

УДК 563.12 (265.53)

С.П. Плетнев<sup>1</sup>

## ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОСТРУКТУРЫ КАЙНОЗОЙСКИХ ФОРАМИНИФЕР КАК ОСНОВА ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ГЛУБИН ОХОТОМОРСКОГО СЕДИМЕНТАЦИОННОГО БАССЕЙНА

*Биофацциальный анализ фауны бентосных фораминифер в отложениях Охотоморского палеобассейна показал широкое участие в ней абиссальных элементов в олигоцен-миоценовое время и отсутствие их в плиоцене и плейстоцене. Появление абиссальной агглютированной фауны в исследуемом бассейне было обусловлено лучшим водообменом с Тихим океаном и существованием котловин с глубинами не менее 2000 м. Сахалинская фаза складчатости в плиоцен-плейстоцене вызвала подъем Японо-Курильской Кордильеры, обособивший котловины Японского и Охотского морей от океана и создавший неблагоприятные условия для интродукции тихоокеанской абиссальной фауны.*

### Введение

Одной из важнейших проблем в Охотоморском регионе является выяснение природы цикличности осадочного чехла, выраженной сменой трансгрессивных и регрессивных серий осадков. Обычно выделяется от 4 до 6 циклов, и все более актуальным становится вопрос о максимальных глубинах дна бассейна в эпохи высокого стояния уровня моря. Так как трансгрессионно-регрессионные осадочные толщи были впервые выделены в наземных морских разрезах о-вов Сахалин и Хоккайдо, то по аналогии с плейстоценом амплитуда неогеновых изменений уровня моря обычно оценивалась в тех же пределах — от минус 110 до плюс 10—15 м. Ряд авторов допускает формирование морских кайнозойских отложений в батимальных и даже абиссальных условиях [3, 5, 12]. Проведенное нами изучение экоструктуры бентосных фораминифер в наиболее детально изученных геологических разрезах Охотоморского региона (рис. 1) и сравнение их с материалами глубоководного бурения по Японскому морю позволяет говорить о батимальных (2000–3000 м) глубинах исследуемого бассейна в позднем олигоцене и начале среднего миоцена. Это было обусловлено особым тектоническим режимом восточной окраины Азии в эоцене и олигоцене, когда в процессе рассеянного спрединга возникали рифтогенные бассейны с океанической и субокеанической корой, ставшие впоследствии окраинными морями.

### Материал и методика

Поиск нефти и газа в Охотском море с бурением параметрических скважин дал богатейший материал по геологическому строению данного

© С.П.Плетнев<sup>1</sup><sup>1</sup> Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

