

**ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРХНЕКАЙНОЗОЙСКИХ
ОСАДКОВ И ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДЫ В РАЙОНЕ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО
(ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

И.Б. Цой, Н.К. Вагина

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН им. В.И. Ильичева, г. Владивосток

Поступила в редакцию 31 мая 2007 г.

Дана палеонтологическая характеристика кайнозойского осадочного чехла континентального склона залива Петра Великого (Японское море). Палеонтологические остатки представлены разнообразными и многочисленными кремнистыми микроскопаемыми (диатомеи, силикофлагелляты, радиолярии) и спорово-пыльцевыми комплексами. Использование зональных биостратиграфических шкал высокого разрешения позволило уточнить возраст осадков и восстановить условия среды за последние 17 млн лет. Приводится история палеонтологических исследований этого района Японского моря, который являлся опорным для отработки методики морских геологических исследований.

Ключевые слова: диатомеи, силикофлагелляты, радиолярии, спорово-пыльцевые комплексы, верхний кайнозой, изменение среды, залив Петра Великого, Японское море.

ВВЕДЕНИЕ

Палеонтологические исследования в северо-западной части Японского моря начались в 70-е годы в районе залива Петра Великого вместе с активизацией морских геологических работ в этом регионе [36]. Первые же анализы образцов осадочных отложений показали обилие и разнообразие в них кремнистых микроскопаемых – диатомовых водорослей, силикофлагеллят и радиолярий – и практически полное отсутствие карбонатных – планктонных фораминифер и нанопланктона. Диатомеи, часто достигающие пороодообразующего значения в этих отложениях, явились основным биостратиграфическим показателем. На основе диатомей, изученных Е.И. Царько, Л.М. Долматовой и В.П. Болдыревой, на материковом шельфе и склоне Приморья были впервые установлены отложения среднего, верхнего миоцена и плиоцена [6, 7, 26, 27]. С.В. Точиной [29, 30] в отложениях континентального склона рассматриваемого района были установлены радиоляриевые зоны *Luchnocanoma elongata* (олигоцен–нижний миоцен), *Calocyclus costata*–*Cannartus mammiferus* (нижний миоцен), *Cyrtocapsella tetrapera*–*Cannartus laticonus* (средний миоцен), *Luchnocanium nipponicum* (верхний миоцен). Кроме кремнистых микроскопаемых, в этих отложениях обнаружены спорово-пыльцевые

комплексы, изученные Т.И. Демидовой и М.Т. Горовой, и макрофауна, определенная В.О. Савицким. Возраст комплексов определялся, главным образом, на основе корреляции с комплексами из опорных разрезов Японии и Сахалина. Появление и усовершенствование зональных биостратиграфических шкал высокого разрешения, благодаря, в основном, изучению материалов глубоководного бурения, позволило уточнить возраст кайнозойских отложений континентального склона залива Петра Великого [32].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В настоящей работе представлены результаты изучения диатомей, силикофлагеллят и спорово-пыльцевых комплексов в 330 дражных образцах континентального склона залива Петра Великого (рис. 1). Образцы были получены в рейсах НИС “Первенец”, проведенных ТОИ ДВО РАН в 1969–1980 гг. Большая часть образцов была изучена ранее [32], но с усовершенствованием зональной диатомовой шкалы [50] появилась необходимость изучить дополнительно часть материала с целью уточнения возраста осадков и достоверной корреляции геологических событий. Обработка образцов на микропалеонтологический анализ проводилась по стандартным методикам [12, 28]. Возраст диатомовых комплексов

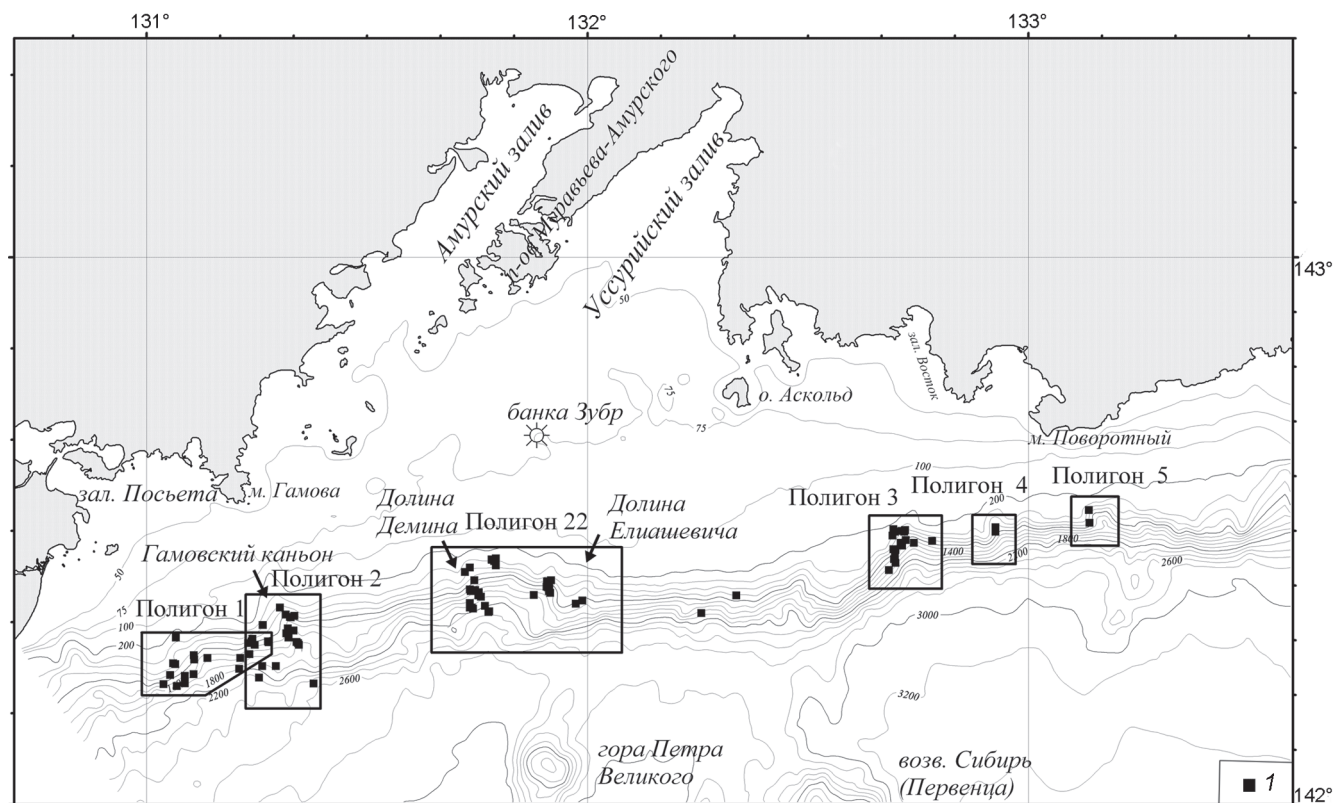


Рис. 1. Схематическая батиметрическая карта залива Петра Великого и местоположение изученных станций и полигонов (1 – станции драгирования).

определялся на основе сопоставления с уточненной северитихоокеанской зональной диатомовой шкалой Янагизавы – Акибы [50]. Реконструкция палеоусловий дана на основе соотношения количества различных экологических групп диатомовых комплексов – океанических, неритических и бентических [13] – в поверхностных осадках дальневосточных морей. Соотношение экологических групп диатомей успешно используется для реконструкции палеобатиметрии кайнозойских отложений [21, 25, 33, 41, 50]. Силикофлагелляты (диктиоховые водоросли) – морские жгутиковые одноклеточные водоросли, продуцирующие, как и диатомей, кремнеземный скелет. Они являются типичными представителями морского и океанического планктона и встречаются во всех океанах и морях земного шара [10]. Наиболее хорошо они сохраняются в диатомовых осадках высокопродуктивных зон апвеллингов или в диатомитах, образовавшихся в вулканических областях [38, 39, 46]. Силикофлагелляты, впервые представленные в настоящей работе, обнаружены в образцах при изучении диатомей. Их численность и видовое разнообразие гораздо ниже, чем у диатомей, но изучение обеих групп кремнистого фитопланктона в одних образцах позво-

ляет проводить дополнительный возрастной и палеоэкологический контроль.

КРАТКАЯ ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Современная береговая линия залива Петра Великого протягивается от устья реки Туманган (Тумыньцзян) на западе до мыса Поворотный на востоке (рис. 1). На востоке и западе залив ограничен горными хребтами Сихотэ-Алиня и Восточно-Маньчжурской горной страны, соответственно. Берега залива почти под прямым углом срезают структуры Сихотэ-Алинской складчатой области [9]. В районе залива возможно существование системы депрессий фундамента, сформированных в период рифтовой стадии раскрытия Японского моря и заполненных позднепалеоген-неогеновыми осадками [14]. Основными морфоструктурами акватории залива Петра Великого являются шельф и материковый склон. Шельф, ширина которого достигает в заливе 100 км, представляет собой слабонаклоненную (средний наклон 18') на юго-восток равнину с глубинами моря 50–100 м [18]. На шельфе выделяются реликтовые формы рельефа, обусловленные флювиальной дея-

тельностью, а именно, затопленные речные долины и обширные площадки террас. Бровка шельфа расположена на глубинах 120–150 м. Материковый склон в районе залива узкий и крутой: ширина его изменяется в пределах 10–15 км, подошва находится на глубине 2000–2100 м, общий уклон составляет 5–13° [17]. Склон прослеживается в субширотном направлении и прорезан каньонами и долинами, крупнейшими из которых являются Гамовский каньон и долины Демина и Елиашевича. Глубина подошвы склона увеличивается в восточном направлении от 2500 м до 3000 м. Угол наклона склона достигает значений 15–20°.

Геолого-геофизические исследования акватории залива Петра Великого начались в 1969–1970 гг. на НИС “Витязь” и “Первенец” [36]. Установлено, что мощность осадков на шельфе залива невысока и увеличивается в направлении от берега к бровке шельфа. Опробование донных отложений гравитационными и поршневыми трубками показало, что верхняя часть осадочного чехла шельфа залива представлена морскими голоценовыми осадками и верхнеплейстоценовыми отложениями смешанного, морского и озерного происхождения [20]. Драгирование пород материкового склона залива Петра Великого на опорных полигонах, выполненное в последующие годы, позволило установить региональную стратиграфическую схему неогеновых отложений шельфа и материкового склона [37].

Осадками покрыта большая часть залива Петра Великого [14]. Мощность осадков, покрывающих материковый склон, в целом увеличивается в западном направлении. В пределах залива Петра Великого выходы фундамента имеются на банке Зубр и вблизи островов Русский, Аскольд, Путятин, на материковом склоне они имеют локальный характер, но на глубине около 2000 м наблюдаются значительные по площади выходы на поверхность морского дна. В пределах склона восток-северо-восточного простирания распространены вытянутые вдоль склона осадочные тела. Эти осадочные тела располагаются либо в области бровки шельфа, либо в нижней части склона.

Фундамент сложен верхнепалеозойскими и мезозойскими осадочными породами, гранитами позднемелового возраста и кайнозойскими вулканитами [3]. Он перекрыт кайнозойским осадочным чехлом, представленным диатомитами, туфодиатомитами, алевролитами, туфоалевролитами, аргиллитами, туфоаргиллитами, алевропелитами, глинами, песчаниками, известняками, известковистыми конкрециями и гравелитами [8, 19, 27 и др.]. Неогеновые отложения залегают в едином структурном плане, погружаясь в сторону глубоководной котловины, перекры-

вая породы докайнозойского фундамента и палеогеновые базальтоиды. В районе Гамовского каньона и подводных долин Елиашевича и Демина, где расположены опорные полигоны 1, 2 и 22 (рис. 1), они подразделяются на аргиллитовую толщу, валентиновскую и гамовскую свиты [3].

