

УДК 561.26:581.33:551.35:551.583.7:551.78 (268.56)

ЗЫРЯНОВ Е.В., ЛАУХИН С.А., ПОЛЯКОВА Е.И.

**МОРСКИЕ ДИАТОМЕИ И ПАЛИНОКОМПЛЕКСЫ МИОЦЕНА ВОСТОЧНОЙ ЧУКОТКИ**

Изучение палиноспектров и диатомей в верхневельмайской подсвите, вскрытой скв. 16 на юге Ванкаремской впадины, показало развитие зон: начала *Denticulopsis dimorpha* (10,5-11,5 или 8,4-8,9 млн. лет) и конца *Neodenticula kamtzschatica* (5,1-6,6 млн. лет) позднего миоцена. Палинокомплекс нижней зоны с определенной долей условности отражает северотаежный вариант темнохвойной палеотайги и пограничную с ней, по-видимому, еще не окончательно оформленную прагипоарктическую зону; аутоэкология представителей диатомовой флоры указывает на сезонное замерзание, возможно, и ледовитость Арктического бассейна. Палинокомплекс верхней зоны представляет собой практически сформировавшуюся прагипоарктическую зону; Арктический бассейн оставался холодным (сезонное замерзание). Кратко описаны разрез, палинокомплексы, комплексы диатомей.

Вдоль северной окраины Северо-Восточной Азии, от низовий Лены до Берингова пролива, на расстоянии более 2 500 км цепочкой прослеживаются впадины, сложенные кайнозойскими толщами, представленными почти исключительно континентальными фациями. На востоке этой цепочки, на севере Чукотского полуострова, находится Ванкаремская впадина (рис. 1). Стратиграфия неогена этой обширной территории до последнего времени строилась главным образом на палинологической основе [Архангелов и др., 1979; Белая и Терехова, 1982; Бискэ, 1975; *Континентальный...*, 1988; *Континентальные...*, 1979 и др.]. Правда, на севере Чукотки имеются два разреза, которые охарактеризованы не только палинологически, но и находками диатомей, фораминифер и моллюсков: на острове Айон и у мыса Энмакай на Валькарайской низменности (рис. 1). Однако не совсем четкое стратиграфическое расчленение этих разрезов [Белая и Терехова, 1982; Гудина и др., 1984; Данилов и Полякова, 1989; Лаухин и др., 1989; Полякова, 1991; Степанова, 1989; Сухорослов, 1978 и др.] снижает их опорное значение. Корреляция же стратонав неогена Чукотки и низовий Колымы, где они на р. Крестовке и Нижнеколымском профиле имеют наряду с палинологической палеомагнитную; а для плиоцена и териологическую характеристику, затруднена. В итоге сопоставление континентальных отложений северных районов северо-востока Азии с международной шкалой, опирающейся на группы морских организмов, встречает большие трудности. Обнаружение морских отложений с диатомеями на юге Ванкаремской впадины (рис. 1, 2) позволяет внести уточнения в стратиграфию неогена не только этой впадины, но и Чукотки в целом. Трудно переоценить значение этой находки также для выяснения истории развития растительности, палеоклиматов и палеоландшафтов Берингии во второй половине неогена, поскольку комплексы диатомей здесь обнаружены совместно с представительными палинокомплексами.

