

УДК 551.782:561.26(571.6)

О.Ю.ЛИХАЧЕВА, В.С.ПУШКАРЬ, М.В.ЧЕРЕПАНОВА, Б.И.ПАВЛЮТКИН

Зональная диатомовая шкала и основные геобиологические события неогена Приморья

Основной проблемой практической микропалеонтологии является разработка высокоразрешающих био-стратиграфических шкал, представляющих, в свою очередь, необходимый элемент фундамента для построения современной теории биосферной стратиграфии и выделения хронозоны в качестве основной операционной единицы. Именно хронозона должна отражать основные геобиологические события, которые приводили палеобиосферу к тем или иным состояниям. Разработка и обоснование зональных континентальных шкал, несущих и событийную геобиологическую информацию, серьезно отстают от требований современной стратиграфии. Имеющийся у авторов фактический материал по стратиграфическому распространению диатомей в неогеновых отложениях Дальнего Востока позволяет подойти к решению этой проблемы.

Ключевые слова: неоген, диатомеи, стратиграфия, палеоклимат, тектоника.

Zonal diatom scale and the major geobiological events of Primorye Neogene. O.Yu.LIKHACHEVA, V.S.PUSHKAR (Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok), M.V.CHEREPANOVA (Institute of Biology and Soil Science, FEB RAS, Vladivostok), B.I.PAVLYUTKIN (Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

Development of high-resolution biostratigraphic scales is one of the main problems of practical micropaleontology. These scales form a required data base for construction of the modern Biosphere Stratigraphy and for distinguishing a chronozone as the main operation unit. Namely chronozone will reflect the major geobiological events which bring paleobiosphere to different conditions. Development and substantiation of continental scales having also geobiological information is highly behind requirements of the modern stratigraphy. The author's actual materials on Neogene diatom stratigraphic distribution allow us to decide this problem.

Key words: Neogene, diatoms, stratigraphy, paleoclimate, tectonic.

Диатомовые одноклеточные водоросли с внешним кремневым скелетом представляют ортостратиграфическую группу, которая широко используется в стратиграфических построениях благодаря высоким темпам эволюционных изменений. Так как эта группа обладает высокой чувствительностью к параметрам среды обитания, она зарекомендовала себя как надежный инструмент при палеоэкологических построениях и палеогеографических реконструкциях. Диатомеи также формируют автотрофный уровень трофической структуры экосистем, поэтому состояние диатомовой составляющей отражается и на палеоэкосистеме в целом.

Как правило, результаты биостратиграфических процедур реализуются в местных стратиграфических схемах и региональных схемах и шкалах. Региональная биостратиграфическая шкала, построенная на материале местных схем, должна служить основой для разработки легенд среднemasштабных геологических карт и при палеогеографических

ЛИХАЧЕВА Олеся Юрьевна – младший научный сотрудник, ПУШКАРЬ Владимир Степанович – доктор географических наук, заведующий лабораторией, ПАВЛЮТКИН Борис Иванович – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток), ЧЕРЕПАНОВА Марина Валерьевна – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник (Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток). E-mail: olesyalikh@gmail.com

и палеогеодинамических реконструкциях [2]. Она имеет особое значение при корреляции разнофациальных отложений, особенно континентальных. Поэтому одним из основополагающих принципов стратиграфии является принцип гомотаксальности [2].

Как известно, С.В.Мейен обосновал признание принципа гомотаксальности в качестве третьего фундаментального принципа стратиграфии, назвав его принципом Гексли [4]. Под гомотаксисом Т.Гексли понимал идентичную (однопорядковую) последовательность комплексов фауны или флоры в разрезах, которые в этом случае являются гомотаксальными. С.В.Мейен первым предложил применять понятие гомотаксальности при сопоставлении разрезов не только по палеонтологическим, но и по любым другим признакам или отражаемым ими событиям, например опираясь на палеоклиматические реконструкции или на одинаковую упорядоченность палеоэкосистем [4]. С помощью этого принципа учитывается возможность одновременного существования идентичных или близких фаун (флор) в различных участках планеты или региона и в то же время устанавливается синхронность отложений при получении доказательств стратиграфического значения какого-либо признака (например, палеоклиматического или конкретного этапа тектогенеза), наблюдаемого в разрезе. Этот принцип играет важную роль при разработке экостратиграфических (событийных) шкал, в том числе и по диатомеям. Фациальная пестрота континентальных отложений влечет за собой и соответствующее разнообразие диатомовых комплексов. В такой ситуации установить гомотаксальность при биостратиграфической корреляции по смене таксономического состава комплексов диатомей невозможно. Поэтому при определении гомотаксальных последовательностей в разнофациальных разрезах, согласно дополнениям С.В.Мейена, важно выяснить причинно-следственные отношения между палеоклиматической ритмикой и изменениями экологических структур диатомовых комплексов.

