

УДК 551.462.32

Т.Д. ЛЕОНОВА

## Условия формирования рельефа дна западных областей Охотского и Японского морей

*На основе анализа фактического материала, полученного в экспедициях, обобщения литературных и картографических источников выявлены некоторые особенности морфологии дна заливов западных частей Охотского и Японского морей. Обнаружены новые закономерности и сделаны некоторые предположения о тенденциях развития рельефа дна Тугурского залива.*

*Ключевые слова:* рельеф дна, Восточно-Корейский залив, Охотское море.

**Bottom relief forming conditions in the western areas of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan.**  
T.D. LEONOVA (V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

*The analysis of the available original factual material obtained during expeditions and the generalization of published data and maps allowed defining some morphologic features of the bays' bottoms in the western areas of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan. The study revealed new regularities; some suggestions are made concerning the topography development tendencies in the Tugur Bay.*

*Key words:* bottom relief, East Korea Bay, the Sea of Okhotsk.

Шельф представляет собой своеобразный природный комплекс, в котором отражена информация о геологическом строении, истории развития и современных литодинамических процессах. Установление сложных взаимосвязей между природными процессами и рельефом остается насущной проблемой для районов, расположенных в динамичной зоне контакта суши и океана.

На протяжении нескольких лет автором проводились изучение, обобщение и критический анализ материалов, раскрывающих основные закономерности формирования рельефа дна западной части Охотского моря и Восточно-Корейского залива [3, 14–17], что позволило выявить основные особенности в проявлении рельефообразующих процессов этих регионов. В данной работе представлен сравнительный анализ рельефообразующих процессов для районов, расположенных в различных географических условиях.

В основу работы положены материалы, полученные автором в 1990–1991 гг. на научно-исследовательском судне (НИС) «Профессор Гагаринский», а также геолого-гидрологических исследований на НИС «Бухар» (2012 г.), «Бриг» (1989 и 2003 гг.), «Первенец» (1976 г.) и фондовые материалы Тихоокеанской экспедиции Всероссийского научно-исследовательского института морской геологии и геофизики (1972–1982 гг.). Дополнительный фактический материал получен при морфологическом и морфометрическом анализе морских карт.

Район исследования в **западной части Охотского моря** находится в пределах 53–56° с.ш. и 136–139° в.д. Береговая линия здесь имеет сложные очертания. Ее изгибы,

выступы крупных мысов и полуостровов образуют многочисленные заливы: обширный зал. Академии, в берега которого вклиниваются заливы Николая, Ульбанский и Константина; большой зал. Тугурский, отделенный от зал. Академии одноименным полуостровом; Удская губа. К северу от данных заливов расположена группа Шантарских островов (рис. 1).

В морфоструктурном отношении шельф Шантарского региона – это часть континентальной окраины, прилегающая к побережьям материковой суши и Шантарских островов. Поднятия и прогибы дна этого района в большей своей части ориентированы в северо-восточном направлении, практически совпадая с генеральным (северо-восточным) направлением береговой линии. Мощность чехла изменяется от 0,5 км в Тугурском прогибе до 7 км в Ульбанском [6].

Суровые климатические условия и гидрологический режим обусловили особенности формирования рельефа дна исследуемого региона. Длительность ледостава (с октября по июнь) способствовала развитию криогенных и нивационных процессов в береговой зоне. С высоких клиффов на лед поступают обломки, образованные осыпными, солифлюкционными и реже обвальными процессами, а льды транспортируют обломочный материал, выпахивают поверхность осушек, образуя борозды глубиной до 1 м [1, 2].

В условиях ослабленного волнового режима из-за продолжительного ледостава увеличивается значение приливно-отливных движений водных масс. Наибольшая величина прилива в вершинах Тугурского залива (10,1 м) и Удской губы (9,7 м). Наименьшие скорости приливного течения в водах, омывающих Шантарские острова, составляют 75–94 см/с, наибольшие – от 196 до 433 см/с [7]. Причем скорости этих течений практически не меняются с глубиной. Приливной фактор стал определяющим в литодинамических и эрозионных процессах на шельфе. Поэтому осушка (или ватт) – полоса побережья, затопляемая при приливе и осушающаяся при отливе, – распространена практически вдоль всего побережья исследуемого района. Ее ширина в среднем составляет 2,5–3 км, местами достигая 5–7 км. Верхней границей этой зоны является уровень сизигийного прилива, а нижней – сизигийного отлива, включая пляж.