Аргиллитовая толща (мощность 150–200 м) сложена главным образом аргиллитами, характеризующимися более высокой степенью литификации по сравнению с вышележащими породами и почти полным отсутствием кремнистых микрофоссилий [3, 37]. Базальная часть толщи представлена конгломератами и гравелитами, включающими гальку и гравий докайнозойских пород. Верхняя часть толщи представлена темно-серыми алевритистыми аргиллитами и алевролитами, в которых М.Т. Горовой обнаружены спорово-пыльцевые комплексы, близкие раннемиоценовым палинокомплексам Южного Приморья [37]. Состав спорово-пыльцевых комплексов, по мнению М.Т. Горовой, свидетельствует о климате умеренных зон.

Валентиновская свита (мощность 350–550 м) залегает с постепенным переходом на аргиллитовой толще или трансгрессивно на докайнозойском фундаменте и согласно перекрывается гамовской свитой. Она сложена диатомово-глинистыми породами с прослоями песчаников, алевролитов и туфоалевролитов. Возраст свиты, с учетом последних данных, – конец раннего миоцена–поздний миоцен (почти полная последовательность диатомовых комплексов от зоны *Strucidentacula kanayae*, 16.9–16.3 млн лет, до зоны *Rouxia californica*, 7.6–6.4 млн лет, включительно).

Гамовская свита (мощность около 300 м) отличается заметным увеличением грубообломочных и карбонатных пород. Возраст свиты – конец позднего миоцена–плиоцен (последовательность диатомовых комплексов от зоны *Neodenticula kamtschatica*, 6.4–5.5 млн лет, до зоны *Neodenticula koizumii*, 2.7/2.6–2.0 млн лет, включительно).

В большинстве изученных образцов содержится разнообразный кремнистый микропланктон (диатомеи, силикофлагелляты, радиолярии) хорошей сохранности и спорово-пыльцевые комплексы, позволяющие использовать их для определения возраста и восстановления палеоусловий.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЙНОЗойСКОГО ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Характеристика зональных диатомовых комплексов и ассоциирующих с ними силикофлагеллят из

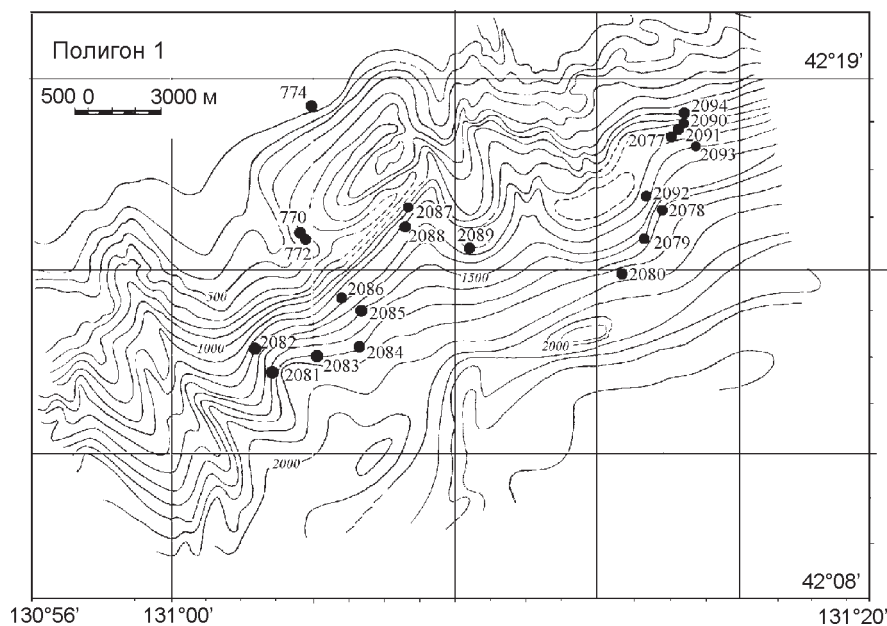


Рис. 2. Местоположение станций драгирования на полигоне 1.

осадочных пород континентального склона залива Петра Великого дана преимущественно по образцам полигона 1 (рис. 2), где представлена наиболее полная последовательность диатомовых зон (рис. 3). Кроме того, приводится характеристика спорово-пыльцевых комплексов, выделенных из тех же образцов или образцов рядом расположенных полигонов. Объективным критерием определения стратиграфических рубежей является смена доминантов в растительности, отраженная в спорово-пыльцевых комплексах. Это может свидетельствовать о коренной перестройке экосистемы [5].

Ранний миоцен

Комплекс диатомей зоны **Crucidentacula kanayae** (16.9–16.3 млн лет) конца раннего миоцена (табл. 1) обнаружен в глинистых диатомитах станции 2090 (глубины 1050–950 м). Диатомовый комплекс характеризуется видовым разнообразием (72 вида) и обилием диатомей. Высока численность и разнообразие океанических низкоширотных видов *Crucidentacula kanayae* Yanagisawa et Akiba (14.9 %), *C. sawamurae* Yanagisawa et Akiba (13.7 %), *C. ikebei* Akiba et Yanagisawa (3.5 %), *Azpeitia vetustissima* (Pantocsek) Sims (7 %), *Asterolampra marylandica* Ehrenberg, *A. acuciloba* Forti, *Cymatogonia amblyoceras* (Ehrenberg) Hanna, *Cavitatus exiguus* Yanagisawa et Akiba, *C. miocenicus* (Schrader) Akiba et Yanagisawa, *Cestodiscus trochus* Castracane, характерны виды *Denticula norwegica* Schrader, *Actinostephanos rudis* Chursevitsch et Tsoi, *Kisseleviella ezoensis* Akiba и др. В комплексе доминируют океанические виды, субдо-

минируют неритические виды, бентические составляют незначительное количество. В этих образцах отмечен переотложенный палеогеновый вид *Hyalopoda spiralis* (Hajós) Kozyrenko et Jackovschikova, находка которого предполагает существование в этом районе более древних морских отложений.

Силикофлагелляты характеризуются высокой численностью вида *Distephanus crux* (Ehrenberg) Haeckel и видами *Bachmannocena apiculata* var. *apiculata* (Bukry) Bukry, *B. apiculata* var. *curvata* (Bukry) Bukry, *Corbisema triacantha* (Ehrenberg) Bukry et Foster, *Distephanus speculum hemisphaericus* (Ehrenberg) Bukry, *D. quinquangellus* Bukry et Foster, *D. quintus* (Bukry et Foster) Bukry и др. Установленный комплекс силикофлагеллят близок по составу зоне **Naviculopsis ponticula** раннего миоцена, выделенной для тропической и субтропической области [38], хотя зональный вид обнаружен не был. Значительное количество низкоширотных океанических видов диатомей отражает условия I-ого климатического оптимума (~17.9–14.3 млн лет назад), зафиксированного по многим группам наземной и морской биоты в Северной Пацифике [22, 35] и сопровождавшегося глобальной трансгрессией [40].

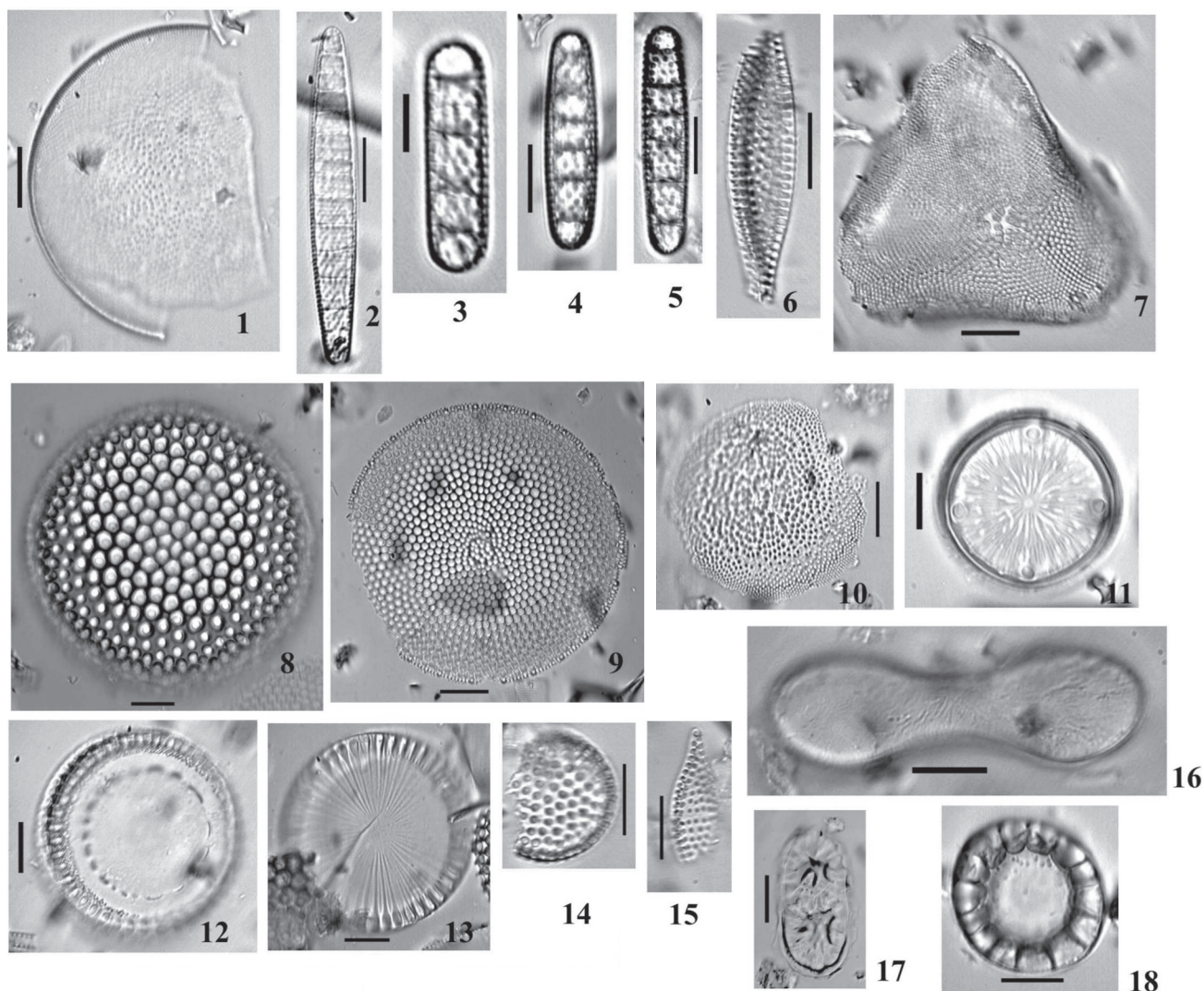
Спорово-пыльцевой комплекс (СПК) (табл. 2) характеризуется доминированием широколиственных пород – 41.9 %. Обращает на себя внимание преобладание в этой экологической группе пыльцы *Quercus* (14.5 %) и *Castanea* (9.0 %). Немаловажное значение среди пыльцы широколиственных занимают *Ulmus* (4.2 %), *Juglans* (3.7 %), *Liquidambar*