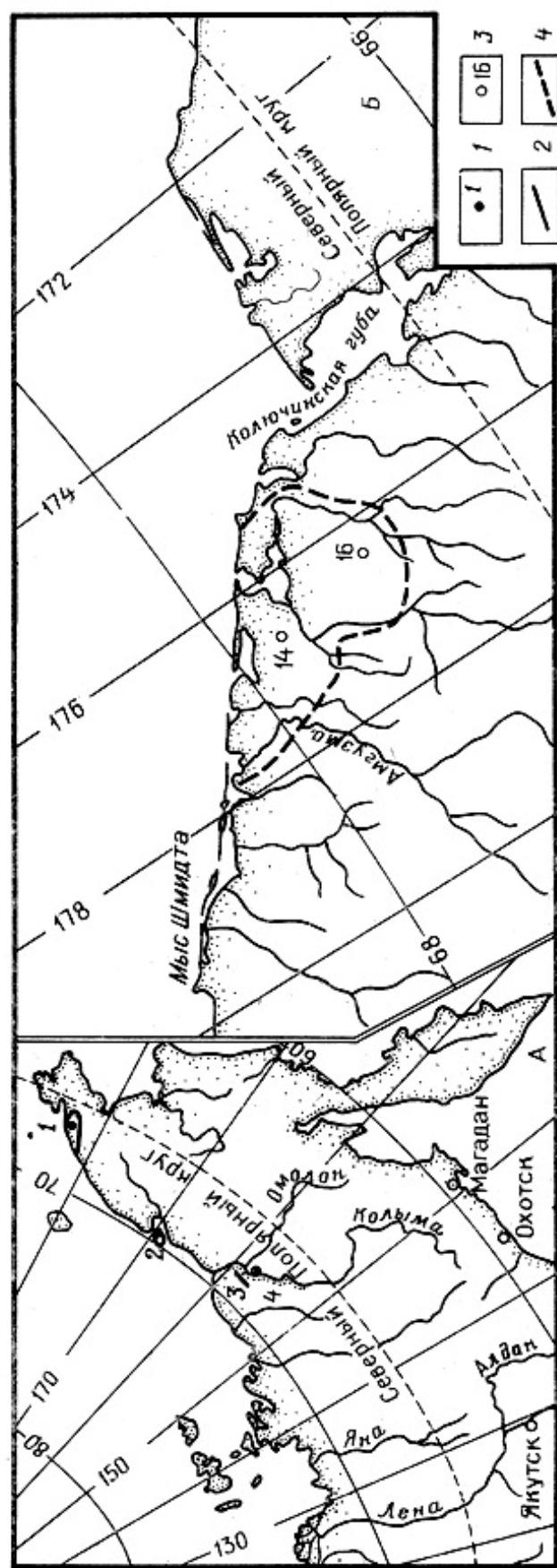


Рис. 1. Расположение Ванкаремской впадины (А) и положение скважин 14 и 16 в пределах этой впадины (Б)  
 1 — разрезы, обсуждаемые в статье; 2 — скв. 16 на Ванкаремской низменности; 3 — скв. на о-ве Айон; 4 — нижнеколымский профиль

опорного бурения; 4 — обнажение на р. Крестовке); 2 — положение Ванкаремской впадины; 3 — положение скв. 14 и 16; 4 — границы Ванкаремской впадины

В ходе опорного параметрического бурения в Ванкаремской впадине, в южной ее части, в 21,5 км к западу от устья р. Алявыльпын, скв. 16 (рис. 2) под песками, серыми илами и переслаиванием галечников, супесей и песков с гравием, иногда с валунами плиоцен (?) - четвертичного возраста, на глубине 37-58 м, вскрыты вверху (37,0-45,8 м) суглинки темно-серые, алевритистые с редким гравием и прослоями (0,2-0,3 м) песка в основании; а внизу (45,8-58,0 м) - галечники среднеокатанные с гравием и редкими валунами, с прослоями песка крупнозернистого, с супесью темно-серой тяжелой в заполнителе (состав псефитов: песчаники, гранитоиды, порфириды, редко - выветрелые габброиды и др.). Залегает эта пачка на гравийно-галечных супесях (58,0-79,5 м), подстилаемых мезозойскими порфиритами. Пачка на глубине 37-38 м относится к верхневельмайской подсвите по положению в разрезе и отчасти по литологическим признакам.