Проблема зональной стратиграфии континентальных толщ не раз обсуждалась и ставилась в ряд первоочередных задач для развития теории стратиграфии [1–3]. Впервые попытка выделения диатомовых биозон в ранге локальных зон (лон), согласно номенклатуре низших биостратиграфических подразделений, предложенной Ю.Б.Гладенковым [1], была предпринята при изучении неогеновых толщ Приморья и стратиграфического распространения в них диатомей. В пределах миоцена и плиоцена было выделено три диатомовые лоны [12]. В дальнейшем на основе этого опыта и общей эволюционной этапности развития диатомей в пределах Дальнего Востока была предложена диатомовая шкала [5], привязанная к унифицированной схеме неогеновых и плиоценовых отложений Приморья [13].

Практика геологического картирования и дальнейшие диатомовые исследования выявили ряд серьезных замечаний как в области разработки самой зональной схемы, так и в действующей парадигме унифицированной региональной схемы кайнозойских отложений Приморья. Оказалось, что усть-давыдовская свита нижнего–среднего миоцена с энгельгардиевой флорой ошибочно сопоставлялась с японской флорой Daijima, отражающей главный климатический оптимум миоцена (корреляция осуществлялась на близости этих теплолюбивых флор). Однако территория Приморья в то время уже находилась под влиянием зародившегося сибирского антициклона, поэтому листовая флора климатического оптимума Приморья должна быть «холоднее» флоры Daijima Японии [6], использующейся в качестве стратиграфического маркера оптимума. В связи с этим флора усть-давыдовской свиты помещена на уровень верхнего эоцена [10, 11]. Уточнен возраст и суйфунской свиты (ранее считалось, что плиоцен), поскольку калий-аргоновые датировки подстилающих рыхлые отложения базальтов находятся в интервале зоплейстоцена [8]. В результате была нарушена и установленная А.И.Моисеевой эволюционная этапность развития диатомовой флоры. К тому же зоны А.И.Моисеевой отражают не столько эволюционную последовательность в развитии диатомей, сколько смену фациальных обстановок в условиях изменения параметров среды [5].

Материал и методика исследований

Фактическим материалом для диатомового анализа послужили полевые многолетние исследования неогеновых толщ Приморья. Изучено более 30 разрезов, имеющих палеоботаническую и радиометрическую характеристики [6–8]. Главное внимание при изучении комплексов диатомей в неогеновых отложениях уделено голостратотипам, гипостратотипам и опорным разрезам свит (рис. 1).

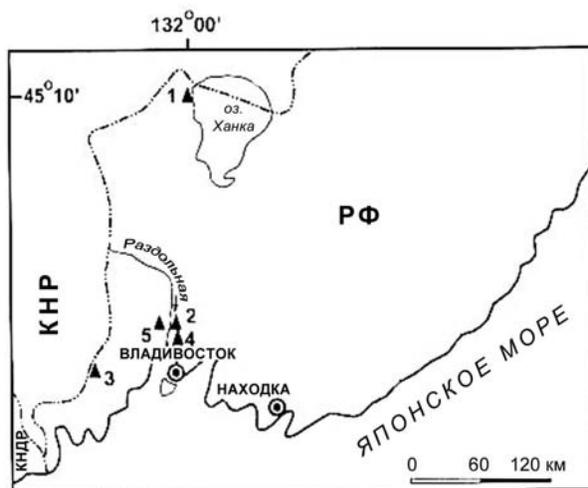


Рис. 1. Расположение групп разрезов неогеновых отложений в депрессионных структурах Приморья: 1 – стратотип новокачалинской свиты (средний миоцен); 2 – гипостратотип усть-суйфунской свиты (верхний миоцен); 3 – стратотип синеутесовской свиты (нижняя часть нижнего миоцена); 4 – опорные разрезы шуфанского горизонта (плиоцен); 5 – опорные разрезы нежинской свиты (верхняя часть нижнего миоцена)

рота, прослеживающаяся в одном и том же стратиграфическом пространстве, влечет за собой определение характера (экологический или эволюционный) исчезновения таксона из референтного слоя; границы лон должны иметь не только диатомовую характеристику, но и событийную (климат, тектогенез и др.); лона должна отражать эволюционный этап в развитии диатомовой флоры, а ее возраст подтверждаться данными по абсолютному датированию.