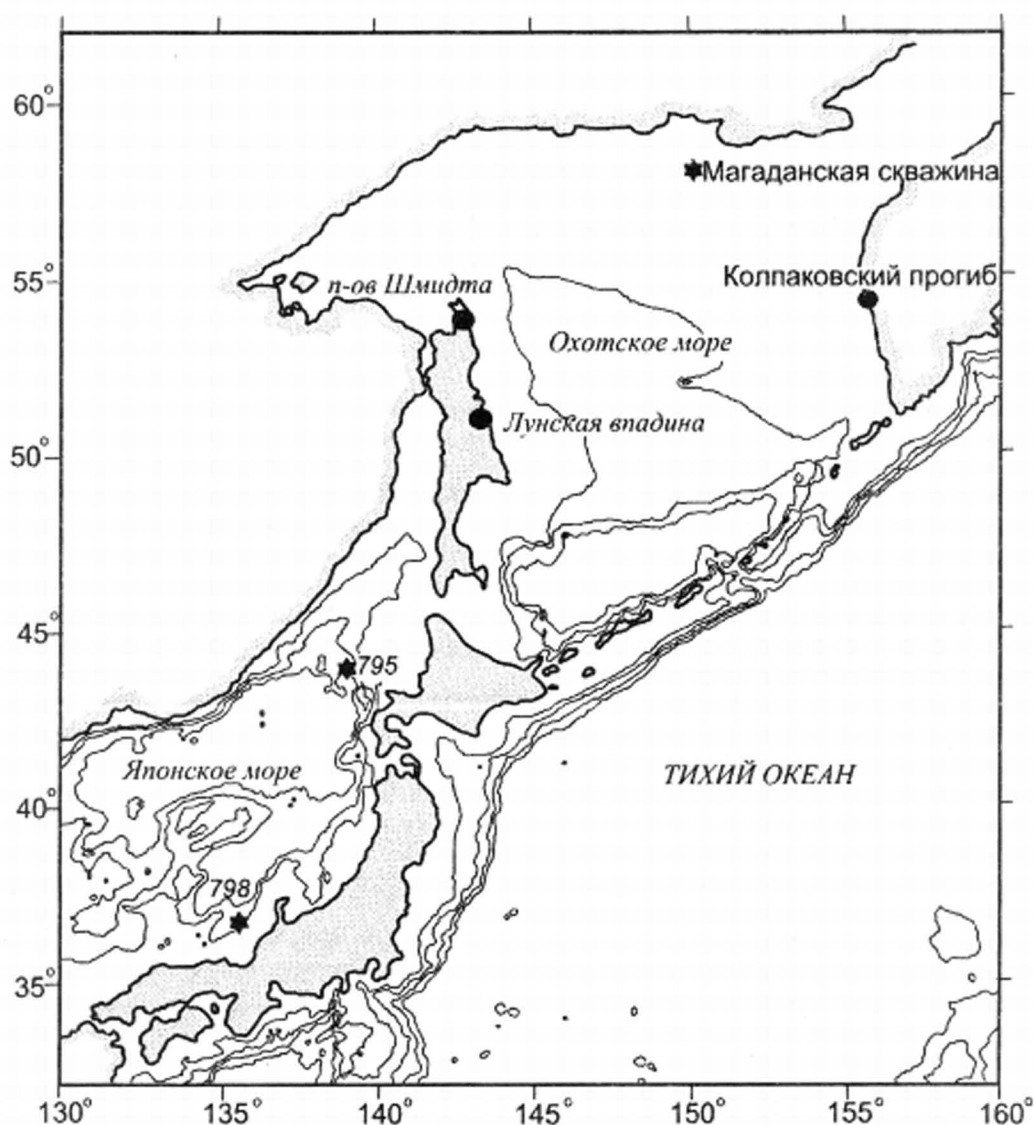


Рис. 1. Положение изученных геологических разрезов

бассейна. Однако, большая часть исследований была направлена на решение вопросов стратиграфии, и мало внимания уделено палеогеографическому аспекту, в частности оценке палеоглубин дна бассейна.

Объектом нашего исследования стали бентосные фораминиферы, которые зарекомендовали себя хорошим батиметрическим индикатором. В Охотском море они широко представлены в современной фауне и обильно встречаются в кайнозойских осадках. Предметом же выбран анализ экологического состава фораминифер. Они были наиболее детально изучены: керн Магаданской скважины [11], разрез подводного склона п-ва Шмидта [12], Лунской депрессии [5] о-ва Сахалин и керны бурения Колпаковской депрессии Западной Камчатки [10]. Для сравнительного биостратиграфического и палеогеографического анализов привлечены материалы по Японскому морю [15]. Скважина 795 ODP заложена на севере Японской котловины и отражает длительные условия седиментации в отрицательной морфоструктуре дна, в то время как скв. 798 ODP пробурена на подводном склоне о-ва Хонсю. В указанных выше работах приведены полные сведения по литологии, фора-

миниферам и т.д., а в данном сообщении представлены данные о распространении по геологическим разрезам отдельных родов фораминифер, наиболее важных для реконструкции глубин (табл. 1). Все местные и региональные горизонты в соответствии с рекомендациями РМСК от 1994 г. привязаны по возрасту к единой стратиграфической шкале, иначе это значительно бы усложнило восприятие представленного материала.

