

ОСАДКИ ЗАТОПЛЕННЫХ ДОЛИН ШЕЛЬФА ВОСТОЧНО-КОРЕЙСКОГО ЗАЛИВА –
ИНДИКАТОРЫ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОЛОЦЕНА

Ю.Д. Марков¹, Ф.Р. Лихт¹, А.Н. Деркачев¹, И.В. Уткин¹, А.И. Боцул¹,
В.С. Пушкарь², Е.Д. Иванова³, Т.А. Евстигнеева⁴, Г.А. Евсеев⁵

¹Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН

²Дальневосточный геологический институт ДВО РАН

³Тихоокеанский институт географии ДВО РАН

⁴Биолого-почвенный институт ДВО РАН

⁵Институт биологии моря ДВО РАН

Поступила в редакцию 1 декабря 2006 г.

В погребенных палеодолинах прибрежной части шельфа Восточно-Корейского залива детально изучен литологический состав и стратиграфия голоценовых тонкодисперсных отложений. Выделена типовая природная обстановка современного нефелоидного приконтинентального седиментогенеза, отвечающая приустьевому типу. Выяснено, что обстановки шлейфа заиливания и транзитно-линейного типа не характерны для современного времени. Их образование связано с палеоклиматическими переменами в течение голоцена.

Ключевые слова: палеодолины, нефелоидные отложения, Восточно-Корейский залив.

ВВЕДЕНИЕ

В результате обобщения материалов советско-корейской экспедиции “Геошельф” (1987-1990 г.г.) было установлено, что осадконакопление на внутреннем шельфе и в его средней части происходит (в зависимости от динамики водных масс) до глубин 25–30 м, реже до 60 м [3, 11, 12]. Глубже существует аседиментогенная область, где распространены генетически крайне слабо связанные с современным осадочным процессом реликтовые донные осадки, представленные разнородными песками (рис. 1).

В настоящей публикации рассматриваются вопросы голоценового осадкообразования нефелоидных отложений в палеодолинах внутренней и средней частей шельфа Восточно-Корейского залива. Согласно Ф.Р. Лихту [7], принадлежность к нефелоидному материалу устанавливается достаточно четко – по преобладанию частиц размером менее 0.05 мм, которые, по Б.Н. Котельникову [6], не могут переноситься иначе, чем во взвеси. Предстояло выяснить – действительно ли в мелководной области шельфа выделяются три типовые природные обстановки современного нефелоидного приконтинентального седиментогенеза [1]: а) *приустьевая* – с осадками, накапливающи-

мися “in situ” и отличающимися значительными мощностями и высокими скоростями осадкообразования; б) *транзитно-линейная*, соответствующая современному транзитным придонным потокам вещества и отличающаяся от предыдущей меньшими (более чем на порядок) мощностями осадков; в) *шлейфа заиливания*, представленная на ограниченных площадях сериями чередующихся маломощных нефелоидных алевропелитовых и значительно более мощных песчаных осадков.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу публикации положены материалы экспедиционных исследований по комплексному изучению геолого-геофизических особенностей прибрежной зоны КНДР (рис. 1), выполненных в 1983-1990 гг. на нис “Профессор Богоров” (1983, 1986, 1987, 1989 гг.), нис “Бриг” (1987г.), нис “Базальт” (1989, 1990 гг.). Основное внимание уделено исследованию колонок донных отложений, отобранных вдоль тальвегов подводных речных долин, затопленных в ходе гляциоэвстатического повышения уровня моря в позднем плейстоцене-голоцене.

Впервые система подводных долин на внутреннем и среднем шельфе Восточно-Корейского залива

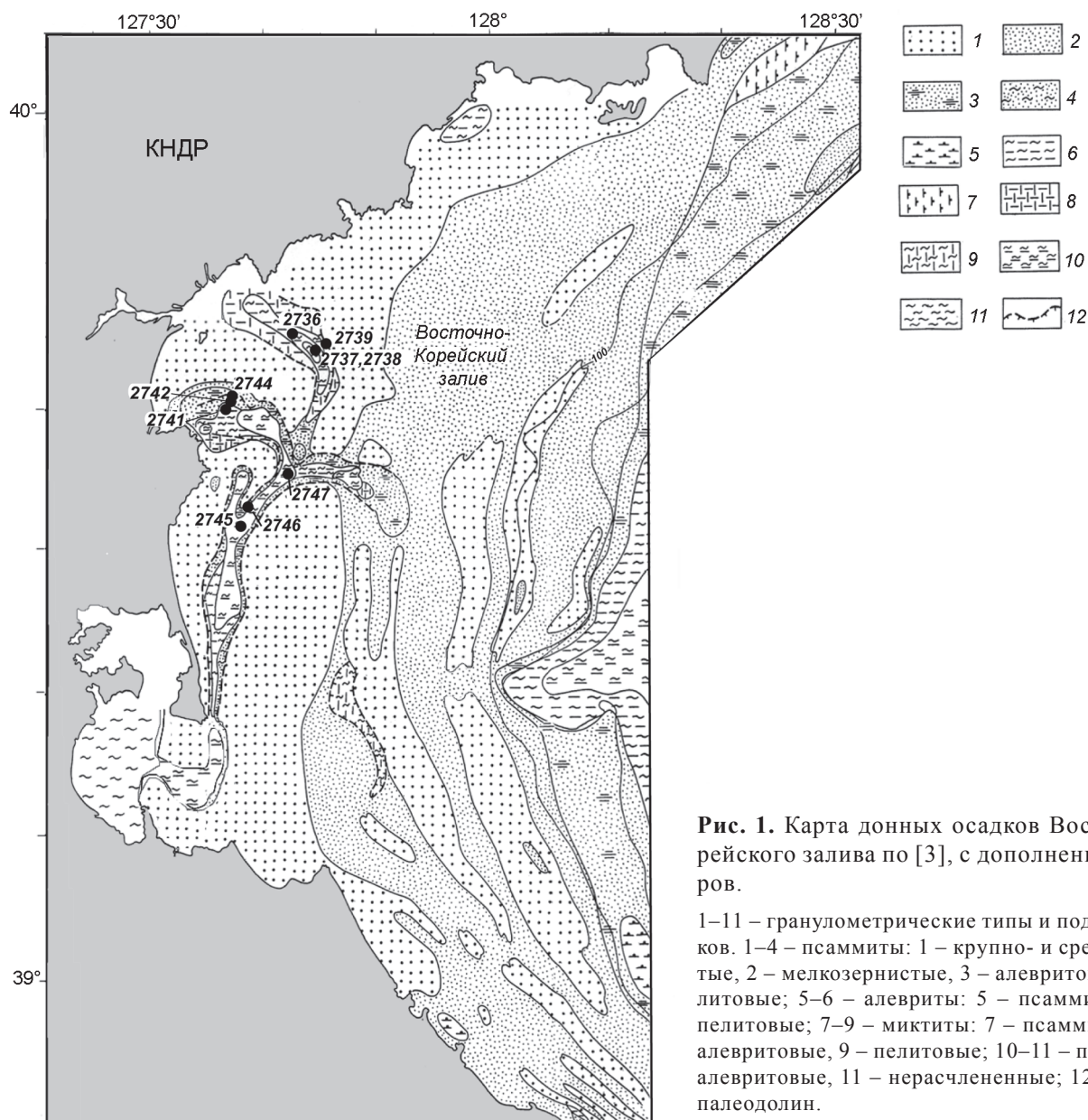


Рис. 1. Карта донных осадков Восточно-Корейского залива по [3], с дополнениями авторов.

1–11 – гранулометрические типы и подтипы осадков. 1–4 – псаммиты: 1 – крупно- и среднезернистые, 2 – мелкозернистые, 3 – алевритовые, 4 – пелитовые; 5–6 – алевриты: 5 – псаммитовые, 6 – пелитовые; 7–9 – миктиты: 7 – псаммитовые, 8 – алевритовые, 9 – пелитовые; 10–11 – пелиты: 10 – алевритовые, 11 – нерасчлененные; 12 – контуры палеодолин.

была обнаружена в 1987 г. во время экспедиционных работ на нис “Бриг” и специально исследована в рейсах на нис “Базальт” (1989, 1990 гг.) и нис “Профессор Богоров” (1989 г.). Чтобы подробнее представить морфологические особенности этой системы, была проведена ревизия гидрографических материалов всех ранее выполненных экспедиций (46 маршрутных профилей) с привлечением доступных морских карт и каталогов станций опробования. Всего было пересчитано и согласовано между собой более 4600 замеров глубин. Для построения изобат использовалась стандартная методика работы с программой Golden Software Surfer 8.0, используя для участка размером $1^\circ \times 1^\circ$ расчет по методу крайгинга интерполяционной сетки размером 1201×1201 узлов. Получен-

ный по этой сетке рисунок изобат (через 10 метров) был детально проанализирован при различных увеличениях и сопоставлен с имеющимися эхолотными профилями. В конечном итоге, была составлена схема тальвегов долин и долинообразных понижений (рис. 2), на которую вынесены отдельные изобаты. К последним относятся изолинии глубин 25, 35 и 50 м, которые оконтуривают участки дна с резко различной морфологией рельефа.

В палеодолинах гидростатическим пробоотборником были отобраны 12 колонок осадков (рис. 2, табл.1). На основе их изучения, а также исследования многочисленных дночерпательных проб, было составлено два сводных литолого-геоморфологических профиля (рис. 3). Расчленение осадков на лито-

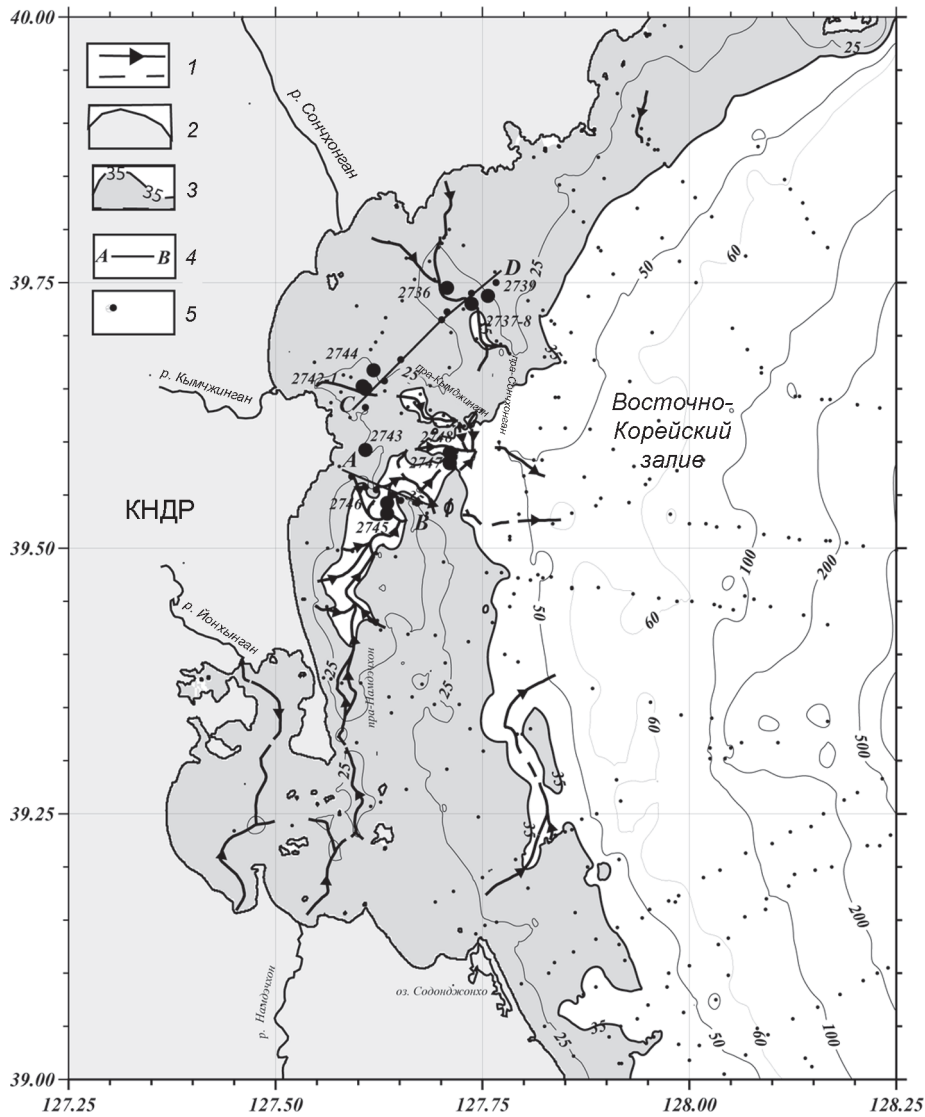


Рис. 2. Схема, показывающая местоположение станций опробования, систему палеодолин и положение береговой линии при понижении уровня моря на 35 метров.