СВИТЫ И ТОЛЩИ		Возраст		Диатомовые зоны Yanagisawa, Akiba, 1998		Полигон 1	Полигон 2	Полигон 22	Полигон 3	Полигоны 4 и 5
		Плейстоцен	млн. лет							
Четвертичные осадки				поздний	0.3	<i>Neodenticula seminae</i>		2081, 2081-2, 2082-1, 2082-2, 2082-2а, 2084-1	782, 1054, 1084-1а, 1086, 1089-5	1065, 1067-3, 1104, 1131а
		средний	1.0	<i>Proboscia curvirostris</i>		770-4д, 772-4, 2093-1б	754, 754-1		668, 668-1	793-1, 799-2
		ранний	2.0	<i>Actinocyclus oculatus</i>		2093-1а, 2093-1в, 770-3, 770-4, 774-2?, 2093-4а?	1092а*	1074, 1103-1		677-1, 677-2
Гамовская свита около 300 м		Плиоцен	2.6-2.7	<i>Neodenticula koizumii</i>		2083-2, 2085-1, 2086-3, 2091-3а	1092-4, 1092-5*		662-7, 660	
			3.5-3.9	<i>Neodenticula koizumi</i> - <i>N. kamtschatica</i>		2088-2		1102-1, 1102-3**, 1129-11, 1129-5		
		ранний	5.5	<i>Neodenticula kamtschatica</i>	<i>Thalassiosira oestrupii</i>	2082-2, 2087-2б	1055, 1085*	1075, 1120-2, 1073, 1060**, 1069, 1070, 1139	662	
			6.4		<i>Nitzschia rolandii</i>	2087-3	1092-3	1122-1, 1122а	662-3	
			7.6	<i>Rouxia californica</i>		2087-2	1090, 1092	1138-1, 1138-1а		
Валентиновская свита 350-550 м	верхняя подсвита	поздний	8.5	<i>Thalassionema schraderi</i>		2087-1а	783, 783-2	1121, 1050, 1050а	673-2	
			9.2	<i>Denticulopsis katayamae</i>				1116-2, 1130		
			10.0	<i>Denticulopsis dimorpha</i>		2079-1*				
			11.5	<i>Thalassiosira yabei</i>				1058-1, 1119-1, 1119-2, 1121-2, 1128-1, 1136-3, 1137-1а, 1138, 1139-1, 1140		
			12.9	<i>Denticulopsis praedimorpha</i>		2080-1а, 2089-1, 2089-2, 2089-2а	1083*, 1090-2*, 1092-1, 1092-2*	1116-1, 1048, 1108-1, 1108-а	678-7, 681-4в, 687-4а, 687-9	
			13.1	<i>Crucidenticula nicobarica</i>						
			14.6	<i>Denticulopsis hyalina</i>	<i>D. simonsenii</i>	2078-1*, 2094-8	756-4, 756-5, 758-2, 758-5, 761(а, 4, 6, 7, 8, 9, 10), 1088, 1088а	1098-2, 1100, 1100-2, 1097-3, 1097, 1117-1, 1108, 1116	787-7, 788-1в, 788а, 788 1, 663, 663-1, 663-3, 664 5, 678-8	792-2
			14.5		<i>D. hyalina</i> - <i>D. praehyalina</i>	2091-1а, 2091-2а, 2077, 2077-1, 2077-1а*, 2077-2*				
			14.9	<i>Denticulopsis lauta</i>		2094-3, 2094-7а, 2094-7б	756-2, 758, 758-1а, 1084, 1096	1076, 1061, 1061-1, 1117а, 1102-2а, 1115, 1123, 1132-1а, 1128-3, 1135а, 1137-2	663-4, 664-2, 664, 678-2, 787-9	
			15.9	<i>Denticulopsis praelauta</i>		2094-1	228, 756-6, 1079*, 1079-1, 1081-1, 1089-1, 1089-3	1099-1д, 1117-1а		
16.3	<i>Crucidenticula kanayae</i>		2090-2*							
Аргиллитовая толща 150-200 м		ранний	16.9							

Рис. 3. Корреляция выделенных диатомовых и спорово-пыльцевых комплексов из образцов континентального склона залива Петра Великого с северотихоокеанскими неогеновыми диатомовыми зонами.

Образцы, в которых изучены: * – спорово-пыльцевые комплексы, ** – макрофауна.

Таблица 1. Диатомеи раннего миоцена.



1 – *Cestodiscus* sp., 2 – *Crucidentacula ikebei* Akiba et Yanagisawa, 3–5 – *Crucidentacula kanayae* Akiba et Yanagisawa, 6 – *Rossiella paleacea* (Grunow) Desikachary et Maheshwari, 7 – *Cymatogonia amblioceras* (Ehrenberg) Hanna, 8 – *Coscinodiscus marginatus* Ehrenberg, 9 – *Azepeitia vetustissima* (Pantocsek) Sims, 10 – *Cestodiscus trochus* Castracane, 11 – *Glyphodiscus stellatus* Greville, 12 – *Paralia fausta* (Schmidt) Sims et Crawford, 13 – *Radialiplicata clavigera* (Grunow) Gleser, 14 – *Rocella praenitida* (Fenner) Fenner, 15 – *Cymatosira biharensis* Pantocsek, 16 – *Gemellodiscus pliocenus* (Brun) Suto, 17 – *Liradiscus bipolaris* Lohman, 18 – *Stephanogonia hanzawae* Kanaya.

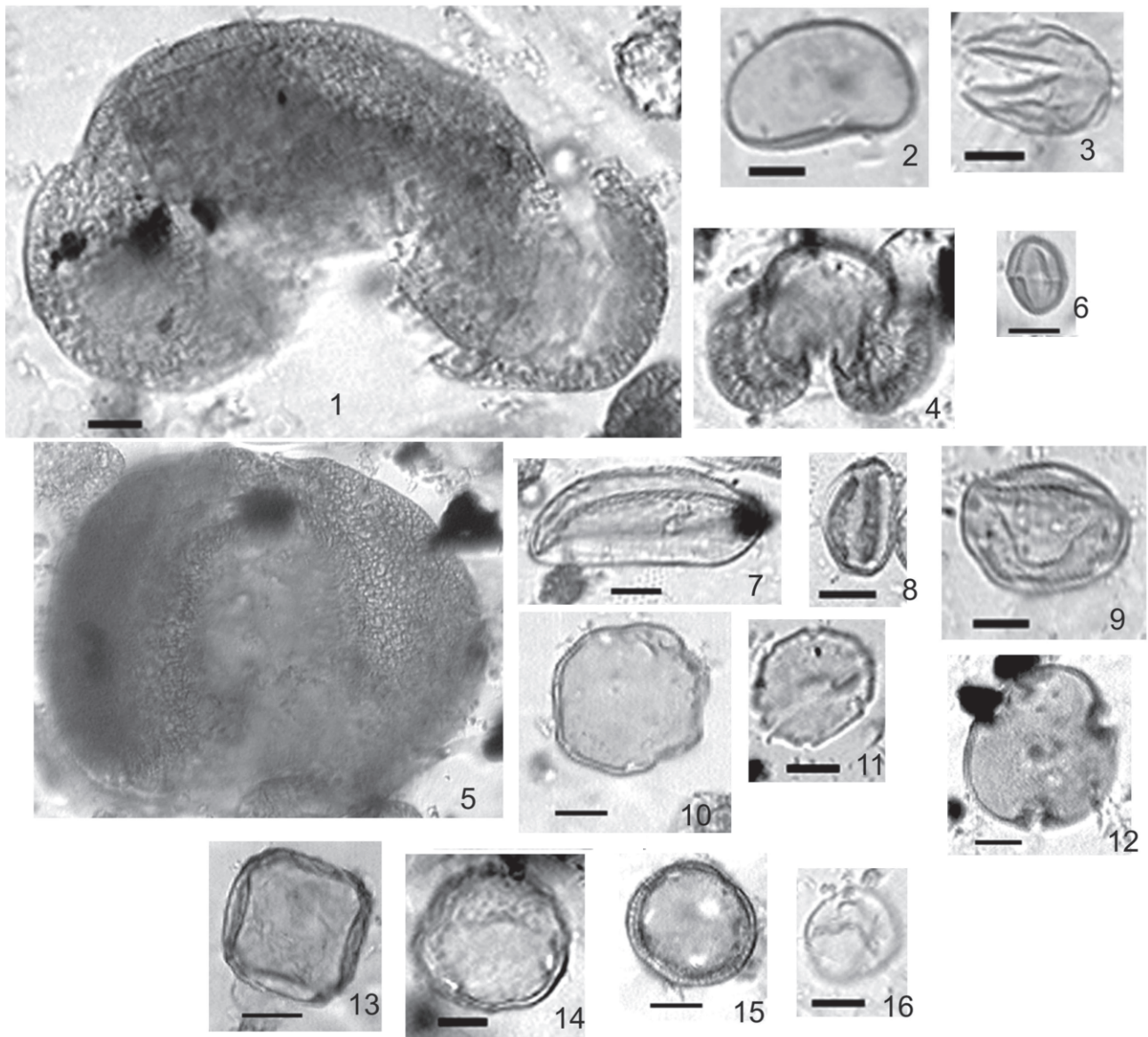
1–18 (обр. 2090-2) – ранний миоцен (зона *Crucidentacula kanayae*, 16.9–16.3 млн лет).

Масштабная линейка во всех таблицах – 10 мкм.

(1.9%). В небольшом количестве встречается пыльца *Fagus*, *Carya*, *Pterocarya*, *Rhus*, *Carpinus*, *Corylus*, *Tilia*, *Morus*, *Zelkova*, *Magnolia*. Субдоминантом является пыльца *Pinus*, причем преобладала пыльца *Pinus sect. Eupitys*. Наличие в СПК пыльцы таких теплолюбивых пород, как *Castanea*, *Liquidambar*, *Carya*, *Rhus*, *Morus*, *Zelkova*, *Magnolia*, *Podocarpus*, сем. Taxodiaceae, указывает на теплые климатические условия. Пик численности *Castanea* может соответствовать

климатическому оптимуму миоцена [16]. Изученный СПК можно сопоставить с палинокомплексом NP1 (сопоставляется с флорой Aniai), описанным в скв. 797 в Японском море [49], по высокому содержанию пыльцы *Picea* и по доминированию в группе широколиственных пород *Ulmus* и сем. Fagaceae, однако если в СПК NP1 преобладала пыльца *Fagus*, то на континентальном склоне преобладала пыльца *Quercus* и *Castanea*.

Таблица 2. Споры и пыльца раннего миоцена.



1 – *Abies* sp., 2 – сем. Polypodiaceae, 3 – сем. Taxodiaceae, 4 – *Pinus* sect. *Eupitys*, 5 – *Picea* sect. *Eupicea*, 6 – *Castanea* sp., 7 – *Magnolia* sp., 8 – *Rhus* sp., 9 – *Carya* sp., 10 – *Juglans* sp., 11 – *Pterocarya* sp., 12 – *Tilia* sp., 13 – *Ulmus* sp., 14 – *Zelkova* sp., 15 – *Liquidambar* sp., 16 – *Morus* sp.

1–16 (обр. 2090-2) – ранний миоцен (диатомовая зона *Crucidentacula kanayae*, 16.9–16.3 млн лет).

