

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ КАМЧАТКИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ МОРЕЙ

Материалы VI научной конференции.
Петропавловск-Камчатский, 29-30 ноября 2005 г.

"БЕРИНГИЯ 2005" - ШВЕДСКАЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ НА КАМЧАТКУ

Б.Эриксен, М.Андерсон
Ботанический институт, Университет Гетеборга, Швеция

«Берингия 2005» является названием шведской исследовательской экспедиции, совместно предпринятой шведскими учеными и их партнерами в район Берингова пролива. Экспедиция, организованная шведским исследовательским Секретариатом (Swedish Research Secretariat), разбита на несколько частей. Вся экспедиция, продолжавшаяся с 5 июля по 25 сентября 2005 г., разделена на три этапа: первый и третий из них сфокусированы на морских науках и базируются на шведском ледоколе Оден. Второй же является наземным и включает несколько географически разделенных районов (таблица). Ниже приводится краткий отчет ботанической группы, осуществлявшей наземные исследования (направление 2С-2) на Камчатке в период с 11 июля по 14 августа 2005 г. Описываемый проект является результатом сотрудничества между Christian Brochman, Reidar Elven и Heidi Solstad из Ботанического Сада, Университета Осло, Норвегия и авторами, представляющими Университет Гётеборга. Elven и Solstad принимали участие в этапах 2А и 2В.

Места, которые посетила шведская полярная экспедиция «Берингия 2005»

Этап	Район	Фокус
1	Гётеборг, Швеция в Barrow АК, США, через Северо-Западный проход	Морской, Оден
2А	Провидение-Лаврентия, Россия	Наземный
2В	о-в Врангеля–бухта Колючина, Россия и Крузенштерн–Barrow АК, США	Наземный, Оден
2С-1	Анадырь, Россия	Наземный
2С-2	Камчатка, Россия	Наземный
2D	Аляска, США	Наземный
3	Barrow АК, США в Гётеборг, Швеция через Северный Полюс	Морской, Оден

Миграция и эволюция арктических растений в ответ на произошедшие изменения климата

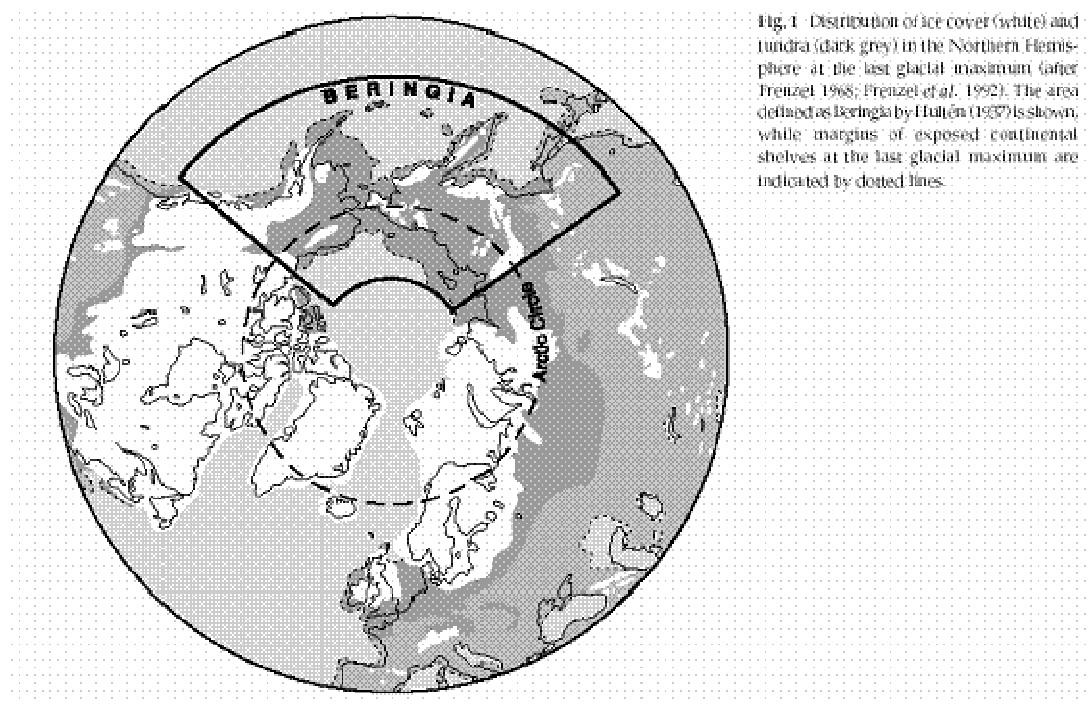
В настоящее время арктическая флора насчитывает приблизительно 1500 видов и является, по происхождению относительно современной (Murray, 1995). В течение большей части кайнозойской эры (65–2 Ma), леса произрастали в высоких широтах Арктики (Murray, 1995; McIver, Basinger, 1999), а тундра появилась с наступлением позднего плейстоцена