Таблица 1

Распределение стенобатных родов бентосных фораминифер в геологических разрезах Охотоморского региона и Японского моря. Условные обозначения: (+) карбонатные: 1) *Buccella*+ *Criboelphidium*; 2) *Porosotalia*; 3) *Islandiella-Uvigerina*; 4) *Melonis*; 5) *Globulimina*; (X) — агглютированные: 6) *Cyclammina*; 7) *Bathysiphon*; 8) *Martinotiella*; 9) *Ammodiscus*; 10) *Rhabdammina*

Тип Виды	1 тип				2 тип		3 тип
	1А	1Б	1В	1Г	2А	2Б	3
<i>Miliammina fusca</i>	X						
<i>Iadammina macrescens</i>	X						
<i>Ammotium cassis</i>	X						
<i>Criboelphidium asterineum</i>	X	X					
<i>Quinqueloculina vulgaris</i>		X					
<i>Q.seminulum</i>		X					
<i>Elphidium excavatum</i>		X					
<i>E.depressulum</i>		X					
<i>Canalifera fax</i>		X					
<i>B.frigida</i>		X					
<i>Elphidiella recens</i>		X	X				
<i>Buliminella elegantissima</i>			X				
<i>Retroelphidium subgranulosum</i>			X				
<i>Nonionella japonica</i>			X				
<i>Buccella arctica</i>			X				
<i>Criboelphidium subarcticum</i>			X				
<i>Cassandra limbata</i>				X			
<i>Dentalina baggi</i>				X			
<i>Lagena sp.</i>				X			
<i>Elphidiella arctica</i>				X			
<i>Islandiella japonica</i>				X			
<i>Cibicides lobatulus</i>				X			
<i>Alabamina weddelensis</i>				X	X		
<i>Trifarina kokuzuraensis</i>					X		
<i>Epistominella pacifica</i>					X		
<i>Criboelphidium hatiale</i>					X		
<i>Trochammina inflata</i>					X		
<i>Uvigerina parvocostata</i>					X	X	
<i>Globobulimina hanzawai</i>						X	
<i>Gyroidinoides soldani</i>						X	
<i>Globulimina auriculata</i>							X
<i>Melonis pompiloides</i>							X
<i>Valvulineria ochotica</i>							X

Обычно палеоэкологические построения базируются на закономерностях расселения современных организмов и с позиций актуализма оценивается амплитуда тех или иных природных изменений. Несмотря на различия между кайнозойскими и современными видами, по-видимому, основные параметры морской среды существенно не менялись, и механизм адаптации организмов в кайнозое мало изменился. Хорошей иллюстрацией этого тезиса служит проведенный в кернах глубоководного бурения из батинальной зоны океана сравнительный анализ облика бентосных фораминифер, который показал большое морфологическое сходство олигоценых и плейстоценовых форм [14]. Более того, из 400 таксонов только 5 % видов можно использовать как руководящие формы с позиций традиционной эволюционной стратиграфии. Все эти предпосылки позволяют обоснованно применять метод актуализма по отношению к кайнозойским биотопам.

Для реконструкции глубин нами совместно с В.К. Анниным [18] в качестве инструмента предложена актуалистическая модель расселения живых бентосных фораминифер в Охотском море (табл. 2). В отличие от ранее разработанных моделей для данного бассейна [8] мы постарались ей придать практическую направленность для последующего биофациального анализа. Эта фауна по сравнению с тихоокеанской на тех же широтах имеет более субарктический облик, отличается большей толерантностью видов к среде и отсутствием в глубоководной части типичных обитателей абиссали (представители родов *Plectina*, *Cyclamina*, *Bathysiphon* и др.). Ныне эти фораминиферы с агглютинированной (бескарбонатной) раковиной живут преимущественно в глубоководных зонах (3-5 км) Берингова моря и северо-западной части Тихого океана. Своеобразие охотоморской фауны обусловлено наличием узких и часто мелководных проливов; врезанностью акватории в материк и дихотермической структурой водных масс.