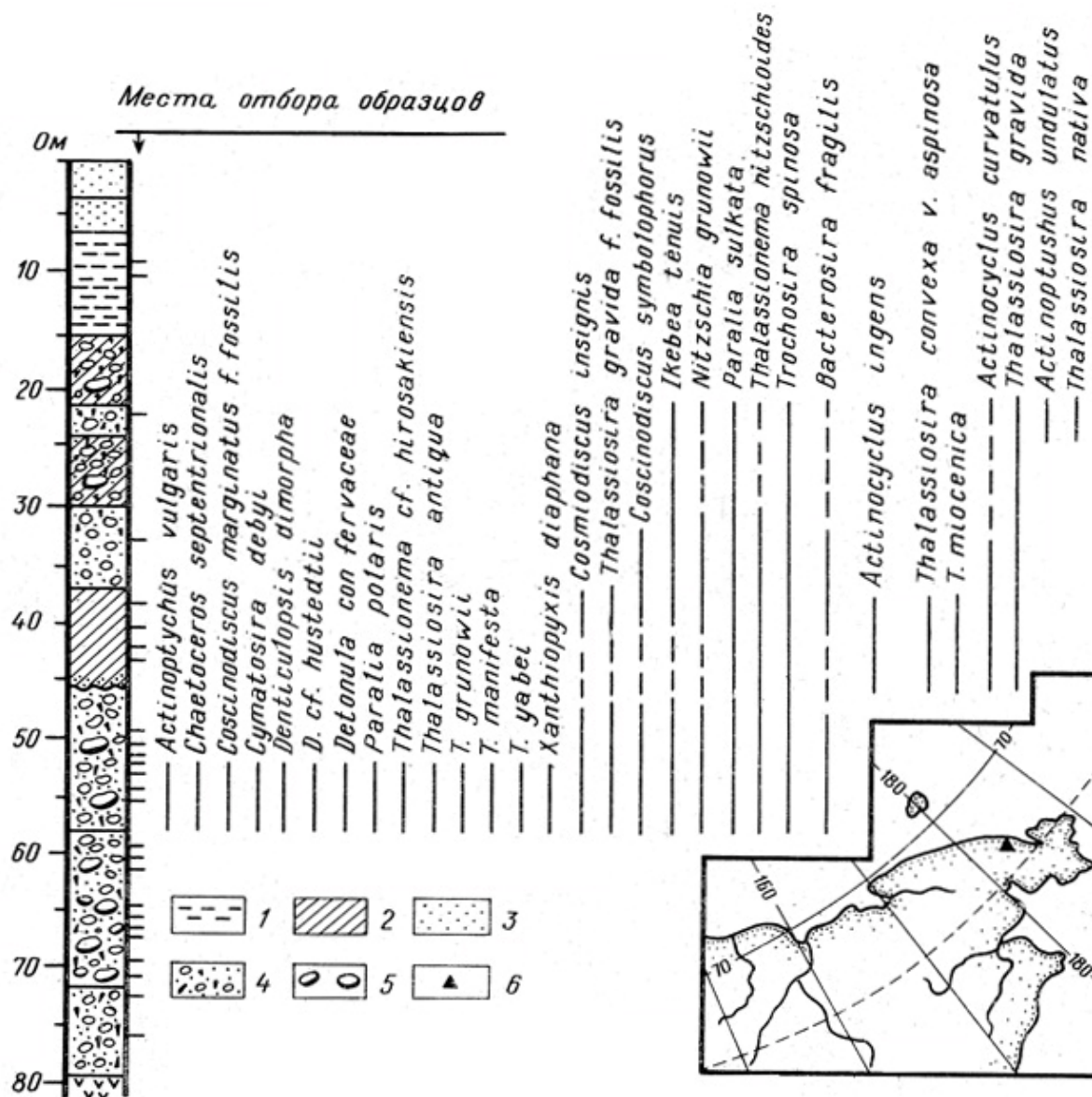


Рис. 2. Распределение видов диатомей, наиболее показательных для определения возраста отложений, вскрытых скв. 16 на Ванкаремской низменности  
 1 — илы; 2 — суглинки и супеси; 3 — пески; 4 — гравийно-галечные отложения; 5 — валуны; 6 — местонахождение исследованной скважины

Ванкаремская впадина сложена кайнозойскими отложениями мощностью более 280 м. Основная часть кайнозоя представлена миоценом (вельмайская свита), менее - плиоценом (рыгытгынская свита). Каждая из этих свит делится на три подсвиты [Лаухин и

др., 1989]. Вельмайская свита и ее подсвиты выделены С.В. Величко в 1976 г. на северо-западе Ванкаремской впадины, стратотип - скв. 14 (рис. 1). Верхняя подсвита отнесена к верхнему, а средняя - к среднему миоцену - по положению в разрезе, методами ритмостратиграфии и по палинологическим данным [Лаухин и др., 1989]. В основании средневельмайской подсвиты в серии разрезов получены палиноспектры [Лаухин и др., 1989] оптимума миоцена (рубеж нижнего и среднего подотделов). Биостратиграфическое обоснование верхней подсвиты было недостаточным, что придает особый интерес находкам в ней зональных комплексов диатомей (см. ниже).

Верхневельмайская подсвита имеет мощность от 20-40 до 60 м и сложена песками полимиктовыми, иногда косослоистыми с обломками древесины, с гальками и отдельными валунами. В этой подсвите, чаще внизу, залегают прослои торфа. В средних частях впадины в подсвите увеличивается количество алевроитов, суглинков и супесей, а к югу, к горному обрамлению впадины, возрастает роль галечников и валунов. В известных до сих пор разрезах верхневельмайской подсвиты преобладают озерно-болотные и аллювиальные фации. Отмечались в ней и морские отложения, в центральных частях впадины до 15 м и более [Лаухин и др., 1989]. Литология подсвиты, как и свиты в целом, в большей мере определяется особенностями неотектонической истории локальных морфоструктур и блоковой неотектоники в пределах впадины. Этим же определяется полнота каждого конкретного разреза, наличие и продолжительность локальных по площади внутриформационных размывов и перерывов осадконакопления. В целом количество и продолжительность перерывов осадконакопления к югу (к горному обрамлению впадины) возрастает.

Верхний и нижний (37,0-45,8 и 45,8-58,0 м) слои верхневельмайской подсвиты в скв. 16 разделены поверхностью размыва, отвечающей перерыву в осадконакоплении. Гранулометрический состав, характер окатанности псефитов и т.п. свидетельствует о мелководных литоральных условиях накопления нижнего слоя. Обилие галечников и наличие валунов позволяет предполагать для того времени высокогорный сильно расчлененный рельеф в обрамлении впадины. Последнее подтверждается и палинологическими данными [Лаухин и др., 1989]. После перерыва и размыва кровли нижнего слоя подсвиты, вскрытого скв. 16, суглинки верхнего слоя накапливались, видимо, уже севернее литорали, в более глубоководных условиях, что отражается и в их гранулометрическом составе и в диатомовом комплексе.

Из отложений, вскрытых скв. 16, проанализировано 26 образцов. Диатомовые водоросли приурочены главным образом к интервалу 22,0-58,0 м (13 образцов). Численность диатомей в отложениях невысокая, в основном не более 10 створок на препарат, и только два вида - *Paralia sulcata* и *Thalassiosira gravis f. fossilis* представлены несколькими десятками створок на препарат. Створки диатомей не несут следов минерализации, однако часть их разрушена, что обычно для диатомей из грубозернистых отложений.

