

ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ВОСТОЧНО-КОРЕЙСКОГО ЗАЛИВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Ю. Д. Марков, А. И. Боцул

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

Комплексное изучение позднечетвертичных отложений шельфа Восточно-Корейского залива позволило выявить древние береговые линии и приуроченные к ним фации пляжа и берегового склона, а мористее – фации приглубых частей шельфа. Фаунистически и абсолютными датировками определен возраст осадков залива. Установлено, что современная седиментация в заливе происходит главным образом во внутренней его части и на материковом склоне, а средняя и внешняя являются в основном зонами транзита. Данное обстоятельство подтверждает концепцию гляциоэвстатических колебаний уровня Японского моря в позднплейстоценовое и голоценовое время.

Ключевые слова: отложения шельфа; фации пляжа, берегового склона, приглубых частей шельфа; древние береговые линии, Восточно-Корейский залив.

ВВЕДЕНИЕ

В основу публикации легли литологические исследования, выполненные в 1990 г. на НИС "Базальт". Они явились продолжением работ, проведенных в предшествующие годы на НИС "Профессор Богоров" (1983 г.), "Бриг" (1987 г.) и "Базальт" (1989 г.) с целью комплексного изучения геолого-геофизических особенностей прибрежной зоны КНДР по программам "Седимент", "Мировой океан" и советско-корейской экспедиции "Геошельф". Частично полученные материалы были использованы при подготовке публикаций [1, 8], имевших определенную направленность. В данной работе на основе детальных исследований делается акцент на эвстатических колебаниях уровня моря и фациально-генетических характеристиках донных осадков, приуроченных к выделенным древним береговым линиям в Восточно-Корейском заливе.

Район исследования охватывает юго-западную часть шельфа Японского моря (Восточно-Корейский залив), где выполнено 9 литолого-геоморфологических профилей от прибрежной его части до материкового склона (рис. 1). По профилям отобраны пробы на 137 станциях. При проведении литологических исследований использовались традиционные методы, применяемые в морской геологии. Расчленение осадков на литологические (гранулометрические)

типы и фации выполнено на основе трехкомпонентной классификации, разработанной для Японского моря [9]. Минеральный состав осадков определен по классификации В.Д. Шутова [10] с подсчетом зерен в шлифах. Характеристика минерального состава приведена по станциям профиля А-Б. При стратификации осадков использованы материалы 16-го рейса НИС "Профессор Богоров" (1983 г.) по этому же профилю (А-Б). Микро- и макрофаунистические исследования и радиоуглеродные определения (¹⁴C) позволили расчленить отложения на морские и лагунно-морские верхнеплейстоценовые, нижнеголоценовые, средне-верхнеголоценовые, верхнеголоценовые и современные [6, 7]. Сопоставление по всем профилям фаций древних береговых линий различных уровней Японского моря (современного, на 35, 50–55, 75 и 120-метровой изобатах) позволило выполнить их корреляцию для всего Восточно-Корейского залива.

ЛИТОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ШЕЛЬФА

По характеру рельефа и условиям седиментации шельф разделен на внутренний, средний и внешний.

Внутренний шельф охватывает участок от побережья до глубины 35 м и характеризуется современными условиями седиментации. Поверхность его в прибрежной части неровная, волнистая (за счет пес-

чаных валов), в открытой части, где также развиты псаммиты, и в палеодолинах рек, где распространены пелитовые осадки, – ровная. Псаммиты здесь отличаются повышенной сортировкой и подвержены постоянному волновому воздействию.

Средняя часть шельфа охватывает участок от 35- до 75-метровой изобаты и представлена реликтовыми голоценовыми и в меньшей степени верхнеплейстоценовыми осадками. Поверхность её ровная и волнистая за счет мелких псаммитовых валов, с сохранившимися в рельефе дна древними палеодолинами рек и слабовыраженными перегибами на глубинах 35, 50, и 75 м. Эти перегибы представляют собой древние береговые линии, к которым приурочены отложения фаций пляжа, реже – фации берегового склона, мористее распространены осадки фаций внутреннего шельфа. Современной седиментации здесь почти не происходит (кроме незначительного заиления), широким распространением пользуются реликтовые отложения, и только в днищах палеодоллин развиты современные осадки. Последние представлены плавунными псаммитами и алевритами. Осадки до глубины 50–55 м подвержены периодическому штормовому воздействию.

Внешний шельф распространен от 75-метровой изобаты до его бровки и представлен также реликтовыми верхнеплейстоценовыми осадками. Здесь в осадки из взвеси частично поступает современный алевритовый и пелитовый материал (осадки несколько заилены), который затем придонными организмами (полихетами и двустворчатыми моллюсками) перемешивается, и отложения переходят в палимпсестовые. Особенно это относится к широкой части шельфа (рис. 1 и 2, профили I, II, III, V). Здесь уже на поверхности распространены только мелкозернистые псаммиты. Поверхность этой части шельфа ровная или слабоволнистая. Древняя береговая линия на 90-метровой изобате на пройденных профилях, как правило, не выражена или очень слабо заметна (профиль V).

Бровка шельфа в различных частях залива имеет неодинаковые глубины. На профилях I, II и III она приурочена к 180–190 м, на профилях IV, V и VI – к 125–140 м, а на профиле IX – к 110 м (рис. 1, 2). Такая разница в глубинах бровки шельфа по обе стороны каньона (с севера и юга) свидетельствует о тектоническом погружении одного из блоков его внешней части. На это указывают и различные глубины абразионной площадки, приуроченной к бровке шельфа, отвечающей древней береговой линии позднеюрмского (сарганского) времени около 18–20 тыс. лет на-

зад, располагавшейся в то время на одинаковых глубинах 120–130 м [5].

Материковый склон в своей верхней части до 500-метровой изобаты сравнительно крутой и до глубин 300–350 м сложен реликтовыми верхнеплейстоценовыми псаммитами, ниже – верхнеголоценовыми алевритами.

ВЕРХНЕЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ШЕЛЬФА

Они расчленены на верхнеплейстоценовые, нижнеголоценовые, ниже-среднеголоценовые, средне-верхнеголоценовые, верхнеголоценовые и современные.