Таблица 2

Распределение бентосных фораминифер в Охотском море в зависимости от глубины. 1А-эстуарно-лагунная обстановка, 1Б-внутренний шельф (0-20 м), 1В-средний шельф (20-50 м), 1Г-внешний шельф (50-200 м); 2А-верхний склон (200-600 м), 2Б-нижний склон (600-1300 м); глубоководные котловины (более 1300 м)

Отдел	Под-отдел	Японское море 795 ODP	П-ов Шмидта, остров Сахалин	Магаданская скважина	Западная Камчатка	Лунская впадина
Плейстоцен		+++				
Плиоцен	Верхний	+ х	+	+	++	
	Нижний	х		+		
Миоцен	Верхний	+ х х х х х	++ х х	+	++	++
	Средний	+++ х х х х х	х х х	+ х	+++ х х х	х х х
	Нижний	+++	х х х х х	х	+++	++++
Олигоцен	Верхний		+ х х х		х х	++ х х
	Нижний		+++ х			+++ х
Эоцен	Верхний		+	++ х	++ х х х х	+++ х
	Нижний				+ х х х х	
Род Фораминифер		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10





При батиметрических построениях автор придерживался принципа Флегера [17], постулирующего, что для оценки глубины следует в первую очередь опираться на появление наиболее глубоководных видов. Представления же о том, что смешанный комплекс якобы отражает некие средние глубины, крайне ошибочны.

Важным моментом в работе оказалось выделение осадочных слоев палеогена и миоцена, в которых представлены раковины фораминифер исключительно агглютинированных форм. Впервые на этот факт обратил внимание японский исследователь Е. Таи [19] при изучении морского неогена западного побережья о-ва Хонсю и дал ему название "Foraminiferal Sharp Line". В дальнейшем для удобства данную границу и свойственную ей фауну мы будем называть с приставкой ФСЛ. Как было им установлено, данная граница расположена между ярусами среднего миоцена Нисикуро-сава и Оннагава п-ова Ога. Самое поразительное заключается в том, что фауна ФСЛ представлена глубоководными цикламминами, плектинами, батисифонами и др. Новым импульсом в исследовании ФСЛ стали материалы глубоководного бурения в Японском море, где данная граница была отмечена и датирована приблизительно 14,3 млн. лет, и только в скважине 795 она моложе — 11 млн. лет (рис. 2). На этом основании участники 127-го рейса выделили ФСЛ-1 и ФСЛ-2, и их появление связывают с особенностями дрейфа японской островной дуги от Азиатского континента.

### Результаты

Построены палеобатиметрические кривые для отдельных районов Охотоморского седиментационного бассейна, проведено сопоставление с Японским морем (рис. 3). В Японской котловине происходит унаследованное углубление бассейна с конца раннего миоцена, а в Охотском море этот процесс берет свое начало в позднем олигоцене. Более сложная динамика изменения глубины дна отмечена по Восточному Сахалину (Лунская депрессия). На Западной Камчатке батимальные условия, по-видимому, возникли еще в эоцене. Общим для охотоморских кривых и скв. 798 ODP является изменение знака в сторону обмеления бассейна с конца позднего миоцена, что связано с началом сахалинской фазы складчатости. Не исключено, что дно котловин палео-Охотского моря могло унаследованно погружаться, как и в Японском море. В это же время борта котловин воздымались, что видно по ныне осушенным участкам морского дна. Принципиально важным является вопрос о возможно максимальных глубинах дна в исследуемом бассейне. По комплексам фауны ФСЛ с участием агглютинированных родов *Plectina*, *Bathysiphon*, *Cyclammina* нами реконструируются максимальные глубины в интервале 2000–3000 м. Такой диапазон принят исходя из общей гипсометрической кривой, на которой подошва материкового склона без учета желобов ограничена изобатой 3000 м. В пользу верхней границы указывают данные по Калифорнийскому заливу, где на минимальных глубинах (1500–2000 м) в океане встречены живые батисифоны [13]. Появление фауны ФСЛ в разрезах связано с дефицитом кислорода на дне, на что указывает вид-индикатор *Martinotiella communis* (Orbigny).