Вместе с тем последовательные и закономерные изменения в распределении видов диатомей по разрезу скважины соответствуют в целом этапам их эволюционного развития в северо-западной Пацифике, «смешанные» в возрастном отношении комплексы не были выявлены, т.е. нет оснований предполагать переотложение диатомей из нижележащих толщ.

В нижнем слое установлена таксономически разнообразная, преимущественно морская диатомовая флора; численно господствуют неритические и сублиторальные виды: *Arachnoidiscus ehrenbergii*, *Pixidiscula inermis*, *P. turris*, *Thalassiosira antiqua*, *T. punctata*, *T. gravis f. fossilis*, *Ikebea tenuis*, *Paralia sulcata*, *Trochosira spinosa* и др. Среди пелагических видов отмечены также: *Coscinodiscus yabei*, *C. symbolophorus*, *C. marginatus f. fossilis*, *Thalassiosira yabei*, *T. grunowii*, *Cymatosira debyi*, *Denticulopsis dimorpha*, *Thalassionema nitzschioides*, *T. cf. hirosakiensis*. Присутствие индекс-вида зональной стратиграфической шкалы Северо-Тихоокеанского региона *Denticulopsis dimorpha*

позволяет отнести комплекс (табл. I, II) к зоне, стратиграфический объем которой определяется биозоной индекс-вида. Возрастной объем зоны принимается в пределах 11,55-10,50 млн. лет, т.е. начало позднего миоцена [Koizumi, 1985]. В свете последних данных возрастной интервал этой зоны оценивается даже от 8,9 до 8,4 млн. лет [Barron, 1989].

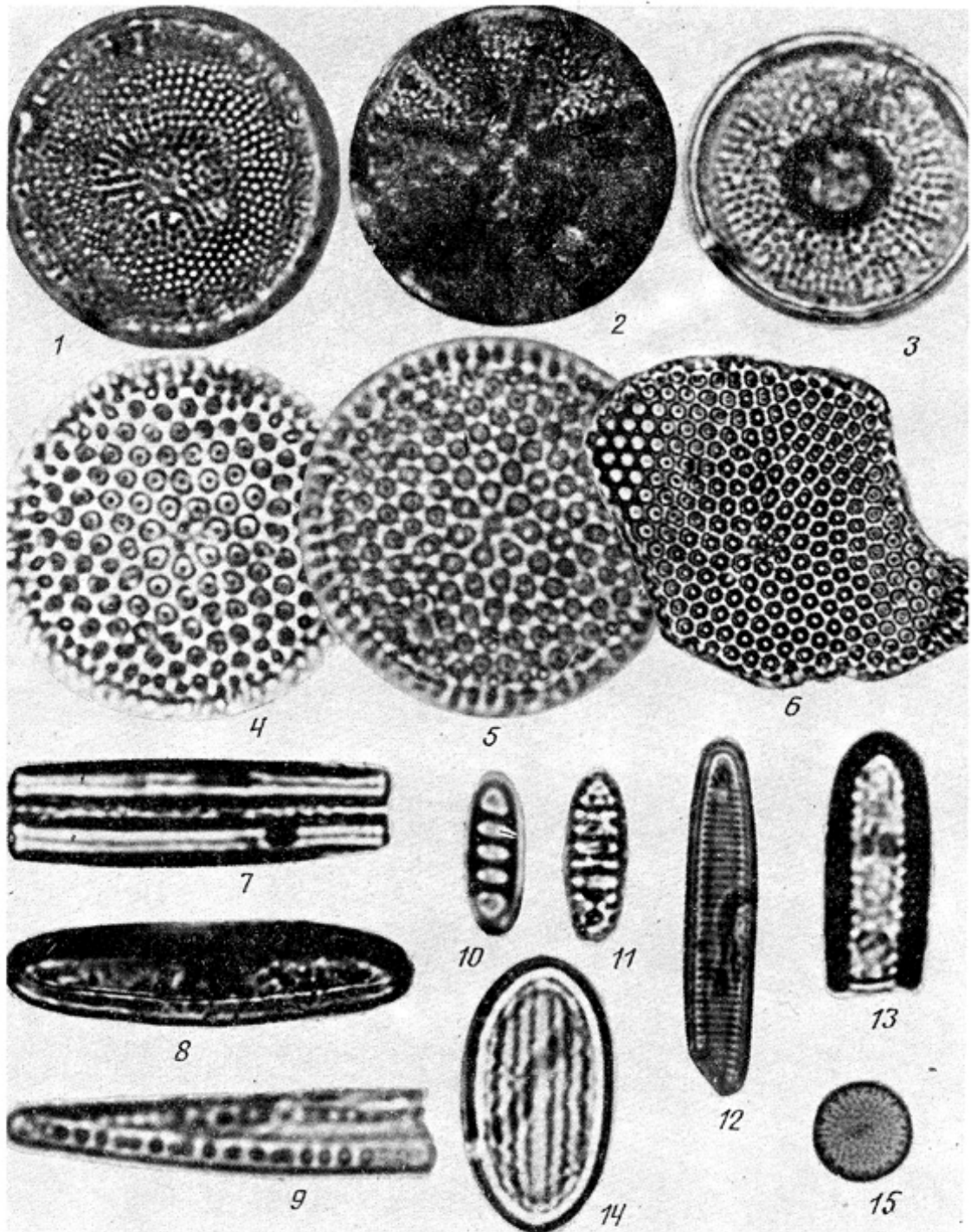


Таблица I

Характерные виды диатомей в позднекайнозойских отложениях Ванкаремской низменности (к таблицам I и II)