Осушка представляет собой пологую (углы наклона редко превышают 1'), практически лишенную растительности осушаемую поверхность из скоплений песчаного, илистого и гравийно-галечного материала, расчлененную каналами стока приливных вод, осложненную валами, промоинами, экзарационными бороздами (это формы рельефа, выработанные припайными и торосистыми льдами, очень распространены в западном Приохотье).

Также отмечается бенч, практически лишенный наносов, но с многочисленными обломками и глыбами скальных пород, нередко встречаются расселины, трещины, ложбины, выработанные приливо-отливными течениями.

В центральных частях заливов широкое распространение получили аккумулятивно-эрозионные микроформы рельефа. К эрозионным формам можно отнести: возвышенности (реликты островов), поднимающиеся над поверхностью дна на 2–3 м; эрозионные ложбины, как небольшие, так и довольно протяженные (20–30 км); впадины с относительными глубинами 1–3 м, возникшие в результате водоворотов. К аккумулятивным формам относятся валообразные шлейфы, представляющие собой возвышенности, имеющие вытянутую форму. Наибольшее количество положительных форм рельефа приурочено к затопленным древним береговым линиям [18].

Почти полностью эродированные острова, скрытые под водой последней трансгрессией, нередко отмечаются на батиметрической карте в виде каменистых банок. Обычно они прослеживаются на продолжении хребтов континентальной и островной суши (севернее о-ва Большой Шантар, северо-восточнее о-ва Прокофьева). Встречаются небольшие острова, выдающиеся над морем в виде скал. При сейсмоакустических исследованиях были обнаружены и погребенные кекуры.

Подводные долины начинаются в средней части Удской губы и Ульбанского залива [4]. Мощный желоб прослеживается также и в Тугурском заливе (рис. 1). Показательно, что

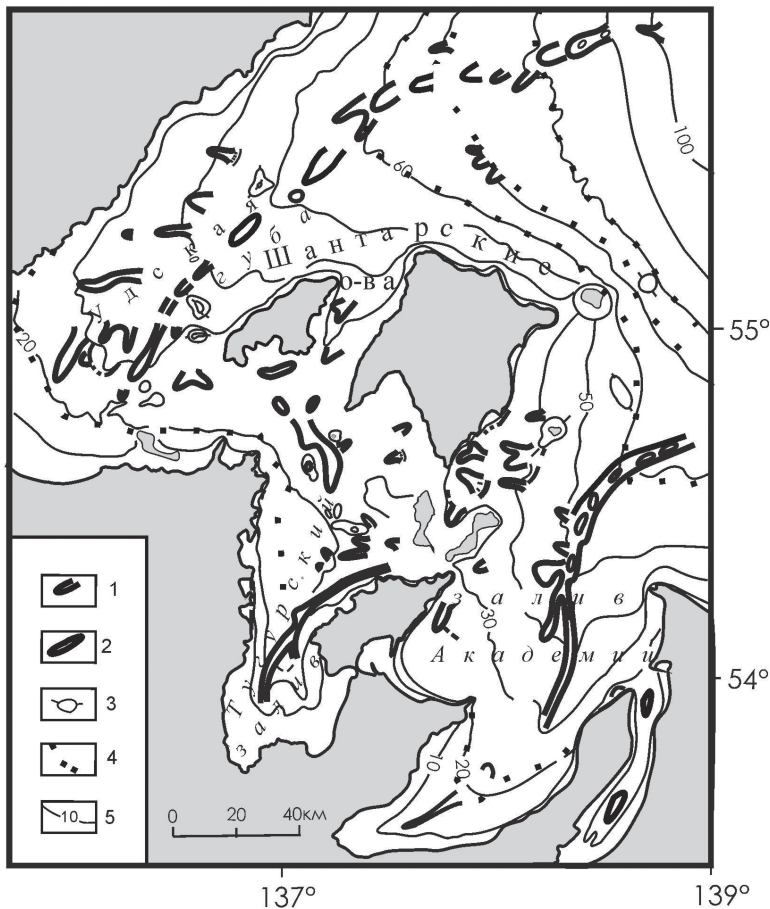


Рис. 1. Геоморфологическая схема западной части Охотского моря. 1 – ложбины, 2 – воронкообразные впадины, 3 – подводные возвышенности, 4 – древние береговые линии (по [18]), 5 – изобаты

вблизи современной зоны осушки древние долины рек полностью перемерты и сейсмоакустически не прослеживаются.