1 – тальвеги палеодолин с указанием общего направления понижения (а – непрерывные, б – прерывистые; 2 – береговая линия; 3 – предполагаемое положение суши на изобате 35 метров; 4 – профили через палеодолины; 5 – местоположение станций.

Таблица 1. Координатная и геоморфологическая привязка станций, использованных для изучения.

Станции	Широта	Долгота	Глубина (м)	Геоморфологическая привязка	Длина керна (см)
2736	39° 44.7'	127° 42.5'	29	Русло пра-Сончхонган	80
2737	39° 43.8'	127° 44.2'	33	Тальвег пра-Сончхонган	160
2738	39° 43.8'	127° 44.2'	32	Тальвег пра-Сончхонган	190
2739	39° 44.2'	127° 45.4'	31	Левый борт пра-Сончхонган	30
2741	39° 39.0'	127° 36.5'	30	Русло пра-Кымджинган	70
2742	39° 39.2'	127° 36.5'	30	Русло пра-Кымджинган	23
2743	39° 35.5'	127° 36.6'	30	Отчлененный правый приток пра-Кымджинган	145
2744	39° 40.0'	127° 37.1'	27	Левый борт пра-Кымджинган	60
2745	39° 32.0'	127° 38.0'	43	Русло пра-Намдэчхон (у правого борта)	280
2746	39° 32.5'	127° 37.0'	42	Русло пра-Намдэчхон (у правого борта)	195
2747	39° 34.8'	127° 42.7'	47	Низовья одного из русел пра-Намдэчхон (ближе к левому борту)	268
2748	39° 35.4'	127° 42.6'	46	Низовья одного из русел пра-Намдэчхон (ближе к правому борту)	30

логические типы было выполнено (с учетом результатов гранулометрического анализа) согласно трехкомпонентной классификации, разработанной в Тихоокеанском океанологическом институте ДВО РАН [13]. Для оценки распределения нефелоидной компоненты в осадках палеодолин в современное время была составлена схема изолиний процентного содержания мелкоалевритово-пелитовой составляющей в поверхностном слое (рис. 4). Было также детально проанализировано пространственно-временное соотношение частиц мелкого и крупного алеврита по отношению к частицам пелита, что является важным для оценки параметров среды осадения.

Палеонтологически изучены осадки 12 колонок (более чем 200 образцов). Фораминиферовый анализ был проведен как по оригинальным образцам, так и по фракционным (подсчитывались экземпляры в навесках осадка до 2–3 граммов). Для проведения статистической обработки в спорово-пыль-

цевых и диатомовых препаратах подсчитывалось, в среднем, около 400 зерен пыльцы и спор и до 250 диатомей. В основу окончательной интерпретации микропалеонтологических данных были положены результаты пяти колонок: 2741, 2743, 2745, 2746 и 2747. Они расположены в палеодолинах на глубине от 29 до 47 метров. Диатомеи и фораминиферы, выделенные на этих станциях, представлены, в основном, бентическими формами, а споры и пыльца отражают изменения в растительном покрове северо-восточного побережья Корейского шельфа. Основное внимание было уделено выделению диатомовых и фораминиферовых экозон, а также палинозон, отражающих палеоклиматические изменения в голоцене. По семи станциям была изучена макрофауна моллюсков, отражающая различные условия ее обитания.

Абсолютные датировки по ^{14}C выполнены в лаборатории геохимии изотопов и геохронологии ГИН

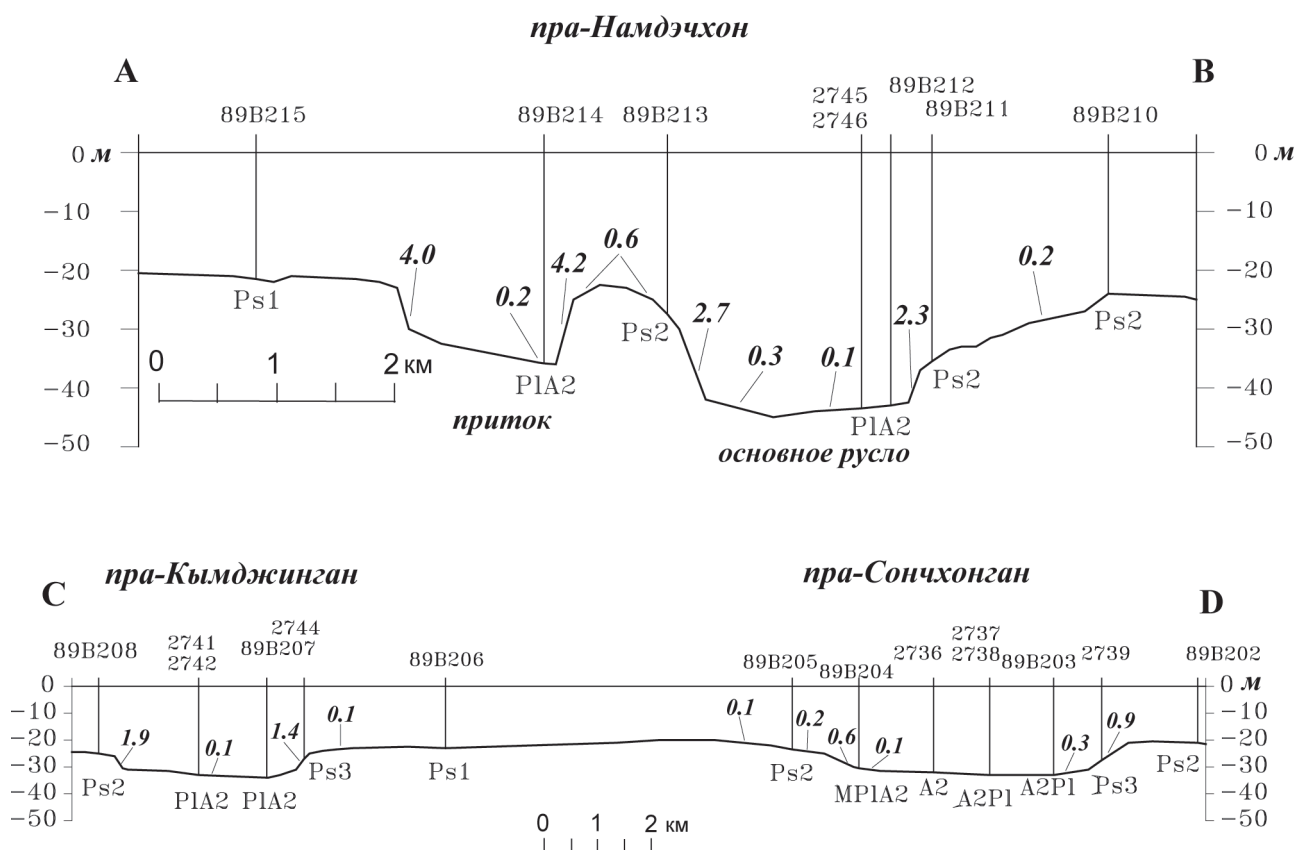


Рис. 3. Профили рельефа А – В (палеодолины пра-Намдэчхон) и С – D (палеодолин пра-Кымджинган и пра-Сончхонган).

Цифрами указаны уклоны бортов долины в градусах, латинскими буквами – литологические (гранулометрические) типы осадков [13]: Ps1 – псаммит крупнозернистый, Ps2 – псаммит среднезернистый, Ps3 – псаммит мелкозернистый, A2P1 – алеврит пелитовый с модой в мелком алеврите, PIA2 – пелит алевритовый с модой в мелком алеврите, MPIA2 – миктит пелито-алевритовый с модой в мелком алеврите.

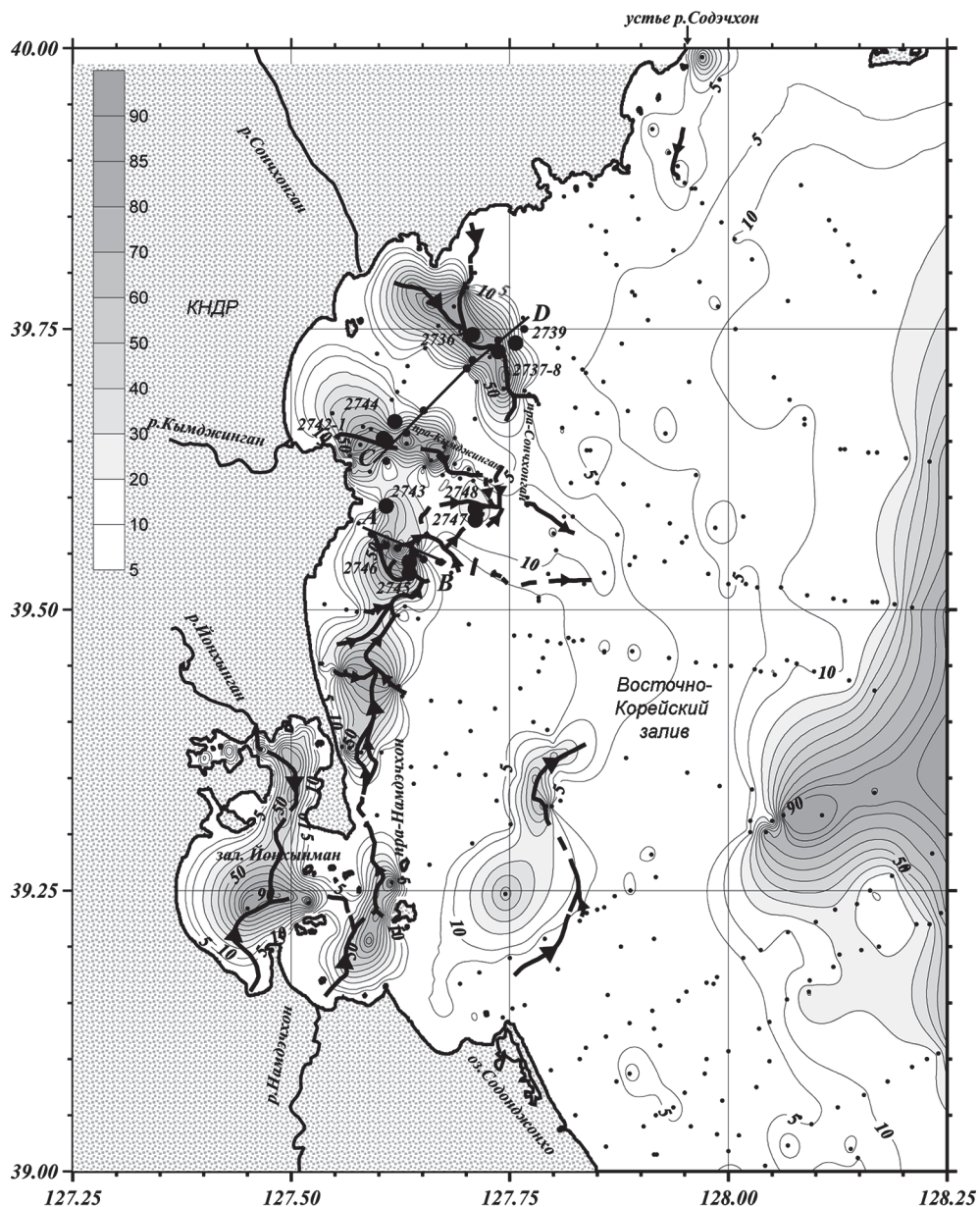


Рис. 4. Содержание нефелоидной (мелкоалеврит-пелитовой) составляющей в поверхностном слое донных осадков, в %.