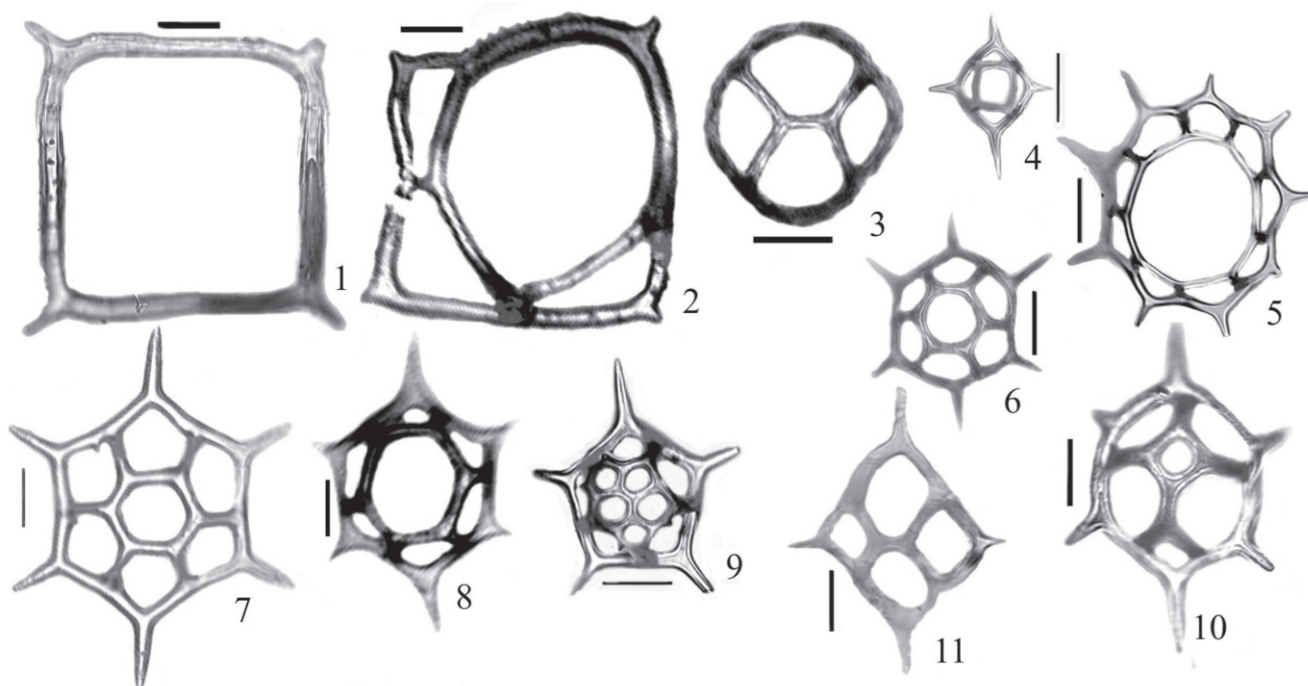
Средний миоцен

Комплекс зоны ***Denticulopsis praelauta**** (16.3–15.9 млн лет) отличается появлением зонального вида *Denticulopsis praelauta* Akiba et Koizumi и видов

*Ранее эта зона относилась к раннему миоцену [34], но в уточненной зональной диатомовой шкале [51], используемой в настоящей работе, зона *Denticulopsis praelauta* отнесена к среднему миоцену.

Coscinodiscus lewisianus Greville, *Cavitatus jouseana* (Sheshukova) Williams, *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba, высокой численностью *Actinocyclus ingens* Rattray (37.5%), *Stephanopyxis corona* (Ehrenberg) Grunow (23.5%), *S. aciculata* Dolmatova (13.5%) и др. [32]. Экологический состав комплекса свидетельствует о батинальных условиях и относительно теплых поверхностных водах. Силикофлагелляты (табл. 3) близки по составу предыдущему комплексу, но отличаются появлением видов *Bachmannocena schulzii* (Martini et

Таблица 3. Силикофлагелляты среднего миоцена.



1 – *Bachmannocena paulschulzii* Bukry, 2 – *Bachmannocena* sp., 3 – *Bachmannocena orbiculata* (Ling), 4 – *Distephanus crux* (Ehrenberg) Haeckel, 5 – *Distephanus polyactis elongatus* (Bukry) Perch-Nielsen, 6–8 – *Distephanus speculum speculum* (Ehrenberg) Gleser, 9 – *Distephanus quintus* (Bukry et Foster) Bukry, 10 – *Distephanus pseudocrux* (Schulz) Bukry, 11 – *Dictyocha aspera* (Lemmermann) Bukry et Foster.

1 (обр. 1117-1а) – зона *Denticulopsis lauta* (15.9–14.9 млн лет), средний миоцен; 2, 9 (обр. 1089-1); 3, 10, 11 (обр. 1099-1д), 5, 9 (обр. 2094-3) – зона *Denticulopsis praelauta* (16.3–15.9 млн лет), начало среднего миоцена; 4 (обр. 1090-2), 6–8 – зона *Denticulopsis praedimorpha* (12.9–11.5 млн лет), средний миоцен.

Muller) Bukry, *Dictyocha aspera* (Lemmermann) Bukry et Foster. Комплекс силикофлагеллят соответствует зоне **Corbisema triacantha** среднего миоцена, которая имеет широкое распространение как в высоких, так и в низких широтах [46].

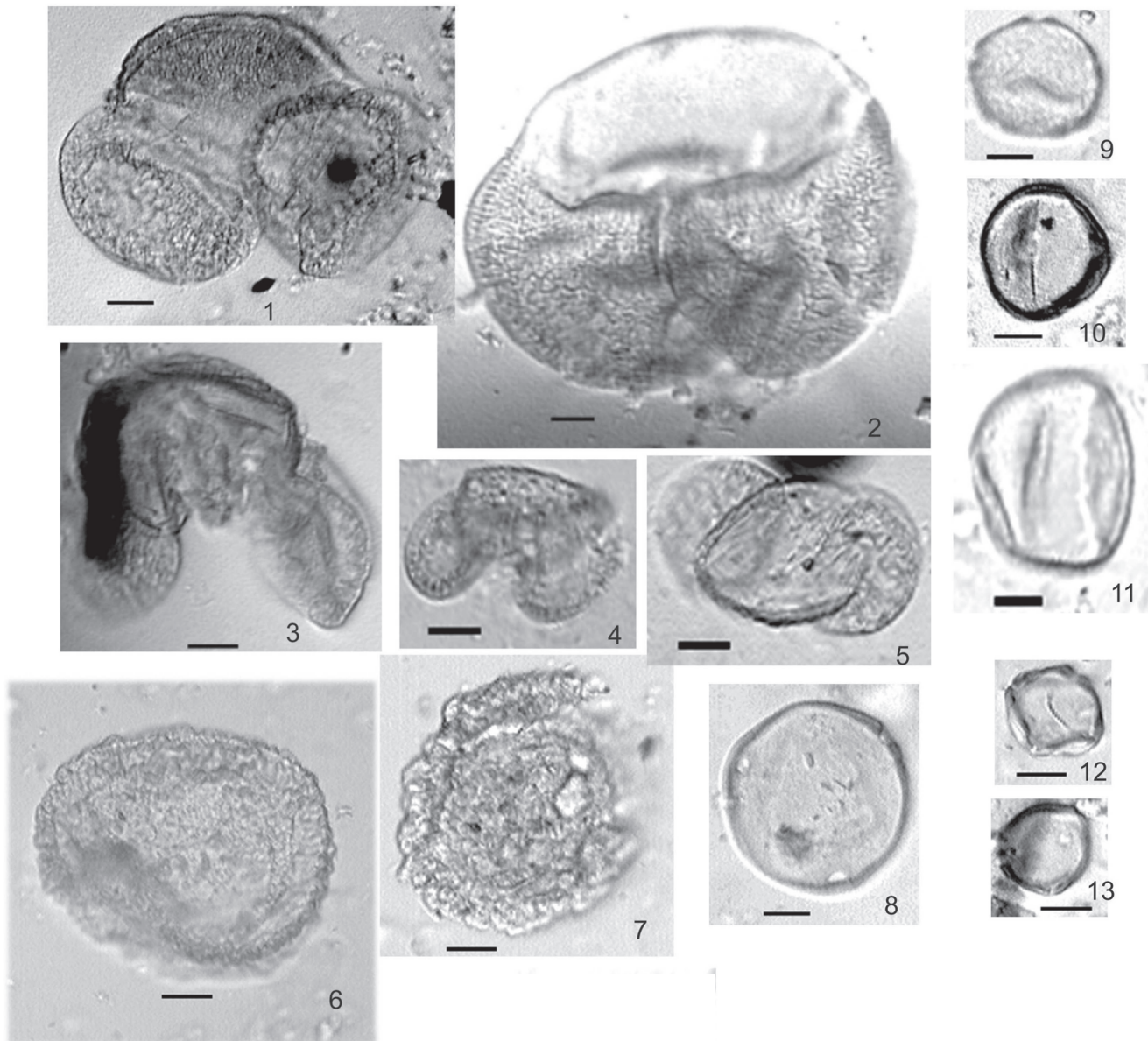
Палинокомплекс (образец 1079, полигон 2) (табл. 4) характеризуется доминированием пыльцы темнохвойных (43.95 %: в основном *Picea* sect. *Eupicea* – 31.8 %; *Picea* sect. *Omorica* – 2.8 %; *Abies* – 10.0 %) и широколиственных пород (18.6 %), среди которых преобладают *Ulmus* (4.0 %), *Quercus* (4.0 %), *Fagus* (3.4 %), *Juglans* (2.8 %) и *Pterocarya* (1.1 %). В незначительном количестве встречается пыльца *Buxus*, *Corylus*, *Tilia*, *Rhus*, *Carya*, *Castanea*, *Morus*, *Carpinus*, *Magnolia*, *Liquidambar*, даже невысокая встречаемость которой может указывать на тепломерную растительность [44]. Изученный палинокомплекс имеет сходство с СПК NP2 (сопоставляется с флорой Daijima) из скв.797, Японское море [49], а также со среднемиоценовым СПК, описанным ранее М.Т. Горевой на континентальном склоне [37]. Сходство прослеживается по доминированию пыльцы *Picea* и

преобладанию в группе широколиственных пород сем. Juglandaceae.

Комплекс зоны **Denticulopsis lauta** (15.9–14.9 млн лет) характеризуется появлением зонального вида *Denticulopsis lauta* Akiba et Koizumi (5 %) и видов *Raphidodiscus marylandicus* Christian, *Azpeitia tuberculata* (Greville) Fryxell et Sims, *A. endoi* (Kanaya) Sims, *Rhizosolenia massiva* Schrader и др., высокой численностью низкоширотного вида *Coscinodiscus lewisianus* Greville (6.8 %) и вида *Cavitatus jouseana* (Sheshukova) Williams (12.9 %). По экологическому составу комплекс близок предыдущему. Комплекс силикофлагеллят (табл. 3) отличается появлением видов *Distephanus longispinus* (Schulz) Bukry, *D. pseudocrux* Schulz, *D. crux darwinii* Bukry, *Corbisema hastata globulata* Bukry. Тем не менее, присутствие зонального вида *Corbisema triacantha* (Ehrenberg) Bukry et Foster позволяет отнести данный комплекс к одноименной зоне.

Комплекс зоны **Denticulopsis hyalina** (14.9–13.1 млн лет) характеризуется появлением зонального вида *Denticulopsis hyalina* (Schrader) Simonsen и

Таблица 4. Споры и пыльца среднего миоцена.



1 – *Abies* sp., 2 – *Picea* sect. *Eupicea*, 3 – *Podocarpus* sp., 4 – *Pinus* sect. *Eupitys*, 5 – *Pinus* sect. *Cembrae*, 6 – *Tsuga* sp2., 7 – *Tsuga* sp1. 8 – *Carya* sp., 9 – *Ulmus* sp., 10 – *Fagus* sp., 11 – *Partenocissus* sp., 12 – *Alnus* sp., 13 – *Betula* sp.

1–13 (обр. 1092-2) – средний миоцен (диатомовая зона *Denticulopsis praelauta*, 16.3–15.9 млн лет).

видов *Rhizosolenia miocenica* Schrader, *Odontella etolona* Dolmatova, *Crucidenticula nicobarica* (Grunow) Akiba et Yanagisawa, *Denticulopsis simonsenii* Yanagisawa et Akiba, высокой численностью *Actinocyclus ingens* Rattray, *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba, *Stephanopyxis schenckii* Kanaya.

Силикофлагелляты характеризуются как видами, характерными для предыдущих комплексов (e.g. *Distephanus longispinus* (Schulz) Bukry, *D. pseudocrux* Schulz, *D. crux* (Ehrenberg) Haeckel, так и появлением новых видов: *Distephanus boliviensis*

boliviensis (Frenguelli) Bukry, *Dictyocha fibula fibula* Ehrenberg, *Bachmannocena* cf. *diodon nodosa* (Bukry) Bukry. Экологический состав диатомей указывает на колебания температуры поверхностных вод, в то время как силикофлагелляты свидетельствуют об относительно холодных водах. Комплексы этой зоны из образцов полигонов 1, 2 и 22 отличаются значительными колебаниями в содержании неритических и бентических видов, что указывает на нестабильные условия в период осадконакопления.