Изменения скорости трансгрессии и регрессии оставили следы не только в виде погруженных береговых террас на дне моря, но и поднятых береговых террас на суше [8–10, 12, 13]. По данным А.П. Кулакова, Е.М. Назаренко, В.С. Пушкаря [11], в береговом обрыве зал. Николая найдены прибрежно-морские отложения, которые, вероятно, представляют собой осадки морской трансгрессии верхнего плейстоцена.

**Восточно-Корейский залив** является крайней западной частью Японского моря, в пределах которого отмечается ступенчатое погружение шельфа по разломам. Система этих разломов в целом повторяет контур береговой линии. Шельф Восточно-Корейского залива в геоструктурном отношении рассматривается как подводное продолжение материковых структур. По данным сеймопрофилирования, в рельефе акустического фундамента выделяются приразломные грабены, секущие склон вкрест его простирания. Вдоль одного из них развивается Вонсанский каньон, который служит внешним выражением глубинного трансрегионального субширотного разлома Японского моря. В рельефе фундамента выявлены невысокие сводовые поднятия, которые по форме напоминают вулканические конусы [5].

Климат исследуемого региона относится к муссонному типу, характерной особенностью которого является сезонная смена противоположных по направлению господствующих

ветров и связанные с этим значительные изменения в режиме метеорологических элементов в течение года.

Зима здесь сравнительно мягкая ( $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Залив практически не замерзает, и в течение всего года преобладают высоты волн  $0,25\text{--}1,5$  м. Приливо-отливные течения слабые.

Большая часть шельфа представлена наклоненной на восток ступенчатой аккумулятивно-денудационной морской равниной, в которой отчетливо выделяется затопленная гидросеть, осложненная подводными дельтами, конусами выноса, ложбинами, палеобарами и т.д. Исследования проводились автором в морских экспедициях на НИС «Профессор Гагаринский» (1989–1990 гг.) по сети профилей преимущественно субширотного направления (рис. 2)

Аккумулятивный тип прибрежного шельфа связан с процессами осадконакопления в заливах, крупных бухтах. Характерными формами рельефа для этого типа являются подводные береговые валы, затопленные береговые бары, подводные дельты, конусы выноса, шлейфы осадков. При этом сохраняется тенденция к выносу материала в зону внутреннего шельфа с попутным заполнением неровностей дна (реликтовых долин) [16].

Реки, впадающие в залив, сформировали сложную сеть палеодолин на прибрежном шельфе (рис. 2, 3). Донья долин осложнены террасами и ложбинами. Глубина одной из них в зоне врезания достигает 57 м. Причем общая глубина поверхности сочленения долин составляет от 30 до 40 м [19]. Характерно, что палеодолины в зоне современной штормовой переработки до глубин  $20\text{--}25$  м выражены в рельефе слабо.

Продолжением субширотной подводной долины в этой зоне является крупная ложбина, ширина которой  $4\text{--}5$  км, а длина около 8 км. Южнее располагается сеть мелких подводных ложбин. Глубина их небольшая,  $2\text{--}3$  м, а длина  $2\text{--}4$  км.

В центральной части залива на глубине около 30 м прослеживается береговой вал. Он протягивается параллельно берегу на расстояние около 40 км. Его превышение над общей поверхностью выравнивания составляет  $5\text{--}10$  м, а ширина колеблется от 1 до 3 км.

Параллельно береговому валу на расстояние до 20 км протягивается узкая мульдообразная депрессия (рис. 3; 4 Г 111–113, 117–119, 131). Профиль долины U-образный. Глубина ее вреза от 10 до 15 м, ширина  $1\text{--}2$  км, иногда до 4 км. Восточный борт долины крутой ( $2\text{--}3^{\circ}$ ), а западный более пологий ( $1\text{--}2^{\circ}$ ). В отличие от уже рассмотренных долин, она имеет четкий продольный профиль со сдвигом в центральной части. По восточному борту долины прослеживается невысокий вал.

Внешняя зона шельфа (зона краевого прогиба) представляет собой наклонную поверхность в интервале глубин от 60 до  $140\text{--}150$  м. Здесь встречаются и поверхности морского аккумулятивного выравнивания, а также изрезанные денудационной деятельностью участки. В интервалах глубин  $60\text{--}80$  и  $120\text{--}130$  м на поверхности шельфа отмечаются уступы, террасы, ложбины, пикообразные выступы и т.д. (эрозионная зона на шельфе, см. рис. 3).