1. *Thalassiosira manifesta* Sheshuk.  $\times 1500$ , 2. *Actinoptychus vulgaris* Schumann  $\times 1200$ , 3. *Bacterosira fragilis* Gran.  $\times 2000$ , 4—6. *Thalassiosira antique* (Grun.) A. Cl.  $\times 1500$ , 7. *Ikebea tenuis* (Brun.) Akiba  $\times 1500$ , 8. *Xanthiopyxis diaphana* Forti  $\times 1500$ , 9. *Cymatosira debyi* Temp. et Brun.  $\times 2000$ , 10. *Denticulopsis dimorpha* (Schrader) Simonsen  $\times 1500$ , 11. *Denticulopsis hustedtii* (Simonsen and Kanaya) Simonsen  $\times 1500$ , 12. *Nitzschia grunowii* Hasle  $\times 1500$ , 13. *Thalassionema* cf. *hirosakiensis* (Kanaya) Schrader  $\times 2000$ , 14. *Cocconeis placentula* Ehr.  $\times 2000$ , 15. *Detonula confervaceae* Cl. (Gran)  $\times 1000$

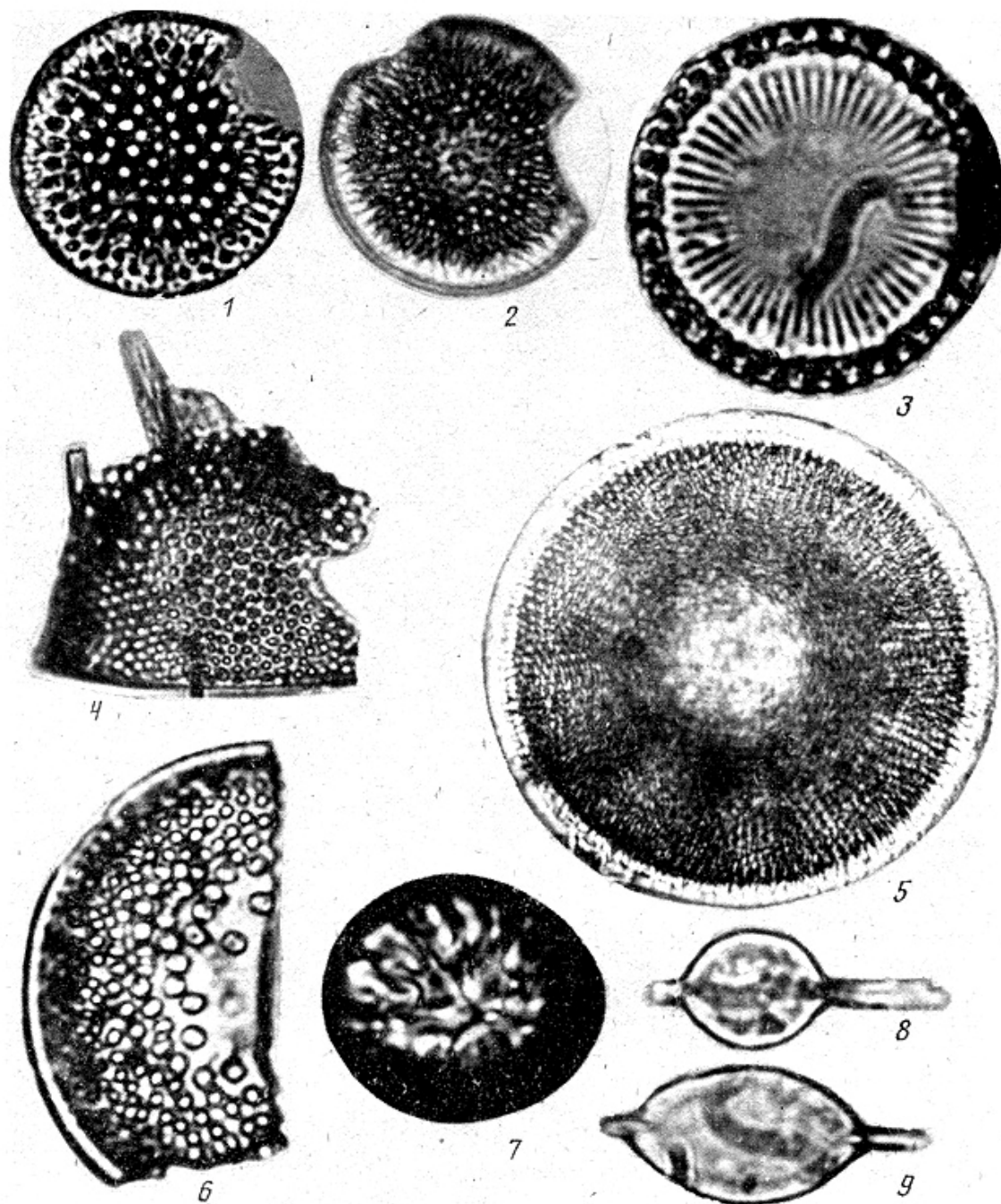


Таблица II

1. *Thalassiosira gravida* f. *fossilis* Jouse  $\times 1000$ , 2. *Thalassiosira convexa* v. *aspinosa* Schrader  $\times 2000$ , 3. *Paralia sulcata* (Ehr.) C.  $\times 1500$ , 4. *Pyxidicula* cf. *nipponica* (Cran et Yendo) Streln. et Nikolaev  $\times 1500$ , 5. *Coscinodiscus symbolophorus* Grun.  $\times 1500$ , 6. *Cosmiodiscus insignis* Jouse  $\times 2000$ , 7. *Cladogramma dubium* Lohman  $\times 1500$ , 8, 9. *Chaetoceros septentrionalis* Oestr.  $\times 2000$

Из видов узкого вертикального диапазона начала позднего миоцена отмечены также *Thalassionema* cf. *hirosakiensis*, *Thalassiosira yabei*, *T. grunowii* [Barron, 1980; Barron, 1985; Koizumi, 1985].

Выше и ниже пачки на глубине 37-58 м в скв. 16 палинокомплексы и комплексы диатомей менее выразительны и здесь не рассматриваются.

Особенностью комплекса является участие криофилов *Nitzschia grunowii*, *Detonula confervaceae*, *Chaetoceros septentrionalis* (табл. I), входящих в состав крио-пелагических биоценозов морских льдов, а также ледово-неритической *Thalassiosira gravida* f. *fossilis* (табл. II) и арктическо-бореальной *Bacterosira fragilis*, указывающих на холодноводность

и ледовитость морского бассейна. Следует отметить, что появление холодноводной арктическо-бореальной группы диатомей в морских отложениях арктического побережья Чукотки фиксируется на несколько более низком стратиграфическом уровне, чем в осадках северных областей Тихого океана, где они появляются не ниже верхов миоцена и обильны в плиоцен-плейстоценовых диатомовых комплексах. Помимо морских, в нижнем слое присутствуют и пресноводные диатомеи, среди которых разнообразны вымершие представители неогеновой озерно-аллювиальной флоры Северной Евразии: *Aulacosira italica f. curvata*, *A. praegranelata*, *Cyclotella temperi* и др. Находки морских диатомей, особенно зональных их комплексов, на севере Чукотки настолько малочисленны [Данилов и др., 1984; Данилов и Полякова, 1989; Степанова, 1989], что сравнение с ними комплексов, полученных в скв. 16, неинформативно и здесь не приводится.