Палинокомплекс отличается большим количеством и разнообразием пыльцы. СПК характеризуется доминированием пыльцы темнохвойных (33.3–34.5 %), в основном *Picea* sect. *Eurpicea* (13.0–22.7 %) и *Abies* (9.5–11.7 %), и широколиственных пород (21.3–35.8 %). Среди последних преобладают *Quercus* (4.1–6.8 %), *Fagus* (2.0–5.3 %), *Ulmus* (5.0–5.6 %), *Juglans* (1.5–3.9 %), *Liquidambar* (1.5–3.2 %), *Castanea* (2.7 %) и *Zelkova* (2.4 %). Единично присутствуют *Acer*, *Syringa*, *Magnolia*, *Pterocarya*, *Rhus*, *Corylus*, *Carpinus*, *Morus*, *Tilia*, сем. Myrtaceae. Субдоминант – *Pinus* (9.1–13.1 %). Разнообразие и состав таксонов свидетельствуют о богатой растительности западного побережья Японского моря в установленный по диатомеям интервал среднего миоцена (14.9–13.1 млн лет). Климат был теплым, что подтверждается присутствием в растительности *Liquidambar*, *Castanea*, *Zelkova*, *Magnolia*, *Pterocarya*, *Rhus*, *Morus*, сем. Myrtaceae. СПК можно сопоставить с палинокомплексом NP3 из скв. 794, 797 в Японском море [49] по высокому содержанию пыльцы *Picea*, *Pinus* и по доминированию в группе широколиственных пород *Ulmus*, *Fagus* и *Quercus*, однако если в СПК NP3 преобладал *Fagus*, то на континентальном склоне – *Quercus*. Незначительную представительность микро- и макроостатков бука в составе флор (и палиноспектров) Б.И. Павлюткин [23] связывает с влиянием зимнего восточно-азиатского муссона, устойчиво существующего с олигоцена [48]. Именно он определяет дефицит влаги в атмосфере в умеренных широтах восточной окраины Азии в зимний период и тем самым создает неблагоприятные (по влагообеспеченности) условия для произрастания буковых лесов на континенте, хотя температурный режим этому не препятствует.

Комплекс зоны ***Crucidentricula nicobarica*** (13.1–12.9 млн лет), имеющей самый короткий возрастной диапазон (0.2 млн лет), в изученных отложениях Японского моря не установлен. Отсутствие этой зоны, частичное или полное, наблюдается и в неогеновых разрезах Японских островов и Японского желоба [34] и связывается с активизацией региональных тектонических процессов в это время.

Комплекс зоны ***Denticulopsis praedimorpha*** (12.9–11.5 млн лет) характеризуется появлением зонального вида *Denticulopsis praedimorpha* Barron ex Akiba и видов *Coscinodiscus gracilis* Dolmatova, *Thalassiosira manifesta* Sheshukova, *Th. temperei* (Brun) Akiba et Yanagisawa, *Nitzschia pliocena* (Brun) Mertz, высокой численностью *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba. Силикофлагелляты (табл. 3) характеризуются резким сужением видового состава и представлены преимущественно холодноводными видами *Distephanus*

pseudocrux Schulz, *D. speculum speculum* (Ehrenberg) Gleser и *D. crux* (Ehrenberg) Haeckel. По сравнению с предыдущими комплексами заметно увеличилось и количество холодноводных видов диатомей, условия седиментации оставались батинальными.

Палинокомплекс (образец 1083, 1092-2, полигон 2) характеризуется доминированием пыльцы темнохвойных пород (19.2–57.0 %), в том числе *Tsuga* (22.9–48.5 %). Субдоминант – *Pinus* (12.8–14.9 %), причем если раньше это был в основном *Pinus* sect. *Cembrae*, то на этом уровне количества пыльцы *Pinus* sect. *Cembrae* и *Pinus* sect. *Eupitys* становятся почти равными (7.4 % и 6.2 %, соответственно, обр. 1092-2). Количество пыльцы широколиственных пород уменьшилось (1.1–16.5 %). Среди широколиственных преобладает сем. Fagaceae (*Fagus* – 1.4–5.6 %, *Quercus* – 3.9 %); несколько меньше – *Ulmus* (1.7 %) и *Juglans* (1.7 %). Единично встречена пыльца *Carpinus*, *Castanea*, *Carya*, *Liquidambar*, *Rhus*. Отмечены мелкие размеры пыльцевых зерен, что характерно для пыльцевых спектров конца среднего миоцена [4]. Это может быть связано с некоторой аридностью климата на континенте. Состав спектров позволяет говорить об изменении климатической обстановки в сторону небольшого похолодания, отмеченного в конце среднего миоцена [15], что подтверждается уменьшением в растительности широколиственных, в том числе и теплолюбивых пород.

Изученный палинокомплекс может быть сопоставлен с СПК свиты хамчжин западного побережья Японского моря, описанным М.Т. Горовой [1, 31], по значительной возросшей роли сем. Pinaceae (особенно различных *Tsuga*) и небольшому участию сем. Taxodiaceae; по преобладанию среди широколиственных пород пыльцы сем. Fagaceae. Однако если в континентальных спектрах преобладала пыльца *Fagus*, то в морских отложениях на первом месте *Quercus*, реже *Ulmus*. Следует отметить, что состав континентальных палинокомплексов, как правило, более разнообразен. Эти различия объясняются, скорее всего, различной способностью пыльцевых зерен к переносу. Известно также, что спорово-пыльцевые комплексы оптимума миоцена часто не содержат пыльцу тропических и субтропических растений, а включают в себе таксоны, характерные для умеренного климата [44].

Поздний миоцен

Позднемиоценовый интервал представлен диатомовыми зонами *Thalassiosira yabei* (11.5–10.0 млн лет), *Denticulopsis dimorpha* (10.0–9.2 млн лет), *Thalassionema schraderi* (8.5–7.6 млн лет),

Rouxia californica (7.6–6.4 млн лет) и подзоной *Nitzschia rolandii* (6.4–5.5 млн лет) зоны *Neodenticula kamtschatica*.

Комплекс зоны ***Thalassiosira yabei*** (11.5–10.0 млн лет) установлен только в образцах полигона 22. Он характеризуется появлением зонального вида *Thalassiosira yabei* (Kanaya) Akiba et Yanagisawa и других представителей этого рода (e.g. *Th. grunowii* Akiba et Yanagisawa, *Th. cf. symbolophora* Schrader и др.), *Rouxia californica* Peragallo, высокой численностью *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba и постоянным участием видов *Denticulopsis hustedtii* (Simonsen et Kanaya) Simonsen, *Stephanogonia hanzawae* Kanaya, *Coscinodiscus gracilis* Dolmatova, *Stellarima microtrias* (Ehrenberg) Hasle et Sims, *Sheshukovia condecora* (Brightwell) Gleser, *Rhaphoneis amphiceros* Ehrenberg, *Nitzschia exincta* Kozyrenko et Sheshukova, *Eucampia balaustium* Castracane, *Actinocyclus ingens* Rattray, *Thalassiosira manifesta* Sheshukova и др. В комплексах этой зоны преобладают неритические виды, высоко содержание бентических видов, свидетельствующих о регрессивном характере диатомовой флоры.

Силикофлагелляты характеризуются появлением видов *Dictyocha pseudofibula* (Schulz) Bukry, *D. neopseudofibula* Ling, *Bachmannocena circula* (Ehrenberg) Bukry, *B. hexalitha* (Bukry) Bukry. Большинство видов обычны для зоны ***Dictyocha brevispina*** конца среднего–начала позднего миоцена [38, 46].

Комплекс зоны ***Denticulopsis dimorpha*** (10.0–9.2 млн лет) установлен лишь в одном образце 2079-1 (полигон 1) континентального склона Приморья. Он характеризуется появлением зонального вида *Denticulopsis dimorpha* (Schrader) Simonsen и видов *Thalassiosira nidulus* (Tempère et Brun) Jousé, *Denticulopsis vulgaris* (Okuno) Yanagisawa et Akiba, *Delphineis sachalinensis* (Sheshukova) Barron et Baldauf, *Hyalopyxis concava* (Sheshukova) Makarova, высокой численностью *Denticulopsis simonsenii* Yanagisawa et Akiba, *Stephanopyxis schenckii* Kanaya, *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba. Силикофлагелляты представлены видами *Distephanus pseudocrux* Schulz, *D. crux* (Ehrenberg) Haeckel, *D. speculum speculum* (Ehrenberg) Gleser, *Dictyocha pseudofibula* (Schulz) Bukry, *Bachmannocena circula* (Ehrenberg) Bukry, которые характерны для зоны ***Dictyocha brevispina*** конца среднего–начала позднего миоцена [38, 46]. По экологическому составу диатомовый комплекс почти не отличается от предыдущего.

Палинокомплекс характеризуется доминированием пыльцы темнохвойных (34.5 %) (увеличение *Abies* до 11.1 %) и широколиственных пород (23.0 %). Среди широколиственных преобладают

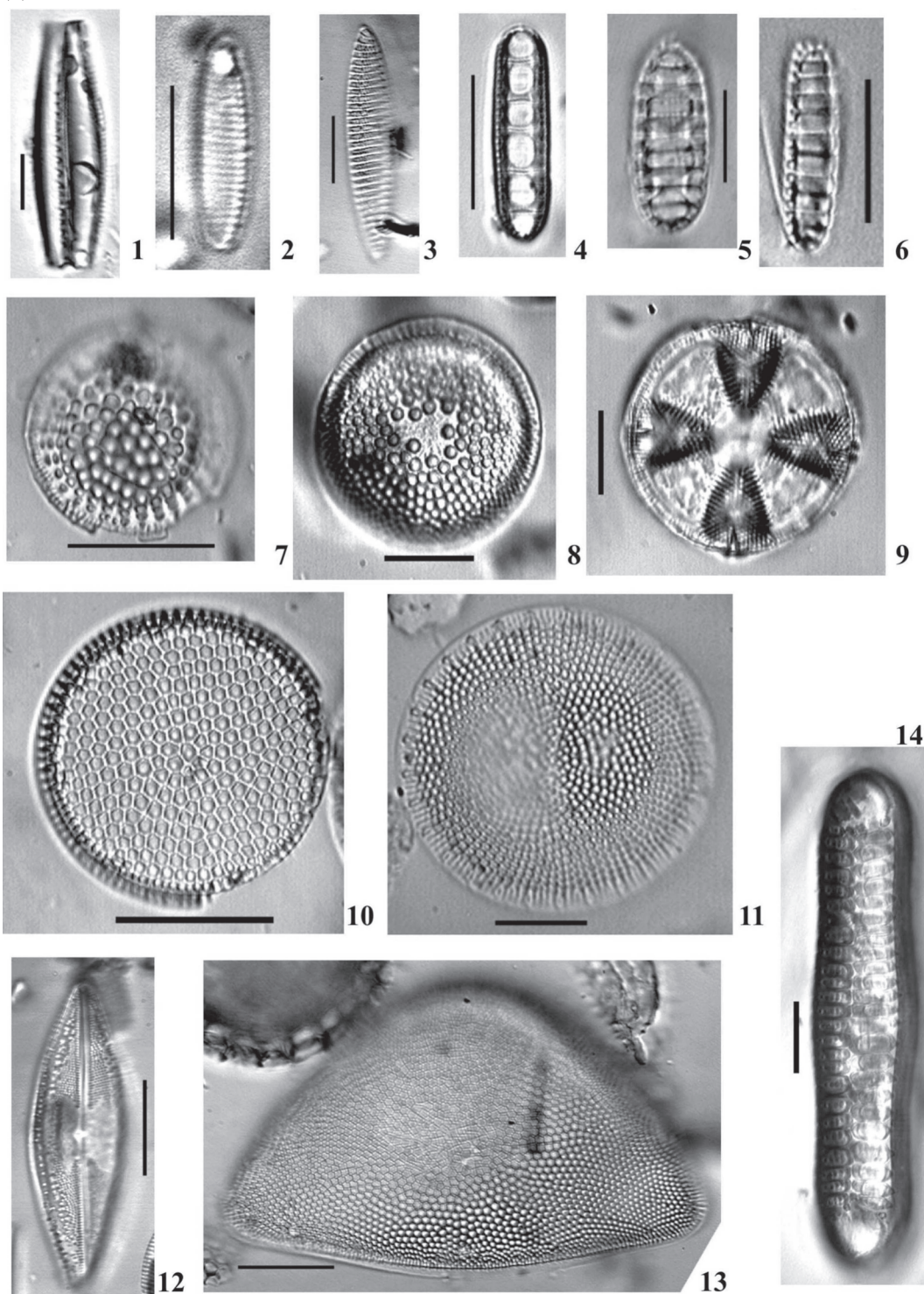
Quercus (5.2 %), *Ulmus* (4.3 %), *Fagus* (3.0 %), *Juglans* (2.7 %). В небольшом количестве присутствуют *Castanea*, *Pterocarya*, *Carya*, *Carpinus*, *Corylus*, *Rhus*; единичны пыльцевые зерна *Liquidambar*, *Morus*, *Ilex*, *Zelkova*. Субдоминант – пыльца *Tsuga* (8.6 %). На этом уровне становятся заметными в растительности мелколиственные породы (особенно *Alnus*), сем. *Taxodiaceae*, травы. В целом состав палинокомплекса отражает растительность умеренно теплого (*Carya*, *Castanea*, *Liquidambar*, *Morus*, *Ilex*, *Zelkova*) и влажного (сем. *Taxodiaceae*) климата. Изученный СПК имеет сходство с палинокомплексом NP4 (сопоставляется с флорой Funakawa) скв. 794, 795, пробуренных в Японском море [49], по преобладанию темнохвойных пород и *Tsuga*, а среди широколиственных пород – *Quercus* и *Fagus*. Имеется сходство и со СПК позднего миоцена материкового склона, описанным Т.И. Демидовой [2] и М.Т. Горовой [37].