Обсуждение результатов. Зональная диатомовая шкала

По сравнению с морскими диатомеями континентальные обладают гораздо более высокими скоростями видообразования в силу пестроты наземных биотопов и изменчивости экологических параметров. Они также более чувствительны к колебаниям среды обитания, что приводит к широким спектрам фенотипической изменчивости. Все это, с одной стороны, делает их хорошим инструментом при восстановлении параметров палеосред, а с другой – затрудняет корреляцию фациально разнородных толщ, поскольку они содержат диатомовые комплексы с несопоставимыми экологическими структурами. Поэтому выделение референтных слоев, охватывающих различные разновозрастные фации и обладающих уникальными признаками, представляет собой важную задачу при зональной стратиграфии. Такими уникальными признаками могут быть палеоклиматическая ритмика и различия между эволюционными этапами развития диатомей. Комплексы диатомей этих этапов представляют гомотаксальную последовательность, которая

Основные процедуры при выделении биостратиграфических комплексов, отражающих эволюционные этапы в развитии диатомовой флоры и выборе видов-индексов зон, сводятся к такой последовательности: анализ стратиграфического взаимоотношения изученных разрезов с использованием правила Стено; выделение референтных диатомовых слоев и их латеральное прослеживание в условиях различных фаций; объединение разновозрастных, но разнофациальных слоев в лоны и анализ изменчивости экологических структур комплексов, обеспечивающий соблюдение принципа Гексли. При этом вид-индекс лоны должен отвечать условию его нахождения в речных и озерных фациях. Фациальная пестрота

и лежит в основе составления зональной шкалы (рис. 2). На основании выделенных этапов нам удалось определить локальные диатомовые зоны. При выборе референтных признаков было отдано предпочтение родам *Miosira*, *Pseudoaulacoseira*, *Tetracyclus*, *Cyclotella* и *Aulacoseira* (формы «рае» и кольцевые колонии), которые хорошо прослеживаются как в озерных, так и в речных фациях (рис. 3). Хорошими дополнительными эволюционными маркерами являются роды *Actinocyclus*, *Mesodictyon*, *Cyclotella*, *Pliocaenicus*, *Stephanodiscus*, но они встречаются в аллювиальных фациях гораздо реже (рис. 3). Немаловажное значение играет морфологическая изменчивость признаков, особенно характер и конфигурация соединительных шипов и форма колоний у рода *Aulacoseira*, что в дальнейшем может послужить базой для выделения инфразональных подразделений на уровне фенозон.

Зона *Miosira bifaria* (голостратотип синеутесовской свиты, нижняя часть нижнего миоцена). Верхняя граница определяется по вымиранию вида-индекса и первому появлению вида *Actinocyclus krasskei* var. *krasskei* Bradbury et Krebs. Нижняя граница не установлена. Хорошим признаком этой зоны является высокая встречаемость *Actinella brasiliensis* Grun. и кольцевых колоний *Aulacoseira*.

Характерный комплекс диатомей, отражающий эволюционный этап в развитии диатомей в начале раннего миоцена, представлен *Aulacoseira praegransulata* (Jousé) Simonsen