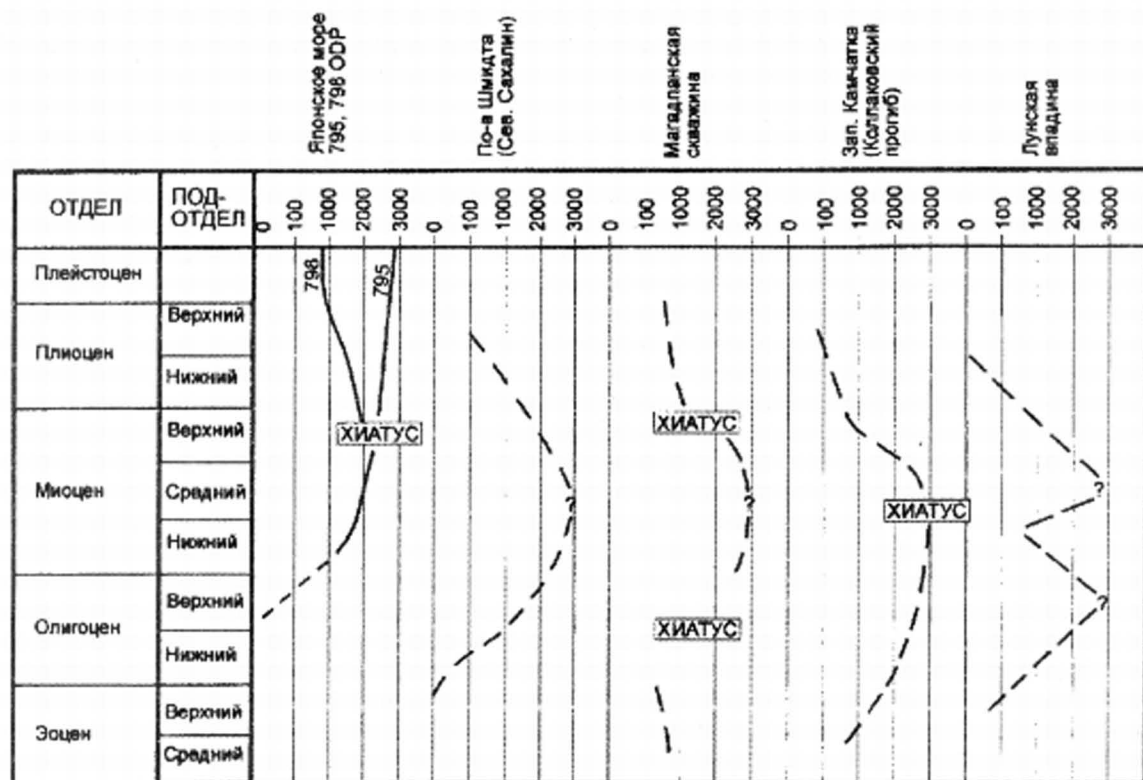


Рис 3 Палеобатиметрические кривые отдельных седиментационных бассейнов Охотского региона и Японского моря

Облик фауны ФСЛ наиболее полно отражен в среднемиоценовых слоях (аргиллиты и опоки) Охотоморского региона. Так, в Магаданской скважине в интервале 1780 — 1300 м, в кровле пильских слоев п-ова Шмидта и окобыкайских слоях Лунской депрессии видно, как происходит резкая смена ископаемых сообществ карбонатных родов с участием *Uvigerina*, *Trifarina*, *Cibicides*, *Nonionella*, *Bolivina*, *Bulimina*, *Cassidulina*, *Retroelphidium* и др. агглютинированными формами *Batysiphon*, *Cyclamina*, *Haplophragmoides*, *Plectina*, *Trochammina*, *Martinotiella*, *Asanospira* и др. Среди фораминифер важны находки *Cyclamina cancellata* Volosh., появление которой в Японском море отмечено в начале среднего миоцена. Таким образом, возраст миоценовой границы ФСЛ в осадках обеих акваторий совпадает и соответствует рубежу 15 — 14 млн. лет.