(Matthews, Ovenden, 1990). Первоначально тундра была распределена неоднородно, но циркумполярный пояс сложился к 3 Ма (Matthews, 1979). О происхождении арктических растений известно мало, хотя предполагается, что многие из них произошли из родовых скоплений, которые имели место в высоких горах к югу, как Азии, так и Северной Америки (Hultén, 1937; Tolmachev, 1960; Weber, 1965; Hedberg, 1992; Murray, 1995). Эти горы образовывали часть хребтов, соединяющихся с Арктикой, вдоль которых растения могли мигрировать в северном направлении, по мере того, как глобальные температуры значительно упали, начиная с середины миоцена и дальше (Lear et al., 2000; Zachos et al., 2001). Кроме того, некоторые арктические растения могли происходить от кустарниковых и травянистых элементов кайнозойских арктических лесов, которые занимали болотистые прибрежные и хорошо дренированные возвышенные местообитания в Арктике в течение позднего кайнозоя (Murray, 1995). В четвертичном периоде (приблизительно 2 Ма до настоящего времени), на распределение и состав арктической флоры сильное влияние оказывало наступление и отступление ледниковых щитов. Традиционно считалось, что в течение ледниковых периодов, все северные территории были покрыты льдом в одинаковой степени, и что арктические животные и растения мигрировали в южном направлении от наступающего ледяного покрова, чтобы выжить в южных убежищах (Darwin, 1859; Hooker, 1862). Однако, в 1937 г. это убеждение подвергнуто сомнению шведским ботаником Э.Хультемом (Eric Hultén), в его книге «Обзор истории арктической и бореальной биоты в течение четвертичного периода». Э.Хультен использовал геологические и свои собственные фитогеографические данные для предположения, что большая часть северо-восточной России и северо-западной Америки (Аляска, Юкон) оставались свободными от льда во время оледенений четвертичного периода и служили огромными северными убежищами для арктической и бореальной флоры (рисунки). Ученый назвал этот регион Берингией и определил его как территорию между рекой Лена (125 градусов восточной долготы), северо-восточная Россия, и рекой Маккензи (130 градусов западной долготы), северо-западная Америка, и между Северным Ледовитым океаном на севере, и южной Аляской и средними Курильскими островами на юге. Этот регион служил наземным мостом между Евразией и Северной Америкой во время кайнозойской эры до, приблизительно, 5 Ма, когда он был разорван образованием Берингова пролива (Marincovich, Gladenkov 1999, 2001). В течение четвертичного периода наземный мост преобразовался во время основных оледенений, когда уровень моря упал на 100-135 м (Hopkins, 1973; Clark, Mix, 2002). Далее Э.Хультен предположил, что многие из арктических растений получили циркумполярное распределение в начале четвертичного периода. Однако, во время каждого последующего периода оледенения, огромные части их распределения разрушались, восстанавливаясь только в промежутки между оледенениями путем повторной колонизации не занятых льдом территорий. Мигрируя назад на эти территории, некоторые виды были менее успешными, чем другие, и должны были бы сохранять фрагментированное распределение, с большими промежутками, существующими между географически разъединенными территориями.