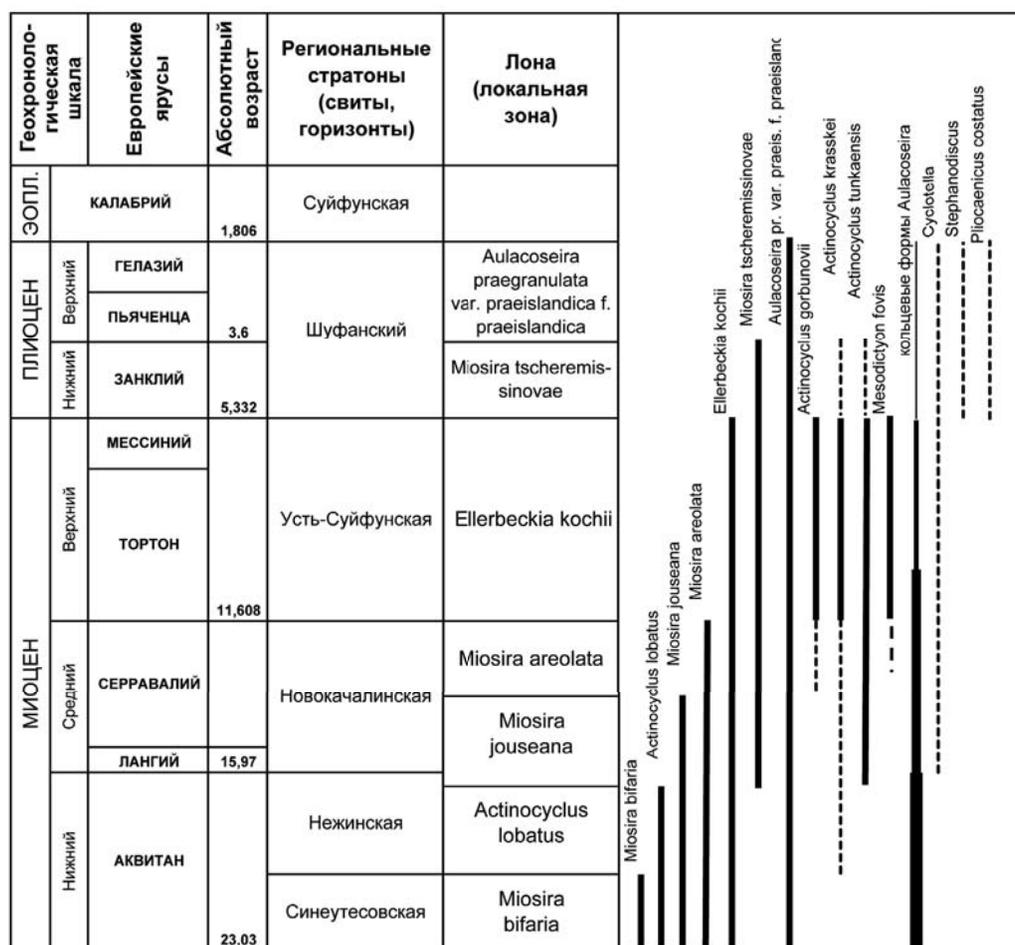


Рис. 2. Стратиграфическое распространение диатомей и зональная диатомовая шкала неогеновых отложений Приморья. Региональные стратиграфические подразделения указаны в соответствии с Унифицированной региональной шкалой неогена [6–11, 13]

var. *praegr anulata* f. *praegr anulata* et f. *curvata*, *A. praegr anulata* var. *praeislandica* (Jousé) Moiss. + f. *curvata* (Jousé) Moiss., *A. distans* var. *ovata* Iwahashi (= *Aulacoseira moisseevii* Aki-ba et Tsoy), *Miosira areolata* Khurs., *M. jouseana* (Moiss.) Krammer, Lange-Bertalot et Schiller, *M. bifaria* (Nevretd. et Moiss.) Khurs., *Ellerbeckia arenaria* var. *teres* (Moore et Ralfs) Crawford, *E. kochii* (Pant.) Moiss. *Actinocyclus lobatus* (Rub.) Rub. et Khurs., *Actinella brasiliensis* Grun., *Desmogonium guianense* Ehr. f. *antiqua* Lupik.

Комплекс диатомей свидетельствует об относительно теплом климате и активизации Восточно-Азиатского муссона [18]. По-видимому, причиной таких палеоклиматических изменений было усиление тектонической активности окраины Евразийского континента, выразившееся в поднятии Тибетского плато, что привело к перераспределению атмосферных потоков и усилению термической контрастности между материком и океаном. Начавший формироваться в это время Восточно-Азиатский атмосферный барический максимум стал существенным региональным климатическим фактором, оказавшим огромное воздействие на различные компоненты природной среды в умеренных широтах Восточной Азии в кайнозой [9]. Вторым важным фактором, определившим региональный климат, стало начало раскрытия Японского моря и дрейф Японии к востоку [15]. Нижняя часть зоны датирована $25,3 \pm 1,6$, верхняя – 20,9 млн лет [7].

Зона *Actinocyclus lobatus* (нежинская свита, верхняя часть нижнего миоцена). Верхняя граница проводится по вымиранию вида-индекса и появлению видов *Miosira tscheremissinovae* (Khurs.) Khurs. и *Actinocyclus tunkaensis* Khurs. Характерный комплекс диатомей представлен *Aulacoseira praegr anulata* (Jousé) Simonsen var. *praegr anulata* f. *praegr anulata* et f. *curvata* (Jousé) Moiss., *A. praegr anulata* var. *praeislandica* (Jousé) Moiss. et f. *curvata* (Jousé) Moiss., *A. italica* (Kuetz.) Simonsen, *Miosira areolata* Khursevich, *M. jouseana* (Moiss.) Krammer, Lange-Bertalot et Schiller, *Ellerbeckia arenaria* var. *teres* (Moore et Ralfs) Crawford, *E. kochii* (Pant.) Moiss., *Melosira undulata* (Ehr.) Kuetz., *Actinocyclus lobatus* (Rub.) Rub. et Khurs., *A. krasskei* f. *krasskei* Bradbury et Krebs. Отмечается тенденция к усилению потепления. В это время происходит расширение акватории Японского моря и формирование термического контраста между западной и восточной поверхностными водными массами [3, 14]. Началось синергетическое влияние окраинных морей Северо-Западной Пацифики и муссонной активности на региональный климат, что привело к формированию достаточно широкой системы озерных водоемов и образованию диатомитовых толщ [6]. Зона датирована 20,2 (основание); 20,1; 19,7; 18,8; 18,1 (кровля) млн лет [7].