РАН по пробам из остатков раковин двусторчатых моллюсков (табл. 2).

Выполненные палеонтологические исследования и радиоуглеродные определения (¹⁴C) позволили расчленить голоценовые отложения (среди которых выделены морские и лагунно-морские) на пять горизонтов, соответствующие пребореалу, бореалу, атлантику, суббореалу, субатлантику и современному периоду, то есть привязать их к хронологической схеме Блитта – Сернандера [16]. При этом под современным периодом мы понимаем,

Таблица 2. Данные результатов определения абсолютного возраста по ¹⁴C (УВР – лет тому назад).

Станции	Интервал (см)	Лаб. номер	Абс. возраст (УВР)
2737	30-40	ГИН-13281	1140 ± 60
2742	50-70	ГИН-13282	7000 ± 110
2743	20-40	ГИН-13283	5500 ± 110
2743	60-80	ГИН-13284	6570 ± 110
2743	90-100	ГИН-13285	6750 ± 130
2747	35-42	ГИН-13286	4440 ± 110
2747	120-130	ГИН-13287	7750 ± 110

согласно М.С.Троицкой [14], период, начавшийся 1000 лет назад.

В настоящей работе используются элементы экосистемного подхода при изучении современных и ископаемых флор и фаун континентального и морского генезиса. Основная идея, лежащая в основе экостратиграфических исследований, заключается в том, что если эволюция организмов и эволюция климата сопряжены между собой и представляют две стороны единого планетарного процесса, то эволюция палеоэкосистем или геосистем может выступать в качестве модели геологического времени. Поэтому основой для выделения экостратиграфических единиц является палеоклиматическая ритмика.

Наиболее четкую и долговременную палеоклиматическую ритмику удалось выделить в отложениях колонки 2747. Для этой колонки выделены хорошо коррелируемые между собой палинозоны, диатомовые и фораминиферовые экозоны, имеются радиоуглеродные датировки, охватывающие наиболее древние доступные горизонты. Поэтому мы считаем эту колонку эталонной. Сразу следует отметить, что аллювиальные осадки ни в одной из колонок не вскрыты.

Поскольку наиболее обоснованными и информативными операционными единицами являются диатомовые экозоны, то именно к ним были привязаны палинозоны и экозоны фораминифер (рис. 5).

Подобная работа для условий корейского побережья выполнена впервые. Все био- и экостратиграфические построения выполнены путем корреляций с хорошо изученными площадями и разрезами из других регионов Японского моря (прежде всего – залива Петра Великого). Палеогеографические реконструкции также сделаны на основе сопоставления с современными обстановками и их палео-аналогами, установленными для этих регионов.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ШЕЛЬФА ВОСТОЧНО-КОРЕЙСКОГО ЗАЛИВА

По характеру рельефа и условиям седиментации шельф Восточно-Корейского залива подразделяется на внутренний, средний и внешний [11]. Поскольку в публикации освещены только первые его две части, то ниже характеризуются именно они.

Внутренний шельф охватывает участок от побережья до глубины 35 м и характеризуется наличием современной седиментации. Поверхность его в прибрежной части неровная и покрыта псаммитами, в открытой части (где также развиты псаммиты) – волнистая (за счет песчаных валов), а в палеодолинах рек, где распространены пелитовые, алевроито-пели-

товые и пелито-алевритовые осадки, – ровная. Псаммиты отличаются высокой сортировкой, так как подвергаются постоянному волновому воздействию.

Средняя часть шельфа охватывает участок от 35 до 75 метров и представлена реликтовыми голоценовыми и, в меньшей степени, верхнеплейстоценовыми осадками. Поверхность её ровная и осложнена небольшими песчаными валами, палеодолинами рек и слабо выраженными перегибами (фрагментами древних береговых линий) на глубинах 35, 50 и 75 м. К этим перегибам приурочены отложения реликтовых фаций пляжа, реже – берегового склона, а мористее распространены реликтовые осадки фаций внутреннего шельфа. Современной седиментации здесь почти не происходит (кроме незначительного заиления), и только в днищах палеодолин распространены голоценовые осадки. Последние представлены тонкодисперсным материалом (с размером частиц менее 0.05 мм), который мы считаем нефелоидным. Предположительно, он в разное время (в основном, в пребореале и бореале) поступал по днищам долин из внутренней в среднюю часть шельфа, где образовывал своеобразные конуса выноса. Вне долин осадки до глубины 50–55 м подвержены периодическому штормовому воздействию.

Палеодолины на шельфе являются продолжением рек на суше: рр. Сончхонган и Кымджинган – на севере залива, Йонхынган и Намдэчхон – на юге залива. Опубликованная ранее схема палеодолин [3] в результате указанной выше ревизии материалов сохранила основные черты, но приобрела гораздо большее сходство с современными речными системами – хорошо прослеживаются меандры, многочисленные притоки и отчлененные параллельные русла, состоящие из извилистых западин, отделенных друг от друга перемычками.

Особенно важен для понимания седиментологических процессов тот факт, что все тальвеги долин не имеют постоянного продольного уклона, а включают в себя перемычки с превышениями более 5–10 м над средним профилем, что превращает днища долин в систему отдельных западин (рис. 2). Русла палеодолин обычно прослеживаются не далее изобаты 60 м. Вблизи современной береговой линии долины либо не выражены, либо имеют очень полого-вогнутый поперечный профиль (с уклонами 0.1° – 0.5°), который глубже 20–25 м становится круче (уклон бортов до 2° – 4°). Борты палеодолин имеют высоту от 7 до 22 м относительно тальвега (рис. 3).

Установлена конфигурация трех крестообразного сочленяющихся долин: они следуют с запада, северо-запада и юга и, соединяясь, образуют единую речную палеосистему (рис. 1).

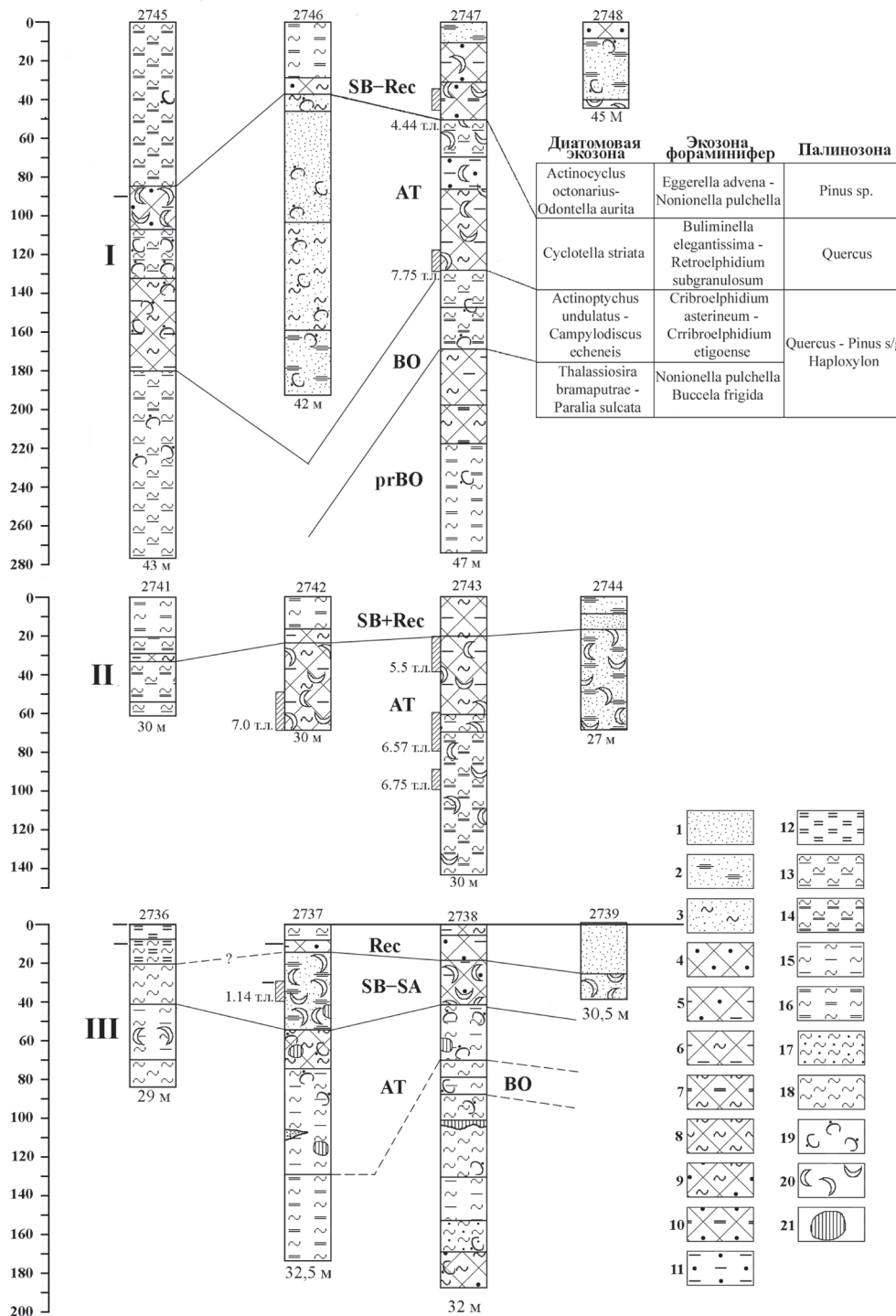


Рис. 5. Корреляция разрезов отложений голоценового возраста в пределах подводных долин на шельфе Восточно-Корейского залива

Типы осадков: 1 – мелкозернистые псаммиты; 2 – алевроитовые псаммиты; 3 – пелитовые псаммиты; 4 – миктиты псаммитовые; 5 – миктиты псаммито-алевритовые; 6 – миктиты алевроито-пелитовые; 7 – миктиты алевроито-пелитовые с модой в мелкоалевритовой фракции; 8 – миктиты пелитовые; 9 – миктиты пелито-псаммитовые; 10 – миктиты псаммито-алевритовые; 11 – алевроиты псаммитовые; 12 – мелкие алевроиты; 13 – 14 – алевроиты пелитовые: 13 – с модой в крупноалевритовой фракции; 14 – с модой в мелкоалевритовой фракции; 15 – пелиты алевроитовые; 16 – пелиты алевроитовые с модой в мелкоалевритовой фракции; 17 – пелиты псаммитовые; 18 – пелиты; 19 – примесь раковинного детрита; 20 – горизонты, насыщенные раковинным детритом; 21 – уплотненные глинистые обособления.

I – южный профиль, II – средний профиль, III – северный профиль.