Ботаники из экспедиции «Берингия 2005» собрали образцы берингийской флоры от Камчатки на юге до о. Врангеля на севере с российской стороны, и от Нома до м. Барроу на американской стороне, чтобы проверить предположения Э.Хультена по истории и эволюции арктической флоры в свете новых фитогеографических и молекулярных данных. Среди растений, специально отобранных для исследования, присутствуют виды родов *Alnus*, *Cassiope*, *Dryas*, *Empetrum*, *Papaver* секция *Meconella*, *Potentilla*, *Saxifraga* секция *Mesogyne*, *Vaccinium uliginosum* s. lat., а также выборочные группы видов родов *Cerastium* и *Draba*. Среди растений присутствуют деревья, а также карликовые кустарники и травы. Одна из

целей этого исследования состоит в том, чтобы сравнить историческую биогеографию различных форм жизни.

Недавняя статья, объединяющая данные о пыльце из Базы данных палеоэкологических арктических наук (Palaeoenvironmental Arctic Sciences Database) в пространственно-временные модели, содержит выводы о том, что *Alnus*, а также другие виды деревьев (*Picea*, *Pinus*, *Larix* и *Betula*), выжили в пределах Берингийского рефугиума во время последнего максимума оледенения (Brubaker et al., 2005). Этот результат ставит под сомнение традиционное мнение о том, что Берингия была безлесной степью. В Гётеборге, данные микроспутников ДНК по материалам от *Alnus* будут использованы, чтобы установить, какая из вышеупомянутых гипотез подтверждается моделями гаплотипов. Параллельные исследования геологов, специалистов по Четвертичному периоду, (Bennett et al.), также принимавших участие в экспедиции «Берингия 2005» на Камчатку, на стратиграфических данных из озерных осадочных отложений обеспечат дополнительную информацию о прошлых изменениях в растительности.



Распространение ледового покрова (белым) и тундры (темно-серым) в Северном Полушарии в последний ледниковый максимум (по Frenzel, 1968; Frenzel et al., 1992). Сплошной жирной линией указан район, выделенный Э.Хультемом (1937) как Берингия; пунктирными линиями отмечены края суши в этот период

Наше посещение Камчатки оказалось очень успешным. Удалось обследовать четыре места: Усть-Большерецк на юго-западном побережье полуострова, Ичинский вулкан в районе Центральной Камчатки, северо-восточное побережье острова Карагинский и, наконец, Мутновский вулкан к югу от Петропавловска. Во всех местах мы смогли собрать пробы растительного материала некоторых целевых видов. Всего было собрано 429 образцов, из которых 92 зафиксированы в силикагеле для молекулярного анализа. Камчатка обладает великолепной природой, и было огромным удовольствием посетить эту прекрасную и

интересную для ботаников часть мира. Мы хотели бы поблагодарить всех наших русских коллег, которые сделали эту экспедицию незабываемым впечатлением.

Список литературы

Brubaker L., Andersson P.M., Edwards M.E., Lozhkin A.V. 2005. Beringia as a glacial refugium for boreal trees and shrubs: new perspectives from mapped pollen data // *Journal of Biogeography*, 32. P.833–848.

Clark P.U., Mix A.C. 2002. Ice sheets and sea level of the Last Glacial Maximum // *Quaternary Science Reviews*, 21. P.1–7.

Darwin C. 1859. *The Origin of Species*. John Murray, London.

Hedberg K.O. 1992. Taxonomic differentiation in *Saxifraga hirculus* L. (Saxifragaceae) — a circumpolar Arctic–Boreal species of Central Asiatic origin // *Botanical Journal of the Linnean Society*, 109. P.377–393.