Верхнеплейстоценовые морские отложения распространены во внешней части шельфа и на материковом склоне на глубинах 70–350 м (рис. 1, 2). У древней береговой линии на глубине 70–75 м почти на всех профилях (ст. 90Б10, 90Б28, 90Б52, 90Б88, 90Б89) они представлены осадками пляжа и зоны волнового воздействия. Это в основном среднезернистые, реже средне-крупнозернистые и мелкозернистые псаммиты. Мористее этой береговой линии (ст. 90Б30, 90Б53, 90Б54, 90Б67, 90Б68, 90Б86, 90Б87, 90Б132) распространены осадки зоны периодического штормового воздействия – как правило, мелкозернистые, реже мелко-среднезернистые псаммиты.

У бровки шельфа на абразионной площадке осадки состоят из нерасчлененных на фации мелкозернистых, реже алевритовых псаммитов (ст. 90Б14, 90Б34, 90Б35, 90Б56, 90Б57, 90Б64, 90Б65, 90Б83, 90Б84, 90Б132) и очень редко – мелко-среднезернистых псаммитов (ст. 90Б82). На материковом склоне это тоже, как правило, мелкозернистые и алевритовые псаммиты, обогащенные пелитовым материалом (ст. 90Б15, 90Б16, 90Б36, 90Б37, 90Б62, 90Б63, 90Б81), очень редко – мелко-среднезернистые псаммиты (ст. 90Б58).

Среднезернистые псаммиты зеленовато-серые, средне- и плохосортированные, с незначительной примесью пелитовых частиц. На ст. 2381 (здесь и далее профиль А-Б) (рис. 1, 3) на отметке -76,5 м по минеральному составу они относятся к граувакковым аркозам. Кварца в них 39,75 %, полевых шпатов – 37,37 %, обломков пород и темноцветных минералов – 22,88 %. В тяжелой подфракции крупноалевритовой фракции преобладают роговая обманка (42 %) и эпидот (25 %); моноклинного пироксена содержится 10 %, турмалина – 6 %, тремолит-актинолита и граната – по 5 % каждого, сфена и циркона – по 2 %, апатита, силлиманита и ильменита – по 1 %. Ниже по разрезу среднезернистые псаммиты замещаются

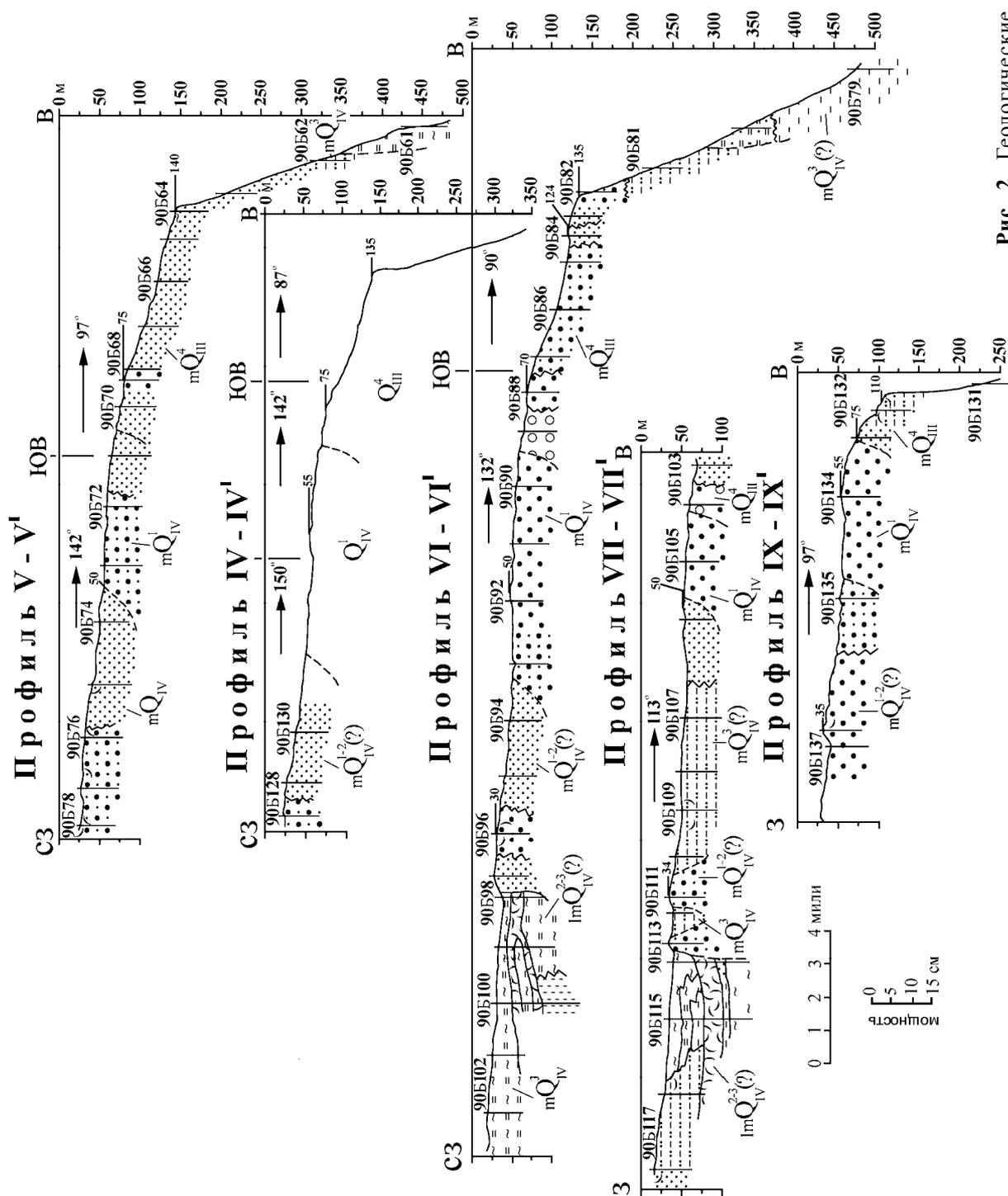


Рис. 2. Геологические разрезы верхнечетвертичных отложений по линиям профилей IV, V, VI, VII и IX (Восточно-Корейский залив).