С северо-запада на внутренний и средний шельфы протягивается на 25 км хорошо выраженная субширотная палеодолина р. Кымджинган (рис. 1, 2). Вблизи береговой линии она широкая (9.5 км – ширина самой долины и 3 км – ее днища) и пологая (крутизна склонов 0.2°). В месте своего окончания (на глубине 60 м) она узкая (3.5 км ширины при днище шириной 0.8 км) и тоже пологая (крутизна склонов 0.2° и 0.8° – соответственно, для левого и правого бортов), в середине она колеблется от 3.0 до 6.5 км при ширине плоского днища от 1.8 до 3.0 км. На большей части своей протяженности правый борт круче левого (0.6° – 2.0° против 0.2° – 1.4° , соответственно), но в самом центре, в изгибах русла, левый склон круче и достигает максимума в 4.0° (против значения 1.1° для правого).

Короткая (длиной не более 15 км) палеодолина, связанная с современной рекой Сончхонган, примыкает к вышеописанной с северо-запада, но отделяется от нее пологой плоской перемычкой. Современный профиль долины широкий (5.5–7.0 км ширины при ширине днища 4.0–5.5 км) и пологий (склоны близки по крутизне, при этом их наклоны составляют 0.1° – 1.5°).

С юга к палеодолине р. Кымджинган примыкает еще одна извилистая подводная палеодолина, которую можно связать с современным водотоком р. Намдэчхон. В своем начале она широкая (от 6.5 до 9.5 км при ширине плоского днища от 3.0 до 5.5 км), в центре при изгибах и вблизи своего окончания она местами сужается до 3.5–4.1 км при ширине днища 1.6–2.8 км. Эта палеодолина прослеживается в субмеридиональном направлении примерно на 55 км. В местах сужений левый борт круче правого (1.8° – 2.6° против 0.5° – 1.1° , соответственно), в остальных случаях левый борт, наоборот, положе правого (0.1° – 2.7° против, соответственно, 1.4° – 3.9°).

Палеодолины рек Намдэчхон и Сончхонган соединяются с палеодолиной р. Кымджинган через сложную систему западин и второстепенных русел; при этом на всем протяжении палеоформ в них отсутствует непрерывный продольный уклон. Такая сложная морфология, а также рельеф современной береговой полосы свидетельствуют о том, что на последнем этапе своего существования (при медленном подъеме уровня моря и, как следствие, уменьшении уклона русел и стока) течение пра-рек сначала приобретало субмеридиональное направление (отделяясь от моря вдольбереговым баром), а затем и вовсе прекращалось, превращаясь в систему вытянутых замкнутых озер, а потом и лагун. Подобные системы и сейчас можно обнаружить на географических

картах Кореи вдоль всего ее побережья. Примером может служить оз. Содонджонхо (рис. 2) и сопровождающие его более мелкие водоемы, которые в прошлом представляли водоток, на продолжении которого прослеживается в рельефе шельфа четвертая изученная палеодолина, не связанная непосредственно с предыдущими тремя. Эта узкая долина (шириной 3.5 км при днище шириной 0.9 км) и достаточно крутая (1.1° для левого борта и 2.5° – для правого) протягивается в северо-восточном направлении от упомянутого озера более чем на 30 км вплоть до изобаты 60 метров.

Таким образом, основной рельеф палеосети первоначально был сформирован деятельностью речных водотоков при низком положении уровня моря и усложнен формированием баров и перемычек морскими береговыми процессами при постепенном повышении уровня. Палеосеть сохранилась в рельефе благодаря защите от волнового разрушения бывшими барами (а ныне подводными грядами), а от заполнения – недостаточной для этого поставкой современными реками взвешенного материала и периодическим транзитом последнего на глубину. Отсюда и малая скорость осадконакопления, отмеченная во всех колонках.

Сеть реликтовых палеодолин на шельфе Восточно-Корейского залива не является уникальной. Аналогичные системы, в том числе содержащие илистые осадки, известны из многих районов мира [18–20].

ЛИТО-, БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ

Голоценовые отложения в палеодолинах представлены лагунно-морскими и морскими осадками и расчленены нами на пребореальные, бореальные, атлантические, суббореальные, субатлантические и современные.

Пребореальные отложения, согласно схеме Блитта–Сернандера, образовались 10300–9100 лет назад. Они вскрыты на ст. 2747 (глубина 47 м) под осадками бореального времени ниже 183 см от поверхности дна (рис. 2 и 5). В это время уровень Японского моря был на 35–36 м ниже современного [4, 14]. Конфигурация береговой линии Восточно-Корейского залива в пребореальное время подчеркивается 35-метровой изобатой и резко отличается от современной береговой линии (рис. 2). На месте палеодолины р. Намдэчхон находился почти полностью закрытый залив, в котором накопление осадков происходило в основном за счет поставки тонкого нефеловидного материала, выносимого р. Намдэчхон

(рис. 4), а также небольшого количества песчаного и крупноалевритового материала, поступающего со стороны шельфа через борта.

На ст. 2747, расположенной у выхода из этого залива (рис. 2), описываемые отложения представлены внизу интервала 183–275 см алевритовыми пелитами, а сверху – алеврито-пелитовыми микритами (рис. 5, I). Осадки темно-серые, средней плотности, с редкими обломками двустворок. Если следовать представлениям Г. Вишера [21], то графики распределения частиц по размерам для этих осадков в инт. 220–240 см состоят из трех компонент, отождествляемых им с крипом, сальтацией и суспензией (рис. 6 А), а в инт. 240–277 см только из двух – сальтации и суспензии (рис. 6 Б). На крип приходится частицы крупнее 0.5 мм, и они составляют 0.1 % от всей массы (скорее всего, это мелкие обломки раковин), на сальтацию – частицы от 0.5 до 0.05 мм (то есть, частицы от среднего псаммита до крупного алеврита), составляющие до 10 % от всей пробы. Вероятно, они поступали в древний залив, образованный на месте долины пра-Намдэчхон, с бортов последней за счет волнового донного влечения. Суспензия (частицы менее 0.05 мм) составляет 90–92 %, и она переносилась во взвеси. По-видимому, основная часть последней оседала на месте – в этом закрытом заливе, а другая их часть выносилась дальше – в среднюю зону шельфа и оседала в виде шлейфа нефелоидных отложений (рис. 1).

Эти осадки (ст.2747, инт. 275–183 см) выделены в диатомовую экозону *Thalassiosira bramaputrae*–*Paralia sulcata* (экозона фораминифер *Nonionella pulchella*–*Buccella frigida*, нижняя часть палинозоны *Quercus*–*Pinus s/g Haploxyton*), что соответствует пребореальному периоду голоцена (рис. 5). В комплексе диатомей преобладают эпифиты *Cocconeis pediculus* Ehr., *C. scutellum* Ehr., *Campylodiscus echeneis* Ehr., а также представители песчаных мелководий *Paralia sulcata* (Ehr.) Cl., *Diploneis smithii* (Breb.) Cl. и *Thalassiosira bramaputrae* (Ehr.) Nakansson et Locker. Комплекс диатомей характеризуется невысоким видовым разнообразием и отсутствием яркого доминирования, что характерно для нестабильных условий окружающей среды. В комплексе фораминифер отмечается бедность состава и отсутствие доминирования, что также связывается с нестабильностью условий окружающей среды и довольно сильным влиянием пресных вод. Состав диатомей свидетельствует о снижении солености до 28–25 ‰ (оптимальные условия для развития *Paralia sulcata* в области мелководий).

Для палинокомплекса I (интервал 275–183 см) характерно доминирование пыльцы деревьев и кустарников (47.0–67.0 %); содержание пыльцы трав (18.0–31.0 %) несколько превышает споровые (12.0–23.0 %). В первой группе доминирует пыльца листопадных деревьев (51.9–88.4 %), в основном за счет *Quercus* (24.0–43.0 %), *Alnus* (1.1–4.2 %), *Duschekia* (3.3–8.3 %), *Betula* (10.0–20.8 %), *Corylus* (5.0–12.4 %), *Juglans* (1.3–3.4 %), *Tilia* (0.4–2.0 %), единичны зерна *Ephedra*, *Ulmus*, *Fagus*, *Castanea*, *Carpinus*, *Myrica*, *Salix*, *Acer*, *Syringa*, *Cornus*, *Euonymus*. Причем количество пыльцы *Alnus*, *Duschekia*, *Betula*, *Corylus* и *Tilia* достигает здесь своих максимальных значений. Содержание пыльцы хвойных пород колеблется от 11.0 до 47.0 %, и представлена она зернами *Abies* (0.4–7.4 %), *Picea* (1.7–9.7 %), *Pinus* sp. (2.0–14.8 %) и *Pinus s/g Haploxyton* (возможно *Pinus pumila* (Pallas) Regel – 2.1–26.5 %). В группе трав доминирует пыльца Compositae (26.0–35.0 %), в основном за счет *Artemisia*; *Graminea* (0.8–31.6 %). Менее представительна пыльца Chenopodiaceae (2.1–4.4 %), Ericaceae (0.0–9.4 %), Umbelliferaceae (0.0–4.7 %), Urticaceae (0.0–5.6 %). В небольших количествах отмечена пыльца Caryophyllaceae, *Polygonum s/g Persicaria*, *Sanguisorba*, Leguminosae, *Euphorbia*, Liliaceae, *Polygala* и *Iris*. Необходимо отметить, что пыльцевые зерна *Sanguisorba*, Leguminosae, *Euphorbia*, Liliaceae и *Iris* встречаются только в данном палинокомплексе. Среди споровых преобладают представители семейства Polypodiaceae (94.0–99.0 %). Немногочисленны *Sphagnum* (до 2.0 %), *Lycopodium* (до 2.5 %) и представители *Osmunda* (до 3.0 %).

Характеризуя экологические структуры комплексов, можно сделать вывод о формировании пребореальных осадков в нестабильных опресненных мелководьях при температурных условиях несколько ниже современных. Судя по составу диатомей и фораминифер, оптимальная глубина их формирования составляла 20 м. Спорово-пыльцевой спектр отражает условия контраста температур зимнего и летнего периодов. Достаточно холодный зимний период, несмотря на довольно теплый летний, не позволял развиваться многим тепло- и влаголюбивым древесным формам. В это время на побережье были распространены листопадные леса, образованные дубом, березой, лещиной, ольхой и ольховником, орехом, липой и другими породами. Хвойные леса из разных видов пихт, елей и сосен занимали более высокий пояс в горах. Отдельные территории были покрыты луговой растительностью, состоящей из разных видов полыней, злаков и представителей разнотравья.