Hooker J.D. 1862. Outlines on the distribution of arctic plants // *Transactions of the Linnean Society of London*, 23. P.251–348.

Hopkins D.M. 1973. Sea level history of Beringia during the past 250 000 years // *Quaternary Research*, 3. P.520–540.

Hultén E. 1937. *Outline of the History of Arctic and Boreal Biota During the Quaternary Period*. Lehre J Cramer, New York.

Lear C.H., Elderfield H., Wilson P.A. 2000. Cenozoic deep-sea temperatures and global ice volumes from Mg/Ca in benthic foraminiferal calcite // *Science*, 287. P.269–272.

Marincovich L., Gladenkov A.Y. 1999. Evidence for an early opening of the Bering Strait // *Nature*, 397. P.149–151.

Marincovich L., Gladenkov A.Y. 2001. New evidence for the age of Bering Strait // *Quaternary Science Review*, 20. P.329–335.

Matthews J.V. 1979. Tertiary and Quaternary environments: Historical background for an analysis of the Canadian insect fauna // In: *Canada and its Insect Fauna* (ed. Danks HV). P.31–86. Entomological Society of Canada, Ottawa.

Matthews J.V., Ovenden L.E. 1990. Late Tertiary plant macrofossils from localities in arctic, sub-arctic north America — a review of the data // *Arctic*, 43. P.364–392.

McIver E.E., Basinger J.F. 1999. Early tertiary floral evolution in the Canadian High Arctic // *Annals of the Missouri Botanic Garden*, 86. P.523–545.

Murray D.F. 1995. Causes of arctic plant diversity: origin and evolution // In: Arctic and Alpine Biodiversity: Patterns, Causes and Ecosystem Consequences (eds Chapin FS, Körner C). P.21–32. Springer, Heidelberg.

Tolmachev A.I. 1960. Der Autochthone Grundstock der arktischen Flora und ihre Beziehungen zu den Hochgebirgsfloraen Nord- und Zentralasiens // Botanisch Tidskrift, 55. P.269–276.

Weber W.A. 1965. Plant geography in the southern Rocky Mountains // In: The Quaternary of the United States (eds Wright HE, Frey DG). P.453–468. Princeton University Press, Princeton.

Zachos J., Pagani M., Sloan L., Thomas E., Billups K. 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present // Science, 292. P.686–693. Brubaker L, Andersson PM, Edwards ME and Lozhkin AV. 2005. Beringia as a glacial refugium for boreal trees and shrubs: new perspectives from mapped pollen data. Journal of Biogeography, 32. P. 833–848.

“BERINGIA 2005” – A SWEDISH RESEARCH EXPEDITION VISITING KAMCHATKA

Bente Eriksen, Mats Andersson

Botanical Institute, Göteborg University, Göteborg, Sweden

“Beringia 2005” is the name of a Swedish research expedition taking Swedish scientist and their collaborators to the Bering Strait area. The expedition, arranged by the Swedish Research Secretariat, is split into several parts. The entire expedition, extending in time from 5 July to 25 September 2005, is divided into three legs: the first and third legs focus on marine sciences and are based on the Swedish icebreaker Oden, and the second leg is terrestrial and comprises several geographically separated sites (table). Below follows a report from the botanical group attending the terrestrial leg 2C-2 in Kamchatka 11 July–14 August 2005. The project described is a co-operation between Christian Brochman, Reidar Elven and Heidi Solstad at the Botanical Garden, University of Oslo, Norway and the authors at Göteborg University. Elven and Solstad participated on leg 2A and 2B.