Зона *Miosira jouseana* (нижняя часть голостратотипа новокачалинской свиты, самая верхняя часть нижнего миоцена–нижняя часть среднего миоцена). Верхняя граница определяется по вымиранию вида-индекса и появлению вида *Actinocyclus gorbunovii* Bradbury et Krebs. Нижняя граница связана с исчезновением *A. lobatus* (Rub.) Rub. et Khurs. и ряда овальных *Aulacoseira* – видов, характерных для раннего миоцена [14]. Комплекс диатомей зоны характеризуется относительно высоким родовым (42) и видовым (98) разнообразием при низкой степени их доминирования. В основном это сублиторальные тихоокеанские и планктонные виды родов *Aulacoseira*: *Aulacoseira praegr anulata* (Jousé) Simonsen var. *praegr anulata* + *praegr anulata* var. *praeislandica* (Jousé) Moiss., *A. distans* (Ehr.) Simonsen, *A. italica* (Kuetz.) Simonsen f. *italica*. Немаловажное значение в облике комплекса имеют также *Miosira areolata* Khurs., *M. jouseana* (Moiss.) Krammer, Lange-Bertalot et Schiller, *Ellerbeckia kochii* (Pant.) Moiss., *E. arenaria* (Moore ex Ralfs) Crawford var. *teres* (Brun) Crawford, *Actinocyclus gorbunovii* Bradbury et Krebs + *A. gorbunovii* var. *fossa* Bradbury et Krebs, *A. krasskei* (Krasske) Bradbury et Krebs, *Actinella brasiliensis* Grun. и *Melosira undulata* (Ehr.) Kuetz. (16,7%) с широкой морфологической изменчивостью.

Важным стратиграфическим признаком можно считать *Miosira jouseana* (Moiss.) Moiss. (3,2%). До 13% флоры принадлежит представителям родов *Tetracyclus*, *Eunotia*, *Achnanthes*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Cymbella* – бентическим и реофильным видам. В целом же