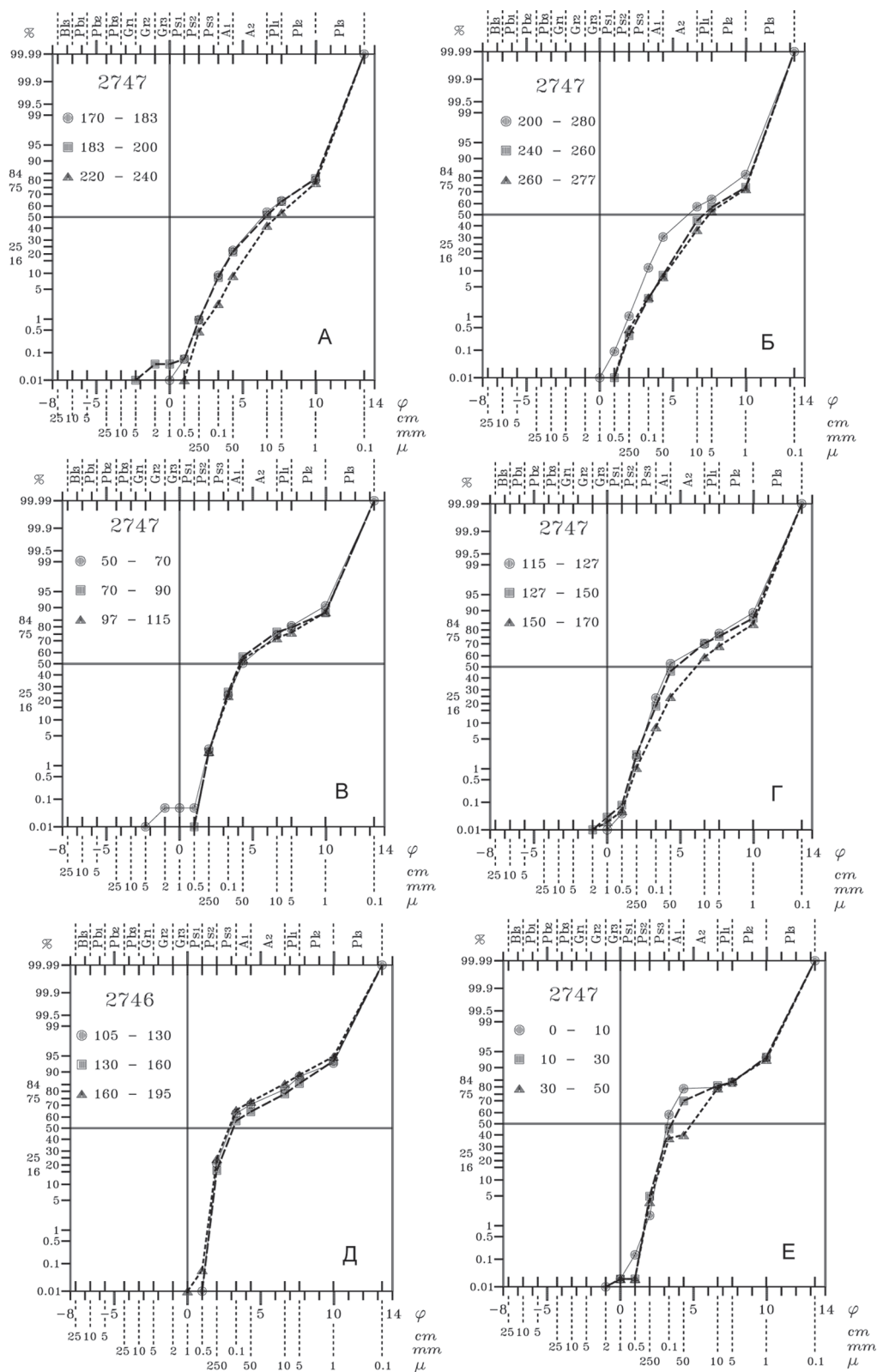


Рис. 6. Примеры распределения частиц по размерам для голоценовых отложений станций 2746 и 2747 (построены по методу Г. Вишера [21]).

Отложения: А и Б – пребореальные; Г – бореальные; В, Г, Д – атлантические; Е – от суббореальных до современных. На графиках в левом углу – номер станции и интервалы отбора проб в см. По оси абсцисс: сверху – размер частиц в единицах $\rho\mu$; ниже – размер частиц в мм; по оси ординат – процентное содержание (вероятностная шкала).

Преобладание тонкого нефелоидного материала в составе осадков (до 90–92 %) на ст. 2747 свидетельствует, что они накапливались в закрытом заливе за счет поставки его р. Намдэчхон. Об этом свидетельствует и богатый комплекс растительных остатков (спор и пыльцы), оседавших в спокойных условиях.

Бореальные отложения отлагались 9100–8800 лет назад. Как известно, после краткой фазы похолодания на границе пребореального и бореального периодов, при некотором потеплении происходит дальнейший подъем уровня моря до отметки 25 м ниже современного. Конфигурация береговой линии Вос-

точно-Корейского залива в это время заметно изменилась. На месте долин пра-Кымджинган и пра-Сончхонган образовались открытые заливы, а закрытый залив на месте долины пра-Намдэчхон также превратился в открытый (рис. 7).

Отложения этого времени вскрыты на месте долины пра-Намдэчхон на ст. 2747 в инт. 183–135 см и в этом же заливе, но несколько выше по руслу, на ст. 2745 в инт. 275–190 см под осадками атлантического времени (рис. 5, I, и рис. 7). Описываемые отложения представлены темно-серыми пелитовыми алевролитами средней плотности с редкими обломками раковин

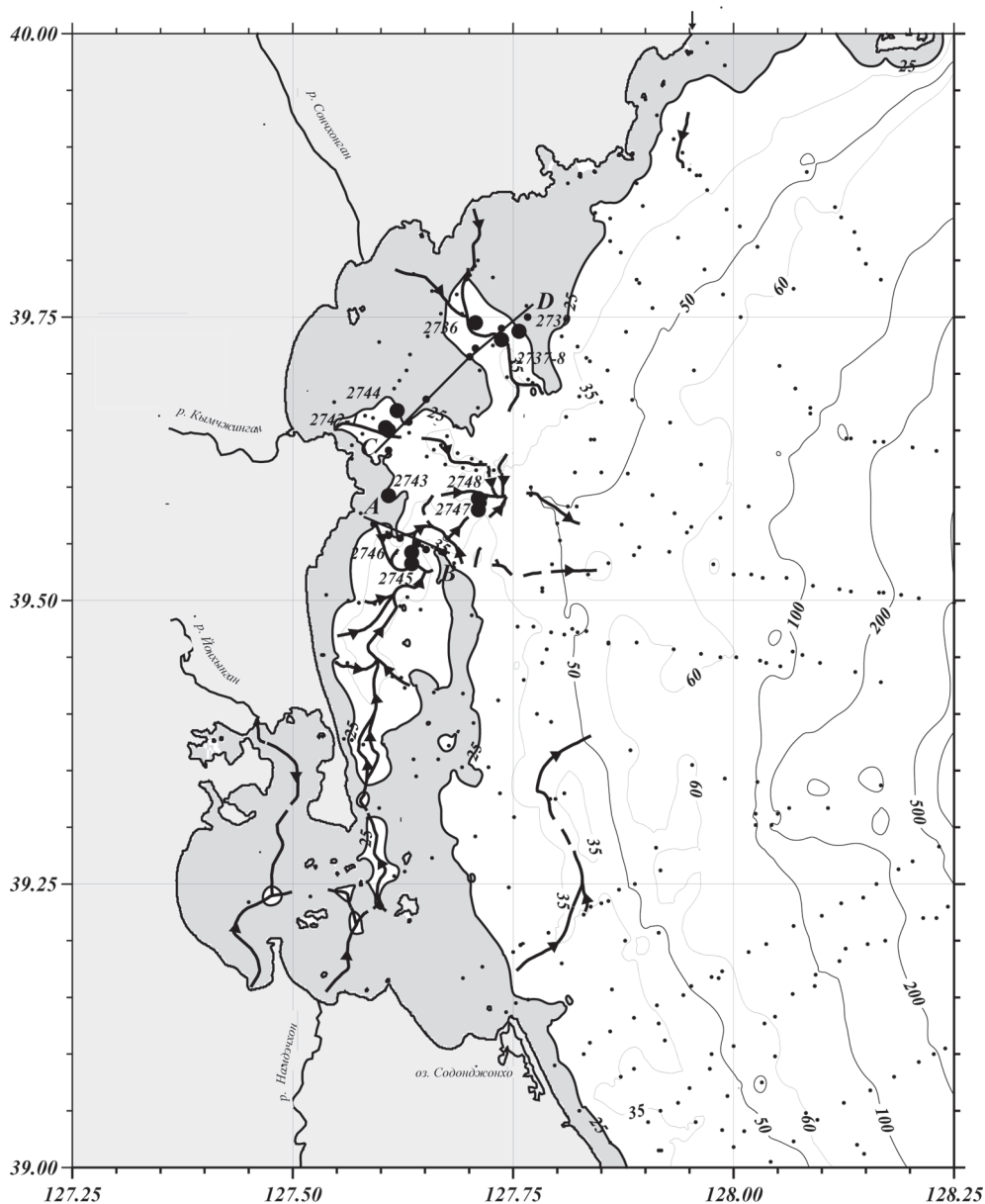


Рис. 7. Схема, показывающая положение береговой линии при понижении уровня моря на 25 м (бореальное время).

Береговая линия соответствует изобате 25м. Остальные условные обозначения см. на рис. 2.

двустворок. Графики распределения частиц по размерам для осадков этих двух станций в указанных интервалах состоят из трех компонент: крипа, сальтации и суспензии (рис. 6 Г и рис. 8 Г). На крип приходится около 0.1 %, и эти обломки представлены остатками раковин двустворок; на сальтацию – до 50 % осадка. Сложная форма графика отрезков популяции сальтации на ст. 2747 свидетельствует о сложном пути поставки песчаного и крупноалевритового материала с шельфа через борта долины при неоднократном штормовом взмучивании. Популяция суспензии (около 45–70% материала осадков) поставлялась рекой в виде нефелоидного материала.

Осадки со ст. 2747 (инт. 183–135 см) и коррелятные с ними отложения со ст. 2745 (инт. 275–190 см) объединены в диатомовую экозону *Actinoptychus undulatus*–*Campylodiscus echeneis* (экозона фораминифер *Criboelphidium asterineum*–*Criboelphidium etigense*, верхняя часть палинозоны *Quercus*–*Pinus* s/g *Haploxyton*). Эта зона соответствует бореалу. В комплексе диатомей в это время по-прежнему доминировали представители эпифитной флоры *Arachnoidiscus ehrenbergii* Bailey, *Campylodiscus echeneis* Ehr., *C. daemelianus* Grun., а также неритический вид *Actinoptychus undulatus* (Bail.) Ralfs (свидетель повышения уровня моря). Достаточно устойчивым является присутствие тепловодного вида *Navicula marina* Ralfs, что характерно для хорошо прогреваемых мелководий. В этих условиях развиваются фораминиферы *Criboelphidium asterineum* Troitskaja, *Criboelphidium etigense* (Husezima et Maruhasi), обычные представители современной фауны фораминифер южной части Японского моря.

В спорово-пыльцевых спектрах изменения происходят в сторону растущего преобладания древесной растительности, что характерно для бореального периода голоцена. Собственно рубеж кратковременного похолодания на границе пребореального и бореального периодов (9300 л.н.) явился границей для выделения нижней и верхней частей палинозоны *Quercus*–*Pinus* s/g *Haploxyton*.

Таким образом, изменение климатической обстановки (потепление с кратковременным похолоданием, ливневые дожди и тайфуны) способствовали выносу, наряду с тонким нефелоидным материалом, крупноалевритового и псаммитового вещества, о чем свидетельствуют графики гранулометрического распределения. Нефелоидная часть (около 50–70 %) осадка оседала, в основном, в образованных открытых заливах прибрежной части шельфа, а остальная его часть выносилась в среднюю часть шельфа и на материковый склон.

Атлантические отложения накапливались 8000–5000 лет назад. Они слагают преобладающую (по мощности) часть разрезов отложений палеодолин вблизи устьев рек, а также в прибрежной, внутренней и средней частях шельфа. По современным представлениям, атлантическое время характеризуется дальнейшим потеплением климата и продолжающейся трансгрессией, соответствующей климатическому оптимуму в послеледниковое время. В Восточно-Корейском заливе тогда формировался современный облик заливов и бухты. Равнинная прибрежная часть их оказывается под водой, а в ингрессионных участках рек формируются морские и лагунные отложения, кровля которых нередко обнажается в виде морских террас, что свидетельствует о положении уровня моря несколько выше современного. Для сравнения приведем побережье залива Петра Великого, где морские террасы этого времени слагают видимое основание высотой 3–5 м над современным уровнем моря, а воды Японского моря по долине р. Раздольной проникали вглубь суши на 20–36 км [10].

