже по течению реки на протяжении 8–10 км [Mull et al., 2003]. Более молодые верхнепалеоценовые-эоценовые континентальные отложения свиты Сагаванирктон также хорошо обнажены в районе Франклин Блафф на восточном берегу р. Сагаванирктон от мили 381 до мили 395 вдоль шоссе Дальтон [Mull, Harris, 1989; Mull et al., 2003].

Многочисленные ископаемые растения из отложений верхней части свиты Принс Крик на левом берегу р. Сагаванирктон возле урочища Сагвон (см. рис. 1) были собраны Дж. Вулфом в 1951 г. (коллекция USGS (без номера) хранится в Смитсоновском институте, Вашингтон, США), Р.Э. Спайсером в 1987 г. [Spicer, Parrish, 1990], Р.Э. Спайсером, А. Альбергом и А.Б. Германом в 2001 г. (коллекции USGS 11481, 87RAS и 01RAS хранятся в Открытом университете, Милтон Кинес, Великобритания) и А. Альбергом, А.Б. Германом, Д. Джолли, М.Г. Моисеевой и Р.Э. Спайсером в 2005 г. В этом районе, в прирусловых обрывах, приуроченных к оси и северному и южному крыльям антиклинали Ивишак, выходят терригенные и угленосные

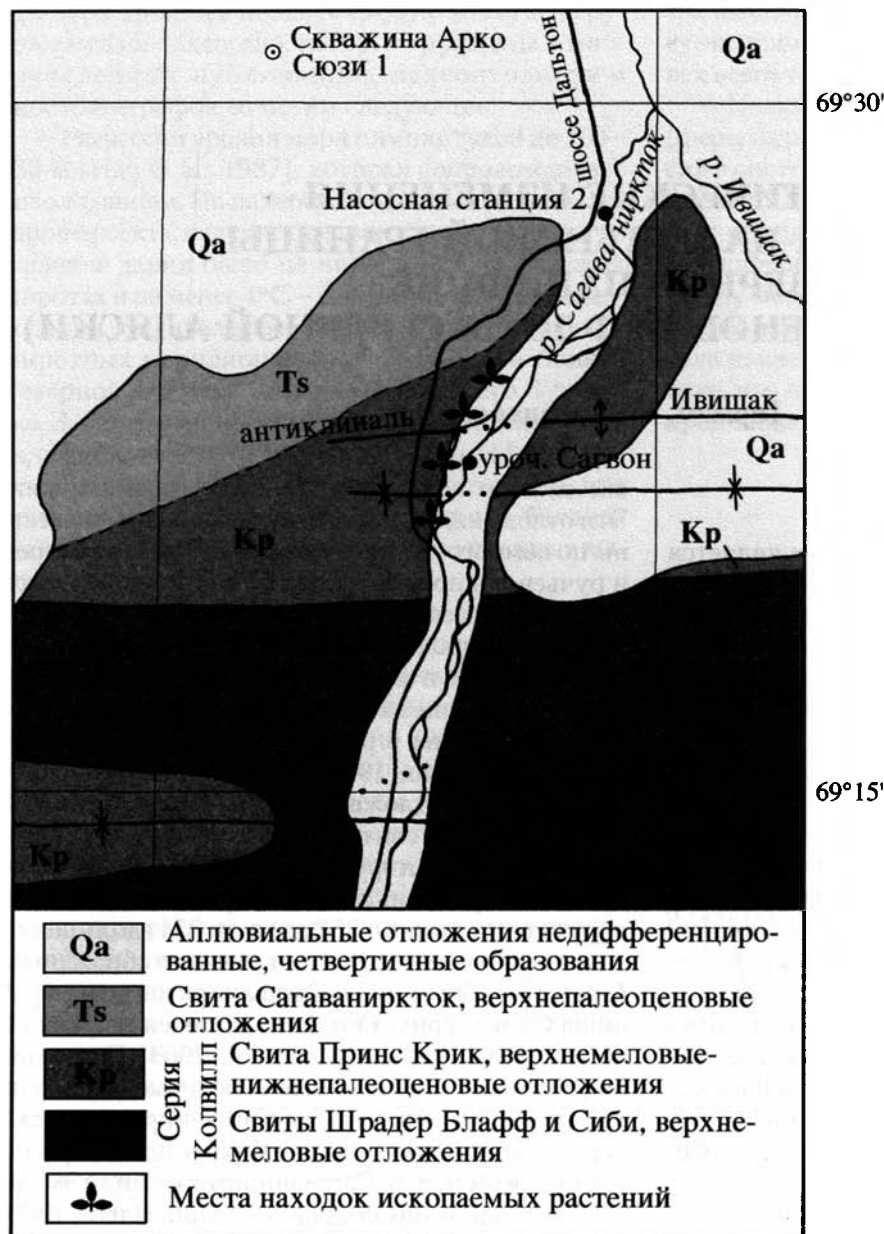


Рис. 1. Схематическая геологическая карта реки Сагаваниркток в районе урочища Сагвон по [Mull, Harris, 1989], с изменениями

выходят в северной части обрывов. Находки ископаемых растений приурочены главным образом к алевролитам, углистым и глинистым сланцам и сидеритовым конкрециям, причем в последних сохранность растений наилучшая. Общая мощность флороносной пачки в урочище Сагвон достигает 100–115 м.

Основание свиты Сагаваниркток представлено светлыми, белыми на выветрелых поверхностях слабо сцементированными песчаниками, песками, конгломератами и гравелитами, обнажающимися в береговых обрывах ниже по течению урочища Сагвон. Хотя их контакт с подстилающими отложениями нигде не обнажен, предполагается, что он резкий и с некоторым стратиграфическим несогласием. Общая мощность пачки Сагвон свиты Сагаваниркток достигает 900 м.