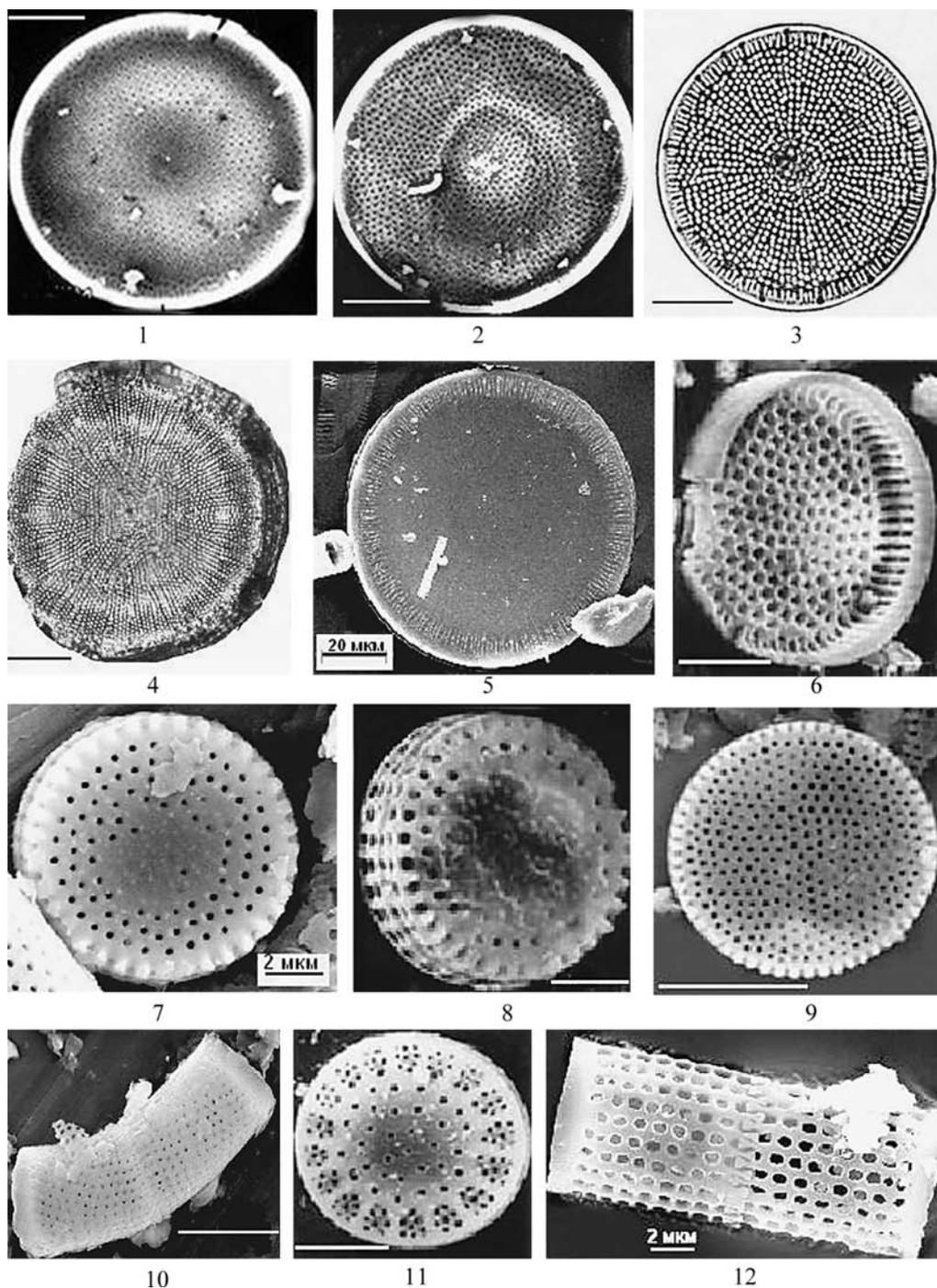


Рис. 3. 1 – *Actinocyclus gorbunovii* var. *gorbunovii* Bradbury et Krebs; 2 – *Actinocyclus krasskei* f. *krasskei* Bradbury et Krebs; 3 – *Mesodictyon fovis* Theriot, Bradbury et Krebs; 4 – *Actinocyclus lobatus* (Rub.) Rub. et Khurs.; 5 – *Ellerbeckia kochii* (Pant.) Moiss.; 6 – *Miosira bifaria* (Nevretd. et Moiss.) Khurs.; 7 – *Miosira tscheremissinovae* (Khurs.) Khurs.; 8 – *Miosira jouseana* (Moiss.) Krammer, Lange-Bertalot et Schiller; 9 – *Aulacoseira praegrnulata* var. *praeislandica* (Jousé) Moiss.; 10 – *Aulacoseira praegrnulata* var. *praegrnulata* f. *curvata* (Jousé) Moiss.; 11 – *Miosira areolata* Khurs.; 12 – *Aulacoseira praegrnulata* var. *praegrnulata* f. *praegrnulata* (Jousé) Moiss. Там, где масштаб не указан, он соответствует 10 мкм (1, 2, 6 – фото Г.К.Хурсевич)

экологическая структура комплекса свидетельствует о сублиторальном генезисе его формирования в достаточно прогреваемом (тепловодных видов до 42%) озерном водоеме при влиянии речного стока. Теплый облик комплекса отражает главный климатический оптимум на границе раннего и среднего миоцена – Monterey carbon excursion [18].

Низкое доминирование диатомей и их достаточно высокое видовое разнообразие – признак быстропериодической изменчивости условий окружающей среды с тенденцией к ярко выраженному потеплению. Это обстоятельство обеспечило высокую палеопродуктивность диатомей ($21,11 \cdot 10^7$ створок $\cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{куг}^{-1}$ *), что привело к формированию мощных диатомитовых толщ. В тектогенезе окраины континента в начале среднего миоцена завершается спрединг Японского и Южно-Китайского морей. По-видимому, процесс формирования окраинных морей был единым [18]. Начинается усиление контраста между летним и зимним муссонами, влиявшего на региональный климат. Однако ослабленный зимний муссон при интенсивном летнем не стал экологическим барьером для развития субтропических диатомей [6]. Для комплекса получена серия датировок в интервале 18,1–14,9 млн лет [7, 9].

Зона *Miosira areolata* (верхняя часть голостратотипа новокачалинской свиты, верхняя часть среднего миоцена). Верхняя граница зоны определяется по вымиранию вида-индекса. Комплекс диатомей насчитывает 68 видов, принадлежащих к 34 родам, характеризуется сменой сублиторальной структуры на пелагическую (роль планктонных видов возрастает) в основном за счет *Aulacoseira praegr anulata* (Jousé) Moiss. (до 58,5%, но при полном отсутствии форм *curvata*). Заметное участие в комплексе принадлежит *Melosira undulata* (Ehr.) Kuetz. (13%). Чаше встречается *Miosira areolata* (Moiss.) Moiss. Отмечаются более низкое видовое разнообразие по отношению к нижележащему комплексу, нечеткая морфологическая изменчивость полиморфных видов родов *Aulacoseira*, *Melosira* и *Tetracyclus*, а также выраженное доминирование *Aulacoseira praegr anulata* (58,5%), что свидетельствует о более постоянных условиях среды обитания диатомей. Значительная доля планктонных видов (до 78,7%) говорит об увеличении площади озера и его глубины. Группа бентоса представлена *Tetracyclus lacustris* Ralfs, *T. ellipticus* var. *lancea* f. *lata* Ehr., *Tabellaria fragilarioides* Lupikina (в сумме до 14%). В эволюционном плане отмечается развитие видов родов *Cyclotella* и *Stephanodiscus*, что является характерной особенностью соответствующего этапа в развитии диатомовой флоры. Учитывая, что первые представители рода *Cyclotella* появляются в конце среднего миоцена [16, 17], комплекс диатомей зоны *Miosira areolata* следует датировать поздним–средним миоценом. Кроме этого, в данном комплексе происходит замещение *Miosira jouseana* (Moiss.) Moiss. на *M. areolata* (Moiss.) Moiss. Отмечается практически полное (за редким исключением) отсутствие родов *Actinocyclus* и *Mesodictyon* при доминировании видов рода *Aulacoseira*. Для зоны характерен и высокий полиморфизм видов родов *Melosira*, *Aulacoseira* и *Tetracyclus*. Комплекс зоны, отражая конкретный эволюционный этап в развитии диатомей, содержит 28–35% вымерших таксонов. Палеопродуктивность заметно падает и составляет $14,98 \cdot 10^7$ створок $\cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{куг}^{-1}$, что свидетельствует о похолодании климата при отсутствии резких колебаний. Для этого времени, видимо, характерно усиление контраста между летним и зимним муссонами за счет активизации летнего. Это подтверждается и находками листовой флоры [10]. Отчетливое проявление сибирского антициклона было синергетически связано с глобальным похолоданием и соответствующей экспансией ледниковой шапки Южного полюса [18]. На территории Приморья продолжает существовать обширная сеть озерных водоемов с накоплением диатомитов. Возраст зоны 14,9–1,8 млн лет.