Для южной части Восточно-Корейского залива данные по отложениям этого времени частично опубликованы [12]. Нами изучены разрезы двух колонок, расположенных вне долин. Преобладающая часть этих разрезов представлена терригенными алевритовыми пелитами. Это сизовато- и темно-серые, неслоистые, однородные, мягкой и средней плотности, терригенные с биогенной примесью (диатомеями, спикулами морских губок и редкими толстостенными раковинами двустворок) осадки. Встреченная в них макрофауна представлена раковинами двустворчатых моллюсков: *Mya* (?) *elegans* (Eichwald), *Raeta pulchella* (Adams et Reeve), *Macoma orientalis* Scarlato, *Thyasira* sp. Данные виды являются обитателями мелководных (глубиной 10–12 м) защищенных заливов, бухт и лагун с соленостью 25–30 ‰. Изучение структуры осадков по графикам гранулометрического распределения показало, что образование зал. Йонхынган и заполнение его осадками происходило поэтапно. В начале атлантического времени, во время голоценовой трансгрессии, долины рр. Йонхынган и Намдэчхон (рис. 7) были затоплены морем, образуя при этом защищенный залив, отделенный перемычкой в виде песчаного вала от основной части Восточно-Корейского залива. Накопление осадков здесь происходило в основном за счет поставки тонкого материала во взвеси реками Йонхынган и Намдэчхон и частично за счет песчаного и крупноалевритового вещества со стороны шельфа во время штормов. На это указывает слабо выраженная трехкомпо-

нентная форма графиков, в которых преобладающая часть материала (93%) представлена пелитом и мелким алевритом (нефелоидным материалом). Затем, по-видимому, образовался бар, и залив превратился в полузакрытую лагуну (графики из трехкомпонентных стали почти однокомпонентными – угол между двумя популяциями очень пологий) [12].

В северо-западной части Восточно-Корейского залива отложения атлантического времени вскрыты во всех трех долинах, подтверждены абсолютными датировками (рис. 2; рис. 5, I, II; табл. 2) и коррелируются между собой по экзонам диатомей, фораминифер, спор и пыльцы (рис. 5). В долине пра-Намдэчхон они вскрыты на трех станциях.

На ст. 2747 в устье долины они представлены: внизу разреза (135–90 см) – алеврито-пелитовыми миктитами, а выше (90–42 см) – переслаивающимися псаммитовыми алевритами, пелитовыми алевритами и псаммито-алевроитовыми миктитами с ракушечным детритом по всему разрезу (рис. 5, I). Графики распределения частиц по размеру для нижней и верхней частей разреза осадков состоят из трех популяций и имеют сложную форму (рис. 6 В и Г). На популяцию крипа приходится около 0.1% и она, по-видимому, представлена ракушечными обломками; на популяцию сальтации, состоящую из псаммитовых и крупноалевроитовых частиц – около 50%. Псаммитовый и крупноалевроитовый материал приносился в эту часть залива во время штормов с бортов долины. Популяция суспензии (около 50%) состоит из нефелоидного материала, который выносился рекой пра-Намдэчхон, и имеет сложную форму графиков, свидетельствующую о неоднократном выпадении материала взвеси при взмучивании.

На ст. 2746 (глубина 42 м), расположенной несколько выше по руслу, отложения несколько иные. В своей нижней части (185–105 см) они представлены алевритовыми и пелитовыми псаммитами, а выше (105–42 см) – мелкозернистыми псаммитами и псаммитовыми миктитами. Осадки темно-серые, плотные, с ракушечным детритом, имеют двухкомпонентную форму графика и состоят, в основном, из псаммитовых и крупноалевроитовых частиц (до 90%), поступавших с бортов при волновой сальтации (рис. 6 Д, рис. 8 Б), и только 10% приходится на взвешенные частицы, приносимые рекой. Наконец, на ст. 2745, расположенной на отметке 43 м, описываемые отложения (инт. 190–85 см), особенно в их верхней части, близки к одновозрастным отложениям ст. 2747. В основании разреза они представлены алеврито-пелитовыми миктитами, а в верхней части разреза переходят в псаммито-алевроитовые миктиты. Графики рас-

пределения частиц по размерам для осадков станций 2747 и 2745 также сходны (рис. 6 Г и рис. 8 Е).

В долине пра-Кымджинган атлантические отложения вскрыты на станциях 2741–2744. На станциях 2742 и 2743 возраст их подтвержден абсолютными датировками (рис. 2; рис. 5, II; табл. 2). На ст. 2743 (инт. 20–145 см) вскрыта значительная часть (средняя и верхняя) отложений атлантического времени (рис. 5, II). В нижней части (инт. 60–145 см) они представлены пелитовыми алевритами серого цвета, полужидкими, с обломками и целыми раковинами моллюсков. В их составе преобладает мелкоалевроитовая и пелитовая фракции (60.5–66.7%), переносимая во взвеси. Графики распределения частиц по размерам состоят из двух компонент – сальтации и суспензии (рис. 8 А). На популяцию сальтации, которая переносится в волновом донном влечении, приходится около 40%, а популяция суспензии состоит из двух отрезков, что свидетельствует о взмучивании осадка, отложенного из взвеси (рис. 8 А). Верхняя часть разреза (20–60 см) состоит из алевритовых пелитов. Осадки серые, полужидкие, с раковинами моллюсков. Они накапливались в более спокойных условиях, чем таковые из нижней части разреза (рис. 8 Г). На станциях 2741 и 2742 отложения этого времени представлены алевритовыми пелитами и пелитовыми алевритами и отлагались в тех же условиях, что и на ст. 2743 (рис. 4, II). На ст. 2744 на этом же профиле (рис. 4, II) отложения атлантического времени вскрыты в борту долины пра-Кымджинган (рис. 3) и представлены плохо сортированными алевритовыми псаммитами с примесью обломков раковин моллюсков. В составе комплекса моллюсков встречены умеренно тепловодные виды: *Macoma orientalis* Scarlato, *Anisocorbula venusta* (Gould), *Patinopecten yessoensis* (Jay) и *Thracia kakumana* (Yokoyma), которые обитали в бухте или полузакрытом заливе с соленостью 18–25‰. Подобные виды встречены на ст. 2743, возраст осадков которых определен по ¹⁴C как атлантический. Графики распределения частиц по размерам состоят из трех компонент: крипа, сальтации и суспензии. На крип приходится 0.1% (представлен обломками раковин), на сальтацию – около 85% (представлена разнозернистым псаммитом и крупным алевритом, перемещавшимися в донном влечении), на суспензию – около 15%, причем эта составляющая состоит из двух отрезков, свидетельствующих о сложных условиях ее осаждения.

В долине реки пра-Сончхонган отложения описываемого времени вскрыты на станциях 2736–2739. Условия осадконакопления здесь были те же, что и в долине пра-Кымджинган (рис. 2 и рис. 5, II и III).

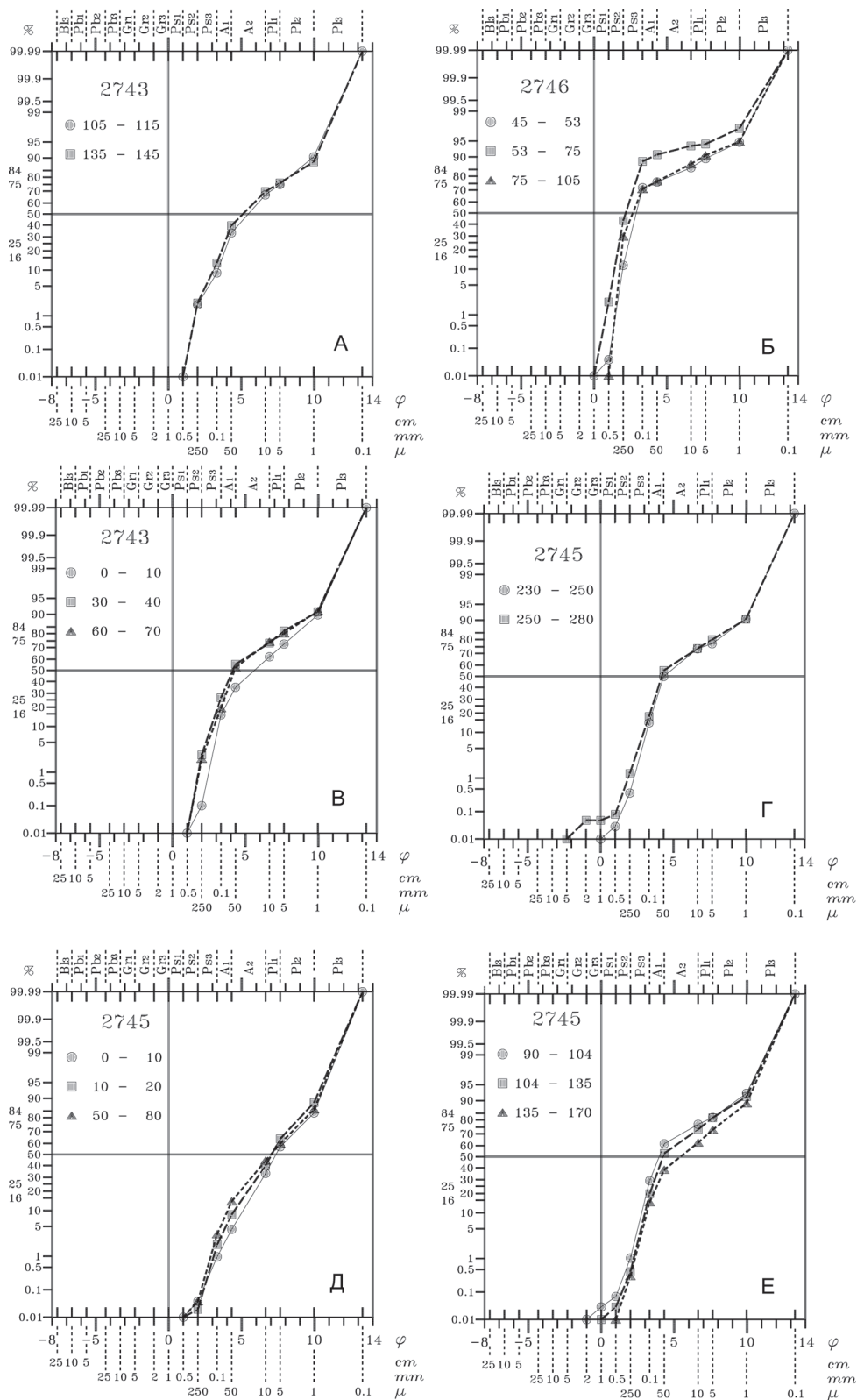


Рис. 8. Примеры распределения частиц по размерам для голоценовых отложений станций 2743, 2745 и 2746.

Отложения: А, Б, В, Е – атлантические; Г – бореальные; Д – от суббореальных до современных. Остальные условные обозначения см. на рис. 6.

Отложения, соответствующие атлантическому времени, на ст. 2747 (инт. 135–10 см) выделены в экозону *Cyclotella striata* (экозона фораминифер *Buliminella elegantissima*–*Retroelphidium subgranulosum*, палинозона *Quercus*) (рис. 5). Для комплекса диатомей характерно снижение общей численности эпифитных форм и появление субтропических и южно-бореальных планктонных видов *Cyclotella striata* (Kütz.) Grun., *Coscinodiscus asteromphalus* Ehr., *C. radiatus* Ehr., свидетельствующих об увеличении глубин формирования комплекса (около 50 м), чему не противоречит и облик комплекса фораминифер. В комплексе фораминифер преобладают *Buliminella elegantissima* (d'Orbigny), *Retroelphidium subgranulosum* (Asano), *Nonionella pulchella* Hada. Об увеличении глубин, несомненно, говорит рост численности *Buccella frigida* (Cushman) – вида, лимитированного прохладными водами на глубинах около 50 м.