Экологический анализ микрофауны в нижележащих слоях изученных разрезов позволил установить фауну фораминифер (табл. 1) близкую к ФСЛ, датируемую поздним олигоценом. Так, в Магаданской скважине в интервале 2350 — 2170 м в кремнистых аргиллитах и опоках (слои *Criboelphidium cf. crassum* и выше слои с *Islandiella cf. curvicamerata*-*Porosorotalia sp.*) отмечено возрастание роли агглютинированных абиссальных видов *Cyclamina japonica* Asano, *Asanospira carinata* (Cushman et Renz), *Plectina nipponica* Asano и др.; в верхней части тумской свиты п-ова Шмидта выделены слои с *Rhabdammina aspera*-*Haplophragmoides subimpresus*; в верхней части мутновско-пиленгских слоев Лунской депрессии отмечены слои с *Asanospira carinata*-*Cyclamina pacifica*. Характерным признаком этих отложений является увеличение роли в них карбонатных конкреций.

Фауны близкие к ФСЛ найдены и в более древних отложениях исследуемого района: сантон-кампанские слои Северо-Буреинской скважины на северо-востоке Сахалина [7] и переходных слоев от маастрихта к палеоцену на о-ве Юрий Малых Курил [9].

Таким образом, на протяжении позднего мела-миоцена в исследуемом районе периодически возникали условия, благоприятные для развития фауны ФСЛ, и их не было в плиоцене и плейстоцене.

### Обсуждение результатов

Чем могло быть вызвано появление и исчезновение фауны ФСЛ, кроме глубоководных условий? Это могли быть: трансгрессии и регрессии, изменение геохимии придонных вод, диагенез осадка с растворением карбонатной составляющей и, наконец, улучшение водообмена окраинных морей с океаном.

Вопрос о причинах планетарных трансгрессий и регрессий вряд ли можно считать решенным. Помимо тектоники, самой очевидной причиной изменения уровня моря были таяние и намерзание полярных шапок льда, что убедительно доказано на материалах позднего кайнозоя и особенно его заключительного этапа — плейстоцена. Анализ плейстоценовых фораминифер в Японском [15] и за последние 200 тыс. лет в Охотском [1] морях показал, что ни драматические изменения климата, ни колебания уровня моря от минус 130 до плюс 10 м не привели к появлению фауны ФСЛ в этих бассейнах.

Более сложно оценить влияние геохимических условий на онтогенез бентосных фораминифер, хотя имеются данные, что главенствующими факторами в их распределении может быть содержание растворенного кислорода и рН в придонной воде [16]. Аргиллиты с фауной ФСЛ в исследуемом районе обычно обогащены органическим веществом и часто близки к современным сапропелевым илам, образование которых тесно связано с дефицитом кислорода. Такие анаэробные обстановки могут возникнуть либо в замкнутом морском водоеме (например Черного моря), либо в зоне кислородного минимума открытого бассейна. Дефицит кислорода в открытой системе возникает тогда, когда расход на окисление органического вещества превышает его поступление и приводит к формированию осадков, обогащенных органикой в зоне кислородного минимума (например, высоко биопродуктивные районы Перуанского апвеллинга и Калифорнийского залива). Такие условия в Охотском и Японском водоемах могли возникнуть как результат изменений климата, глубины, характера береговой линии. Современные условия этих двух соседних морей очень различны. Так, придонные воды Японского моря обогащены кислородом, и его содержание втрое выше, чем в Охотском море и прилегающих районах Тихого океана. Слой кислородного минимума в Японском море начинается с глубины 1500 м, а в Охотском — на глубине 750 — 1500 м [6]. Изменения в экоструктуре фораминифер переходных к фауне ФСЛ слоев показывают большое участие в них представителей родов *Epistominella*, *Nonionella*, *Uvigerina* и *Cassidulina* — индикато-



ров высокого органического потока и дефицита кислорода [16]. Бентосные фораминиферы — одни из немногих организмов, которые могут жить достаточно продолжительное время в бескислородной среде. Это доказано на примере живых культур (до 80 суток). Отдельные их виды могут давать вспышку репродуктивности в анаэробной среде. Таким образом, можно говорить, что время образования и широкого развития фауны ФСЛ характеризовалось высокой биопродуктивностью поверхностных вод и дефицитом кислорода на дне.