В верхнем слое численность и видовое разнообразие диатомей ниже. Представлены они также преимущественно морскими и небольшим числом пресноводных видов. Среди морских доминирует сублиторальная полубентическая *Paralia sulcata*. Группа пелагических диатомей представлена видами широкого стратиграфического диапазона: *Coscinodiscus symbolophorus*, *Pyxidicula turris* и видами ограниченного вертикального распространения, для которых по материалам из северных и северо-западных районов Тихого океана установлены датированные уровни эволюционного появления и исчезновения в океанических и морских осадках. Такими индекс-видами являются: *Thalassiosira convexa v. aspinosa*, *T. miocenica*, *Actinocyclus ingens*, *Cosmodiscus insignis*, *Ikebea tenuis*. Последние два вида отмечены и в комплексе из нижележащих отложений (табл. I, II). Совместное нахождение этих видов позволяет отнести выделенный комплекс к зоне *Neodenticula kamtzenschatica* в объеме, принятом И. Койзуми [Koizumi, 1985], возрастной интервал которого от 6,6 до 5,1 млн. лет, что соответствует концу позднего [Харланд и др., 1985] миоцена. В группе пресноводных диатомей присутствуют как современные *Cyclotella meneghiniana*, *Pinularia borealis*, *P. brevicostata*, так и неогеновые вымершие *Aulacosira italica f. curvatulus*, *A. praegranelata*.

Таким образом, в разрезе, вскрытом скв. 16, отражена вся (или почти вся) континентальная история позднего миоцена, составляющая в этой части впадины не менее трети его продолжительности. Другими словами, в позднем миоцене имел место существенный перерыв в осадконакоплении, что нетипично для разрезов более северных районов Ванкаремской впадины, где к интервалу между 10,5 (8,4?) и 6,6 млн. лет относятся континентальные фации. Строго говоря, перерыв в разрезе, отвечающий по времени нескольким миллионам лет в верхнем миоцене, мог бы быть основанием для выделения выше и ниже его самостоятельных свит. Однако в пределах той же впадины, в более северных районах, а в центральных районах впадины - в опущенных блоках, этот перерыв либо менее продолжителен (морские слои разделены континентальными), либо вообще не прослеживаются. Как уже отмечалось выше, продолжительность и глубина локальных по площади внутриформационных размывов резко увеличивается с приближением к горному обрамлению впадины и на блоках, испытавших поднятия. Поэтому, исходя из принципа приоритета, за верхневельмайской подсвитой сохранен ее таксономический ранг впрямь до более детального ее изучения, особенно средней части ее разреза.