В центральной части внешнего шельфа на глубинах  $60\text{--}100$  м формируется вершина крупного каньона (см. рис. 2, 3). Его общая длина около 27 км. Глубина вреза каньона в верхней части 250 м, в средней она увеличивается до 700 м, в нижней составляет  $250\text{--}300$  м. Поперечный профиль V-образной формы с уклоном до  $17^{\circ}$ .

К интервалам глубин  $40\text{--}45$  м,  $60\text{--}65$ ,  $70\text{--}75$ ,  $103\text{--}106$ ,  $110\text{--}116$ ,  $120\text{--}125$  м приурочены перегибы наклонной поверхности, вероятно, связанные с древними береговыми линиями. В рельефе четко прослеживаются субгоризонтальные площадки, древние береговые валы и др.

Современный рельеф шельфа западной части Охотского моря и Восточно-Корейского залива (Японское море) создан в результате чередований ледниковых и межледниковых природных обстановок и сопутствующих им колебаний уровня Мирового океана, которые привели к формированию на структурах дочетвертичного фундамента морфогенетических комплексов морского и субаэрального происхождения. Рельеф шельфа изучаемых

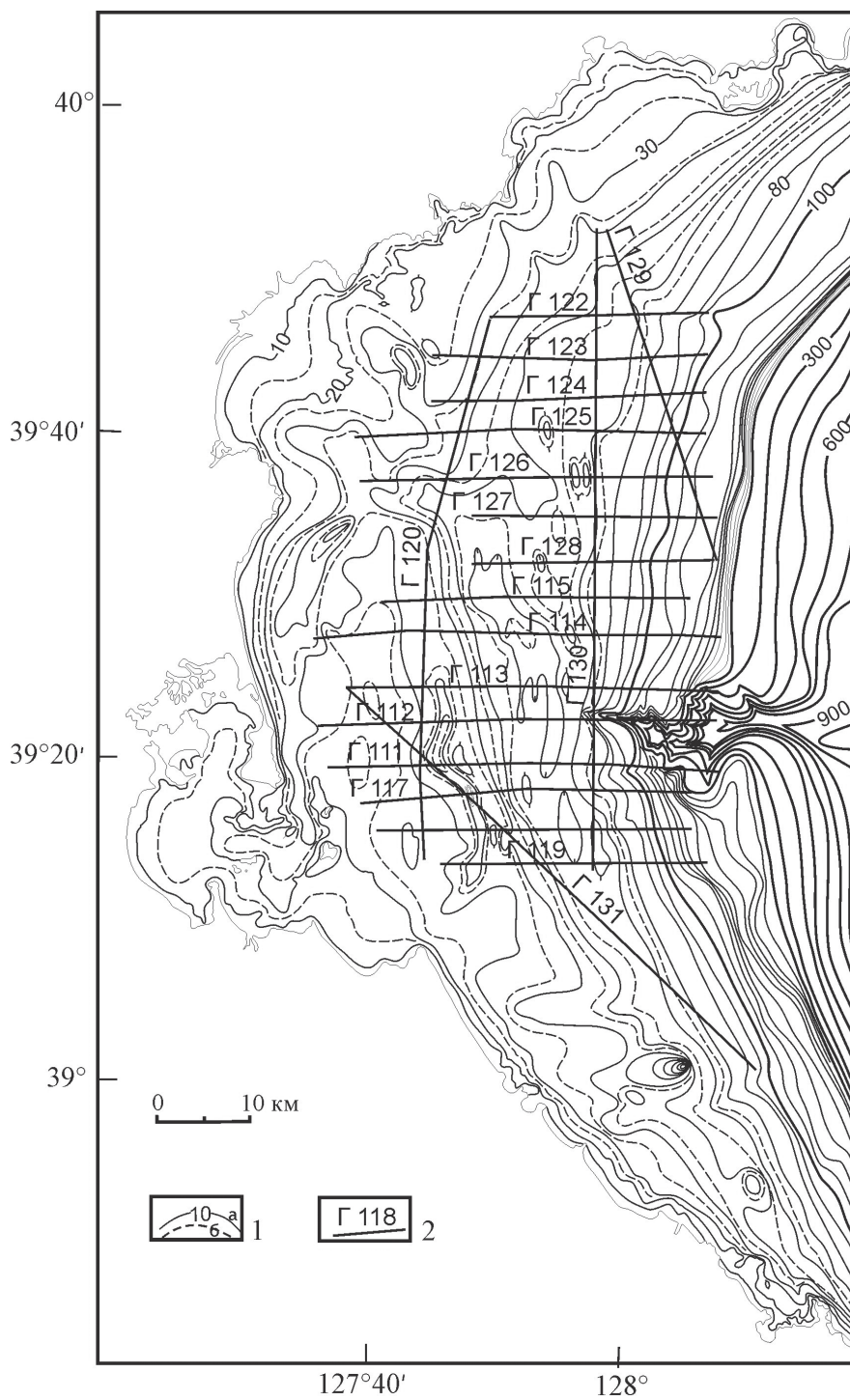


Рис. 2. Батиметрическая карта и промерные галсы Восточно-Корейского залива.  
 1 – изобаты: через 10 м (а), дополнительные через 5 м (б), 2 – промерные галсы и их номера

районов имеет как собственную специфику, связанную с современными процессами, так и общие черты, определяемые историей развития.

Шельфы западной части Охотского моря и Восточно-Корейского залива Японского моря являются геоморфологическими системами, где образование структурного плана происходило под влиянием эндогенных факторов. Они определили распространение наиболее крупных форм рельефа: впадин, желобов, иногда отдельных форм рельефа, связанных с выходом на поверхность выступов коренных пород в виде гряд.

Экзогенные процессы мощно изменили и сnivelировали первичную структуру, перекрывая ее мощным осадочным чехлом, создавая в основном аккумулятивные формы рельефа, которые и определили современный облик последнего.