Сохранность карбонатных раковин зависит также от диагенетических преобразований в толще осадков. Находки известковых конкреций в осадках наземных разрезов о-ва Сахалин и на дне Охотского моря свидетельствуют, что поровые воды с низким рН могли растворять карбонатные скелеты. Однако карбонатные раковины не несут следов явного растворения и, по-видимому, эти процессы не были главными при образовании фауны ФСЛ.

Курильская островная гряда представляет огромный порог, отгораживающий впадину Охотского моря от океана. Глубинные охотоморские и тихоокеанские воды имеют прямой контакт только в наиболее глубоких Курильских проливах Буссоль (2318 м) и Крузенштерна (1920 м). Однако, они значительно уступают глубинам котловин (более 3000 м), расположенных по обе стороны от Курильской гряды. Поэтому охотоморские глубинные водные массы холоднее тихоокеанских почти на 1 °С и имеют несколько меньшую соленость — на 0,02 ‰ [2]. Эти и другие океанографические особенности, по-видимому, обусловили неблагоприятные условия для интродукции и жизни глубоководной тихоокеанской фауны в Охотском море. Все это справедливо и по отношению к Японскому морю, соединенному с Тихим океаном еще более мелководными проливами.

### Выводы

Анализ бентосных сообществ фораминифер в кайнозойских осадках Охотоморского седиментационного бассейна показал, что на протяжении позднего мела-кайнозоя в нем периодически возникали условия, благоприятные для интродукции со стороны Тихого океана и обитания абиссальной фауны. Необходимыми факторами ее существования были глубоководные котловины (более 2000 м), хороший водообмен с океаном и дефицит кислорода придонных вод. В ряде случаев диагенетические преобразования могли усиливать эффект “глубоководности” фауны за счет растворения карбонатных раковин фораминифер кислыми поровыми водами и возрастания роли агглютинированных форм. В плиоцене-плейстоцене неотектонические процессы обособили котловины Японского, Охотского морей от океана, и океанографические условия с этого времени в них стали неблагоприятными для жизни фауны ФСЛ. Закономерности смены комплексов бентосных фораминифер и их состав в Японском и Охотском морях определенно указывают, что эти бассейны в миоцене имели лучшее сообщение между собой и Тихим океаном, чем в настоящее время.

Работа выполнена по гранту РФФИ-ДВО (06-05-96036)

