

УДК 551.462.33+550.312 (265.72)

© 2019 г. Т.Д. ЛЕОНОВА\*, М.Г. ВАЛИТОВ\*\*, О.В. БЕЛОУС\*\*\*

## РЕЛЬЕФ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО СКЛОНА ЮЖНО-КИТАЙСКОГО МОРЯ И ЕГО СВЯЗЬ С АНОМАЛЬНЫМ ГРАВИТАЦИОННЫМ ПОЛЕМ

*Тихоокеанский океанологический институт имени В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия*

*\*E-mail: leon@poi.dvo.ru, \*\*E-mail: valitov@poi.dvo.ru, \*\*\*E-mail: belous@poi.dvo.ru*

Поступила в редакцию 14.12.2016

После доработки 09.01.2018

Принята к печати 18.12.2018

Рельеф дна исследуемого участка Южно-Китайского моря характеризуется неравномерным распределением глубин, их резкими перепадами и большим количеством подводных гор. В результате проведенных исследований были составлены батиметрические профили, батиметрическая карта и схема аномалий Фая. Проведено геоморфологическое районирование. Выделены участки дна, различающиеся по морфологии: 1) слаборасчлененный, крутой (углы наклона до 15°) в верхней части и более пологий (5–7°) к основанию глубоководной ступени склон, 2) склон, эродированный флювиальными процессами, 3) ступенчатый склон, 4) цепи гор и плосковершинных возвышенностей, 5) аккумулятивное днище глубоководной ступени. Установлено, что гравитационное поле в целом отражает сложное строение дна рассматриваемой области, и локальные формы подводного рельефа выражены в аномалиях Фая. Для поднятий отмечаются зоны положительных аномалий Фая, а участки каньонообразных долин картируются интенсивной отрицательной аномалией гравитационного поля до -60 мГал. В процессе эндогенной эволюции региона происходило усложнение рельефа. Первично-эндогенный континентальный склон почти повсеместно преобразован экзогенными процессами. В пределах шельфа заполнение бассейна привело к объединению всех его выступов в единый приподнятый цоколь. Существенную роль при формировании современного рельефа играли крупные неоднократные регрессии, в результате которых формирование осадочного чехла прерывалось периодами его размыва с образованием поверхностей выравнивания. Позднеплейстоценовый пик регрессии (16–18 тыс. лет), обусловивший полное осушение шельфовых областей региона, вызвал размыв шельфа и перемещение грубообломочного материала по подводным каньонам и долинам.

**Ключевые слова:** рельеф дна, аномалии Фая, континентальный склон, Южно-Китайское море.

<https://doi.org/10.31857/S0435-42812019467-76>

# THE SOUTH CHINA SEA CONTINENTAL SLOPE MORPHOLOGY AND ITS RELATION TO THE ANOMALOUS GRAVITATIONAL FIELD

T.D. LEONOVA\*, M.G. VALITOV\*\*, AND O.V. BELOUS\*\*\*

*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of FEB RAS, Vladivostok, Russia*

\*E-mail: leon@poi.dvo.ru, \*\*E-mail: valitov@poi.dvo.ru, \*\*\*E-mail: belous@poi.dvo.ru

Received 14.12.2016

Revised 09.01.2018

Accepted 18.12.2018

## Summary

The bottom topography of the studied area of the South China Sea is characterized by an uneven distribution of depths, their sharp variations and the presence of a large number of seamounts. As a result of the research conducted, bathymetric profiles, a bathymetric map and a scheme of Faye anomalies were compiled. Geomorphological zoning was conducted. Sections of bottom distinguished by morphology were identified: 1) weakly dissected slope, steep (angles up to 15°) in the upper part and more gentle (5–7°) to the bottom of the deep-water step, 2) slope eroded by fluvial processes, 3) stepped slope, 4) chains of mountains and flat-topped hills, 5) accumulative bottom of the deep-water plain. It was established that the gravitational field as a whole reflects the complex structure of the bottom, and the local forms of the underwater relief are expressed in Faye anomalies. For elevations, zones of positive anomalies of Faye are marked, and sections of canyon-like valleys were mapped by an intense negative anomaly of the gravitational field to -60 mGal. In the process of endogenous evolution of the region, the relief became more complex. The primary endogenous continental slope was almost everywhere transformed by exogenous processes. Within the shelf, the filling of the basin led to the unification of all its projections into a single raised base. A significant role in the formation of the modern relief was played by large-scale repeated sea regressions, as a result of which the formation of the sedimentary cover was interrupted by periods of its erosion with the formation of planation surfaces. The Late Pleistocene peak of the regression (16–18 thousand years BP), which caused the complete drainage of the shelf areas of the region, caused the erosion of the shelf and the movement of coarse clastic material through submarine canyons and valleys.