Sites visited during the Swedish Polar expedition “Beringia 2005”

Leg	Site	Focus
1	Göteborg, Sweden to Barrow AK, US, via Northeast Passage	Marine, Oden
2A	Provideniya–Lavrentia, RU	Terrestrial
2B	Wrangel–Kolyuchin Bay, RU and Krusenstern–Barrow AK, US	Terrestrial, Oden
2C-1	Anadyr, RU	Terrestrial
2C-2	Kamchatka, RU	Terrestrial
2D	Alaska, US	Terrestrial
3	Barrow AK, US to Göteborg, Sweden, via North Pole	Marine, Oden

Migration and evolution of arctic plants in response to past climate changes

The present-day arctic flora comprises approximately 1500 species and is of relatively recent origin (Murray, 1995). Throughout most of the Tertiary (65–2 Ma), forests grew at high latitudes in the Arctic (Murray, 1995; McIver, Basinger, 1999) and tundra did not appear until the late Pliocene (Matthews, Ovenden 1990). Initially tundra was distributed discontinuously, but a circumarctic belt was present by 3 Ma (Matthews, 1979). Little is known of the origins of arctic plants, although it is supposed that many such plants are derived from ancestral stocks, which occurred on high mountains to the south in both Asia and North America (Hultén, 1937; Tolmachev, 1960; Weber, 1965; Hedberg, 1992; Murray, 1995). These mountains form part of ranges connected to the Arctic, along which plants could have migrated northwards as global temperatures dropped significantly from the mid-Miocene onwards (Lear et al., 2000; Zachos et al., 2001). In addition, some arctic plants may be descended from shrubby and herbaceous elements of the Tertiary arctic forests that occupied open bog, riparian and well-drained upland habitats in the Arctic during the late Tertiary (Murray, 1995). In the Quaternary (approximately 2 Ma until present) the distribution and composition of the arctic flora was greatly affected by the advance and retreat of ice sheets. Traditionally, it was thought that during glacial periods all northern areas were covered by ice to a similar extent and that arctic animals and plants migrated southwards of advancing ice-sheets to survive in southern refugia (Darwin, 1859; Hooker, 1862). However, this belief was challenged in 1937 by the Swedish botanist, Eric Hultén, in his book *Outline of the History of Arctic and Boreal Biota during the Quaternary Period*. Hultén drew on geological evidence and a vast body of his own phytogeographical evidence, to propose that most of Northeast Russia and Northwest America (Alaska and the Yukon) remained ice-free during Quaternary glaciations and served as a massive northern refugium for arctic and boreal biota (figure). Hultén called this region *Beringia* and defined it as the area between the River Lena (125 E. long.), Northeast Russia, and the River Mackenzie (130 W. long.), Northwest America, and between the Arctic Ocean in the north and southern Alaska and the middle Kuriles in the south.

This region served as a land-bridge between Eurasia and North America throughout the Tertiary until approximately 5 Ma when it was severed by the formation of the Bering Strait (Marincovich, Gladenkov, 1999, 2001). During the Quaternary, the land-bridge reformed during major glaciations when sea levels fell by 100–135 m (Hopkins, 1973; Clark, Mix, 2002). Hultén further proposed that many arctic plants obtained a circumarctic distribution early in the Quaternary period. However, during each subsequent glaciation, large parts of their distributions were destroyed, only to reform during interglacials through recolonization of deglaciated areas. Some species would have been less successful than others at migrating back into these areas and would retain a fragmented distribution with large gaps occurring between geographically disjunct areas.

Botanists on the “Beringia 2005” expedition have sampled the Beringian flora from Kamchatka in the south to Wrangel in the North on the Russian side and from Nome to Barrow on the American side in order to test Hultén’s proposals on the history and evolution of the arctic flora in the light of new phytogeographical and molecular evidence. Among the plants specifically selected for study are *Alnus*, *Cassiope*, *Dryas*, *Empetrum*, *Papaver* section *Meconella*, *Potentilla*, *Saxifraga* section *Mesogyne*, *Vaccinium uliginosum* s. lat., as well as selected species groups of the genera *Cerastium* and *Draba*. Among the plants are trees as well as dwarf shrubs and herbs. One of the aims of this research is to contrast the historical biogeography of different life forms.