1. Бараш М.С., Бубенщикова Н.В., Казарина Г.Х., Хусид Т.А. О палеоокеанологии Охотского моря в течении последних 200 тыс. лет (по микропалеонтологическим данным) // Океанология. 2001. Т. 41 — № 5 — С. 755—767.
2. Богданов К.Т., Мороз В.В. Структура, динамика и гидролого-акустические характеристики вод проливов Курильской гряды. Владивосток: Дальнаука, 2000.— 150 с.
3. Волошинова Н.А., Леоненко А.С. Палеоэкологический анализ фораминифер и их значение для стратиграфии и выяснения условий образования осадков (на примере фораминифер окобыкайской свиты Северного Сахалина) // Вопросы биогеографии и экологии фораминифер. Новосибирск: Наука, 1973.— С. 7—45
4. Горбаренко С.А. Стратиграфия верхнечетвертичных осадков центральной части Охотского моря и их палеоокеанология по изотопно-кислородному и другим методам // Океанология. 1991.— Т. 31 — № 6.— С. 1036—1042.
5. Митрофанова Л.И., Мелентьева О.Н. О возрасте кайнозойских отложений Лунской впадины острова Сахалин // Геология и стратиграфия кайнозойских отложений Северо-Западной Пацифики. Владивосток: ДВО РАН, 1991.— С. 39—49.
6. Океанографическая энциклопедия. Л.: Гидрометеиздат, 1974.— 674 с.
7. Сальников Б.А., Иваньшина Л.П., Сальников Н.Б., Туренко Т.В. Новый разрез верхнего мела на Северном Сахалине // Тихоокеанская геология. 2001.— Т. 20 — № 1.— С. 48—56.
8. Саидова Х.М. Бентосные фораминиферы Тихого океана. М.: ИО АН СССР, 1975.— 875с.
9. Серова М.Я., Братцева Г.М., Синельникова В.Н., Меланхолина Е.Н. Маастрихт-палеоэоцен Малой Курильской гряды // Сов. геол. 1981.— № 4.— С.59—63.
10. Тузов В.П., Митрофанова Л.И., Данченко Р.В., Высочина О.В. Стратиграфия палеогеновых отложений Колпаковского прогиба Западной Камчатки // Стратиграфия и геологическая корреляция. 1997.— Т. 5 — № 3.— С. 66—82.
11. Шаинян С.Х., Большаков А.К., Большаков Р.А., Выпова И. Ю., Сальников Б.А. Стратиграфия кайнозойских образований Северо-Охотского прогиба по био-сейсмостратиграфическим данным // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1989.— № 4.— С. 23—34.
12. Экосистемы кайнозоя Охотоморского региона. Опорный разрез палеогена и неогена Северного Сахалина (п-ов Шмидта) // Отв. Ред. Ю.Б. Гладенков. М.: ГЕОС, 1999.— 132 с.
13. Bandy O. L. Large living Foraminifera of the continental borderland of Southern California // Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research, 1963.— Vol 14 — N 4.— P. 121—126.
14. Boltovskoy E. Paleocene and pleistocene benthic foraminifera faunas of DSDP site 465; comparison // Revue de Micropaleontology. 1980.— Vol.27 — N. 2.— P. 83—87.
15. Ingle C., Suyehiro K., Brayman M.T. et al. Proceeding of the Ocean Drilling Program, Initial Reports 1990.— Vol .128 — Part 1 — 776 p.
16. Zwaan G.J., Duijnste I.A.P., Dulk M et al. Benthic foraminifera: proxies or problems ? // Earth Science Reviews. 1999.—Vol. 46.— P. 213—236.
17. Phleger F.B. Depth patterns of benthonic foraminifera in the eastern Pacific / / Progress in Oceanography. 1965.— Vol. 3.— P. 65—74.
18. Pletnev S., Annin V.K. Distribution of foraminifera in the Sea of Okhotsk. Proceedings of the Third Workshop on the Okhotsk Sea and Adjacent Areas // PICES Scientific Reports. 2004 — N 26.
19. Tai Y. Historical changes of the Neogene foraminiferal assemblages in the Setouchi and San in provinces and Foraminiferal sharp line // Fossils. 1965.— N 5.— P. 56—72

Біофаціальним аналізом бентосних форамініфер Охотоморського палеобасейну встановлено значне поширення абісальних елементів за олігоцен-міоценового часу та відсутність у пліоценових та плейстоценових відкладах. Появу абісальної аглютинованої фауни спричинено суттєвим водообміном з Тихим океаном та існуванням глибоких котловин до 2000м. Сахалінська фаза складчастості за пліоцен-плейстоцену спричинила підняття Японсько-Курильської Кордильєри, відокремивши котловини Охотського та Японського морів; виникли умови, несприятливі для проникнення тихоокеанської абісальної фауни.

Fossil benthic foraminiferal assemblages in Cenozoic sediments of the Okhotsk and Japan sedimentary basins were examined. There are often funding of the "abyssal" agglutinate species in Oligocene-Miocene and no in Late Pliocen-Pleistocene. We supposed one of main reasons to appear "abyssal" fauna were deep hollows in these basins and their improve waterexchange with ocean. Sakhaline phase of the orogenesis (Late Pliocen- Pleistocene) rose the Japan-Kuril cordieler, isolating hollows of these basins from the ocean and invasion of deep-sea species was interrupted.