**Keywords:** bottom relief, free-air anomalies, the continental slope, South China Sea.

## Введение

Южно-Китайское море — крупнейшее звено в цепи окраинных морей Тихого океана, окаймляющих с востока Евразийский материк и самое южное из них. Оно входит в активную переходную зону от материка к Тихому океану [1], а в тектоническом плане — в область сочленения двух основных подвижных поясов Земли — Средиземно-морско-Гималайского и Тихоокеанского [2]. Это определяет характерные особенности геодинамического режима моря в прошлом и настоящем, сложность геологического строения и пространственной ориентировки геоморфологических структур. Рельеф дна моря отличается неравномерным распределением глубин, их резкими перепадами и большим количеством подводных гор [3].

Комплексные геолого-геофизические исследования строения земной коры Южно-Китайского моря проводятся с начала 50-х гг. прошлого столетия различными организациями США, Японии, Англии, ФРГ. В последние десятилетия значительный интерес к изучению Южно-Китайского моря проявили исследователи КНР и Вьетнама [4–6]. С 80-х гг. прошлого столетия активные геолого-геофизические исследования были осуществлены институтами Дальневосточного научного центра АН СССР и организациями Министерства газовой промышленности СССР. В частности, в рамках совместных российско-вьетнамских исследований Южно-Китайского моря, пик кото-

рых пришелся на 80–90 гг. XX в., научно-исследовательскими судами ДВО РАН (Дальневосточное отделение Российской академии наук) и ДВНИГМИ (Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт) проведены многочисленные экспедиции в прибрежных районах Вьетнама и открытой части моря.

В представленной работе использованы материалы, полученные авторами в морских экспедициях на НИС “Профессор Гагаринский” (1990–1991 гг.). Объект исследования — ранее слабо изученный участок Южно-Китайского моря, где одновременно были проведены эхолотный промер и гравиметрическая съемка. Измерения выполнялись по сети профилей преимущественно субширотного простирания. Выполнено свыше 3500 км эхолотного промера. Расстояние между профилями составило 20–40 км.

По результатам эхолотного промера детализирована морфология континентального склона, а анализ данных гравиметрической съемки позволил выделить особенности глубинного строения данного участка моря, сопоставить их с рельефом дна и выявить некоторые закономерности его развития. Составлены схема аномалий Фая, батиметрическая карта, схема 3D рельефа и батиметрические профили.

## Гравиметрия

По распространенному мнению в пределах Южно-Китайского моря развиты два основных вида “акустического фундамента” [1, 7]. В приконтинентальной области в качестве такового выступают интенсивно деформированные и метаморфизованные осадочно-вулканогенные и интрузивные комплексы преимущественно докайнозойского возраста. В глубоководной котловине “акустическим фундаментом” служит второй океанический (осадочно-вулканогенный) слой [1, 7, 8].

Исследуемый район находится в пограничной в зоне между шельфовыми осадочными бассейнами и крупной депрессией глубоководного плато Най [7]. Фундамент на рассматриваемом участке разбит на блоки разломами различной ориентации.

Тектонические движения по разломам предопределили характер и дальнейший ход аккумулятивных процессов, сформировав пороги и “плотины”, которые привели к образованию склоновых террас и сдерживают предельное аккумулятивное выравнивание поверхности морского дна глубоководной впадины [9].

Структура осадочного чехла на шельфе и склоне сложная [1]. Выделяются несколько осадочных толщ, разделенных поверхностями несогласия. Осадочный чехол сглаживает неровный рельеф акустического фундамента рассматриваемого полигона, за исключением его восточной части.

Признание связи между рельефом Земли и ее гравитационным полем служит одной из фундаментальных основ гравиметрии и прочно вошло в теорию и практику редуцирования гравиметрических данных [10]. Обратившись непосредственно к измеренному по профилям гравитационному полю на полигоне, т. е. к аномалиям в свободном воздухе, мы выявили, что в подавляющем большинстве случаев оно прямо соответствует локальным формам рельефа дна.

На рассматриваемой акватории аномалии Фая изменяются от  $-60$  до  $-40$  мГал (рис. 1). Минимальные значения приурочены к центральной части акватории и обусловлены влиянием глубоководной котловины. Максимальные значения поля расположены по периферии: на севере и западе они приурочены к шельфовой части, на востоке — к возвышенностям.