Во время полевых работ на Северной Аляске в июле 2005 г. авторами были собраны дополнительные коллекционные материалы по более древней флоре Сагвон-1, известной по предыдущим сборам из райо-

породы, относимые к верхней части свиты Принс Крик позднемелового-раннепалеоценового возраста и песчаники и конгломераты базальной пачки Сагвон свиты Сагаваниркток позднепалеоцен-миоценового возраста [Mull, Harris, 1989; Mull et al., 2003].

Верхи свиты Принс Крик в рассматриваемом районе сложены переслаиванием конгломератов, слабо сцементированных песчаников, алевролитов, углистых сланцев и углей. Три пласта угля хорошо прослеживаются на всем протяжении обнажения и могут служить в качестве маркирующих горизонтов, причем мощность их достигает 7 м (третий пласт). Верхи разреза флороносной пачки с угольными пластами 4–6 обнажены хуже и

на Сагвон на р. Сагаваниркток, а также обнаружена и собрана новая, ранее не известная более молодая флора Сагвон-2 из того же района. Флора Сагвон-1 приурочена к нижней части разреза (ниже третьего угольного пласта), флора Сагвон-2 – из средней его части между угольными пластами 3 и 4. Первоначально считалось, что угленосные отложения в урочище Сагвон, содержащие остатки ископаемой флоры, принадлежат свите Сагаваниркток (ее нижней части – пачке Сагвон), и на них приходится граница меловой и палеогеновой систем [Spicer et al., 1994]. Позже было предложено проводить границу между свитами Принс Крик и Сагаваниркток выше угленосной пачки,