В нижнем слое среди пыльцы покрытосеменных преобладают древесно-кустарниковые (38-61%), меньше трав и кустарничков (14-25 %): *Betula sect. Nanae* 14-32 %, *Alnaster* 4-18 %, древовидных *Betula* 2-5 %, *Alnus* 1-7 %. Широко распространены их морфотипы (2,5-20 %), *Salix* 2-4 %, в отдельных спектрах *Myrica* 1-8 %, единичные зерна *Corylus* и *Carpinus*.

Таксономическое разнообразие трав невелико: *Gramineae* 4-13 %; до первых процентов: *Cyperaceae*, *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Compositae (Artemisia)*, *Polygonaceae*.

Постоянно присутствуют *Ericales* 0,5-7 %. Среди хвойных преобладают ели: *Picea sect. Eupicea* и *Picea sect. Omorica* в сумме до 38 %, постоянны единичные зерна *Tsuga* и *Larix*; *Pinus sect. Cembrae* 1-4 %. Спор до 7-30 %: *Bryales* 3-30 %, *Sphagnum* 1-6 % *Lycopodium complanatum*, *L. annotinum*, *L. pungens*, *L. alpinum*, *L. sect. Selago* в сумме иногда до 16 %; *Selaginella sibirica* 2 %, гладкие бобовидные *Polypodiaceae* до 3,5 %, *Osmunda*.

Описанные палинокомплексы характерны для северотаежной подзоны, вероятно, для северной ее части у границы с прагипоарктической зоной. Они, как и нижний диатомовый комплекс, отражают этап существенного похолодания.

В верхнем слое покрытосеменных 42,5-78,5 %: голосеменных 1,5-14, спор 19-27, кустарниковой березы 11-30, ольховника 3-7,5, меньше морфотипов березовых и практически полностью элиминируют их древовидные формы. *Salix* до 6,5, пыльцы трав 19-48: *Gramineae* 19,5, *Cyperaceae* до 11. Увеличивается таксономическое разнообразие трав: *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Saxifragaceae*, *Ranunculaceae*, *Polygonaceae* (*Polygonum sect. Bistorta*), *Compositae* (*Artemisia* 3,5 %), *Cruciferae* (*Draba*), *Rosaceae* (*Rubus chamaemorus*), *Onagraceae* и др. Хвойных меньше, хуже их сохранность, %: *Picea* sp. 2,5-5, *Picea sect. Eupicea* 1,5-3, *Picea sect. Omorica* 1,5, попадают мелкие пыльцевые зерна *Picea* sp. до 4%. Возрастает роль *Pinus sect. Cembrae*, *Pinus pumila* (?) до 5 %, постоянна *Larix* - до 1 %. В одном спектре отмечена *Tsuga* - единичные зерна плохой сохранности. Среди спор попеременно преобладают *Bryales*, до 14 %, и *Lycopodium annotinum*, до 10 %, *L. clavatum*, *L. complanatum*, *L. pungens*, *L. sect. Selago*, *L. alpinum* в сумме до 19 %, уменьшается роль папоротников. Описанные палиноспектры характерны уже для прагипоарктической зоны. Исходя из флористического состава и тафономических особенностей палиноспектров, можно заключить, что они отражают два типа ландшафтно-зональных территорий. Спектры нижнего палинокомплекса представляют собой северотаежный вариант темно-хвойной палеотайги и пограничную с ней, в той или иной мере оформленную прагипоарктическую зону. Верхний палинокомплекс представляет уже практически сформированную в ландшафтно-зональном отношении прагипоарктическую зону (гипоарктический пояс, по Б.А. Юрцеву [Юрцев, 1974]).