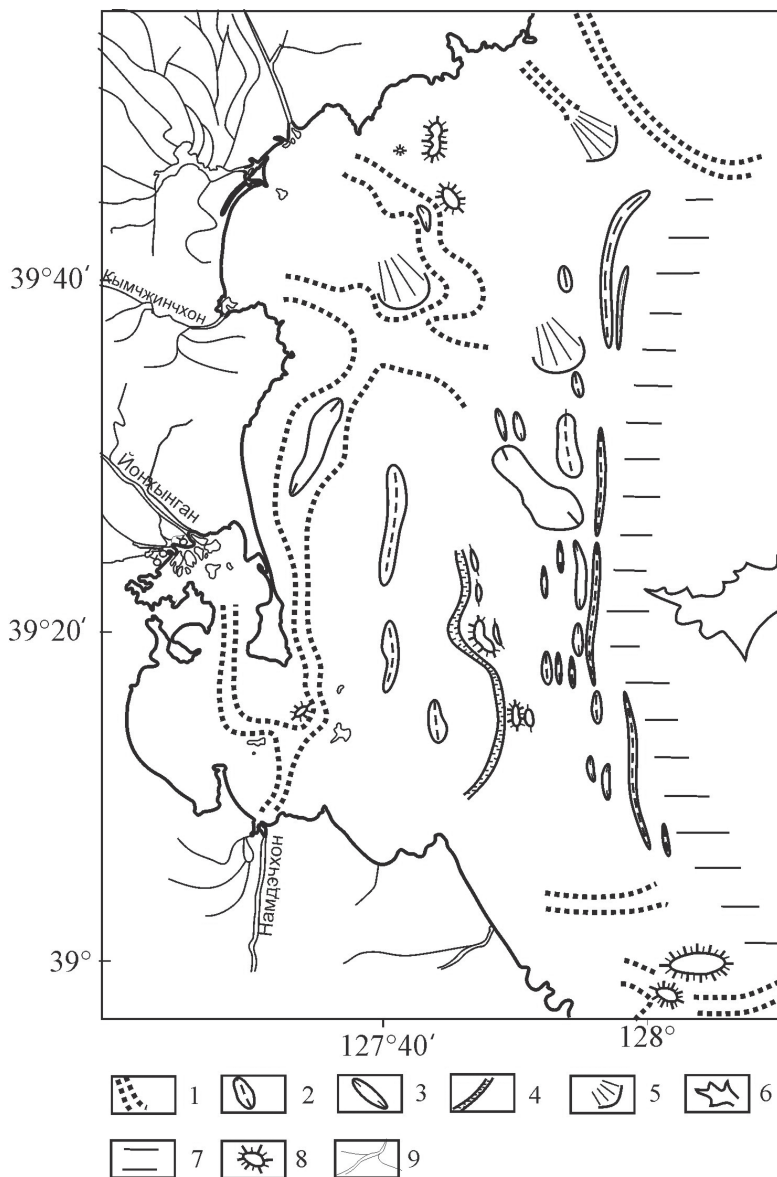


Рис. 3. Геоморфологическая схема Восточно-Корейский залив.  
 Формы рельефа на шельфе: 1 – палеодолины, 2 – древние береговые валы, 3 – впадины, 4 – узкая мульдообразная депрессия, 5 – конусы выноса рек, 6 – каньон, 7 – эрозийная зона на шельфе, 8 – возвышенности. Формы рельефа на суше: 9 – речная сеть