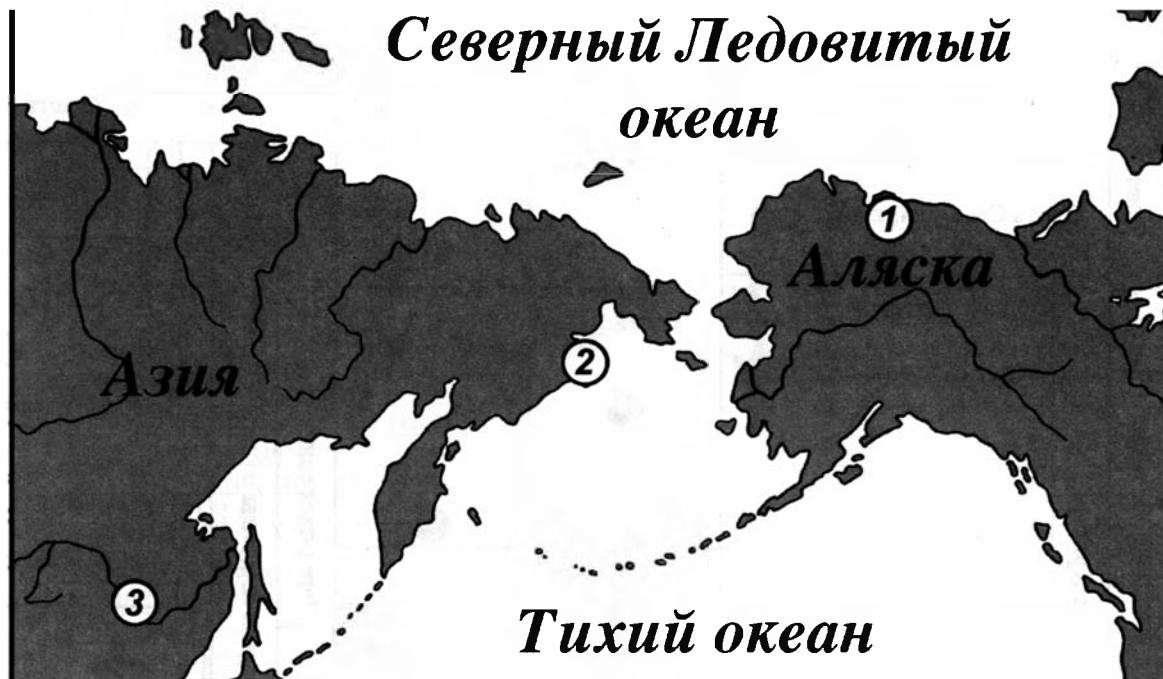


Рис. 2. Местоположение ископаемых флор.
1 – Сагвон; 2 – корякская; 3 – верхнецагайская

в основании хорошо картируемых белесых песчаников, конгломератов и гравелитов, поскольку литологически угленосные отложения гораздо более тесно связаны с подстилающими породами, чем с перекрывающими [Mull et al., 2003]. Палинологические данные Д. Джолли (устное сообщение, 2005 г.) позволяют датировать весь изученный флороносный разрез зеландием; мы, однако, не исключаем более широкий возрастной диапазон этих отложений и условно датируем флору Сагвон-1 даaniem-зеландием, а Сагвон-2 – зеландием.

Флора Сагвон-1 включает около 30 видов растений. Среди них доминируют двудольные покрытосеменные и хвойные, хвощевые и папоротники редки, гинкговые отсутствуют, однодольные многочисленны. Среди растений флоры Сагвон-1 преобладают полиморфные и достигающие больших размеров листья *Corylites beringianus*, побеги *Metasequoia occidentalis* и в некоторых захоронениях листочки, сложные листья и листовые розетки *Quereuxia angulata*. Последняя, вместе с однодольными *Naemanthophyllum* и *Phragmites*, по-видимому, составляла “водное сообщество”. Другими характерными растениями этой флоры являются *Equisetum arcticum*, *Onoclea hesperia*, *Mesocyparis*, *Fokieniopsis* aff. *catenulata*, *Naemanthophyllum*, *Sparganiophyllum*, *Phragmites*, *Trochodendroides*, *Cissites* (?), *Nyssidium*, “*Cocculus*”, *Rarytkinia*, *Ettingshausenia*, *Celastrinites*, *Castaliites*, *Liriophyllum* cf. *aeternum*, лист, сходный с листья-

ми розоцветных (cf. *Rubus*), несколько фруктификаций и др.

Флора Сагвон-2 была впервые открыта авторами летом 2005 г. Остатки растений отобраны из плохо обнаженных песчаников между угольными слоями 3 и 4 в северной части обнажения Сагвон. Эта флора менее разнообразна, чем предыдущая, и заметно от нее отличается по систематическому составу и основным доминантам. В числе последних преобладает *Tiliaephyllum tsagajanicum*, встречаются многочисленные побеги *Metasequoia occidentalis*, а также мужские шишки *Metasequoia*, побеги *Taxodium* (?) sp., *Mesocyparis* (?) sp., *Trochodendroides* ex gr. *arctica*, “*Acer*” *arcticum*, *Viburniphyllum* sp., фруктификации и чешуи неясного происхождения.