В целом поле отрицательное, градиентное. Интенсивная отрицательная аномалия ( $-60$  мГал) изометричной формы приурочена к подножию материкового склона в “устьевой” части каньона (рис. 1; рис. 2 — геоморфологический район 2). Для каньона также характерны отрицательные аномалии. Судя по результатам эхолотного промера каньон имеет два “русла”, но в гравитационном поле отчетливо выделяется только

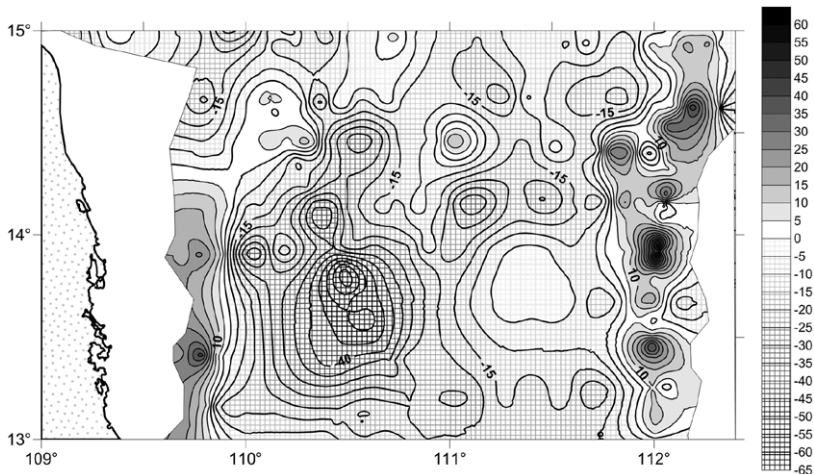


Рис. 1. Карта гравитационных аномалий в свободном воздухе

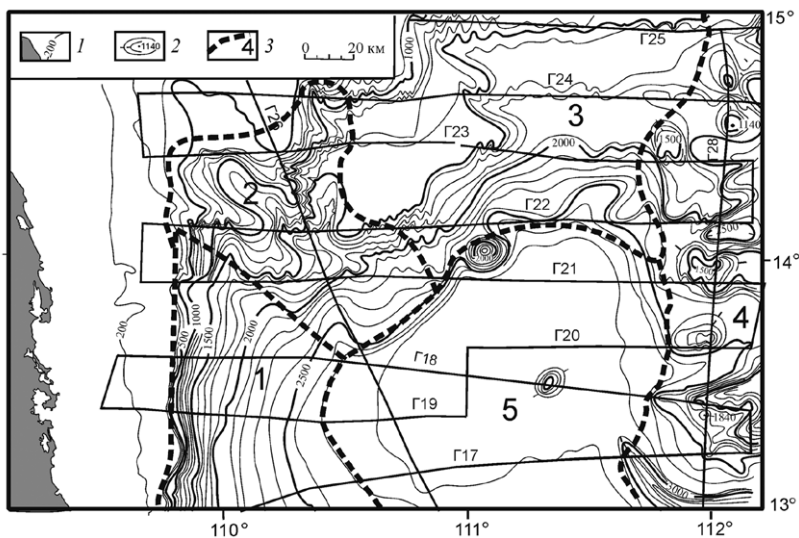


Рис. 2. Батиметрическая карта участка континентального склона Южно-Китайского моря  
 1 — изобаты, 2 — отметки глубин, 3 — геоморфологические районы (1 — слаборасчлененный континентальный склон, 2 — континентальный склон, расчлененный системой крупных каньонобразных долин, 3 — ступенчатый склон, 4 — цепочка вытянутых меридионально подводных гор и плосковершинных возвышенностей, 5 — аккумулятивная глубоководная ступень)

одно — восточное, не только зоной пониженных значений, но и изменением формы изолиний, повторяющих батиметрию каньона. Еще одна зона отрицательных аномалий, интенсивностью  $-25 \div -15$  мГал, находится восточнее описанной аномалии подножия склона. Несмотря на то, что на этом участке в рельефе дна нет ярко выраженных отрицательных структур, рассматриваемая аномалия морфологически повторяет аномалию, приуроченную к каньону. Исходя из этого, можно сделать вывод, о том, что под слоем осадочных отложений в этом районе присутствует ослабленная зона в кристаллическом фундаменте.

Зона положительных значений гравитационного поля на западе полигона совпадает с шельфом и верхней частью континентального склона. На востоке зона изометричных положительных аномалий приурочена к группе поднятий, разбитых разломами в меридиональном направлении. В северной части полигона положительная изометричная аномалия разделяет две аномальные зоны отрицательных значений: восточную — контролируемую зону развития каньона и западную — совпадающую со скрытой зоной деструкции кристаллического фундамента.

## Геоморфологические исследования. Рельеф

Западную часть полигона занимает шельф. Его абразионно-аккумулятивная поверхность слабо наклонена к востоку, осложнена террасовидными ступенями и разделяющими их уступами и перегибами. Бровка шельфа, как правило, выражена отчетливо и в основном повторяет очертания береговой линии. На юге района она находится на глубине 130–160 м, к северу местами опускается до глубины 250–320 м. Переход к склону резкий.