Зона *Ellerbeckia kochii* (гипостратотип усть-суйфунской свиты, верхний миоцен). Возраст 11,8–5,3 млн лет. На верхней границе исчезает вид-индекс. Диатомей

* куг – скорость накопления створок диатомей в осадках за тысячу лет, принятая в микропалеонтологии размерность.

представлены *A. praegr anulata* var. *praeislandica* (Jousé) Moiss., *A. praegr anulata* (Jousé) Simonsen var. *praegr anulata* f. *praegr anulata* (Jousé) Moiss., *A. italica* (Kuetz.) Simonsen, *A. italica* var. *valida* (Grun.) Simonsen, *Ellerbeckia kochii* (Pant.) Moiss., *Mesodictyon fovis* Theriot, Bradbury et Krebs (появление), *Tetracyclus lacustris* Ralf, *T. ellipticus* var. *lancea* (Ehr.) Hust., *Fragilaria bicapitata* var. *lineolata* Moiss., *F. nitzschioides* var. *kamtschatica* Lupik., *F. miocenica* var. *tetranoides* Moiss., *Eunotia majuscula* Moiss., *E. nikolskiae* Moiss., *Gomphonema miocenica* Moiss. Структура комплекса диатомей свидетельствует о холодном климате при усилении зимнего муссона. На этот период приходится два глобальных похолодания – мессинский кризис [18]. Комплекс датирован 8,6; 8,8; 10,7; 10,8; 11,8 млн лет (устное сообщение Сатоси Окамура, университет Хоккайдо, Япония).

Зона *Miosira tscheremissinovae* (нижний плиоцен, шуфанский горизонт). Верхняя граница зоны проводится по вымиранию вида-индекса. Возраст 5,3–3,6 млн лет. Комплекс диатомей характеризуется *Miosira tscheremissinovae* Khurs., *Aulacoseira praegr anulata* var. *praeislandica* (Jousé) Moiss., *Melosira undulata* (Ehr.) Kuetz., *Ellerbeckia arenaria* var. *teres* (Brun) Crawford, *Fragilaria bicapitata* var. *bicapitata* A. Mayer, f. *construens* var. *subsalina* Hust., f. *miocenica* Jousé, *Symbella australica* (A.S.) Cl. Наблюдается более высокое видовое разнообразие, чем в предыдущем комплексе, а также незначительное участие теплолюбивых видов, что соответствует небольшому потеплению климата начала плиоцена.

Зона *Aulacoseira praegr anulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica* (шуфанский горизонт, верхний плиоцен). Верхняя граница соответствует уровню вымирания вида-индекса. Возраст 3,6–1,92 млн лет. Возрастной комплекс, отражающий эволюционный этап в развитии диатомей, представлен *Aulacoseira praegr anulata* var. *praeislandica* (Jousé) Moiss., *A. distans* (Ehr.) Simonsen, *A. praegr anulata* var. *praegr anulata* (Jousé) Moiss., *A. italica* (Kuetz.) Simonsen, *Melosira undulata* (Ehr.) Kuetz., *Ellerbeckia arenaria* var. *teres* (Brun) Crawford, *Eunotia clevei* Grun., *Tetracyclus ellipticus* var. *lancea* (Ehr.) Hust. Комплекс отражает новую волну похолодания и стабилизацию холодных условий. С этого момента начинается существование и экспансия полярных ледниковых шапок, определивших формирование современной климатической системы Земли [18].