Условные обозначения см. на рис. 1.

мелкозернистыми (рис. 3), которые отличаются от вышеописанных только размерностью частиц.

Преобладающая часть графиков логнормального распределения частиц средне- и мелкозернистых псаммитов на ст. 2381 состоит из двух популяций: сальтации и суспензии, причем каждой из популяций может соответствовать одна прямая (график двухкомпонентный) (рис. 4 Д, ст. 2381, инт. 160–170 см) или график состоит из нескольких прямых (рис. 4 Д, ст. 2381, инт. 10–20 см) и тогда приобретает сложную форму и приближается к прямой. Накопление таких осадков происходило при однонаправленном движении водного потока. Раковины моллюсков в осадках представлены *Mya elegans* (?), *Nuttalia petri* Bartsh, *Thracia kakumana* – обитателями открытых заливов. Возраст осадков в интервале 40–50 см – 11 400±110 лет (Ки-2299). Вероятно, осадки накапливались не на пляже, а на береговом склоне.

На ст. 2380 на отметке -91 м с поверхности и по разрезу до 130 см залегают мелкозернистые псаммиты, ниже они замещаются псаммитами алевритовыми. Мелкозернистые псаммиты зеленовато-серые, очень плотные, хорошо сортированные, с обильной макрофауной двустворчатых моллюсков. По минеральному составу они относятся к граувакковым аркозам. Кварца в них 34,66 %, полевых шпатов – 44,61 %, обломков пород и темноцветных минералов – 20,72 %. В крупноалевритовой фракции тяжелая подфракция представлена: роговой обманкой (39 %), эпидотом (23 %), ильменитом (10 %), гранатом (10 %), апатитом (5 %), турмалином (5 %), цирконом и сфеном (по 1 % каждый). Псаммиты алевритовые подобны мелкозернистым псаммитам. Графики логнормального распределения частиц как мелкозернистых псаммитов, так и псаммитов алевритовых состоят из четко выраженных 3 компонент, характерных для осадков, сформированных в зоне активного волнового воздействия (рис. 4 Е, ст. 2380).

Фауна моллюсков, встреченная в осадках, представлена видами: *Astarte borealis*, *Macoma lama* (Bartsch), *Spisula voyi* (Gabb), *Pandora pulchella*, *Thracia kakumana*, *Felaniella usta* (Gould). Все это обитатели холодных вод мелководных открытых заливов и бухт с глубинами 10–12 м. Вид *Peronidia lutea* (Wood), встреченный почти во всех горизонтах разреза, является обитателем волноприбойной зоны северных районов Японского моря. Возраст осадков нижней части разреза (ст. 2380, инт. 80–105 см) – 17 670±190–18 700±210 лет (Ки-2295 и Ки-2296), средней

(инт. 40–80 см) – 14 200±150–15 100±140, (Ки-2293 и Ки-2294) и верхней (инт. 10–40 см) – 13 100±105–13 800±120 лет (Ки-2291 и Ки-2292).

Таким образом, видовой состав двустворчатых моллюсков, их условия обитания и форма графиков распределения частиц в псаммитах свидетельствуют, что формирование толщи осадков происходило в прибрежной зоне открытого шельфа при небольших глубинах (10–12 м) в зоне активного волнового воздействия, а возраст осадков указывает на период позднеюрмского (сарганского) оледенения во время уже начавшейся трансгрессии Японского моря. Сложная форма графиков, характеризующих залегающие с поверхности осадки (рис. 4 Е, ст. 2380, инт. 10–20 см), скорее всего, отражает картину смещения среднезернистых псаммитов с мелкозернистыми при возможном перемещении осадков у бровки шельфа.

На ст. 2379 на отметке -123 м (бровка шельфа) залегают псаммиты алевритовые. Они зеленовато-серые, очень плотные, без гальки и гравия. По минеральному составу отвечают граувакковым аркозам. Кварца в них 38,17 %, полевых шпатов – 42,22 %, обломков пород и темноцветных минералов – 19,61 %. Графики распределения частиц осадков всего разреза состоят из трех компонент (рис. 4 Г, ст. 2379, инт. 0–10, 40–50 см) и характерны для отложений, сформированных в зоне постоянного волнового воздействия. Видимо, они накопились 18–20 тыс. лет назад, когда береговая линия была у бровки шельфа.

Нижнеголоценовые и нерасчлененные нижне-среднеголоценовые морские отложения повсеместно распространены в средней части шельфа и залегают сплошным чехлом на глубинах от 60–70 м до 30–35 м. Они пересечены всеми профилями и представлены у древних береговых линий (50–55 и 35 м), как правило, среднезернистыми, реже крупнозернистыми (ст. 90Б27) и средне-крупнозернистыми (ст. 90В51) псаммитами фаций пляжа и берегового склона, а мористее этих береговых линий – мелкозернистыми псаммитами фаций приглубых частей шельфа (рис. 1, 2).

По линии профиля А-Б (рис. 3) эти отложения установлены на ст. 2382–2384. На ст. 2382 среднезернистые псаммиты приурочены к четко выраженному перегибу на 55-метровой изобате. Они серые со слабым зеленоватым оттенком, хорошо промытые, в их составе преобладает среднепсаммитовая фракция. По минеральному составу псаммиты отвечают полевошпато-кварцевым грауваккам. Они состоят из кварца (48,98 %), полевых шпатов (26,72 %), обломков пород