Ранее авторами была отработана методика районирования отдельных участков шельфа и континентального склона Дальневосточных морей [11–13]; подобное районирование проведено и для рассматриваемого полигона. Было выделено несколько геоморфологических районов (рис. 2), различающихся по морфологии дна и гравитационным аномалиям:

Район 1. *Слаборасчлененный континентальный склон.* На юго-западе исследуемого района (рис. 2) он крутой в своей верхней части (углы наклона до 15°), однако с глубины 1600 м крутизна уменьшается (5–7°), а в основании склона в интервале 2200–2600 м становится еще более пологим (1–2°) и переходит в глубоководную ступень.

Генеральное простирание склона субмеридиональное, практически параллельное береговой линии; он осложнен одной крупной прямолинейной долиной, в верховьях которой видны следы обрушения бровки шельфа. Образование этой оползневой зоны предопределено тектонически. Однако, при достаточно крутых уклонах дна, оползни могут возникнуть даже лишь под действием силы тяжести вследствие пластичности донных отложений, сильно насыщенных водой.

По данным сейсмического профилирования [14] в средней части склона имеются небольшие долины, обрамленные прирусловыми валами. Предположительно, направление и морфология этого участка склона контролируется линеаментом 109–110°.

Положительные значения гравитационного поля здесь зона в верхней части континентального склона этого района переходят в отрицательные.

Севернее 14° с.ш. направление и характер расчлененности склона меняются — он постепенно становится субширотным, а его поверхность осложнена ступенями и расчленена системой каньонообразных подводных долин (рис. 3–4).

Район 2. *Континентальный склон, расчлененный системой крупных каньонообразных долин.* Самая крупная долина выделена в зоне сочленения разнонаправленных (субмеридионального и субширотного простирания) участков склона. В верховьях она состоит из двух депрессий с пологими асимметричными бортами. Западная, более широкая, начинается на глубине около 500 м, протягивается с северо-запада на юго-восток и на глубине 1600 м сливается со второй ложбиной — более узкой, вытянутой с северо-востока на юго-запад, начинающейся на ступени склона, на глубине около 1500 м. Глубина вреза долин 80–200 м, а крутизна их склонов увеличивается по мере приближения к тальвегу.

В результате промывного режима материал переносится по руслам долин, что сопровождается гидродинамическим воздействием на их стенки, эродируя их. А интенсивная аккумуляция терригенного материала, транспортируемого придонными потоками с шельфа Южно-Китайского моря, в большей части приурочена к глубоководной части “каньона”.