Комплекс зоны ***Denticulopsis katayamae*** (9.2–8.5 млн лет), установленный в образцах полигонов 22 и 3 (табл. 5), характеризуется появлением зонального вида *Denticulopsis katayamae* Maruyama и видов *Nitzschia heteropolica* Schrader, *N. rolandii* Schrader, *Porosira punctata* (Jousé) Makarova, *Rhaphoneis rhombicus* Tsoy, *Thalassiosira sheshukovae* Makarova, *Hyalodiscus obsoletus* Sheshukova, высокой численностью *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba, а также тропическим видом *Hemidiscus cuneiformis* Wallich и видом *Denticulopsis vulgaris* (Okuno) Yanagisawa et Akiba и др. Преобладают неритические виды. Силикофлагелляты представлены видами *Dictyocha neopseudofibula* Ling, *D. pseudofibula* (Schulz) Bukry, *Distephanus speculum binoculus* (Ehrenberg) Bukry, *D. speculum speculum* (Ehrenberg) Gleser.

Комплекс зоны ***Thalassionema schraderi*** (8.6–7.6 млн лет) характеризуется появлением зонального вида *Thalassionema schraderi* Akiba и видов *Pyxidicula zabelinae* (Jousé) Makarova et Moisseeva, *Thalassiosira marujamica* Sheshukova, *Th. antiqua* Cleve, *Th. decipiens* (Grunow) Jörgensen, *Th. eccentrica* (Ehrenberg) Cleve, *Actinocyclus ochotensis* Jousé. Доминируют неритические виды. Силикофлагелляты характеризуются видами широкого возрастного диапазона: *Dictyocha fibula fibula* Ehrenberg, *Distephanus crux* (Ehrenberg) Haeckel, *D. boliviensis boliviensis* (Frenguelli) Bukry, *D. speculum speculum* (Ehrenberg) Gleser. По составу комплекс силикофлагеллят соответствует зоне ***Dictyocha fibula*** позднего миоцена–раннего плиоцена.

Комплекс зоны ***Rouxia californica*** (7.6–6.4 млн лет) близок по составу предыдущему, но отличается появлением видов *Neodenticula kamtschatica* (Zabeli-

Таблица 5. Диатомей позднего миоцена и плиоцена.



1 – *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba, 2 – *Nitzschia rolandii* Schrader, 3 – *Nitzschia heteropolica* Schrader, 4 – *Denticulopsis simonsenii* Yanagisawa et Akiba, 5 – *Denticulopsis crassa* Yanagisawa et Akiba, 6 – *Neodenticula koizumii* Akiba et Yanagisawa, 7 – *Coscinodiscus gracilis* Dolmatova, 8 – *Actinocyclus ochotensis* Jousé, 9 – *Actinoptychus aff. clevei* Schmidt, 10 – *Azpeitia komurae* Akiba, 11 – *Thalassiosira hyperborea* (Grunow) Hasle et Lange, 12 – *Navicula* sp., 13 – *Hemidiscus cuneiformis* Wallich, 14 – *Rhabdonema japonicum* Tempère et Brun.

1–5, 7, 12–14 (обр. 1130) – зона *Denticulopsis katayamae* (9.2–8.5 млн лет), поздний миоцен; 6, 8, 11 (обр. 2085-1) – зона *Neodenticula koizumii* (2.7/2.6–2.0 млн лет), поздний плиоцен; 9 (обр. 1055) – зона *Thalassiosira oestrupii* (5.5–3.9/3.5 млн лет), ранний плиоцен.

na) Akiba et Yanagisawa, *Thalassiosira gravida* f. *fossilis* Jousé, *Th. delicata* (Barron) Akiba, высокой численностью *Thalassiosira marujamica* Sheshukova, *Th. antiqua* Cleve. По экологическому составу комплекс диатомей близок предыдущему. Силикофлагелляты представлены часто встречающимся видом *Bachmannocena circula* (Ehrenberg) Bukry и видами *Dictyochoa fibula fibula* Ehrenberg, *Distephanus speculum speculum* (Ehrenberg) Gleser.

Комплекс подзоны **Nitzschia rolandii** (6.4–5.5 млн лет) зоны **Neodenticula kamtschatica** близок по составу предыдущему комплексу, но отличается появлением видов *Puxidicula pustulata* (Mann) Oreshkina, *Actinocyclus curvatus* Janisch и исчезновением зонального вида предыдущего комплекса *Rouxia californica* Peragallo. Соотношение экологических групп не изменилось. Силикофлагелляты представлены теми же видами, что и в комплексе зоны *Rouxia californica*.

Плиоцен–плейстоцен

Комплекс подзоны **Thalassiosira oestrupii** (5.5–3.9/3.5 млн лет) зоны **Neodenticula kamtschatica** самого конца позднего миоцена–раннего плиоцена (табл. 5) характеризуется доминированием вида *Neodenticula kamtschatica* (Zabelina) Akiba et Yanagisawa, высокой численностью *Thalassiosira antiqua* Cleve и других представителей этого рода, появлением видов *Cosmiodiscus insignis* Jousé, *Detonula confervacea* (Cleve) Gran, отсутствием типичных миоценовых видов, характерных для предыдущих комплексов. Экологический состав комплекса диатомей характеризуется доминированием океанических видов, субдоминированием неритических. В образцах полигона 1 силикофлагелляты (табл. 6) представлены видами *Bachmannocena circula* (Ehrenberg) Bukry и *Distephanus speculum speculum* (Ehrenberg) Gleser, в образцах других полигонов залива Петра Великого отмечены также виды *Bachmannocena diodon nodosa* (Bukry) Bukry, *Dictyochoa pentagona* (Schulz) Bukry et Foster, *Distephanus boliviensis boliviensis* (Frenguelli) Bukry, *D. jimlinggii* (Bukry) Bukry. По составу комплекс силикофлагеллят соответствует зоне **Distephanus jimlinggii** раннего плиоцена [43].

В известковых песчаниках средней части континентального склона (станция 1060, глубины 850–800 м), содержащих комплекс диатомей раннеплиоценовой подзоны *Thalassiosira oestrupii*, обнаружена макрофауна, представленная преимущественно раковинами морских видов двустворок и гастропод: *Anadara* (*Anadara*) cf. *trilineata* Conrad, *Glycymeris* sp. indet., *Gl. yesoensis* Grew., *Cyclocardia* sp., *Clinocardium* (*Keenocardia*) sp., *Mulinia densata* Conrad,

Fortipecten (cf. *F. takahashi* Yok.), *Mizuhopecten* sp., *Macoma* sp., *M. cf. calcarea* Chemn., *M. incongrua* (Martens), *Natica* sp., *Turritella* sp., *Crenonytilus* cf. *grayamis* Dunk. и др. [27]. На основе сходства выделенного комплекса с комплексами нижней части верхнемаруямской подсветы Южного Сахалина и нижней части формации Вакимото о-ва Хонсю он был датирован также ранним плиоценом. Близкие комплексы макрофауны, но худшей сохранности, установлены в карбонатных конкрециях верхней части материкового склона (полигоны 1 и 22, станции 774, 775, 1037, 1068) в интервале глубин 500–200 м.

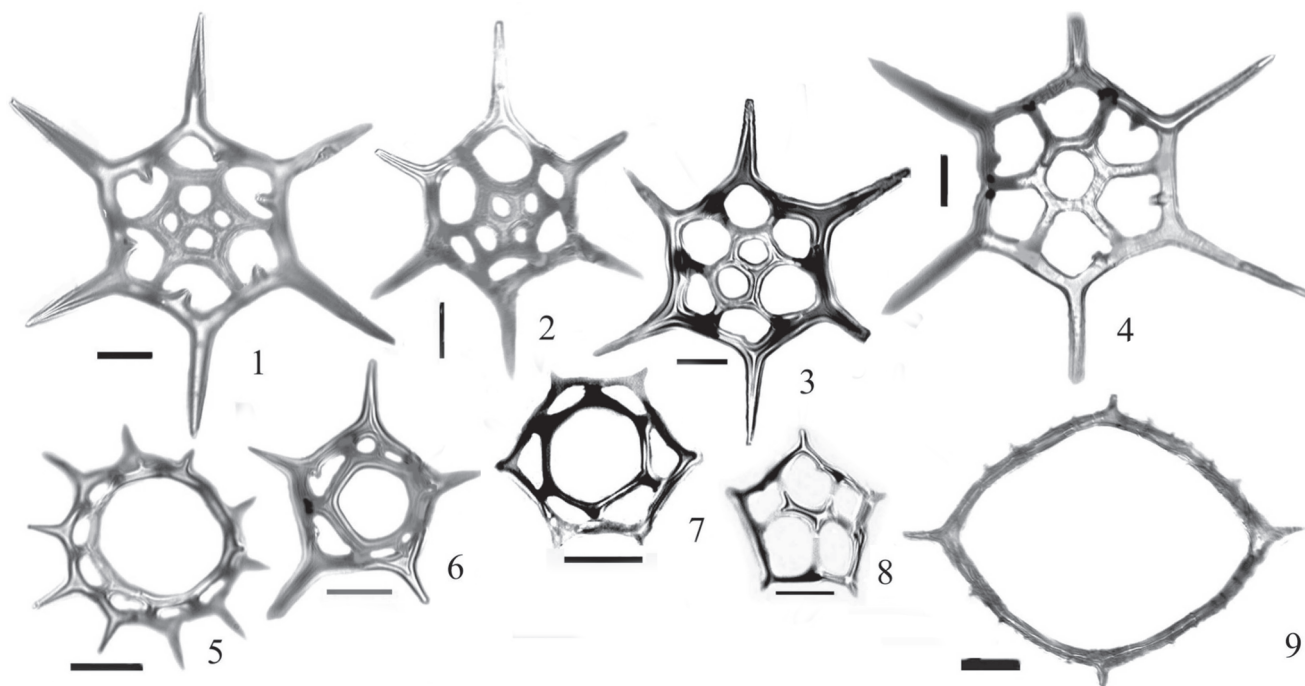
Палинокомплекс (обр. 1085, полигон 2) характеризуется доминированием пыльцы темнохвойных пород (75.8 %, в основном *Picea* sect. *Eupicea* – 36.9 %, *P. sect. Omorica* – 14.6 %, *Abies* – 13.8 %). Субдоминант – *Pinus* (9.1 %). Пыльца широколиственных пород представлена немногочисленными *Quercus*, *Fagus*, *Juglans*, *Carpinus*, *Corylus*. Судя по составу СПК, можно предположить, что в этот временной интервал климат был умеренный. СПК сопоставляется с позднемиоценовым палинокомплексом, выделенным Т.И. Петренко в Павловском разрезе [24]. Сходство отмечено по преобладанию голосеменных, преимущественно сосновых с явным доминированием *Picea*, *Abies*; по низкой роли таксоидеивых и широколиственных пород, среди которых термофильных элементов не наблюдается.