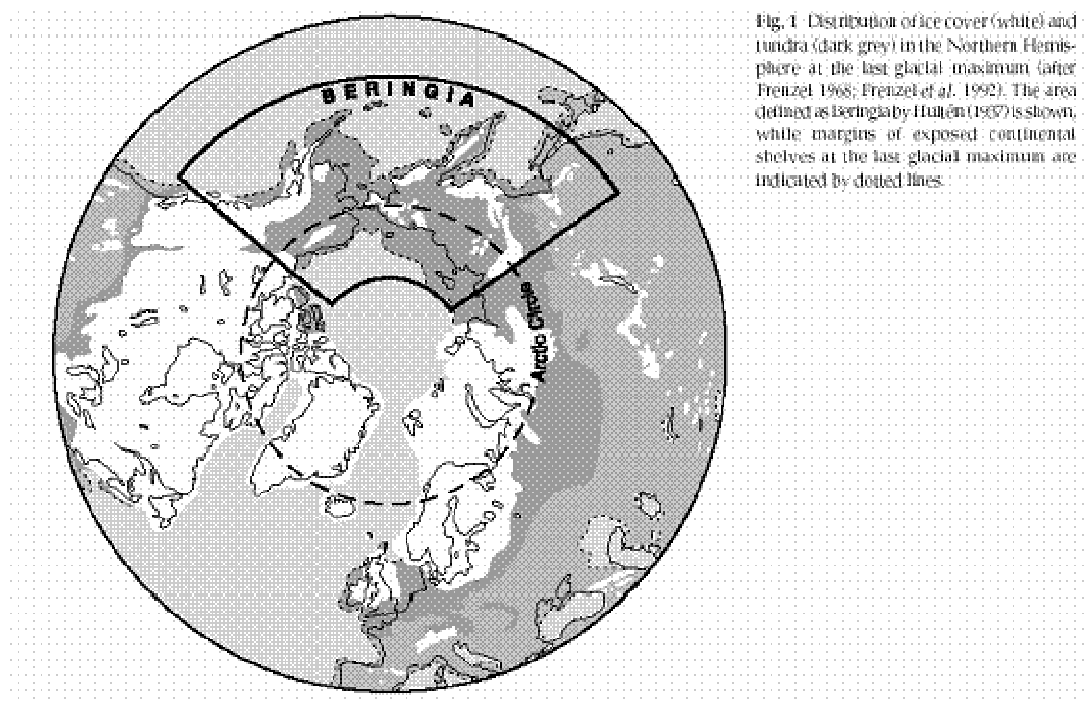


Fig. 1. Distribution of ice cover (white) and tundra (dark grey) in the Northern Hemisphere at the last glacial maximum (after Frenzel 1968; Frenzel et al. 1992). The area defined as Beringia by Hultén (1937) is shown, while margins of exposed continental shelves at the last glacial maximum are indicated by dotted lines.

Distribution of ice cover (white) and tundra (dark grey) in the North Hemisphere at the last glacial maximum (after Frenzel, 1968; Frenzel et al., 1992). The area defined as Beringia by Hultén (1937) is shown, while margins of exposed continental shelves at the last glacial maximum are indicated by dotted lines

A recent paper summarizing pollen records from the Palaeoenvironmental Arctic Sciences Database into spatial-temporal patterns concludes that *Alnus*, as well as other species of trees (*Picea*, *Pinus*, *Larix*, and *Betula*), survived within the Beringian refuge during the Last glacial Maximum (Brubaker et al., 2005). This result challenges the traditional view of Beringia being a treeless steppe. In Göteborg cpDNA microsatellite data on material of *Alnus* will be used to establish which of the above-mentioned hypotheses is corroborated by patterns of haplotypes. Parallel studies by quaternary geologists (Bennett et al.), also participating on the “Beringia 2005” expedition in Kamchatka, on stratigraphic data from lake sediment cores will provide additional information on past vegetation changes.