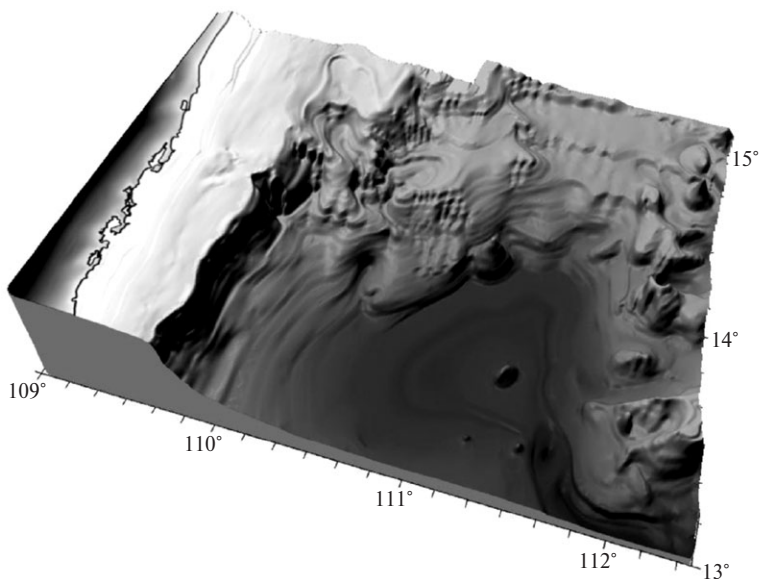


Рис. 3. Схема рельефа 3D

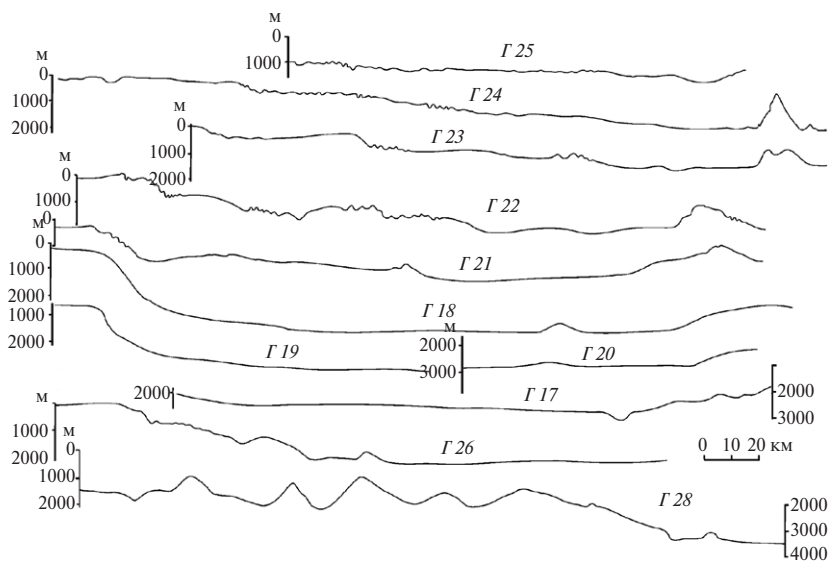


Рис. 4. Геоморфологические профили

По гравиметрическим данным основное, заполненное осадочным материалом, русло каньона протягивается далеко на юго-восток. Но в рельефе здесь находится валовообразное поднятие высотой более 200 м, представляющее собой конус выноса.

Этому геоморфологическому району соответствует интенсивная отрицательная аномалия гравитационного поля до  $-60$  мГал.

Район 3. *Ступенчатый склон*. Северо-восточнее описанного каньона на склоне имеется серия ступеней (рис. 2). Ширина их субгоризонтальных поверхностей изменяется в пределах 20–40 км, а длина достигает 120 км. Они отделены друг от друга уступами



высотой до нескольких десятков метров, которые расчленены большим количеством мелких подводных долин с глубиной вреза от 50 до 100 м. Мелкие эрозионные долины характерны для рельефа северной части Южно-Китайского моря [5, 14].

Глубина и расчлененность этой части склона в восточном направлении увеличивается, а простирание ступеней изменяется с северо-восточного на субширотное приблизительно до  $111^\circ$  в. д. Общий наклон поверхности — юго-западный — южный. Средняя крутизна ступеней  $4\text{--}5^\circ$ , а на отдельных участках бортов долин и уступах достигает  $10\text{--}12^\circ$ .

Значения гравитационного поля варьируют: на откосах ступеней отмечается зона отрицательных аномалий интенсивностью  $-25\text{--}-15$  мГал, а на выположенных участках террас аномалии Фая изменяются от  $-5$  до  $5$  мГал.

Район 4. *Цепочка меридионально вытянутых подводных гор и возвышенностей*. Расположена в восточной части полигона. Некоторые поднятия имеют в плане изометричную форму и увенчаны конусообразными вершинами (рис. 2). Впадины, разделяющие цоколи поднятий, вытянуты в субширотном направлении. Рельеф дна контрастный, ячеистый, что обусловлено сложным строением фундамента; перепад глубин превышает 800 м.

Влияние осадочного чехла на нивелирование рельефа подводных гор минимально: он не скрывает даже незначительные по величине формы. Здесь преобладает контрастный прямой рельеф, и находится зона изометричных положительных аномалий Фая.

В юго-восточном углу полигона протягивается узкая ложбина, глубина вреза которой достигает 400 м, а ширина — около 10 км. Она огибает с юга систему меридиональных поднятий, изменяя направление с субмеридионального на субширотное.

Район 5. *Аккумулятивная глубоководная ступень*. Занимает центральную и южную часть полигона. Является северной частью обширной аккумулятивной террасы плато Най и оконтурена изобатой 2800 м (рис. 2). Для нее характерны отрицательные значения гравитационных аномалий ( $-15\text{--}-20$  мГал).

В фундаменте району соответствует впадина, осложненная системой блоков, разбитых разломами различной ориентации, и выполненная осадками мощностью более 6 км [5, 10].

Выровненную осадками поверхность глубоководной ступени осложняют куполообразные поднятия относительной высотой 100–400 м. Примечательно, что вблизи  $111^\circ$  в. д. у подножия склона расположено отдельно стоящее куполообразное поднятие, вершина которого находится на глубине 1400 м, а превышение над уровнем основания составляет 1200 м.

## Развитие рельефа

Эндогенная основа рельефа региона была заложена, предположительно, в позднем мелу и в эоцене. Затем в неогене она значительно изменялась за счет структурных перестроек в периоды тектонической активизации и вовлечения в складчатость участков осадочного чехла, формирующегося в результате чередования трансгрессий и регрессий моря.

В трансгрессивные фазы преобладало аккумулятивное выравнивание, как во впадинах, так и на поднятиях, за счет поступления осадков из удаленных областей сноса. А регрессивные фазы — интенсивное волновое выравнивание на возвышенностях и усиленное осадконакопление во впадинах, приближенных к источникам сноса.