Комплекс зоны **Neodenticula kamtschatica** – **N. koizumii** (3.9–2.7/2.6 млн лет) позднего плиоцена характеризуется появлением зонального вида *Neodenticula koizumii* Akiba et Yanagisawa и видов *Thalassiosira oestrupii* (Ostenfeld) Hasle, *Proboscia alata* (Brightwell) Sundstrom. Комплекс диатомей характеризуется резким преобладанием океанических видов, неритические виды субдоминируют, что свидетельствует о батинальных условиях формирования вмещающих осадков. Силикофлагелляты представлены единственным видом *Distephanus speculum speculum* (Ehrenberg) Gleser.

В известняках, содержащих данный комплекс диатомей (станция 1102, глубины 1290–1240 м), обнаружены раковины малакофауны *Delectopecten* sp., *D. randolphi* Dall. (определения В.О. Савицкого), подтверждающие относительно глубоководные условия осадконакопления.

Комплекс зоны **Neodenticula koizumii** (2.7/2.6–2.0 млн лет) позднего плиоцена (табл. 5) характеризуется зональным видом *Neodenticula koizumii* Akiba et Yanagisawa, появлением видов *Neodenticula seminae* (Simonsen et Kanaya) Akiba et Yanagisawa и *Actinocyclus oculatus* Jousé, высокой численностью индикатора ледовых условий *Porosira glacialis*

Таблица 6. Силикофлагелляты раннего плиоцена.



1–2 – *Distephanus jimlingii* (Bukry) Bukry, 3 – *Distephanus speculum binoculus* (Ehrenberg) Bukry, 4 – *Distephanus frugalis* Bukry, 5 – *Distephanus polyactis* (Ehrenberg) Bukry, 6 – *Distephanus quinquangellus* Bukry et Foster, 7 – *Distephanus speculum patulus* Bukry?, 8 – *Dictyocha pentagona* (Schulz) Bukry et Foster, 9 – *Bachmannocena quadrangula* (Ehrenberg ex Haeckel) Bukry.

1, 2, 7 (обр. 1070), 3 (обр. 1060в), 4, 6, 8, 9 (обр. 1075), 5 (обр. 2093-1в) – подзона *Thalassiosira oestrupii* (5.5–3.9/3.5 млн лет), ранний плиоцен.

(Grunow) Jörgensen и видов *Thalassiosira gravida* f. *fossilis* Jousé, *Th. jouseae* Akiba, *Bacterosira bathyomphala* (Cleve) Syversten et Hasle. Силикофлагелляты представлены только видом *Distephanus speculum speculum* (Ehrenberg) Gleser. Экологический состав диатомовых комплексов этой зоны отличается от предыдущего преобладанием неритических видов (45–76.6 %) и увеличением количества бентических видов (8–10 %).

Палинокомплекс (обр. 1092-5, полигон 2) характеризуется доминированием пыльцы темнохвойных (21.0 %, в основном *Picea* sect. *Eupicea* – 10.9 %) и широколиственных (24.4 %) пород. Среди последних преобладает *Quercus* (10.9 %). Несколько меньше *Fagus*, *Ulmus*, *Carpinus*. Единичны *Corylus*, *Pterocarya*, *Morus*, *Castanea*, *Tilia*. Субдоминант – *Pinus* (17.2 %). Можно предположить, что в это время климат был умеренно теплым. Палинокомплекс хорошо сопоставляется с СПК климатического оптимума плиоцена юга Дальнего Востока [15] по доминирующему положению широколиственных пород (в основном сем. *Fagaceae*) при единичной пыльце субтропических растений.

Комплекс зоны ***Actinocyclus oculatus*** (2.0–1.0 млн лет) конца позднего плиоцена–раннего плейстоцена близок по видовому составу предыдущему комплексу, но отличается появлением вида *Proboscia curvirostris* (Jousé) Jordan et Priddle и ледовых видов *Fragilariopsis cylindrus* (Grunow) Krieger, *F. oceanica* (Cleve) Hasle, *Thalassiosira nordenskiöldii* Cleve, *Th. kryophila* (Grunow) Jörgensen; постоянными компонентами комплекса являются бореальные виды *Actinocyclus curvatulus* Janisch, *Bacterosira bathyomphala* (Cleve) Syversten et Hasle, *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. Силикофлагелляты представлены видами *Distephanus polyactis* (Ehrenberg) Deflandre, *D. speculum speculum* (Ehrenberg) Gleser и зональным видом *Dictyocha subarctios* Ling, что позволяет отнести их к одноименной зоне раннего плейстоцена [42, 43]. Экологический состав диатомовых комплексов характеризуется преобладанием неритических холодноводных видов (37.6–71.2 %) и резкими колебаниями содержания бентических видов (2.5–34.3 %), количество океанических незначительно.

Палинокомплекс (обр. 1092а, полигон 2) характеризуется доминированием пыльцы широколи-

ственных пород (19.1 %), среди которых преобладают *Quercus* (4.0 %), *Ulmus* (2.6 %), *Castanea* (2.4 %). В небольшом количестве присутствуют *Fagus*, *Zelkova*, *Acer*, *Pterocarya*, *Rhus*, *Carpinus*; единичны пыльцевые зерна *Ilex*, *Carya*, *Morus*, *Liquidambar*, *Tilia*, *Magnolia*, *Cornus*, *Juglans*, *Diervilla*. Субдоминанты – темнохвойные породы (13.5 %). Возросла роль мелколиственных пород (8.8 %). Отмечена повышенная встречаемость спор (34.6 %) (в основном сем. Polypodiaceae, Bryales) и пыльцы трав (14.9 %), среди которых преобладает *Artemisia* (6.0 %). Доминирование пыльцы широколиственных пород при большом их разнообразии может указывать на широкое распространение полидоминантных широколиственных лесов на прилегающем побережье.

Изученный палинокомплекс сходен с палинокомплексами [11], описанными для уссурийского горизонта раннего плейстоцена, вскрытого скважинами в Уссури-Ханкайской депрессии. Эти палинокомплексы также характеризуются большим участием пыльцы широколиственных пород, особенно *Quercus*. Кроме пыльцы широколиственных пород, произрастающих в Приморье в настоящее время, таких, как *Quercus*, *Juglans*, *Carpinus*, *Acer*, *Ulmus*, присутствует пыльца и вымерших родов – *Carya*, *Pterocarya*, *Fagus*, *Zelkova*, *Castanea*, *Rhus*, *Ilex*. Однако присутствие в СПК образца 1092а пыльцы сем. Taxodiaceae, *Liquidambar*, *Podocarpus*, характерных для плиоцена, позволяет считать этот палинокомплекс позднеплиоценовым–раннеплейстоценовым. Возрастание роли мелколиственных пород и трав также характерно скорее для позднего плиоцена [11].

Комплекс диатомей зоны ***Proboscia curvirostris*** (1.0–0.3 млн лет) среднего плейстоцена обнаружен в образце 754 (полигон 2). Он близок вышеописанному, но отсутствие зонального вида предыдущего комплекса *Actinocyclus oculatus* Jousé и присутствие другого зонального вида *Proboscia curvirostris* (Jousé) Jordan et Priddle позволяет отнести данный комплекс к одноименной зоне. Обычными видами этого комплекса являются *Neodenticula seminae* (Simonsen et Kanaya) Akiba et Yanagisawa, *Proboscia barboi* (Brun) Jordan et Priddle, *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve, *Th. gravida* Cleve (споры), *Th. nordenskiöldii* Cleve, *Stephanopyxis horridus* Koizumi. Экологический состав комплекса характеризуется преобладанием океанических (53.5 %), высоким содержанием бентических (28.3 %) видов, неритические составляют 17.3 %. Такое соотношение экологических групп предполагает, что формирование осадков происходило в батимальных условиях при участии суспензионных потоков или придонных течений, которые транспортировали прибрежные бентические диатомеи в

глубоководные зоны. Силикофлагелляты в этом образце не обнаружены.

Комплекс диатомей зоны ***Neodenticula seminae*** (0.3–0.0 млн лет) позднего плейстоцена–голоцена установлен в образцах полигонов 2 и 22. Он состоит из ныне живущих видов: эндемик бореальной области холодноводный океанический вид *Neodenticula seminae* (Simonsen et Kanaya) Akiba et Yanagisawa, а также виды *Thalassiosira latimarginata* Makarova, *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve, *Th. gravida* Cleve (споры), *Th. nordenskiöldii* Cleve, *Bacterosira bathyomphala* (Cleve) Syversten et Hasle, *Syndendrium diadema* Ehrenberg и др. Характерным для диатомовых комплексов этой зоны является резкое увеличение содержания бентических видов. В большом количестве отмечены спикулы губок, свидетельствующие об активном гидродинамическом режиме. Силикофлагелляты единичны и представлены видами *Distephanus octangulatus* Wailes и *D. speculum speculum* (Ehrenberg) Gleser, обычными для зоны *Distephanus octangulatus* [42, 43] позднего плейстоцена–голоцена высоких широт.

ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДЫ В ПОЗДНЕМ КАЙНОЗОЕ В РАЙОНЕ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Отложения осадочного чехла залива Петра Великого богаты остатками кремнистого микропланктона, появление которого в этих осадках и в осадках других районов Японского моря совпадает с глобальным повышением уровня моря на рубеже раннего и среднего миоцена и первым миоценовым климатическим оптимумом. Предполагается, что в это время связь с океаном была максимальной, что обеспечило достаточно высокую продуктивность поверхностных вод, которая поддерживалась главным образом кремнистым микропланктоном, особенно в районе континентального склона Южного Приморья [32]. В конце раннего–начале среднего миоцена осадконакопление в этом районе происходило в батимальных условиях, температура поверхностных вод была близка к субтропической. Это подтверждается составом диатомовых комплексов, силикофлагеллят и спорово-пыльцевых спектров. Относительно холодноводный характер среднемиоценовых диатомовых комплексов зон *Denticulopsis hyalina* и *D. praedimorpha* из отложений континентального склона, вероятно, отражает похолодание поверхностных вод в пределах Японского моря 15.5–14 млн лет назад, совпадающее по времени с глобальным похолоданием, установленным по изотопным данным [47], и закрытием южных проливов [45]. Похолодание климата во второй половине среднего миоцена (зона *Denticulopsis praedimorpha*, 12.9–11.5 млн лет) подтверждается уменьше-

нием участия широколиственных пород в составе растительности прилегающей суши.