Заключение

Анализ стратиграфического распределения диатомей дает основание выделить 7 диатомовых зон в интервале нижний миоцен–плиоцен, которые отражают конкретные эволюционные этапы развития диатомовой флоры. Они обусловлены глобальными климатическими изменениями и региональным Восточно-Азиатским муссоном, связанным с гималайским тектогенезом. Это наложило отпечаток на весь облик приморской неогеновой флоры диатомей, отличающейся высоким эндемизмом. Роды *Mesodictyopsis* и *Tertiariopsis*, столь обильно встречающиеся в осадках Байкала и Тункинской котловины [16], не получили своего развития в неогене Приморья. Раннемиоценовый этап характеризуется интенсивным развитием не только родов *Aulacoseira*, *Miosira* и *Ellerbeckia*, но и *Pseudoaulacosira*, *Melosira*. Отмечается обилие кольцевых колоний рода *Aulacoseira*. Средне-позднемиоценовый этап соответствует наибольшему родовому и видовому разнообразию пресноводных центральных диатомей. Плиоценовый этап ознаменовался появлением и развитием видов родов *Stephanodiscus*, *Cyclotella* и *Plioscaenicus*. Такая общая этапность характерна и для байкальского неогена, однако степень доминирования тех или иных таксонов различна, что свидетельствует об эндемичности флоры Байкала и Приморья. В конце раннего миоцена и начале среднего проявился глобальный климатический оптимум, хотя на юге Дальнего Востока он был сглажен вследствие интенсификации Восточно-Азиатского муссона и возникновением систем теплых и холодных течений в Японском море. Именно этот рубеж ознаменовался развитием многих центральных диатомей и их высокой палеопродуктивностью, что ставит его

в ранг реперных. Для этого времени характерны рост видового разнообразия и появление многих таксонов.

Наибольшее вымирание видов *Miosira* и *Actinocyclus* на уровне 3,6 млн лет отвечает росту и экспансии ледниковых покровов на обоих полюсах планеты.

Авторы выражают глубокую благодарность Г.К. Хурсевич (БГПУ им. М.Танка, Минск, Белоруссия) за помощь в проведении диатомового анализа и идентификацию видов диатомей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гладенков Ю.Б. Современные проблемы зональной стратиграфии // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 10. С. 3-8.
2. Жамойда А.И. Биостратиграфическая корреляция, биостратиграфические шкалы и схемы // Вопр. стратиграфии, палеонтологии и палеогеографии / отв. ред. В.А.Прозоровский. СПб., 2007. С. 43-56.
3. Карнаух В.Н., Карп Б.Я., Цой И.Б. Структура фундамента и сейсмостратиграфия осадочного чехла северной части Японской котловины в районе возвышенности Тарасова (Японское море) // Океанология. 2007. Т. 47, № 5. С. 691-704.
4. Мейен С.В. Введение в теорию стратиграфии. М.: Наука, 1989. 216 с.
5. Моисеева А.И. Расчленение континентальных отложений неогена Дальнего Востока по диатомеям // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1995. Т. 3, № 5. С. 92-103.
6. Павлюткин Б.И., Чекрыжов И.Ю. К проблеме корреляции дальневосточных миоценовых флор эпохи климатического оптимума // Докл. АН. 2007. Т. 416, № 5. С. 662-665.
7. Павлюткин Б.И., Ганзей С.С., Пушкарь В.С., Петренко Т.И. Палеоботаническая характеристика и радиометрическое датирование неогеновых отложений южного Приморья // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1993. Т. 1, № 6. С. 40-47.
8. Павлюткин Б.И. Позднемиоценовая флора Юга Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2002. 192 с.
9. Павлюткин Б.И., Пушкарь В.С., Черепанова М.В., Петренко Т.И. Проблемы стратиграфии миоцена Приханкайской впадины (Дальний Восток России) // Тихоокеан. геология. 2004. Т. 23, № 4. С. 73-85.
10. Павлюткин Б.И. Среднемиоценовая ханкайская флора Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2005. 216 с.
11. Павлюткин Б.И. Эоценовая усть-давыдовская флора юга Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2007. 148 с.
12. Пушкарь В.С., Короткий А.М. Зональная стратиграфия континентального верхнего кайнозоя Сихотэ-Алиня // Тез. науч.-практ. конф. РМСК Востока СССР «Стратиграфия кайнозоя Дальнего Востока. Владивосток». Владивосток, 1985. С. 22-23.
13. Решения 4-го Межведомственного стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья (Хабаровск, 1990 г.). Хабаровск: ХГГП, 1994. 124 с.
14. Цой И.Б., Шастина В.В. Кремнистый микропланктон неогена Японского моря. Владивосток: Дальнаука, 1999. 241 с.
15. Iijuma A., Tada R. Evolution of Tertiary sedimentary basins of Japan in reference to opening of the Japan Sea // J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. 2. 1990. Vol. 22, N 2. P. 121.
16. Khursevich G. Evolution of the extinct genera belonged to the family Stephanodiscaceae (Bacillariophyta) during the last eight million years in Lake Baikal // Advances in phycological studies. Sofia; Moscow: PENSOFT Publishers & University Publishing House, 2006. P. 73-89.
17. Krebs W.N., Bradbury J.P., Theriot E. Neogene and Quaternary Lacustrine Diatom Biochronology, Western USA // Palaios. 1987. Vol. 2. P. 505-513.
18. Wang Pinxian, Zhao Quanhong, Jian Zhimin et al. Thirty million year deep-sea records in the South China Sea // Chinese Sci. Bull. 2003. Vol. 48, N 23. P. 2524-2535.