Подводя итоги комплексного палеоботанического анализа верхнемиоценовых отложений, вскрытых скв. 16, можно сделать следующие выводы. Диатомовая флора позволяет датировать описанные отложения верхним миоценом и предполагать возможность многофазной трансгрессии в позднем миоцене. Первая фаза относится к началу позднего миоцена. Наличие среди диатомовой флоры криофилов, а также ледо-неритических видов указывает на сезонное замерзание, а возможно, и ледовитость Арктического бассейна в начале позднего миоцена. Палеоландшафты, представленные формирующейся прагипоарктической растительностью и уже значительно деградировавшей неогеновой темно-хвойной тайгой, соответствуют общей палеоклиматической обстановке на данном рубеже. Вторая трансгрессивная фаза приходится на конец миоцена. Аутоэкология отдельных видов диатомей показывает, что Арктический бассейн продолжал оставаться холодным (сезонное замерзание). Приморские ландшафты представляли собой в то время уже практически сформированную прагипоарктическую зону. Позднемиоценовое соединение Тихого и Северного океанов через Берингов пролив отмечалось и ранее по миграциям морских комплексов и эндемизму континентальных фаун [Континентальные..., 1979; Durghman & McNeil, 1967; Hopkins, 1967 и др.]. Однако это соединение считалось кратковременным [Гладенков, 1978], однофазным и время его в пределах позднего миоцена было неизвестно. Полученные данные позволяют по-новому осветить эту проблему.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архангелов А.А., Карташова Г.Г., Коваленко Ф.Я. и др.* Палеоген и неоген северного побережья Чукотки // *Континентальные третичные толщи Северо-Востока Азии* Новосибирск: Наука, 1979. С. 40-52.
2. *Белая Б.В., Терехова В.Е.* Палинология палеоген-неогеновых отложений острова Айон и бассейна р. Баёково. Материалы по геологии и полезн. ископаемым Северо-Востока СССР. Вып. 26. Магадан: СВКНИИ, 1982. С. 82-93.
3. *Бискэ С.Ф.* Палеоген и неоген крайнего Северо-Востока Азии. Новосибирск: Наука, 1975. 232 с.
4. *Гладенков Ю.Б.* Морской верхний кайнозой северных районов. М.: Наука, 1978. 194 с.
5. *Гудина В.И., Лаштабег В.А., Левчук Л.К. и др.* Граница плиоцена - плейстоцена на севере Чукотки (по фораминиферам) // *Тр. Ин-та геол. и геофиз. СО АН СССР*. 1984. Вып. 560. 104 с.
6. *Данилов И.Д., Недешева Г.Н., Полякова Е. И.* Стратиграфия позднекайнозойских отложений арктического побережья Крайнего Северо-Востока Азии и проблема неоген-плейстоценовой границы // *Среда и жизнь на рубежах эпох кайнозоя в Сибири и на Дальнем Востоке*. Новосибирск: Наука, 1984. С. 185-189.
7. *Данилов И.Д., Полякова Е.И.* Валькарайская впадина // *Палеоген и неоген Северо-Востока СССР*. Якутск: Ин-т геол. ЯНЦ 1989. С. 56-62.
8. *Континентальный палеоген и неоген Северо-Востока СССР*. Вып. 1, 3. Препринт СВКНИИ ДВО АН СССР. Магадан: СВКНИИ, 1988. 61 с; 78 с.
9. *Континентальные третичные толщи Северо-Востока Азии*. Новосибирск: Наука, 1979. 232 с.
10. *Лаухин С.А., Величко СВ., Нархинова В.Е. и др.* Ванкаремская впадина // *Палеоген и неоген Северо-Востока СССР*. Якутск: Ин-т геол. ЯНЦ, 1989. С. 62-76.
11. *Полякова Е.И.* Диатомовый анализ в стратиграфических и палеогеографических исследованиях океанов и морей // *Палеоботанические методы в изучении палеогеографии плейстоцена*. Итоги науки и техники. Сер. палеогеографии. Т. 7. М.: ПИК ВИНТИ, 1991. С. 127-154.
12. *Степанова Г.В.* Находка морских неогеновых диатомей на острове Айон (Восточно-Сибирское море) // *Ежегодн. Всесоюз. палеонтол. о-ва*. Т. 32. 1989. С. 200-217.
13. *Сухорослов В.Л.* [Кайнозойские отложения Валькарайской низменности \(северное побережье Чукотки\)](#) // *Геология и геофизика*. 1978. N 11. С. 82-88.
14. *Харланд У.Б., Кокс А.В., Лливеллин П.Г. и др.* Шкала геологического времени. М.: Мир, 1985. 130 с.
15. *Юрцев Б.А.* Проблемы ботанической географии Северо-Востока Азии. Л.: Наука, 1974. 159 с.
16. *Barren J.A.* Lower Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy of DSDP, Leg. 57, of Northeastern Japan // *Initial Rep. of the DSDP*. 1980. V. 56/57. P. 641-685.
17. *Barren J.A.* Miocene to Holocene planktonic diatoms // *Planctonic Stratigraphy*. Cambridge University Press. N.Y., 1985. P. 763-810.
18. *Barren J.A.* Neogene diatom datum levels in the Equatorial and North Pacific // *The Centenary at Japanese Micropaleontology*. 1989. P. 1-39.
19. *Durghman J.W., McNeil F.S.* Cenozoic migration of marine invertebrates through the Bering Strait region // *The Bering Land Bridge*. Stanford, 1967. P. 326-349.
20. *Hopkins D.M.* The Cenozoic History of Beringia // *Bering Land Bridge*. Stanford, 1967. P. 451-484.
21. *Koizumi I.* Diatom biochronology for late Cenozoic northwest Pacific // *J. Geol. Soc. Japan*, 1985. V. 91. N 3. P. 195-211.

Ссылка на статью:



*Зырянов Е.В., Лаухин С.А., Полякова Е.И.* **Морские диатомеи и палинокомплексы миоцена Восточной Чукотки** // Известия АН СССР. Сер. Геологическая. 1992. № 4. С.97-105.