Позднемаастрихтская флора Северо-Востока России

Для обсуждения флористических изменений в Северной Пацифике на мел-палеогеновой границе, на которую приходится один из крупнейших в истории планеты экологических кризисов, связываемый с импактным событием в конце мелового периода, важен факт значительного сходства датско-зеландской флоры Сагвон-1 с позднемаастрихтской корякской флорой.

Корякская флора района лагуны Амаам (Северо-Восток России) происходит из верхней подсви-
















Система, отдел, ярус			Северная Аляска		Восточная и северо-восточная Азия						
			Река Сагаваниркток, урочище Сагвон		Лагуна Амаам и бухта Угольная			Амурская область			
Меловая	Верхний	Маастрихт	Палеоценовый	Телет	Свита Сагаваниркток 						
					Западный	Цагайская свита	Верхняя подсвита	Корякская свита	Чукотская свита	Верхняя подсвита	Кивдинская флора
Флора Сагвон 2  	Амаамская свита 	Чукотская свита 	Цагайская свита	Верхняя подсвита	Корякская флора 	Верхне-цагайская флора 					
Флора Сагвон 1  	Корякская свита	Верхняя подсвита	Корякская флора 	Верхняя и средняя подсвиты 	Цагайская свита	Нижняя и средняя подсвиты	Средне-цагайская флора (два комплекса)  1  2  3  4				

Рис. 3. Флористические изменения в Восточной и Северо-Восточной Азии и на Северной Аляске вблизи мел-палеогеновой границы

1 – флоры верхнецагайского типа; 2 – флоры корякского типа; 3 – палинофлоры, определяющие возраст стратонов; 4 – остатки морских моллюсков, определяющих возраст стратонов

ты корякской свиты, и ее возраст устанавливается по соотношению флороносных пород с морскими как поздний маастрихт [Головнева, Герман, 1992; Герман, 1993; 1999; Моисеева, 2005а,б]. Доминируют в корякской флоре *Metasequoia occidentalis*, *Corylites beringianus*, *Trochodendroides* (5 видов), а в отдельных местонахождениях – *Glyptostrobus nordenskioldii*, *Mesocyparis beringiana*, *Ettingshausenia raynoldsii*. Не столь многочисленны, но, тем не менее, характерны для корякской флоры *Equisetum arcticum*, *Onoclea hesperia*, *Elatocladus talensis*, *Naemantophyllum cordatum*, *Celastrinites septentrionalis*, *Cissites pekulneensis*, *C. hermanni*, *Rarytkinia amaamensis*, *Nyssidium arcticum*, “*Nyssa*” *tshucotica*, *Platimelis platanoides*. Хвойные, представленные в основном кайнозойскими родами, часто бывают содоминантами покрытосеменных. Хвощовые и папоротники немногочисленны, остатки *Ginkgo* очень редки, цикадофиты отсутствуют. Корякская флора по систематическому составу близка не поздне меловым, а датско-палеоценовым флорам северо-восточной Азии и Северной Америки.

Флористические изменения в Северной Пацифике вблизи мел-палеогеновой границы

Флора Сагвон-1 наиболее близка к позднемаастрихтской корякской флоре лагуны Амаам (рис. 2; таблица) [Герман и др., 2004]. Доминантами обеих флор являются *Corylites beringianus*, *Trochodendroides* и *Metasequoia occidentalis*. Другое сходство заключается в наличии общих видов *Equisetum arcticum*, *Onoclea hesperia*, *Nyssidium arcticum*, *Liriophyllum* cf. *aeternum* и родов *Mesocyparis*, *Metasequoia* (шишки), *Naemantophyllum*, *Sparganiophyllum*, *Rarytkinia*, *Ettingshausenia*, *Celastrinites* и *Cissites*. В корякской флоре, в отличие от флоры Сагвон-1, встречены немногочисленные реликтовые поздне меловые растения *Pityophyllum* ex gr. *nordenskioldii* и представители родов *Elatocladus*, *Menispermities* и *Cissites*.