Палинокомплекс II (интервал 135–10 см) характеризуется доминированием и еще большим увеличением содержания пыльцы древесно-кустарничковой группы (55.0–90.0 %), количество пыльцы трав понижается (27.0–11.9 %), но превышает участие спор (17.5–1.3 %). Участие пыльцы *Abies*, *Picea* и *Pinus* s/g *Haploxyton* постепенно сокращается до 3.0 %, но к верхней границе интервала вновь увеличивается до 22.0 %. Что же касается пыльцы *Pinus* sp., то ее содержание плавно увеличивается и к верхней границе интервала достигает 29.2 %. Среди листопадных деревьев увеличивается и достигает своих максимальных значений содержание пыльцы *Quercus* (53.6 %), в то время как участие пыльцы других пород падает и колеблется в пределах: *Alnus* (0.4–1.1 %), *Duschekia* (0.4–3.4 %), *Betula* (1.0–6.4 %), *Corylus* (1.1–4 %), *Juglans* (0.7–3.8 %), *Tilia* (0.4–1.1 %). Единичны пыльцевые зерна *Ephedra*, *Ulmus*, *Castanea*, *Carpinus*, *Salix*, *Acer*, *Syringa*. Травянистая группа менее разнообразна по сравнению с предыдущим палинокомплексом. Содержание пыльцы Compositae увеличивается до 65.4 %, а к верхней границе интервала сокращается до 22.4 %; Chenopodiaceae увеличивается до 11.5 %, а Graminea к верхней границе интервала постепенно сокращается с 17.0 до 0.0 %. Единичны *Polygonum* s/g *Persicaria*, Umbelliferaeae, *Typha*, *Polygala*. Среди спор существенных изменений не происходит.

Описанные выше комплексы микрофлоры и микрофауны сходны с комплексами, выделенными в колонках 2746 (185–40 см), 2745 (190–85 см), 2741 (70–30 см). Эти комплексы свидетельствуют об усилении роли влияния западной ветви Цусимского те-

чения, современном (или чуть выше) положении уровня моря, сглаживании контрастности зимнего и летнего муссонов при усилении интенсивности и продолжительности летнего. Об этом ярко свидетельствует влаголюбивый и теплолюбивый облик наземной флоры. В это время сокращаются площади, занятые хвойными лесами. В зоне листопадных лесов происходит замещение многих древесных пород разными видами дуба. Создаются наиболее благоприятные условия для развития этих лесов. Луговые сообщества сокращают свои площади, в них снижается общее разнообразие трав, но возрастает роль сложноцветных, маревых и злаковых. Высокая влажность этого периода обусловила увеличение речного стока, что отражено на появлении в комплексах диатомей пресноводных видов (до 23.4 %). Несомненно, что выделенные экозоны и палинозону следует отнести к атлантическому периоду голоцена, что не противоречит ряду радиоуглеродных датировок из колонок 2747 и 2743.

Суббореальные отложения отлагались 5000–2500 лет назад. Известно, что в это время климат был теплее по сравнению с атлантическим, а уровень моря, в целом, продолжал повышаться. На рубеже суббореала и субатлантика отмечается некоторое похолодание и регрессия моря. Для побережья северной Кореи сведений об отложениях этого времени на суши мы не имеем, но в Приморье, на западном побережье Амурского залива (нижнее течение р. Амба), суббореальные отложения найдены на берегу в 3–5 метровой террасе, где они представлены лагунными суглинками с прослоями песков [5].

Данные по отложениям этого возраста ранее уже публиковались [12] вместе с вышеприведенными данными по осадкам атлантического времени. Осадки этого района представлены темно-серыми неслоистыми алевритовыми пелитами, которые характеризуются трехкомпонентным графиком распределения зерен по размеру, имеющим сдвиг в сторону тонких частиц. Такие структурные особенности свидетельствуют об отсутствии изменений в условиях седиментации по сравнению с атлантиком и об аккумуляции в полужакрытой лагуне. В последующем обстановка изменилась, бар был частично размыт, и на месте лагуны опять возник защищенный залив с подводной перемычкой со стороны моря. Изучение микрофлоры показало, что численность диатомей и их видовое разнообразие в это время возросло. Характерной чертой является участие в экоструктуре диатомового комплекса субтропических и тропических видов. Основную роль в экоструктуре играют сублиторальные диатомеи умеренно-теплых вод с соленостью 25–30 ‰.

На севере Восточно-Корейского залива суббореальные отложения вскрыты в долине пра-Кымджинган на ст. 2747 (инт. 35–42 см), где их возраст по ^{14}C равен 4440 ± 110 лет (рис. 2; рис 5, I). Они представлены псаммито-алевритовыми микритами. Осадок серый, средней плотности, с раковинным детритом. На графике распределения частиц по размерам (рис. 6 E) на крип приходится менее 0.1%, и он представлен обломками раковин, на сольтацию – около 75 %, и эти частицы (песчаные и крупноалевритовые) соответствуют донному влечению (смыву реликтовых отложений с бортов палеодолины во время штормов). На суспензию приходится около 15 %, она приносилась во взвеси с берега р. Кымджинган.

Таким образом, накопление тонких нефелоидных осадков в это время происходило за счет поставки с берега, а смешанных псаммито-алевритовых осадков в долине пра-Намдэчхон (ст. 2747) – за счет двух процессов: размыва реликтовых отложений на шельфе и привноса тонкого материала с берега.

Нерасчлененные суббореальные, субатлантические и современные отложения имеют возраст моложе 5000 лет назад. Согласно известным представлениям о колебаниях положения береговой линии Японского моря, сначала уровень моря был на 3–5 м выше современного, а затем постепенно снизился до наблюдаемого сейчас уровня, в результате чего очертания побережья Восточно-Корейского залива приобрели современный облик.

Отложения этого времени залегают в долинах пра-Намдэчхон, пра-Кымджинган и пра-Сончхонган во внутренней и средней частях шельфа, где наращивают разрез атлантического времени (рис. 2 и рис. 5, I, II, III). Если на станциях 2745 и 2746, расположенных в углубленной части долины пра-Намдэчхон, отлагаются в основном тонкие мелкоалевритовые и пелитовые осадки, приносимые во взвеси с суши и составляющие до 80 % материала (рис. 8 Д), то на станциях 2747 и 2748, расположенных ближе к бортам палеодолины, накапливаются алевритовые псаммиты и псаммитовые микриты, то есть имеется значительная примесь частиц, переносимыми в придонном сольтационном влечении за счет поступления с бортов долины во время штормов (рис. 6 E). Подобная же картина поставки материала наблюдается и в подводных долинах пра-Кымджинган и пра-Сончхонган (рис. 5, II и III).

Исследования диатомей этой части разреза позволили отнести ее к экозоне *Actinocyclus octonarius*–*Odontella aurita* (экозона фораминифер *Egerella advena*–*Nonionella pulchella*, палинозона *Pinus sp.*). Она соответствует суббореал – современному време-

ни (рис. 5). В этой экозоне на ст. 2747 (инт. 10–0 см) комплекс диатомей характеризуется довольно высокой численностью неритических *Actinocyclus undulatus* (Bail.) Ralfs, *Paralia sulcata* (Ehr.) Cl. и эпифитов *Auliscus coelatus* Bailey, *Actinocyclus octonarius* Ehr. По условиям формирования комплекс диатомей отвечает глубинам 40–50 м, чему не противоречит комплекс фораминифер с доминированием *Egerella advena* (Cushman) и *Nonionella pulchella* Hada. Температурный режим поверхностных вод, а также циркуляция и векторы течений в этой части Японского моря приближены к современным. Наблюдается ослабление летнего муссона и увеличение контрастности температур по сравнению с зимним муссоном. Об этом достаточно четко свидетельствуют спорово-пыльцевые спектры. В палинокомплексе зоны *Pinus sp.* по-прежнему доминирует древесная группа (73.8–85.5 %), содержание пыльцы трав (11.0–15.5 %) близко к споровым (3.6–12.8 %). Среди хвойных сокращается участие пыльцы хвойных *Abies*, *Picea* и *Pinus s/g Haploxydon* до 5.7 %, но содержание пыльцы *Pinus sp.* возрастает до 72.9 %. Вверх по разрезу происходит постепенное сокращение пыльцы *Quercus* до 7.6 %, *Duschekia* до 0.0 %, *Betula* до 1.6 %, *Corylus* до 0.7 %, *Juglans* до 0.4 %, *Tilia* до 0.4 %. Единичны пыльцевые зерна *Ephedra*, *Ulmus*, *Castanea*, *Alnus*, *Carpinus*, *Carya*, *Salix*, *Acer*. Среди трав увеличивается содержание пыльцы *Chenopodiaceae* до 15.0 %, *Compositae* до 61.8 % и *Graminea* до 20.0 %. Встречаются единичные пыльцевые зерна *Caryophyllaceae*, *Ericaceae*, *Polygala*, *Typha*. В составе споровых преобладают представители семейства *Polypodiaceae* (81.8–95.7 %), исчезает *Sphagnum*. Описанные диатомовые, фораминиферовые комплексы и палинокомплексы сходны с аналогичными, выделенным в колонках 2746 (40–0 см), 2745 (85–0 см), 2741 (30–0 см), 2743 (20–0 см).

Современные отложения, согласно М.С. Троицкой [14], начали формироваться около 1000 лет назад. В Восточно-Корейском заливе они распространены в подводных долинах пра-Намдэчхон, пра-Кымджинган и пра-Сончхонган, заполняя переуглубленные их участки в виде тонкого (до 25 см) слоя, а также во внутренней и средней частях шельфа. Состав осадков показан на рис. 5, I, II, III.

На станциях 2385–2387 (вне долин) они представлены мелкозернистыми и алевритовыми псаммитами [11].

Пелитовые алевриты, алевритовые пелиты, алевритопелитовые микриты, реже мелкие алевриты по консистенции жидкие и мягкие (растекаются), плавунные, черного цвета (вероятно, за счет присутствия значительного количества полуразложившего-

ся органического вещества), с редкими обломками и целыми раковинами моллюсков. Графики распределения частиц по размерам в пелитовых алевролитах (ст. 2745, инт. 0–10 см) свидетельствуют, что материал на 95 % представлен мелким алевролитом и пелитом, перемещающимся во взвеси (рис. 8 Д).

Алевролитовые псаммиты, мелкозернистые псаммиты и плохо сортированные псаммитовые миктиты по консистенции полужидкие и мягкие, от темно-серого до черного цвета, иногда с обломками раковин двустворчатых моллюсков. На графиках гранулометрического распределения частиц (ст. 2747, инт. 0–10 см) на крип приходится менее 0.05 %, и он, по-видимому, представлен обломками раковин, на сольтацию – до 80%, и она представлена псаммитовыми и крупноалевритовыми частицами, перемещавшимися в донном влечении за счет поставки материала с открытой части шельфа через борта долины во время штормов. Популяция суспензии состоит из двух отрезков и свидетельствует о накоплении материала из взвеси при регулярном взмучивании (рис. 6 Е).

ОБСУЖДЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Комплексное лито- и биостратиграфическое изучение голоценовых осадков в палеодолинах на шельфе позволило оценить поставку терригенного материала во взвеси (нефелоидной составляющей) и в придонном влечении (песчаного и крупноалевритового материала), а также установить природные обстановки голоценового седиментогенеза.

В качестве нефелоидного рассматривается тонкодисперсный материал, поступающий с суши в море и находящийся в состоянии взвеси после прохождения зоны смещения речных и морских вод [2, 8, 17]. Его роль была в должной мере оценена только в последнее десятилетие, хотя еще в послевоенные годы Р. Бэгнольдом была создана первая теория взвесенесущего потока в углублениях рельефа дна, не потерявшая своего значения и сегодня [9].