Усложнение морфоструктурного плана и изменения уровня моря сказались на направленности и интенсивности экзогенного выравнивания рельефа морского дна. Это отразилось в неравномерности распределения слоистого чехла в регионе и широком распространении поверхностей волнового выравнивания. В регионе зафиксированы несколько поверхностей выравнивания: нижние (эоцен-олигоценовая и среднемиоценовая), средняя (верхнемиоцен-плиоценовая) и верхняя (плейстоценовая). Нижние погребены, а средняя и верхняя образуют нижний (до 350 м) и верхний (до 160 м) шельфы соответственно.

В процессе эволюции региона аномальная аккумуляция вблизи обширных областей сноса в прошлом и в настоящее время привела к заполнению шельфовых и присклоновых впадин фундамента.

На шельфе хорошо выражено продольное по отношению к суше расчленение фундамента; его передовые возвышенности перекрывали пути миграции осадков, задерживая их в тыловых депрессиях. В районе 2 передовые выступы фундамента невысоки, склоны их пологи, а активный вынос осадков по каньону и подводным долинам привел к формированию большого конуса выноса.

Существенное влияние на рельеф шельфа и склона оказали многократные колебания уровня моря в плейстоцене. Верхнеплейстоценовая регрессия (110–130 м ниже современного уровня) привела к осушке всей шельфовой зоны. Благодаря снижению базиса эрозии, происходили интенсивное разрушение пород и вынос материала на осушенный шельф и континентальный склон.

Многократные миграции береговой линии способствовали интенсивному выравниванию ступеней на участке 3. На остальных участках сносимые вниз турбидиты при усилении эрозии сформировали у основания склона подножие. Результаты таких перемещений лавинного характера зафиксированы на НСП [14]. Наиболее тонкие отложения дистальных турбидитов выносились в пределы глубоководной ступени, где вместе с вулканогенными и гемипелагическими осадками отлагались на дне. Подводные долины и ложбины можно рассматривать, как пути транзита наиболее тонких фракций. Вероятно, взвешенный материал с материка и северного шельфа через ступени континентального склона выносятся в глубоководную впадину, способствуя выравниванию ее поверхности.

Расчлененный вулканогенно-тектонический рельеф в восточной части полигона сохраняет свои резкие очертания благодаря минимальному аккумулятивному выравниванию.

## Заключение

Одновременное выполнение промера глубин и комплекса геофизических исследований значительно увеличили возможности структурно-морфологического анализа геоморфологических особенностей дна моря.

Деструктивные процессы, сформировавшие котловину Южно-Китайского моря [4, 9, 16], наложили свой отпечаток и на рельеф. Максимально они проявились в центральной и южной части полигона. Здесь образовалась депрессия, отмечаемая интенсивной отрицательной аномалией гравитационного поля. Растрескивание континентальной окраины привело к заложению каньона, пересекающего материковый склон с северо-запада на юго-восток. Скрытая зона тектонических нарушений протягивается с северо-востока на юго-запад и “срезается” структурами этого каньона. Стабильные блоки сохранились лишь по периферии, но и они расколоты субширотными разломами.

Гравитационное поле в целом отражает сложное строение дна рассматриваемой области, и локальные формы подводного рельефа выражены в аномалиях Фая. Поднятиям соответствуют зоны положительных аномалий, а участкам каньонообразных долин — интенсивные отрицательные аномалии гравитационного поля. Встречены и инверсии. Так, участок подножия склона с отрицательной аномалией, занят аккумулятивной возвышенностью — конусом выноса.

В рельефе дна выявлены участки, различающиеся по морфологии: 1) континентальный слаборасчлененный склон, в верхней части крутой (углы наклона до 15°) и более пологий (5–7°) к основанию глубоководной ступени; 2) континентальный склон, расчлененный системой крупных каньонообразных долин; 3) ступенчатый склон; 4) цепочка вытянутых меридионально подводных гор и плосковершинных возвышенностей; 5) аккумулятивная глубоководная ступень.



В процессе эндогенной эволюции региона происходило усложнение рельефа. Первично-эндогенный континентальный склон почти повсеместно преобразован экзогенными процессами. В пределах шельфа заполнение бассейна привело к объединению всех его выступов в единый приподнятый цоколь. В районе 2 на шельфе в погребенном состоянии выделяется континентальный бордерленд, неровности которого в дальнейшем компенсированы осадконакоплением.

Существенную роль при формировании современного рельефа играли крупные неоднократные регрессии, в результате которых формирование осадочного чехла прерывалось периодами его размыва с образованием поверхностей выравнивания.