Сходство позднемаастрихтской корякской флоры и датской флоры Сагвон-1 (рис. 3), существовавших по разные стороны данной границы,

Таблица. Таксономический состав корякской тафофлоры (Северо-Восток России) и тафофлоры Сагвон 1 (Северная Аляска)

Виды ископаемых растений	Корякская тафофлора	Тафофлора Сагвон 1
<i>Equisetum arcticum</i> Heer	+	+
<i>Onoclea hesperia</i> R.W. Brown	+	+
<i>Coniopteris tschuktschorum</i> (Krysht.) Samylina	+	
<i>Ginkgo</i> ex gr. <i>adiantoides</i> (Ung.) Heer	+	
<i>Pseudolarix arctica</i> Krysht.	+	
<i>Pityophyllum</i> ex gr. <i>nordenskioldii</i> (Heer) Nathorst	+	
<i>Metasequoia occidentalis</i> (Newb.) Chaney	+	+
<i>Metasequoia</i> sp. (шишки)	+	+
<i>Glyptostrobus nordenskioldii</i> (Heer) R.W. Brown	+	
<i>Glyptostrobus</i> sp. (шишки)	+	
<i>Mesocyparis beringiana</i> (Golovn.) McIver et Aulenback	+	
<i>Mesocyparis</i> (?) sp.		+
<i>Fokieniopsis</i> aff. <i>catenulata</i> (Bell) McIver et Basinger		+
<i>Elatocladus talensis</i> Golovn.	+	
<i>Haemanthophyllum cordatum</i> Golovn.	+	
<i>Haemanthophyllum</i> sp.		+
<i>Phragmites alaskana</i> Heer		+
<i>Phragmites</i> sp.		+
<i>Sparganiophyllum</i> sp.	+	+
<i>Monocotylophyllum</i> sp.		+
<i>Trochodendroides</i> ex gr. <i>arctica</i> (Heer) Berry		+
<i>Trochodendroides bidentata</i> Vassilevsk. et Golovn.	+	
<i>Trochodendroides emimensis</i> Golovn.	+	
<i>Trochodendroides lamutensis</i> Golovn.	+	+
<i>Trochodendroides</i> cf. <i>lamutensis</i> Golovn.	+	
<i>Trochodendroides</i> sp.	+	
<i>Nyssidium arcticum</i> (Heer) Iljinskaja	+	+
" <i>Nyssa</i> " <i>tshucotica</i> Golovn.	+	
" <i>Cocculus</i> " sp.		+
<i>Platimelis platanoides</i> Golovn.	+	
<i>Rarytkinia amaamensis</i> Moiseeva	+	
<i>Rarytkinia</i> sp.		+
<i>Ettingshausenia raynoldsii</i> Moiseeva	+	
<i>Ettingshausenia</i> sp.		+
<i>Menispermities</i> (?) sp.		+
<i>Corylites beringianus</i> (Krysht.) Herman	+	+
" <i>Rubus</i> " sp.		+
<i>Celastrinites septentrionalis</i> (Krysht.) Golovn.	+	
<i>Celastrinites</i> sp.		+
<i>Castaliites inordinatus</i> Hollick		+
<i>Quereuxia angulata</i> (Newberry) Kryshtofovich		+
<i>Pistia</i> (?) sp.		+
<i>Viburnum rarytkense</i> Budantsev		+
<i>Cissites pekulneensis</i> (Philipp.) Moiseeva	+	
<i>Cissites hermanii</i> Moiseeva	+	
<i>Cissites</i> sp.		+
<i>Liriophyllum</i> cf. <i>aeternum</i> Golovn.	+	+
<i>Carpolithes biloculatus</i> Golovn.	+	
<i>Carpolithes bulbosus</i> Golovn.	+	
Фруктификация 1		+
Фруктификация 2		+
<i>Dicotylophyllum</i> sp. 1	+	
<i>Dicotylophyllum</i> sp. 2		+