Профиль А - Б

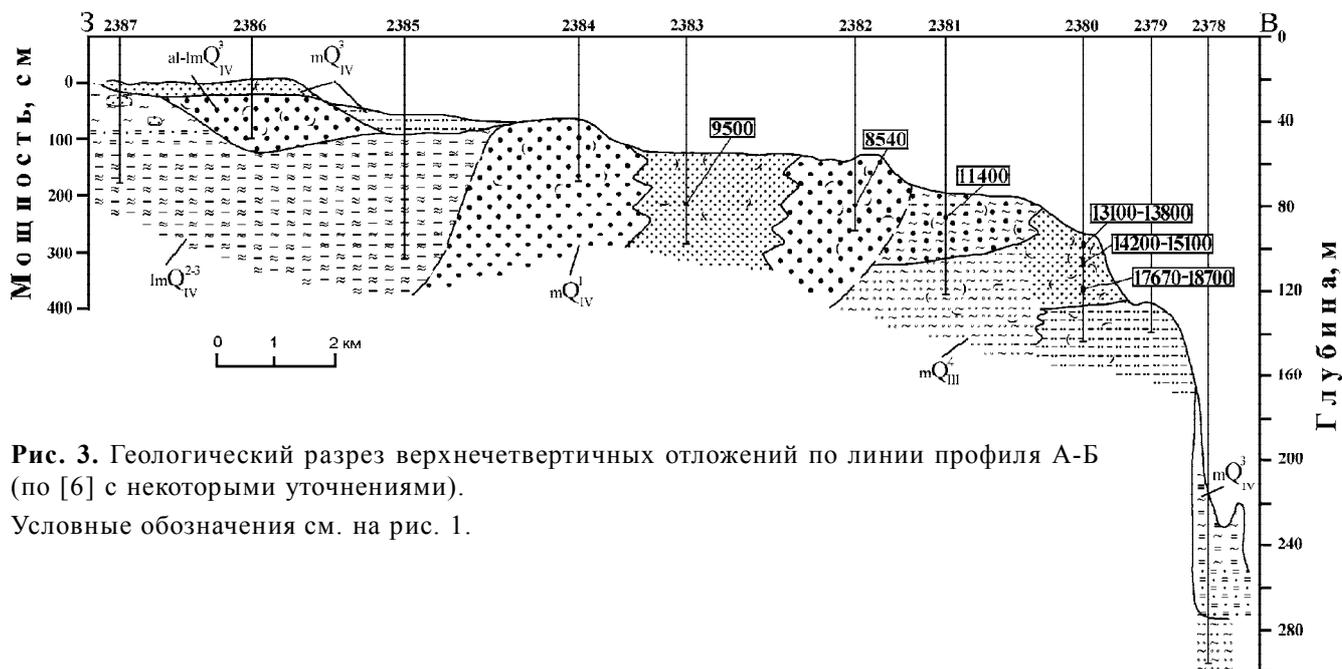


Рис. 3. Геологический разрез верхнечетвертичных отложений по линии профиля А-Б (по [6] с некоторыми уточнениями).

Условные обозначения см. на рис. 1.

и темноцветных минералов (27,30 %). В тяжелой подфракции крупноалевритовой фракции преобладают амфиболы (45 %), эпидота в ней 20 %, граната – 18 %, турмалина – 3 %, актинолит-тремолита, циркона, сфена, ильменита – по 2 % каждого, марказита и лейкоксена – по 1 %.

Графики логнормального распределения частиц среднезернистых псаммитов всего разреза двухкомпонентные (рис. 4 Д, ст. 2382, инт. 80–90 и 0–10 см). Они состоят из популяций сальтации и суспензии, причем на популяцию сальтации приходится 97–98 % всего состава осадка, т. е. псаммиты хорошо отсортированные. Такая форма графиков, по Г. Вишеру [12], характерна для аллювиальных отложений, а также для морских отложений приглубой части шельфа [5]. По всему разрезу в осадках встречены единичные экземпляры, а в интервале 80–90 см – скопления раковин двустворчатых моллюсков двух видов: *Mya elegans* (?) и *Thracia kakumana* – обитателей как прибрежной зоны, так и открытого шельфа. По-видимому, описываемые псаммиты представляют собой почти не переработанные дельтовые отложения.

На ст. 2384 на 45-метровой изобате псаммиты также среднезернистые, они подобны вышеописанным на ст. 2382, но по минеральному составу отвечают граувакковым аркозам. Кварца в них 36,09 %, полевых шпатов – 45,60 %, обломков пород и темноцветных минералов – 18,31 %. Графики логнормаль-

ного распределения частиц преобладающей части разреза (ст. 2384, инт. 20–103 см) также состоят из двух компонент (популяции сальтации и суспензии, рис. 4 В, ст. 2384, инт. 20–30 и 80–90 см). На популяцию сальтации в них приходится 95–98 % состава осадков, они тоже хорошо отсортированные. Такая форма графиков, как указывалось выше, характерна для аллювиальных отложений и для морских отложений зоны периодического штормового воздействия (приглубой части шельфа). Только самая верхняя часть разреза отложений (инт. 0–10 см) характеризуется трехкомпонентной формой графика (рис. 4 Г, ст. 2384, инт. 0–10 см), типичной для пляжевых отложений и зоны активного волнового воздействия. Фауна двустворчатых моллюсков в них представлена толстостенными раковинами одного вида *Peronidia lutea* (Wood) – обитателя волноприбойной зоны северных районов Японского моря.

Таким образом, можно предположить, что разрез пляжевых псаммитов древней береговой линии, отвечающей началу голоценовой трансгрессии, образован за счет дельтовых отложений рек Намдэчхон и Йонхынган, причем подавляющая часть разреза в зоне пляжа, по-видимому, не подверглась волновой обработке и была сразу захоронена, и только самые верхи разреза хорошо переработаны волновыми процессами.

На ст. 2383 отложения представлены мелкозернистыми псаммитами. Они зеленовато-серые, значи-