Позднеплейстоценовый пик регрессии (16–18 тыс. лет), обусловивший полное осушение шельфовых областей региона, вызвал размыв шельфа и перемещение грубообломочного материала по подводным каньонам и долинам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Родников А. Г., Забаринская Л. П., Рашидов В. А., Сергеева Н. А., Нислевич М. В. Глубинное строение континентальных окраин региона Южно-Китайского моря // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2011. Вып. 18. № 2. С. 52-72.
2. Здоровенин В. В. Строение земной коры Южно-Китайского моря по сейсмическим данным // Методика и результаты морских сейсмических исследований. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. С. 27-36.
3. Wang Pinxian and Li Qianyu. Bathymetry and Geomorphology // The South China Sea: Paleogeography and Sedimentology. Vol. 13. No. 3. Springer. 2009. P. 26-28.
4. Su Ming, Zhang Cheng, Xie Xi Nong, Wang Zhen Feng, Jiang Tao, He Yun Long, and Zhang Cui Mei. Controlling factors on submarine canyon system: A case study of the Central Canyon system in the Qiongdongnan Basin, northern South China Sea // Science China. Earth Sciences. October 2014. Vol. 57. No. 8. P. 2457-2468.
5. Wu Shi-Guo, Qin Zhi-Liang, Wang Da-Wei, Peng Xue-Chao, Wang Zhi-Jun, and Yao Gen-Shun. Analysis on seismic characteristics triggering mechanisms slope of mass transport deposits on the northern slope of the South China Sea // Chinese Journal of Geophysics. 2011. Vol. 54. No. 6. P. 1056-1068.
6. Hua Li, Yingmin Wang, Weilin Zhu, Qiang Xu, Youbin He, Wu Tang, Haiteng Zhuo, Dan Wang, Jiapeng Wu, and Dong Li. Seismic characteristics and processes of the Plio-Quaternary unidirectionally migrating channels and contourites in the northern slope of the South China Sea // Marine and Petroleum Geology. 2013. Vol. 43. No. 8. P. 370-380.
7. Кулинич Р. Г., Заболотников А. А., Марков Ю. Д., Журавлев А. В., Здоровенин В. В., Головань А. А., Обжиров А. И., Николаева Н. А. Кайнозойская эволюция земной коры и тектогенез Юго-Восточной Азии. М.: Наука, 1989. 256 с.
8. Кулинич Р. Г., Обжиров А. И. О структуре и современной активности зоны сочленения рельефа Сунда и котловины Южно-Китайского моря // Тихоокеанская геология. 1985. № 3. С. 102-106.
9. Вербицкий В. Л., Жущиковский С. Д., Мельниченко Ю. И., Теницкий И. И. О морфотектонике западной части Южно-Китайского моря по результатам морфометрического анализа рельефа дна // Геоморфологические исследования активных океанических окраин. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 78-86.
10. Дубинин Е. П., Ушаков С. А. Океанический рифтогенез. М.: ГЕОС, 2001. 293 с.
11. Леонова Т. Д. Геоморфология шельфа Западного Приохотья // Геоморфология. 2010. № 1. С. 51-58.
12. Леонова Т. Д., Белоус О. В., Теницкий И. И. Формирование рельефа дна Тугурского залива // Тихоокеанская геология. 2010. Т. 29. № 2. С. 81-89.
13. Леонова Т. Д., Валитов М. Г., Мельниченко Ю. И., Колпацникова Т. Н. Геоморфология центральной части Восточно-Корейского залива // География и природные ресурсы. 2014. № 2. С. 140-148.
14. Fyhn M. B. W., Boldreel L. O., and Nielsen L. H. Geological development of the Central and South Vietnamese margin: Implications for the establishment of the South China Sea, Indochinese escape tectonics and Cenozoic volcanism // Tectonophysics. 2009. Vol. 478. P. 184-214.

15. Ho-Shing Yu and Chang E. T. Y. Links among Slope Morphology, Canyon Types and Tectonics on Passive and Active Margins in the Northernmost South China Sea // *Journal of Earth Science*. 2009. Vol. 20. No. 1. P. 77-84.
16. Kulnich R. G., Obzhirov A. L., Zdorovenin V. V., Kolpashikova T. N., and Smolin V. A. Структура зоны сочленения вьетнамского шельфа с глубоководной котловиной Южно-Китайского моря и проблема эволюции этого региона // *First Conference on Geology of Indochina*. Ho Chi Min City, 5-7 Dec. 1986. Vol. 1. P. 409-423.