свидетельствует против гипотезы о глобальном экологическом кризисе на этом рубеже, во всяком случае, заметного вымирания растений и эволюционно значимых последствий для флор Северной Пацифики этот кризис не вызвал. Вероятно, позднемаастрихтская корякская флора была источником многих таксонов флор Сагвон-1, мигрировавших на север Аляски во время палеоценового потепления. По данным Л.Б. Головневой [1994], на территории Корякского нагорья смена флоры маастрихтского типа на флору датского типа произошла примерно на границе среднего и позднего маастрихта, и в дальнейшем, из-за прогрессирующего похолодания в конце маастрихтского века эта флора постепенно распространялась на юг. Следовательно, в Северной Пацифике наиболее существенная (но не катастрофическая) модернизация флоры произошла в маастрихте, а не на границе мела и палеогена, где наблюдаются менее значимые изменения, не превышающие таковых, происходивших в течение “бескризисного” позднего мела. Флора Северной Пацифики не дает никаких свидетельств катастрофического события на границе мела и палеогена; напротив, наблюдающееся вблизи нее развитие флор, по-видимому, контролировалось долговременными климатическими изменениями, эволюцией и миграцией растений. Сказанное свидетельствует о том, что прямое влияние импактного события (массовая гибель растений в результате похолодания и резкого снижения фотосинтеза из-за уменьшения прозрачности атмосферы) было ограничено средними широтами Северной Америки и отнюдь не было глобальным.

Флора Сагвон-2, несмотря на сравнительно бедный таксономический состав, наибольшее сходство имеет с флорой из верхней подсвиты цагайской свиты Амурской области (рис. 2, 3) [Криштофович, Байковская, 1966; Красилов, 1976]. Ископаемая флора в этом районе известна из средней и верхней подсвит цагайской свиты и по последним данным представлена четырьмя комплексами [Ахметьев и др., 2002]. Третий снизу комплекс, наиболее сходный с флорой Сагвон 2, происходит из верхов верхнецагайской подсвиты (ниже кивдинских слоев). Этот флористический уровень датируется по палинологическим данным данием [Флора..., 2001] или данием-зеландием [Кезина, 2005]. Для этого комплекса характерно доминирование крупнолистных *Trochodendroides*, *Zizyphoides*, *Tiliaephyllum tsagajanicum*, “*Acer*” *arcticum*, часто встречаются *Nyssidium*, *Nordenskioldia*, представители сем. *Platanaceae*. Среди хвойных обычно преобладают *Metasequoia occidentalis*, *Taxodium olrikii* и *Mesocyparis rosanovii*. Флора Сагвон 2 близка к описанному цагайскому комплексу по основным доминантам и характерным

видам, прежде всего, *Tiliaephyllum tsagajanicum*, “*Acer*” *arcticum*. Это сходство позволяет предположить, что в ходе прогрессирующего потепления климата, начавшегося в конце маастрихта и достигшего максимума, по-видимому, в раннем эоцене, температуры на Северной Аляске в зеландии достигли значений, позволивших флоре верхнецагайского типа мигрировать из южных палеоширот Дальнего Востока в высокие широты тихоокеанского сектора Арктики. Таким образом, во флорогенетическом отношении датско-зеландская флора Северной Аляски сформировалась главным образом за счет миграций растений из прилегающих районов Восточной и Северо-Восточной Азии, которые контролировались климатическими изменениями.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Президиума РАН (программа № 25) и РФФИ проекты № 04-05-64424 и № 06-05-64618.

Литература

Ахметьев М.А., Кезина Т.В., Кодрул Т.М., Манчестер С. Стратиграфия и флора пограничных слоев мела и палеогена юго-восточной части Зейско-Буреинского осадочного бассейна. В сб. памяти члена-корреспондента АН СССР, проф. В.А. Вахрамеева (к 90-летию со дня рождения). М.: ГЕОС, 2002. С. 275–315.

Герман А.Б. Позднемаастрихтская флора междуречья Эмима-Ильнайваам (Северо-Восток Корякского нагорья) и её стратиграфическое значение // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1993. Т. 1. № 4. С. 64–72.

Герман А.Б. Меловая флора Анадырско-Корякского субрегиона (Северо-Восток России): систематический состав, возраст, стратиграфическое и флорогенетическое значение. Тр. ГИН РАН. Вып. 529. М.: ГЕОС, 1999. 122 с.

Герман А.Б., Моисеева М.Г., Снайсер Р.Э., Альберг А. Маастрихт-палеоценовые флоры Северо-Востока России и Северной Аляски и флористические изменения на границе мела и палеогена // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2004. Т. 12. № 5. С. 55–64.