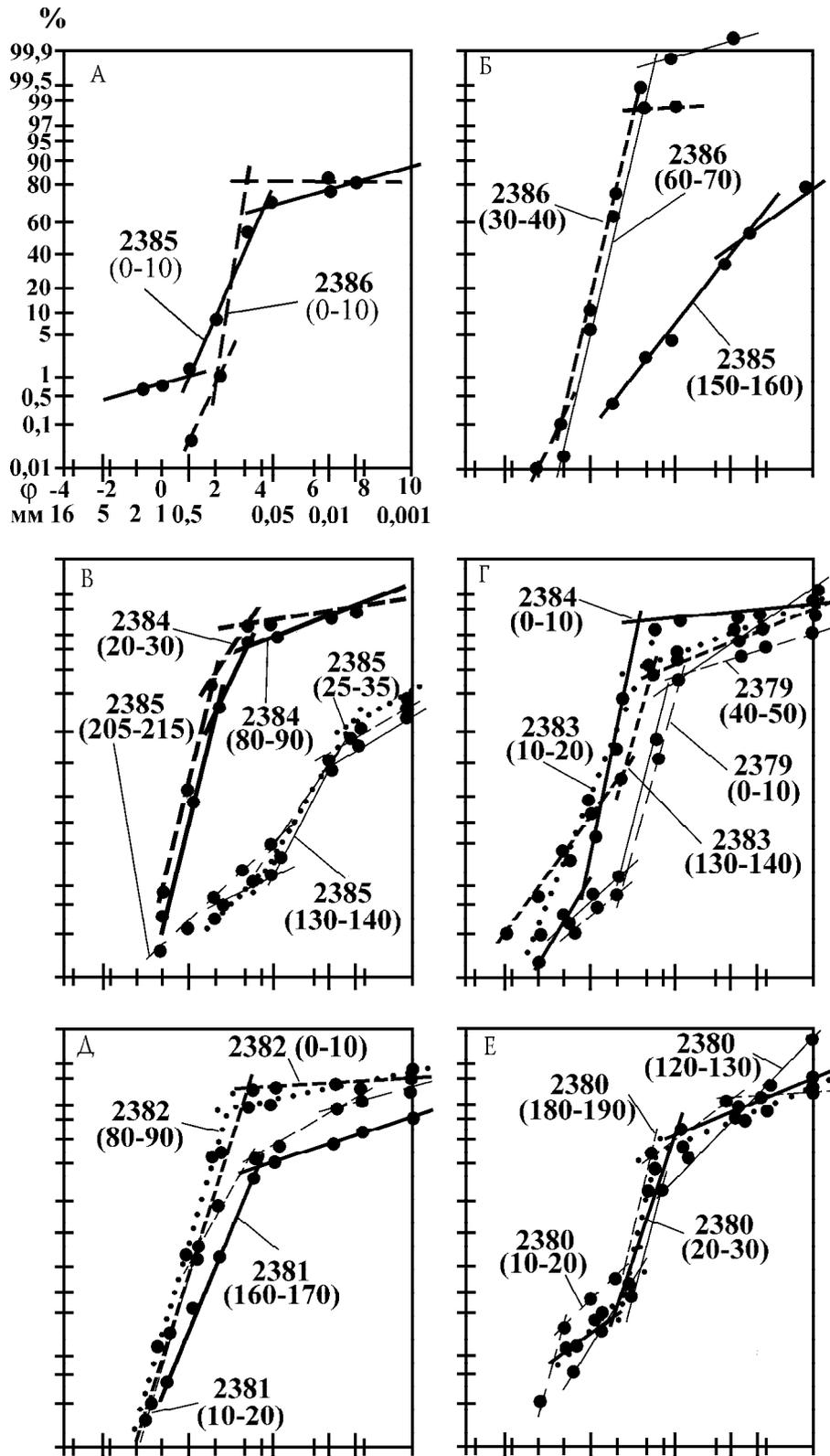


Рис. 4. Примеры логнормального распределения частиц различных фаций верхнеплейстоценовых и голоценовых отложений.

По оси абсцисс – размер частиц в φ-единицах (верхняя строка), в мм (нижняя строка); по оси ординат – частота встречаемости, вероятностная шкала в %. В скобках – интервал отбора проб в см.

тельно хуже отсортированные, чем среднезернистые пляжевые псаммиты ст. 2384. По минеральному составу они также отвечают граувакковым аркозам. Кварца в них 40,19 %, полевых шпатов – 36,19 %, обломков пород и темноцветных минералов – 23,61 %. Минералогический состав тяжелой подфракции и процентное соотношение этих компонентов примерно такое же, как для среднезернистых псаммитов.

Графики логнормального распределения частиц свидетельствуют, что сначала толща осадков формировалась в зоне постоянного волнового воздействия – графики трехкомпонентные (рис. 4 Г, ст. 2383, инт. 130–140 см), затем – в зоне периодического штормового воздействия – графики двухкомпонентные (рис. 4 Г, ст. 2383, инт. 10–20 см). Это, по-видимому, произошло после некоторого подъема уровня моря и установления его береговой линии на глубинах, отвечающих началу голоценовой трансгрессии. На это указывает и фауна моллюсков, раковины которых обнаружены в различных частях разреза осадков на станции: *Mya japonica* (?), *Crassostrea gigas* (Thunberg), *Felaniella usta* (Gould). Перечисленные виды являются обитателями открытых заливов и бухт.

Нерасчлененные средне-верхнеголоценовые морские отложения условно выделены на профилях I, II и III (рис. 1). Они развиты во внутреннем шельфе и распространены от прибрежной его части до 35-метровой изобаты. На глубинах 20–25 м они представлены среднезернистыми псаммитами (ст. 90Б19, 90Б40, 90Б41), которые мористее фациально замещаются мелкозернистыми и алевритовыми псаммитами (ст. 90Б1, 90Б20, 90Б42–90Б44).

Среднезернистые псаммиты желтовато-серые, аркозовые, хорошо перебитые (подвержены постоянному волновому воздействию), с раковинным детритом, с единичной галькой. Мелкозернистые и алевритовые псаммиты отличаются от среднезернистых только размерностью частиц и их процентным соотношением.

Нерасчлененные средне-верхнеголоценовые лагунно-морские отложения установлены в зал. Йонхынман (профиль А-Б) и в бух. Хамхынман (профили VI, VII). Под современными морскими и верхнеголоценовыми дельтовыми отложениями, они выполняют полузакрытые (?) заливы, существовавшие в средне-позднеголоценовое время на месте палеорусел рек.

На профиле А-Б отложения вскрыты на станциях 2385 и 2387 на глубине до 2,2 м и представлены на ст. 2387 внизу разреза пелитами алевритовыми, в

средней части – алевритами псаммитовыми, а сверху разреза – пелитами; на ст. 2385 – пелитами алевритовыми (рис. 3). Пелиты темно-серые до черных, терригенные, очень однородные, тугопластичные, плотные, с линзочками (1–3 мм) и гнездами (до 3 см) мелкозернистого пелитового псаммита. Алевриты псаммитовые, в отличие от пелитов, – средней плотности, обогащены слюдой и содержат до 20 % псаммитовых и 50–60 % алевритовых зерен.