В разрезах континентального склона зал. Петра Великого установлены отложения двух возрастных интервалов: конца раннего миоцена–начала позднего миоцена и позднего миоцена–плейстоцена. При достаточно детальном опробовании материкового склона в разрезах полигонов 1, 2, 22 и 3 не установлены комплексы ряда зон позднего миоцена (*Thalassiosira yabei*, 11.5–10.0 млн лет; *Denticulopsis dimorpha*, 10.0–9.2 млн лет; *D. katayamae*, 9.2–8.5 млн лет), т.е. стратиграфический интервал, охватывающий период приблизительно с 11.5 до 8.5 млн лет назад, представлен лишь эпизодически. Кроме того, отложения конца первого интервала характеризуются присутствием грубозернистых пород (песчаников, алевропесчаников, алевропесчанистых диатомитов с включениями ракуши), гальки и даже валунов (станции 1058, 1121, 1119, 1137), что свидетельствует об изменении режима осадконакопления в это время. Вероятной причиной этого события является значительное глобальное падение уровня моря 10.5 млн лет назад, которое оставалось относительно низким приблизительно до времени 6 млн лет назад [14]. В результате падения уровня моря полуострова, существовавшие на площади залива, к концу миоцена оказались полностью разрушенными аэралью и субаэралью эрозией, и залив приобрел облик, близкий к современному. В позднемиоценовое–четвертичное время на акватории существовали условия интенсивного поступления осадочного материала, причиной которого является поднятие Сихотэ-Алиня, начавшееся в позднем миоцене и приведшее к резкому усилению денудации. В плиоцене преобладали холодные поверхностные воды, появились сезонные льды. В раннем плиоцене, возможно, существовали трансгрессивные условия, климат в это время был умеренный. Позднеплиоценовый–плейстоценовый интервал характеризовался регрессивными условиями, связанными, с одной стороны, с гляциоэвстатическими понижениями уровня моря, с другой стороны – с тектоническим подъемом периферии бассейна Японского моря в этот период.

Авторы благодарны М.Т. Горовой, Н.Г. Ващенко и Е.П. Терехову за прочтение рукописи. Работа проводилась при финансовой поддержке ДВО и СО РАН (проект № 06-III-A-07-270, интеграционные проекты № 06-II-SO-07-027, № 6.2) и Федеральной целевой программы “Мировой океан”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аблаев А.Г., Лю Зин Му, Худик В.Д., Лю Ен Хва. Хамчинская биота неогена Кореи (вопросы стратиграфии, экологии, климата). Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. 68 с.
2. Берсенева И.И., Липкин Ю.С., Пушин И.К., Липкина М.И. Геологическое строение материкового склона Японского моря у побережья Южного Приморья // Вопросы геологии и геофизики окраинных морей северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1974. С. 56–68.
3. Берсенева И.И., Леликов Е.П., Безверхний В.Л. и др. Геология дна Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 140 с.
4. Болотникова М.Д. Спорово-пыльцевые комплексы третичных отложений западного побережья Японского моря. М.: Наука, 1979. 196 с.
5. Болотникова Т.Н., Болотникова М.Д. Климатостратиграфия и корреляция неогеновых отложений западного побережья Тихого океана по палинологическим данным // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1993. Т. 68. Вып. 2. С. 31–39.
6. Васильев Б.И., Васильковский Н.П. Открытие морских миоценовых отложений на континентальном склоне залива Петра Великого (Японское море) // Докл. АН СССР. 1971. Т. 198, № 5. С. 1159–1198.
7. Васильев Б. И., Марков Ю. Д., Царько Е. И., Демидова Т. И. О геологическом строении континентального склона залива Петра Великого (Японское море) // Вопросы геологии дна Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1973. С. 49–57.
8. Ващенко Н.Г. Особенности кайнозойского кремненакопления в Японском море // Условия образования донных осадков и связанных с ними полезных ископаемых в окраинных морях. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 73–81.
9. Геология СССР. Т. 32. Ч. 1. Приморский край. Геологическое описание. М.: Недра, 1969. 695 с.
10. Глезер З.И. Кремневые жгутиковые водоросли (силикофлагелляты) // Флора споровых растений СССР. Т. 7. М.-Л.: Наука, 1966. 363 с.
11. Голубева Л.В., Караулова Л.П. Растительность и климатостратиграфия плейстоцена и голоцена юга Дальнего Востока СССР. М.: Наука, 1983. 143 с.
12. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 1. Л.: Наука, 1974. 404 с.
13. Жузе А. П. Стратиграфические и палеогеографические исследования в северо-западной части Тихого океана. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 260 с.
14. Карнаух В.Н., Карп Б.Я., Цой И.Б. Сейсмостратиграфия осадочного чехла и условия осадконакопления на шельфе и материковом склоне в районе залива Петра Великого (Японское море) // Океанология. 2007. Т. 47, № 2. С. 282–291.
15. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Пушкарь В.С. и др. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем кайнозое (миоцен–плейстоцен). Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 1996. 56 с.
16. Красилов В.А., Алексеенко Т.А. Смена растительных сообществ в палеогене и неогене Южного Приморья // Палеоботаника на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 7–17.
17. Кулинич Р.Г., Васильев Б.И., Строев П.А., Шевалдин Ю.В. Геолого-геофизические данные о строении шельфа и континентального склона залива Петра Великого (Японское

- more) // Вопросы геологии и геофизики окраинных морей северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1974. С. 134–144.
18. Липкин Ю.С. Геоморфологическое районирование котловины Японского моря // Вопросы геологии дна Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1973. С. 36–48.
 19. Липкина М.И. Типы пород неогеновых отложений материкового склона Японского моря у берегов Южного Приморья // Геология окраинных морей Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 46–60.
 20. Марков Ю.Д. Южноприморский шельф Японского моря в позднем плейстоцене и голоцене. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. 128 с.
 21. Орешкина Т.В. Комплексы диатомей морских неогеновых отложений о. Карагинского (Восточная Камчатка) и их стратиграфическое значение // Изв. АН СССР. Серия геол. 1980. № 11. С. 57–66.
 22. Орешкина Т.В. Диатомеи и неогеновые события в субарктической Пацифике // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1993. Т. 68. Вып. 3. С. 84–90.
 23. Павлюткин Б.И. Позднемиоценовая флора юга Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2002. 192 с.
 24. Павлюткин Б.И., Петренко Т.И., Чекрызов И.Ю. Проблемы стратиграфии третичных отложений Павловского угольного поля (Приморье) // Тихоокеан. геология. 2005. Т. 24, № 6. С. 59–76.
 25. Пушкарь В.С., Черепанова М.В. Диатомеи плиоцена и антропогена Северной Пацифики (стратиграфия и палеоэкология). Владивосток: Дальнаука, 2001. 228 с.
 26. Пушин И. К., Берсенева И. И., Долматова Л. М., Липкина М. И. Неогеновые отложения материкового склона у побережья Приморья // Геология окраинных морей Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 35–45.
 27. Пушин И.К., Болдырева В.П., Ващенко Н.Г. и др. Новые данные по стратиграфии неогеновых отложений материкового склона у побережья Приморья // Геологические исследования в окраинных морях северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 77–90.
 28. Пыльцевой анализ / Под ред. И.М. Покровской. М.: Госгеолгиздат, 1950. 570 с.
 29. Точилина С. В. Миоценовые радиолярии Японского моря // Палеонтология и стратиграфия кайнозойских отложений Японского и Филиппинского морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 108–115.
 30. Точилина С. В. Экосистемный анализ для стратиграфии миоцена Японского моря // Экосистемы в стратиграфии. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 141–150.
 31. Худик В.Д., Лю Зин Му, Аблаев А.Г. и др. Хамчжинское местонахождение фауны и флоры неогена Кореи // Новые данные по стратиграфии Дальнего Востока и Тихого океана. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 96–99.
 32. Цой И.Б., Шастина В.В. Кремнистый микропланктон неогена Японского моря (диатомеи и радиолярии). Владивосток: Дальнаука, 1999. 241 с.
 33. Цой И.Б., Шастина В.В. Кайнозойский кремнистый микропланктон из отложений Охотского моря и Курило-Камчатского желоба. Владивосток: Дальнаука, 2005. 181 с.
 34. Akiba F. Middle Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy in the Nankai Trough and Japan Trench and modified Lower Miocene through Quaternary diatom zones for middle-to-high latitudes of the North Pacific // Init. Repts. DSDP. 1986. V. 87. P. 393–481.
 35. Baldauf J.G., Barron J.A. Evolution of biosiliceous sedimentation patterns – Eocene through Quaternary: Paleooceanographic Response to Polar Cooling // Geological History of the Polar Oceans: Arctic Versus Antarctic. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1990. P. 575–607.
 36. Bersenev I.I. Geological investigations of the Japan Sea carried out in the USSR // Geology and Geophysics of the Japan Sea / Eds. Isezaki N. et al. Terra Scientific Publishing Company (TERRAPUB), 1996. P. 7–22.
 37. Bersenev I.I., Tsoi I.B., Vashchenkova N.G. et al. Paleogene, Neogene and Eopleistocene of the continental slope and shelf of the Japan Sea // Geology and Geophysics of the Japan Sea / Eds. Isezaki N. et al. Terra Scientific Publishing Company (TERRAPUB), 1996. P. 223–239.
 38. Bukry D. Synthesis of silicoflagellate stratigraphy for Maastrichtian to Quaternary marine sediments // SEMP Special Publication. 1981. N 32. P. 433–444.
 39. Bukry D. Silicoflagellates and their geological applications // Open-file report 95-260. Menlo Park: U.S. Geological Survey. 1995. 27 p.
 40. Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. Chronology of Fluctuating Sea Levels since the Triassic // Science. 1987. V. 235. P. 1156–1167.
 41. Koizumi I. Sedimentary environments of Neogene diatomaceous sediments, west coast of Japan // Siliceous deposits in the Pacific region. Amsterdam: Elsevier, 1983. P. 347–360.
 42. Ling Y.H. Silicoflagellates and ebridians from Leg 19 // Init. Repts. DSDP. V. 19. Washington: U.S. Govt. Print. Office, 1973. P. 751–775.
 43. Ling Y.H. Late Neogene silicoflagellates and ebridians from Leg 128, Sea of Japan // Proc. of the ODP. Scientific Results. V. 127/128. Pt. 1. College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1992. P. 237–248.
 44. Matsuoka K. The early Middle Miocene Inland paleoclimate around the Central Kinki, Southwest Japan // Pacific Neogene events. Their timing, nature and interrelationship. Shizuoka, Japan: Abstr. V. 1988. P. 24.
 45. Otofujii Y., Matsuda T. Amount of clockwise rotation of Southwest Japan – fan shape opening of the southwestern part of the Japan Sea // Earth and Planet. Sci. Letters. 1987. N 85. P. 289–301.
 46. Perch-Nielsen K. Silicoflagellates // Plankton Stratigraphy. Cambridge University Press, 1985. P. 811–846.
 47. Tada R. Paleooceanographic evolution of the Japan Sea // Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. 1994. N 108. P. 487–508.
 48. Wang P.X. Progress in Late Cenozoic paleoclimatology of China // Evol. East. Asian Environ (1): Geol. and Paleoclimatol. Proc. Inter. Conf. (Hong-Kong, 7-12 Jan. 1983). Hong-Kong, 1984. P. 165–187.
 49. Yamanoi T. Miocene pollen stratigraphy of Leg 127 in the Japan Sea and comparison with the standard Neogene pollen floras of Northeast Japan // Proc. of the Ocean Drilling Program. Scientific Results. 1992. V. 127/128, pt. 1. P. 471–491.

50. Yanagisawa Yu. Diatom assemblages as an indicator of bathymetry // Journ. Sed. Soc. Japan. 1996. N 43. P. 59–67. biohorizons // Journ. Geol. Soc. Japan. 1998. V. 104, N 6. P. 395–414.
51. Yanagisawa Yu., Akiba F. Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom

Рекомендована к печати Л.И. Попеко

I.B. Tsoy, N.K. Vagina

Paleontological characteristics of the Upper Cenozoic deposits and paleoenvironmental changes in the Peter the Great Bay area (the Sea of Japan)

Paleontological data of the Cenozoic sedimentary cover of the Peter the Great Bay continental slope (the Sea of Japan) are presented. Paleontological sediments there are represented by diverse and abundant siliceous microfossils (diatoms, silicoflagellates, radiolarians) and spore and pollen assemblages. The use of zonal high-resolution biostratigraphic charts allowed a more accurate specification of the sediments age and reconstruction of the paleoenvironment of this area. The history of investigation of the Sea of Japan area, which was a test area for marine geological investigations, is described.

Key words: diatoms, silicoflagellates, radiolaruans, spore-and-pollen assemblages, Upper Cenozoic, paleoenvironmental change, Peter the Great Bay, the Sea of Japan.