Головнева Л.Б. Маастрихт-датские флоры Корякского нагорья. СПб.: Изд-во Ботан. ин-та РАН, 1994. 148 с.

Головнева Л.Б., Герман А.Б. Новые данные о составе и возрасте флоры корякской свиты (Корякское нагорье) // Ботан. журн. 1992. Т. 77. № 7. С. 60–71.

Кезина Т.В. Палиностратиграфия угленосных отложений позднего мела и кайнозоя верхнего Приамурья. Владивосток: Дальнаука, 2005. 206 с.

Красилов В.А. Цагайская флора Амурской области. М.: Наука, 1976. 92 с.

Криштофович А.Н., Байковская Т.Н. Верхнемеловая флора Цагайна в Амурской области // Избранные труды. Т. 3. М.-Л.: Наука, 1966. С. 184–321.

Моисеева М.Г. Представители рода *Cissites* (покрытосеменные) из маастрихтской корякской флоры Северо-Востока России // Палеонтол. журн. 2005а. № 5. С. 85–92.

Моисеева М.Г. Корякский флористический комплекс Северо-Востока России: систематический состав, экологические, тафономические и палеоклиматические особенности. В кн.: Современные проблемы палеофлористики,

палеофитогеографии и фито­стратиграфии. Тр. Между­народной палеоботанической конференции. Москва 17–18 мая 2005 г. Выпуск 1. М.: ГЕОС, 20056. С. 212–223.

Флора и динозавры на границе мела и палеогена Зейско-Буреинского бассейна. Под ред. Е.В. Бугдаевой. Владивосток: Дальнаука, 2001. 162 с.

Huffman A.C., The Nanushuk Group. In: Dalton Highway, Yukon River to Prudhoe Bay, Alaska: Bedrock geology of the eastern Koyukuk basin, central Brooks Range, and eastcentral Arctic Slope. Eds. C.G. Mull, K.E. Adams. Division of Geol. and Geophysical Surv., Dept. of Nat. Resources, State of Alaska. Guidebook 7. 1989. V. 2. P. 302–309.

Molenaar C.M., Kirk A.R., Magoon L.B., Huffmann A.C. Twenty-two Measured Sections of Cretaceous-Lower Tertiary Rocks, Eastern North Slope, Alaska // US Dept. of Interior, Geol. Survey, Open-file Report. 1984. V. 84–695. 19 p.

Mull C.G. Generalized stratigraphy and structure of the Brooks Range and Arctic Slope. In: Dalton Highway, Yukon River to Prudhoe Bay, Alaska: Bedrock geology of the eastern Koyukuk basin, central Brooks Range, and eastcentral Arctic Slope. Eds. C.G. Mull, K.E. Adams. Division of Geol.

and Geophysical Surv., Dept. of Natural Resources, State of Alaska, Guidebook 7. 1989. V. 1. P. 31–46.

Mull C.G., Harris E.E. Road log from Chandalar Shelf (mile 237.1) to Prudhoe Bay (mile 414). In: Dalton Highway, Yukon River to Prudhoe Bay, Alaska: Bedrock geology of the eastern Koyukuk basin, central Brooks Range, and eastcentral Arctic Slope. Eds. C.G. Mull, K.E. Adams. Division of Geol. and Geophysical Surv., Dept. of Natural Resources, State of Alaska, Guidebook 7. 1989. V. 1. P. 101–131.

Mull C.G., Houseknecht D.W., Bird K.J. Revised Cretaceous and Tertiary stratigraphic nomenclature in the Colville Basin, Northern Alaska // USGS Professional Paper. 2003. V. 1673.

Spicer R.A., Davies K.S., Herman A.B. Circum-Arctic plant fossils and the Cretaceous-Tertiary transition. In: Cenozoic plants and climates of the Arctic. Eds. M.C. Boulter, H.C. Fisher. NATO ASI Series. Ser. I. V. 27. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1994. P. 161–174.

Spicer R.A., Parrish J.T. Late Cretaceous-early Tertiary palaeoclimates of northern high latitudes: a quantitative view // J. Geol. Soc. L. 1990. V. 147. № 2. P. 329–341.