На шельфе нефелоидный слой (как поверхностный, так и придонный) имеет мелкоалеврито-пелитовую размерность и представлен преимущественно обломочными (мелкий алевролит) и глинистыми (пелит) частицами, при этом мелкий алевролит тяготеет к источнику его поставки (к устьям рек).

Чтобы оценить конкретные способы и пути перемещения этих частиц в пределах шельфа Восточно-Корейского залива, была проанализирована схема процентного содержания в поверхностном слое осадков таких частиц, которые перемещаются только во взвеси (рис. 4). Оказалось, что основная доля та-

кого материала оседает в западинах палеорусел, сохранившихся на внутреннем и среднем шельфе от старой речной сети ледникового времени (обычно до 60-тиметровой изобаты) и являющихся продолжением современных русел рек. В аседиментогенных областях шельфа, где распространены реликтовые разнотернистые пески, тонкий нефелоидный материал практически не оседает. Максимальное его содержание составляет здесь первые проценты. Он проносится транзитом к бровке шельфа, и уже на материковом склоне образует еще одну область распространения.

Контур осадения взвеси, в целом, совпадает с контуром палеодолин. Это означает, что поставка нефелоидного материала происходит, главным образом, из придонного, а не поверхностного горизонта. Но концентрация такого материала в отдельных западинах свидетельствует о том, что интенсивность придонной поставки сейчас невелика, и в настоящее время отдельные участки долин работают только как ловушки, а не как транзитные сети. Главным образом, подобная ситуация имеет место в системе западин палеорусел Намдэчхон и Сончхонган. И только расположенное близко к склону и поперечное к нему русло р. Кымджинган иногда работает на сквозной транзит материала. Контур его осадения свидетельствует, что небольшая часть тонкого нефелоидного материала достигает материкового склона через каньоноподобное углубление на продолжении палеоруслу этой реки (рис. 4). При этом область осадения местами выходит за пределы палеоруслу. Это означает, что толщина придонного нефелоидного слоя бывает здесь больше глубины русла. Возможно, это происходит из-за пологих бортов долины.

Для современных отложений (с возрастом менее 1000 лет) было выполнено детальное изучение пространственно-временного распространения частиц фракций мелкого и крупного алевролита по отношению к пелиту. Оно показало, что мелкий алевролит, как и пелит, перемещается в придонном нефелоидном слое и концентрируется в центре западин, но большая его часть не доходит до материкового склона. Крупный же алевролит современного времени в руслах палеодолин присутствует в незначительном количестве, причем поступает с бортов палеодолин в русло, а не волочится по дну долины. Этим изучаемый регион резко отличается, например, от подводной дельты реки Раздольной (Амурский залив), где мелкий алевролит перемещается в поверхностном слое, а крупный – по тальвегу углубления, продолжающего наземное русло реки [15].

Из графиков распределения частиц по размеру следует, что самый верхний горизонт всех без исключения колонок с нефелоидными осадками резко обогащен мелким алевритом (почти до 100 % от всех частиц, которые можно сопоставить с частицами взвеси). В большинстве станций это обогащение сопровождается и увеличением общего содержания последних. На станциях 2736, 2737 и 2746 содержание этих частиц на 20–50 % выше, чем в нижележащем горизонте. Как следствие, и весь осадок в целом становится на этих горизонтах более тонкозернистым. При сопоставлении со стратиграфическими данными было установлено, что почти на всех станциях описываемый горизонт четко соответствует современным отложениям и суббореалу, и лишь на ст. 2747 он захватывает и верхнюю часть атлантика (верхние 80 см колонки). Наличие большой доли мелкого алеврита свидетельствует о большой интенсивности речной поставки взвеси в указанное время по сравнению с более ранними периодами.

Нефелоидные осадки древнее атлантика (там, где они известны) по статистическим параметрам не отличаются от осадков атлантика. На станции 2737 и, особенно на станции 2747, бореал (а на станции 2747 и пребореал) характеризуется увеличением доли мелкого алеврита среди всех частиц взвеси (которая, однако, не достигает современных содержаний). Значит, речной вклад также был больше в то время по сравнению с атлантиком (устья рек были ближе).

В пребореальное время, когда береговая линия была смещена на шельф на 35-ти метровую изобату, поставка нефелоидного материала с суши по долинам рек осуществлялась в закрытый залив и в открытую прибрежную часть шельфа (рис. 2). В закрытом заливе накапливалось до 90 % тонкого материала (рис. 6 Б), образуя приустьевой генетический тип нефелоидных осадков [7]. Оставшиеся 10 % образовывали транзитно-линейный тип и тип шлейфа заиливания (рис. 1). Нефелоидный материал, поступающий в открытую часть залива, проносился транзитом через аседиментогенную область шельфа и втягивался нисходящими потоками в вершину каньона, а затем уже в составе турбидитных потоков проносился к подножию материкового склона.

В бореальное время, когда береговая линия сместилась к 25-ти метровой изобате и на месте древних русел рек Сончхонган и Кымджинган образовались открытые заливы, а ранее закрытый залив бывшего палеоруслу пра-Намдэчхон тоже превратился в открытый залив (рис. 7), литологический состав осадков заметно изменился. Наряду с нефелоидным, во время тайфунов в значительном количестве (от 25 до

55 %) поступает путем придонного сольтационного влечения псаммитовый и крупноалевритовый терригенный материал, и доля нефелоидного материала при этом уменьшилась до 55–75 % (рис. 6 Г и рис. 8 Г). Часть нефелоидного материала выносилась в среднюю часть шельфа Восточно-Корейского залива и образовывала отложения транзитно-линейного генетического типа вместе со шлейфом заиливания (рис. 1).

В атлантическое и частично в суббореальное время, то есть в периоды значительного потепления и подъема уровня моря выше современного, а также при усилении влияния западной ветви Цусимского течения, высокой влажности, повышенном поступлении песчано-крупноалевритового материала и пониженом – тонкого нефелоидного, сортировка вещества почти отсутствует, и осадки как в средней части долины пра-Намдэчхон, так и в устьевой ее части представлены микритами. Значительная часть нефелоидного материала, по-видимому, образовывала транзитные придонные потоки вещества и выносилась по палеодолинам рек. Дальше нефелоидный материал устремлялся по тальвеговым к линейным понижениям открытой части Восточно-Корейского залива и выносился в изголовье каньона.

В современное время поступающий с суши по долинам рек нефелоидный материал распространяется не из поверхностного, а в основном из придонного горизонта и концентрируется в понижениях палеодолин рек, образуя так называемый, *приустьевой генетический тип нефелоидных отложений* [7] (рис. 4). *Транзитно-линейный* генетический тип и тип *шлейфа заиливания* среди нефелоидных отложений на современном шельфе практически не выражены. Они образовывались в более раннее время (в пребореале и бореале) при более низком уровне моря, когда береговая линия была смещена на шельф к 35-ти и 25-ти метровой изобатам. Тогда и зоны распространения транспортируемого материала с суши в виде взвеси и путем сольтации были иными (рис. 1).

Работа выполнена в рамках ФЦП “Мировой океан” и поддержана грантом РФФИ 04-05-64692.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.В., Лихт Ф.Р. Нефелоидный терригенный материал мелководной области моря. // Докл. РАН. 2000. Т. 370, № 2. С. 257–260.
2. Алексеев М.Н., Чистяков А.А., Щербаков Ф.А. Четвертичная геология материковых окраин. М.: Недра, 1986. 244 с.
3. Деркачев А.Н., Лихт Ф.Р., Марков Ю.Д. и др. Строение и состав четвертичных отложений // Геологическое строение западной части Японского моря и прилегающей суши. Владивосток: Дальнаука, 1993. С. 149–194.

4. Караулова Л.П. Палинологическое обоснование стратиграфии плейстоценовых и голоценовых отложений Приморья: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. М., 1974. 26 с.
5. Короткий А.М., Караулова Л.П. Новые данные по стратиграфии четвертичных отложений Приморья // Вопросы геоморфологии и четвертичной геологии юга Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 79–110.
6. Котельников Б. Н. Транспортировка обломочного материала – основной фактор в формировании структур песчаных осадков // Вестн. ЛГУ. Геология и география. 1974. Вып. 3. С. 35–39.
7. Лихт Ф.Р. Нефеллоидные отложения – индикаторы условий образования, геодинамических и минерагенических особенностей приконтинентальных бассейнов // Тихоокеан. геология. 2003. Т. 22, № 5. С. 13–22.
8. Лихт Ф.Р., Дударев О.В. Терригенный материал и рифовые экосистемы в седиментогенезе Сейшельской банки // Докл АН СССР. 1988. Т. 299, № 5. С. 1206–1209.
9. Лонгинов В.В. Очерки литодинамики океана. М.: Наука, 1973. 244 с.
10. Марков Ю.Д. Южноприморский шельф Японского моря в позднем плейстоцене и голоцене. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1983. 128 с.
11. Марков Ю. Д., Боцул А. И. Позднечетвертичные отложения Восточно-Корейского залива (Японское море) // Тихоокеан. геология. 2003. Т. 22, № 5. С. 39–50.
12. Марков Ю. Д., Пушкарь В. С., Черепанова М. В. и др. Литолого-фациальный состав и стратиграфия позднечетвертичных отложений юго-западного шельфа Японского моря // Прибрежная зона дальневосточных морей в плейстоцене. Владивосток: Дальнаука, 1988. С. 109–121.
13. Структура осадков и фации Японского моря. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1983. 288 с.
14. Троицкая Т.С. Миграционная последовательность комплексов бентосных фораминифер в голоценовых осадках Амурского залива (Японское море) // Среда и жизнь в геологическом прошлом. Новосибирск: Наука, 1974. Вып. 84. С. 30–40.
15. Уткин И.В. Компьютерная статистическая обработка данных по гранулометрии морских донных осадков для характеристики обстановок современного осадкообразования // Условия образования донных осадков и связанных с ними полезных ископаемых в окраинных морях. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 96–113.
16. Хотинский Н.А. Корреляция голоценовых отложений и абсолютная хронология Блитта–Сернандера // Голоцен. М.: Наука, 1969. С. 79–91.
17. Чистяков АА., Щербаков Ф.А. Современные представления о генетической классификации морских четвертичных отложений и возможности ее использования при геокартинировании дна материковых окраин. М.: ВИЭМС, 1983. 60 с.
18. Collins M. B., Ke X. -K., Gao S. Tidally-induced flow structure over intertidal flats // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 1998. V. 46, N 2. P. 233–250.
19. Liu J. P., Milliman J. D., Gao S. The Shandong mud wedge and post-glacial sediment accumulation in the Yellow Sea // Geo-Marine Letters. 2002. V. 21. P. 212–218.
20. Syvitsky J.P.M., Peckham S.D., Hilberman R.D., Mulder T. Predicting the terrestrial flux of sediment to the global ocean: a planetary perspective // Sedim. Geol. 2003. V. 162. P. 5–24.
21. Visher G.S. Grain size distributions and depositional processes // J. Sed. Petrol. 1969. V. 39, N 43. P. 1074–1106.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

*Yu.D. Markov, F.R. Likht, A.N. Derkachev, I.V. Utkin, A.I. Botsul, V.S. Pushkar,
Ye.D. Ivanova, T.A. Evstigneeva, G.A. Yevseev*

Sediments of the buried paleovalleys of the coastal part of the shelf of East Korean Bay as indicators of the Holocene paleogeographical environment

Within the buried paleovalleys of the coastal part of the shelf of East Korean Bay, the lithological composition and the stratigraphy of the finely dispersed deposits have been studied. The typical natural environment of recent nepheloidal near-continental sedimentogenesis corresponding to the near-mouth type has been established. It has been ascertained that two other nepheloidal environments (of alleviation apron and the transit linear type) are not characteristic for Recent time. Their formation was related to the paleoclimatic changes during the Holocene.

Key words: paleovalleys, nepheloidal deposits, East Korean Bay.