Пелиты алевритовые слагают преобладающую часть разреза (на ст. 2385 вскрыты на 2,2 м, на ст. 2387 – на 0,95 м), они серых тонов, однородные, от мягких сверху разреза до очень плотных в его нижней части, терригенные. Из аутигенных минералов присутствует марказит. Биогенный материал представлен диатомеями и кремнистыми спикулами, а также редкими тонкостенными раковинами двустворок.

Изучение структуры осадков всего разреза лагунно-морских отложений на ст. 2385 по графикам логнормального распределения частиц показало, что образование залива и заполнение его осадками происходило поэтапно. Вначале, во время голоценовой трансгрессии, долина рек Намдэчхон и Йонхынган, существовавшая на месте зал. Йонхынман во внутренней части шельфа, была затоплена морем и образовался защищенный залив. Накопление в нем осадков происходило в основном за счет поставки материала во взвеси реками и частично псаммитового и крупноалевритового со стороны моря во время приливов. На это указывает слабовыраженная трехкомпонентная форма графиков (рис. 4 В, инт. 205–215 см), в которых преобладающая часть материала (93 %) представлена пелитом и мелким алевритом. Затем, по-видимому, образовался бар, и залив превратился в полузакрытую лагуну (графики из трехкомпонентных стали почти однокомпонентными – угол между прямыми двух популяций очень пологий – рис. 4 Б, инт. 150–160 см). В последующее время бар был частично размыт, и на месте лагуны опять возник защищенный залив с существовавшей подводной перемычкой со стороны моря (рис. 3). Формирование осадков происходило за счет поставки материала реками и незначительного привноса во время штормов и приливов. Графики распределения частиц этих осадков состоят из трех компонент (рис. 4 В, инт. 130–140 и 25–35 см) и, в отличие от трехкомпонентных графиков осадков прибрежной зоны шельфа, сдвинуты вправо.

Раковины двустворчатых моллюсков, встречающиеся в осадках, представлены видами *Mya ele-*

gans (?), *Raeta pulchella*, *Macoma orientalis* Scarlato, *Thyasira* sp. Приведенные виды являются обитателями мелководных (глубиной 10–12 м) защищенных заливов, бухт и лагун с соленостью 25–30 ‰. На это указывает и изученный комплекс диатомей на ст. 2385. В интервале 227–240 см встречены редкие створки *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, *Actinoptychus splendens*, *Campylodiscus daemelianus* – умеренно тепловодных представителей флоры. Наибольшую численность имеют солоноводные *Diploneis smithii* (8 ‰). Выше по разрезу (инт. 227–130 см) численность диатомей и их видовое разнообразие возрастают. Характерной чертой комплекса является участие в его экоструктуре видов субтропических и тропических зон [6]. Из северобореальных диатомей высокой численности достигает *Peralia sulcata* (14 ‰), которая обычна для вод с соленостью 28 ‰.

В интервале осадков 130–55 см вновь отмечается исчезновение тепловодных диатомей, а основную роль играют холодноводные *Diploneis smithii* (7–8 ‰). Появляются пресноводные *Pinnularia*, *Navicula*, *Cosconeis*. Интервал 99–55 см вообще лишен остатков диатомей.

Верхняя часть разреза лагунно-морских осадков содержит довольно богатые комплексы диатомовой флоры. В интервале 55–25 см отмечается появление многих тепловодных форм *Coscinodiscus*, *Diploneis*, *Navicula*, а начиная с 25 см и до верха колонки осадки наполнены створками (до 20 млн/г осадка). Здесь встречены *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* (10 ‰), *Actinoptychus undulatus* (11 ‰), *Campylodiscus echeneis* (9 ‰), *Cyclotella striata* (7 ‰), *Coscinodiscus perforatus* (4 ‰), *C. radiatus* (4 ‰), *Diploneis bombus* (7 ‰), *D. smithii* var. *rombica* (17 ‰), *Navicula palpebralis* (11 ‰). Это представители теплых вод [6]. Аналогичные комплексы характерны для вод южных сублиторальных зон Японского моря с соленостью 28–30 ‰.

Подобная сукцессия диатомей отвечает ритмике климатических изменений второй половины голоцена. Самый теплый комплекс (инт. 227–130 см) отвечает суббореальному периоду. Следовательно, подстилающий комплекс с холодноводной флорой относится ко времени резкого похолодания между атлантиком и суббореалом. Венчающие разрез два комплекса соответствуют субатлантическому этапу голоценовой истории, причем нижний (инт. 130–55 см) с резкими холодноводными диатомеями формировался во время раннесубатлантического похолодания. Появление пресноводных диатомей в холодных комплексах и солоноводных *Diploneis* и *Cosconeis* свиде-

тельствует о близости береговой линии (как следствие понижения уровня моря и базиса эрозии) и о снижении солености ниже 20 ‰. В теплые эпохи соленость повышалась до 30 ‰, что соответствует солености современных вод этого региона [6].

На профилях VI и VII (рис. 2), описываемые отложения установлены на ст. 90Б98-90Б100 и 90Б114, 90Б115. Здесь они также залегают под современными морскими осадками, выполняя древние палеодолины рек. Образование ингрессионных заливов в палеодолинах рек Сончхонган (пр. VI) и Кымджинган (пр. VII) и формирование осадков в них происходило, по-видимому, в условиях, сходных с условиями зал. Йонхынман (пр. А-Б). По линии профиля VI в нижней части разреза на ст. 90Б98 и 90Б99 они представлены алевроитами пелитовыми (возможно пелитами), на ст. 90Б100 – микритами; в верхней части разреза на ст. 90Б99 и 90Б100 – двумя горизонтами ракушняка с прослойками псаммитов, алевроитов и пелитовых алевроитов, а на ст. 90Б98 – одним горизонтом ракушняка, сменяющихся выше по разрезу мелкозернистыми псаммитами. По линии профиля VII в основании разреза залегают пелиты (ст. 90Б114 и 90Б115), а в верхней части – горизонт ракушняка с псаммитовым заполнителем.