## REFERENCES

1. Rodnikov A. G., Zabarinskaya L. P., Rashidov V. A., Sergeeva N. A., and Nisilevich M. V. Depth structure of the continental margins of the South China Sea. *Vestn. KRAUNC. Nauki o Zemle*. 2011. Vol. 18. No. 2. P. 52-72. (in Russ.)
2. Zdorovenin V. V. Structure of the crust of the South China Sea from seismic data, in *Metodika i rezultaty morskikh seismicheskikh issledovaniy* (The methodology and results of marine seismic surveys). Vladivostok: DVNC AN SSSR (Publ.), 1983. P. 27-36. (in Russ.)
3. Wang Pinxian and Li Qianyu. Bathymetry and Geomorphology. *The South China Sea: Paleocceanography and Sedimentology*. Vol. 13. No. 3. Springer, 2009. P. 26-28.
4. Su Ming, Zhang Cheng, Xie Xi Nong, Wang Zhen Feng, Jiang Tao, He Yun Long, and Zhang Cui Mei. Controlling factors on submarine canyon system: A case study of the Central Canyon system in the Qiongdongnan Basin, northern South China Sea. *Science China. Earth Sciences*. October 2014. Vol. 57. No. 8. P. 2457-2468.
5. Wu Shi-Guo, Qin Zhi-Liang, Wang Da-Wei, Peng Xue-Chao, Wang Zhi-Jun, and Yao Gen-Shun. Analysis on seismic characteristics triggering mechanisms slope of mass transport deposits on the northern slope of the South China Sea. *Chinese Journal of Geophysics*. 2011. Vol. 54. No. 6. P. 1056-1068.
6. Hua Li, Yingmin Wang, Weilin Zhu, Qiang Xu, Youbin He, Wu Tang, Haiteng Zhuo, Dan Wang, Jiapeng Wu, and Dong Li. Seismic characteristics and processes of the Plio-Quaternary unidirectionally migrating channels and contourites in the northern slope of the South China Sea. *Marine and Petroleum Geology*. 2013. Vol. 43. No. 8. P. 370-380.
7. Kulnich R. G., Zabolotnikov A. A., Markov Yu. D., Zhuravlev A. V., Zdorovenin V. V., Golovan A. A., Obzhirov A. I., and Nikolaeva N. A. *Kainozoiskaya evolyutsiya zemnoi kory i tektogenez Yugo-Vostochnoi Azii* (Cenozoic evolution of the Earth's crust and tectogenesis South East Asia). M.: Nauka (Publ.), 1989. 256 p.
8. Kulnich R. G. and Obzhirov A. I. The structure and activity of modern relief junction zone Sunda and basin of the South China Sea. *Tihookean. Geol.* 1985. No. 3. P. 102-106. (in Russ.)
9. Verbitskii V. L., Zhushchikhovskii S. D., Mel'nichenko Yu. I., and Tenitskii I. I. Morphotectonic of the western part of the South China Sea on the results of morphometric analysis of bottom topography, in *Geomorfologicheskie issledovaniya aktivnykh okeanicheskikh okrain* (Geomorphological study of active oceanic margins). Vladivostok: DVNC AN SSSR (Publ.), 1986. P. 78-86. (in Russ.)
10. Dubinin E. P. and Ushakov S. A. *Okeanicheskii riftogenez* (Ocean riftogenez). M: GEOS (Publ.), 2001. 293 p.
11. Leonova T. D. Geomorphology of the west shelf of the Okhotsk Sea. *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2010. No. 1. P. 51-58. (in Russ.)
12. Leonova T. D., Belous O. V., and Tenitskii I. I. Formation of the bottom relief Tugursky Bay. *Tihookean. Geol.* 2010. Vol. 29. No. 2. P. 81-89. (in Russ.)
13. Leonova T. D., Valitov M. G., Mel'nichenko Yu. I., and Kolpashikova T. N. The shelf geomorphology of the central part of the East Korea Bay. *Geogr. Prir. Resur.* 2014. No. 2. P. 140-148. (in Russ.)
14. Fyhn M. B. W., Boldreel L. O., and Nielsen L. H. Geological development of the Central and South Vietnamese margin: Implications for the establishment of the South China Sea, Indochinese escape tectonics and Cenozoic volcanism. *Tectonophysics*. 2009. Vol. 478. P. 184-214.
15. Ho-Shing Yu and Chang E. T. Y. Links among Slope Morphology, Canyon Types and Tectonics on Passive and Active Margins in the Northernmost South China Sea. *Journal of Earth Science*. 2009. Vol. 20. No. 1. P. 77-84.
16. Kulnich R. G., Obzhirov A. L., Zdorovenin V. V., Kolpashikova T. N., and Smolin V. A. The structure of the junction zone of the Vietnamese continental shelf to deep-sea basin of the South China Sea and the problem of the evolution of this region. *First Conference on Geology of Indochina*. Ho Chi Min City, 5-7 Dec. 1986. Vol. 1. P. 409-423. (in Russ.)