Our visit to Kamchatka was very successful. Four sites were collected: Ust’Bolcheretsk on the southwest coast of the peninsula, Ichinskaya volcano in Central Kamchatka, Karavinsky Island off the coast in the northeast, and finally the Mutnovskaya volcano south of Petropavlovsk. At all sites we were able to sample plant material of some of the target species. In total 429 specimens very collected of which 92 were preserved on silica gel for molecular analysis. Kamchatka has a stunning nature and it was a great pleasure to visit this beautiful and botanically interesting part of the world. We would like to thank all our Russian colleagues who made this expedition a memorable experience.

Literature cited

Brubaker L., Andersson P.M., Edwards M.E., Lozhkin A.V. 2005. Beringia as a glacial refugium for boreal trees and shrubs: new perspectives from mapped pollen data // *Journal of Biogeography*, 32. P.833–848.

Clark P.U., Mix A.C. 2002. Ice sheets and sea level of the Last Glacial Maximum // *Quaternary Science Reviews*, 21. P.1–7.

Darwin C. 1859. *The Origin of Species*. John Murray, London.

Hedberg K.O. 1992. Taxonomic differentiation in *Saxifraga hirculus* L. (Saxifragaceae) — a circumpolar Arctic–Boreal species of Central Asiatic origin // *Botanical Journal of the Linnean Society*, 109. P.377–393.

Hooker J.D. 1862. Outlines on the distribution of arctic plants // *Transactions of the Linnean Society of London*, 23. P.251–348.

Hopkins D.M. 1973. Sea level history of Beringia during the past 250 000 years // *Quaternary Research*, 3. P.520–540.

Hultén E. 1937. *Outline of the History of Arctic and Boreal Biota During the Quarternary Period*. Lehre J Cramer, New York.

Lear C.H., Elderfield H., Wilson P.A. 2000. Cenozoic deep-sea temperatures and global ice volumes from Mg/Ca in benthic foraminiferal calcite // *Science*, 287. P.269–272.

Marincovich L., Gladenkov A.Y. 1999. Evidence for an early opening of the Bering Strait // *Nature*, 397. P.149–151.

Marincovich L., Gladenkov A.Y. 2001. New evidence for the age of Bering Strait // *Quaternary Science Review*, 20. P.329–335.

Matthews J.V. 1979. Tertiary and Quaternary environments: Historical background for an analysis of the Canadian insect fauna // In: *Canada and its Insect Fauna* (ed. Danks HV). P.31–86. Entomological Society of Canada, Ottawa.

Matthews J.V., Ovenden L.E. 1990. Late Tertiary plant macrofossils from localities in arctic, sub-arctic north America — a review of the data // *Arctic*, 43. P.364–392.

McIver E.E., Basinger J.F. 1999. Early tertiary floral evolution in the Canadian High Arctic // *Annals of the Missouri Botanic Garden*, 86. P.523–545.

Murray D.F. 1995. Causes of arctic plant diversity: origin and evolution // In: *Arctic and Alpine Biodiversity: Patterns, Causes and Ecosystem Consequences* (eds Chapin FS, Körner C). P.21–32. Springer, Heidelberg.

Tolmachev A.I. 1960. Der Autochthone Grundstock der arktischen Flora und ihre Beziehungen zu den Hochgebirgsflora Nord und Zentralasiens // *Botanisch Tidsskrift*, 55. P.269–276.

Weber W.A. 1965. Plant geography in the southern Rocky Mountains // In: The Quaternary of the United States (eds Wright HE, Frey DG). P.453–468. Princeton University Press, Princeton.

Zachos J., Pagani M., Sloan L., Thomas E., Billups K. 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present // Science, 292. P.686–693.