Алевроиты пелитовые – темно-серые до черных (за счет значительного содержания органического материала), терригенные, пятнистые, плотные, участками со следами оползания, иногда с прослойками пелитов и мелких алевроитов, местами с ракушечным тонкостенным детритом. Аутигенные образования в них представлены гидроксидами железа и марказитом; из биогенных присутствуют диатомеи, кремневые спикулы, растительные остатки и пыльца. Микриты отличаются от алевроитов пелитовых несортированностью материала, присутствием псаммитовых зерен. Ракушняки состоят из битых и целых раковин двустворчатых моллюсков и залегают в виде прослоев (5–12 см) среди пелитов или в верхней части разреза.

Итак, в образованных на месте древних палеодолин ингрессионных заливах в среднем и позднем голоцене формировалась толща лагунно-морских осадков за счет поставки реками во взвеси пелитового и алевроитового материала. Образование же горизонтов ракушняка связано с некоторыми останковками или кратковременными отступлениями моря при продолжающейся общей трансгрессии Японского моря.

Верхнеголоценовые дельтовые отложения вскрыты под современными отложениями по линии

профиля А-Б на ст. 2386 (рис. 3). Они представлены среднезернистыми псаммитами, которые залегают в виде линзы мощностью около 1 м и отвечают по составу граувакковым аркозам. В нижней части (инт. 60–91 см) они почти не переработаны волновыми процессами, хотя и содержат до 20 % раковин двустворчатых моллюсков. Графики логнормального распределения их частиц состоят из двух компонент – сальтации и суспензии – и характерны, по Г. Вишеру [12], для аллювиальных отложений (рис. 4 Б). В их составе совершенно отсутствует пелитовый материал и преобладает среднепсаммитовая фракция (до 60 %). Тяжелая подфракция по составу и процентному содержанию темноцветных и устойчивых минералов подобна таковой в современных морских осадках.

Выше по разрезу состав псаммитов и их размерность не меняются, но графики логнормального распределения частиц уже состоят из трех компонентов: популяций крипа, сальтации и суспензии (рис. 4 Б, инт. 30–40 см). Такое распределение частиц в осадках характерно для зоны шельфа со сложными волновыми процессами (волноприбойной зоны). Сортированность материала в осадках увеличивается, и возрастает содержание среднепсаммитовой фракции (до 68 %).

Фауна двустворчатых моллюсков в осадках представлена хорошо сохранившимися раковинами *Felaniella usta* (Gould), *Nuttalia* sp., *Spisula voyi* (Gabb), *Peronidia lutea* (Wood), *Glycymeris yessoensis*. Вид *Spisula voyi* (Gabb) встречен в нижней части разреза и характерен для эстуарных условий и лагун с глубинами до 7–10 м и пониженной соленостью (15–20 ‰). Формирование осадков происходило, скорее всего, в субатлантическое время, поскольку они залегают на лагунно-морских средневерхнеголоценовых отложениях и перекрыты современными морскими осадками.

Современные морские отложения распространены на внутреннем шельфе в прибрежной его части. Напротив устьев рек в палеодолинах они представлены пелитами, пелитами алевритовыми, алевритами пелитовыми и мелкими алевритами (профиль VI, ст. 90Б98–90Б102 и профиль VII, станции 90Б114, 90Б115), на участках, удаленных от устьев рек, – мелкозернистыми и алевритовыми псаммитами (профиль А-Б, ст. 2385–2387; профиль VI, ст. 90Б102); в палеодолинах, сохранившихся с поверхности шельфа в средней его части, – пльвунными мелкозернистыми и алевритовыми псаммитами (профиль VII, ст. 90Б106–90Б110), залегающими в виде тонкого слоя (первые десятки сантиметров). На мате-

риковом склоне современные отложения распространены на глубинах от 300 и более метров и представлены крупными и мелкими алевритами и алевритами пелитовыми (рис. 1 и 2).

По линии профиля А-Б на внутреннем шельфе описываемые отложения залегают с поверхности в виде тонкого слоя (3–25 см) и состоят на ст. 2386 и 2387 из мелкозернистых, а на ст. 2385 из алевритовых псаммитов (рис. 3).

Мелкозернистые псаммиты – желтовато-серые, терригенные, в их составе на ст. 2386 преобладает мелкопсаммитовая фракция (до 80 %). Графики логнормального распределения частиц соответствуют трем популяциям (крипа, сальтации и суспензии) и характерны для осадков шельфа зоны волнового воздействия (рис. 4 А), причем на ст. 2386, расположенной ближе к берегу, осадки лучше отсортированы, чем на ст. 2385. По соотношениям минералов и обломков пород мелкозернистые и алевритовые псаммиты относятся к граувакковым аркозам.

В мелкозернистых псаммитах (ст. 2386) в тяжелой подфракции мелкопсаммитовой фракции содержится роговой обманки 40 %, эпидота – 18 %, тремолит-актинолита – 5 %, моноклинного пироксена – 10 %, граната – 13 %, силлиманита – 5 %, андалузита – 2 %, турмалина – 5 %, ильменита и сфена – по 1 % каждого. Из благородных металлов в осадках отмечены два мелких (0,1×0,05 мм каждый) зерна золота. Золото желтое с красноватым оттенком, комковатое, с неровной ячеистой поверхностью.

Алевритовые псаммиты (ст. 2385), в отличие от мелкозернистых (ст. 2386, 2387), содержат значительно меньше мелкопсаммитовых частиц (47 % против 80 % на ст. 2385). Они темно-серые, терригенные, по составу отвечают граувакковым аркозам.

На всех станциях (2385–2387), вскрывших современные отложения, встречены современные двустворчатые моллюски, широко распространенные на шельфе зал. Петра Великого и зал. Посыет (южно-приморский шельф Приморья). На ст. 2387 собран вид *Peronidia lutea* (Wood) – обитатель волноприбойной зоны северных районов Японского моря, на ст. 2386 – *Felaniella usta* (Gould) – умеренный вид открытых заливов и волноприбойной зоны, и на ст. 2385 – *Macoma orientalis* Scarlato – умеренный вид защищенных заливов и бухт.

Мелкозернистые и алевритовые псаммиты, приуроченные к палеодолинам в средней части шельфа (профиль VII, ст. 90Б106–90Б110), – темно-серые и зеленовато-серые, терригенные, текучие, пльвунные,

жидкие, водонасыщенные, обогащенные слюдой. В отличие от плотных реликтовых псаммитов, сплошь пронизанных трубками полихет, пливунные осадки почти не содержат последних, поскольку полихетам для строительства своего “домика” необходим непрерывающийся грунт (осадок). Эти же осадки, скорее всего, находятся в движении, медленно текут по днищу палеодолин.

Крупные и мелкие алевриты описываемого времени на материковом склоне залегают на глубинах от 300 до 500 м в виде маломощного чехла (от первых сантиметров на крутых участках до первых десятков сантиметров на пологих участках). Они темно-серые, однородные, от жидких до мягких, терригенные. По-видимому, первые снесены с бровки шельфа при абразии реликтовых осадков, вторые принесены водным потоком с берега во взвеси. Алевриты пелитовые на материковом склоне распространены на больших глубинах (470–500 м). Они залегают в виде маломощного чехла (первые десятки сантиметров) и фациально замещают мелкие алевриты. Осадки темно-серые, однородные, от жидких до мягких, терригенные.

ВЫВОДЫ

1. Условия седиментации в Восточно-Корейском заливе подобны таковым на южноприморском шельфе зал. Петра Великого [1], то есть современное осадконакопление происходит во внутренней его части и на материковом склоне. Пливунные, текучие осадки этого времени с внутренней части шельфа по сохранившимся в рельефе дна палеодолинам перемещаются (текут) в среднюю его часть, образуя там своеобразный конус выноса. Преобладающая же область средней части шельфа представляет собой зону транзита для современных осадков. На внешней части шельфа происходит некоторое заиливание реликтовых осадков современными за счет частичной седиментации материала из взвеси.

2. Средняя и внешняя части шельфа сложены реликтовыми отложениями, сформированными в раннеголоценовое и позднеплейстоценовое время. Среди реликтовых отложений наблюдается четкое чередование фаций пляжевых отложений зоны постоянного волнового воздействия и распространенных мористее фаций приглубших частей шельфа (зоны периодического волнового воздействия). Такая смена фаций отмечается по крайней мере четырежды (у бровки шельфа, на глубинах 70–75, 50–55 и 30–35 м) и связана с разновременными древними береговыми линиями, отвечающими различному стоянию уровня Японского моря. На это

указывают и возрастные даты пляжевых отложений этих береговых линий. На южноприморском шельфе Японского моря (в зал. Петра Великого), где осадки этих береговых линий детально изучены [5], установлено, что береговая линия на глубине 120 м отвечает позднеюрмскому (сарганскому) времени – около 18–20 тыс. лет назад, на глубине 70–75 м – тому же времени (около 14 тыс. лет назад) и на глубине 45–50 м – началу раннего голоцена [4, 5], что хорошо согласуется с ситуацией в других районах Японского моря [2, 3, 11].

3. С современными и реликтовыми пляжевыми отложениями постоянного волнового воздействия залива и русловыми фациями аллювия, выполняющими неглубоко погребенные долины, могут быть связаны россыпи благородных металлов (золота).

ЛИТЕРАТУРА

1. Деркачев А.Н., Лихт Ф.Р., Марков Ю.Д., Уткин И.В., Николаева Н.А., Боцул А.И., Хан Чун Себ. Строение и состав четвертичных отложений // Геологическое строение западной части Японского моря и прилегающей суши. Владивосток: Дальнаука, 1993. 211 с.
2. Короткий А.М. Колебания уровня Японского моря и древней береговой линии на его шельфе (северо-западный сектор) // Проблемы геологии шельфа. М.: Наука, 1975. С. 117–122.
3. Короткий А.М. Геоморфология и палеогеография материкового японского шельфа в верхнем плейстоцене // Геоморфология и палеогеография шельфа. М.: Наука, 1978. С. 189–197.
4. Марков Ю.Д., Евсеев Г.А., Караулова Л.П., Мечетин А.В., Рязанцев А.А., Филатьев В.П. Следы гляциоэвстагических колебаний уровня Японского моря в районе залива Петра Великого // Геологическое строение дна Японского и Филиппинского морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 36–55.
5. Марков Ю.Д. Южноприморский шельф Японского моря в позднеплейстоцене и голоцене. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. 128 с.
6. Марков Ю. Д., Пушкарь В. С., Черепанова М. Б., Горюва М. Т., Евсеев Г.А. Литолого-фациальный состав и стратиграфия позднечетвертичных отложений юго-западного шельфа Японского моря // Прибрежная зона дальневосточных морей в плейстоцене. Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. С. 109–121.
7. Марков Ю.Д., Евсеев Г.А., Ковалюх Н.Н. Древние береговые линии на западном шельфе Японского моря и формирование краевой части шельфа в позднеплейстоценовое время // Геология морей и океанов. М., 1988. С. 177–178.
8. Марков Ю.Д., Боцул А.И., Лю Зин Му, Хан Чун Себ. Позднечетвертичный седиментогенез на северокорейском шельфе Японского моря: Препр. Владивосток ТОИ ДВО АН СССР. 1990. 28 с.
9. Структура осадков и фации Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. 288 с.

10. Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые. 1967. № 5. С. 86-103.
11. Хершберг Л.Б., Рязанцев А.А., Мечетин А.В. Древние береговые линии последней послеледниковой трансгрессии и их картирование на шельфе Японского и Охотского морей // XI конгресс ИНКВА: Тез. докл. М., 1982. Т. 3. С. 323–324.
12. Visher G.S. Grain size distributions and depositional processes // J. Sediment Petrol. 1969. V. 39, N 43. P. 1074–1106.

Поступила в редакцию 5 мая 2003 г.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

Yu.D. Markov, A.I. Botsul

The Late Quaternary deposits of the East Korean Bay (the Sea of Japan)

The comprehensive study of the Late Quaternary deposits from the East-Korean Bay shelf made it possible to reveal the ancient coastal lines being accompanied with facies of beaches, coastal slopes and of relatively deep parts of the shelf. The age of the bay sediments has been determined basing on faunal finds and absolute datings. It has been established that recent accumulation within the bay takes place in its inner parts and on the continental slope, whereas the middle and outer parts of this bay remain as the transit zones. This circumstance confirms the conception that the glacial eustatic fluctuations of the Japan Sea level occurred during the Late Pleistocene and Holocene.