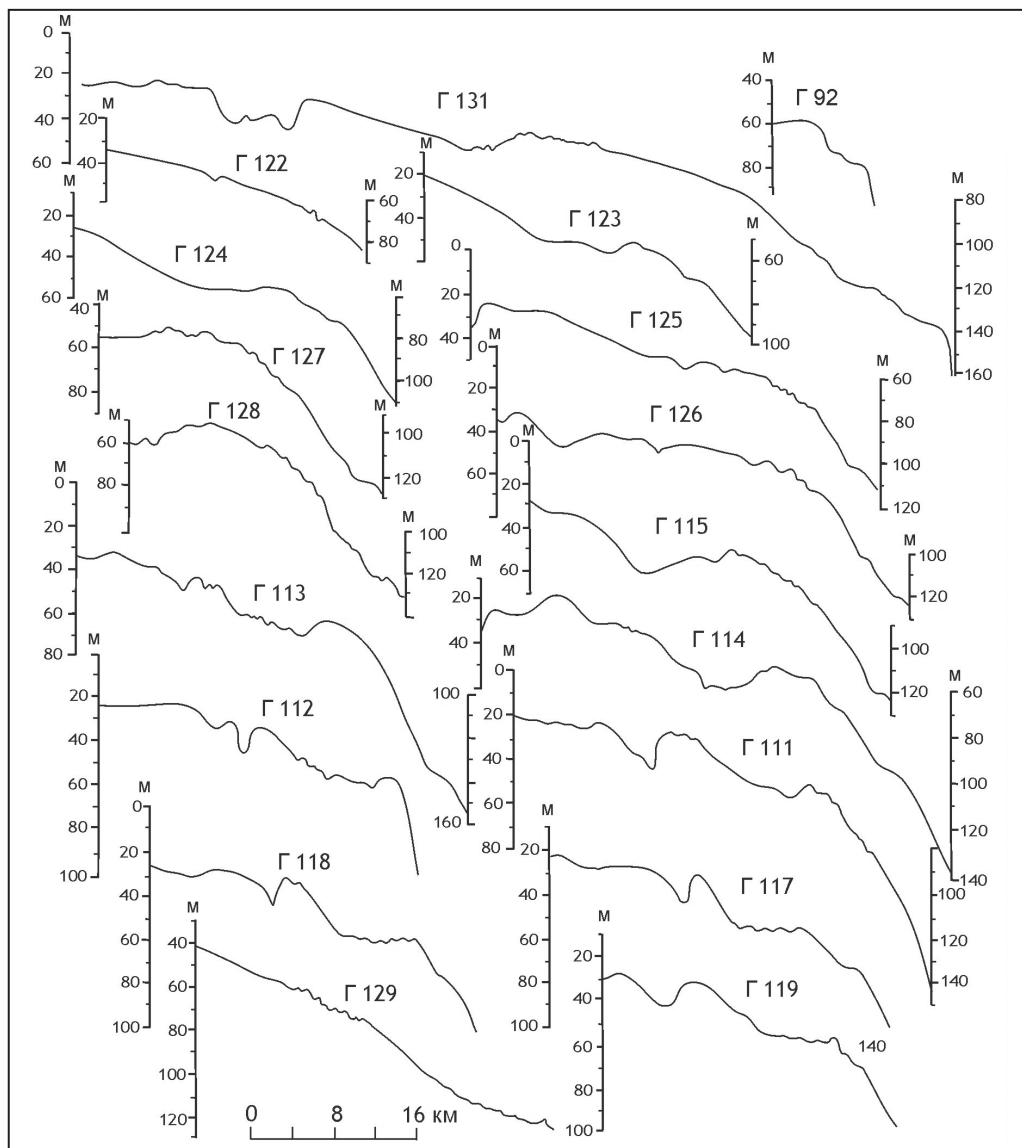


Рис. 4. Геоморфологические профили Восточно-Корейского залива

Анализ рельефообразующих процессов, описание рельефа шельфа западной части Охотского моря и Восточно-Корейского залива Японского моря выявили региональные закономерности проявления экзоморфогенеза:

1. Шельф западной части Охотского моря представляет собой полого-наклонную равнину, которая, заканчиваясь на глубине 180–200 м довольно крутым уступом, переходит в древний затопленный шельф. Рельеф морского дна характеризуется выровненностью и представлен плоскими, слегка выпуклыми поверхностями, осложненными сетью палеодолин и ложбин.

Шельф Восточно-Корейского залива представляет собой наклонную поверхность до перегиба к материковому склону (130–150 м), характеризуется слабым наклоном и сильной расчлененностью дна врезами палеодолин (до 15 м).

Заливы западного побережья Охотского моря (Удская губа, Тугурский, Ульбанский, Николая) и Восточно-Корейского залива (Хамхынман и Йонхынман) сформировались в результате голоценовой трансгрессии в устьях долин в пределы суши.

2. Оба объекта исследования располагаются в умеренном климатическом поясе, но влияние северной части Азиатского материка и холодного Охотского моря привело к тому, что в заливах западной части Охотского моря проявляются черты субарктического климата. Более южное расположение и теплое Японском море способствуют проявлению черт субтропического климата в Восточно-Корейском заливе.

3. В настоящее время в западной части Охотского моря денудация под воздействием течений и льда является основным процессом современного рельефообразования. Особенности климатического и гидрологического режима данного региона обуславливают длительный ледостав (8–9 мес.), ограничивающий волновое воздействие, но способствующий широкому распространению экзарации на подводном берегу склоне, а также обогащению тонкозернистых осадков крупнообломочным материалом. Течения, приливо-отливные и стоковые, играют большую роль в перемещении взвешенного материала, влекомых береговых наносов, их аккумуляции с образованием вдольбереговых осушек и береговых валов, а также подводной денудации, обуславливающей формирование промоин (ложбин, желобов стока приливно-отливных вод и др.), вдоль которых идет вымывание и вынос осадочного материала за пределы заливов.

4. Ветровое волнение и производные от него гидрологические явления: зыбь, прибойный поток, волновые течения – важнейшие рельефообразующие процессы для прибрежной части шельфа Восточно-Корейского залива в течение всего года. Основным поставщиком осадочного материала является твердый сток рек, поэтому косы, бары, пересыпи, подводные конуса выноса – основные формы береговой и прибрежной зон.

Вследствие большой устойчивости пород, слагающих береговые склоны, темп абразии невелик.

5. Миграция береговой зоны, обусловленная колебаниями уровня моря в позднем плейстоцене – голоцене, способствовала образованию морфогенетических комплексов морского и субаэрального происхождения в западной части Охотского моря и в Восточно-Корейском заливе Японского моря.

6. Строительство приливной электрической станции в Тугурском заливе существенно повлияет на ход ведущих экзогенных геоморфологических процессов и, возможно, приведет к изменениям в рельефе дна и берегов. Вероятно, изменится общая направленность рельефообразующих процессов: преобладающая в настоящее время денудация с последующим выносом осадочного материала, возможно, сменится аккумуляцией, что приведет к выравниванию дна отсеченной части залива. Вероятно расширение зоны осушки, а в дальнейшем вся вершина залива может быть занята маршами.

Анализ рельефообразующих процессов и установленные закономерности позволяют подойти к оценке геоэкологических ситуаций, возникающих при взаимодействии природной среды и различных видов природопользования, и могут быть использованы для прогноза развития рельефа в изменяющихся природных условиях при нарастающей антропогенной нагрузке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арчиков Е.И. Особенности формирования рельефа берегов Тихого океана в субарктическом и умеренном климатических поясах // Исследования глобальных факторов климатогенеза Дальнего Востока: сб. науч. тр. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 70–78.

2. Арчиков Е.И. Проблемы теоретической и прикладной геоморфологии берегов дальневосточных морей. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1986. 122 с.

3. Бровка П.Ф., Леонова Т.Д. Факторы рельефообразования и районирование побережья Тугурского залива (Охотское море) // Вестн. ДВО РАН. 2012. № 2. С. 3–8.

4. Вейнсберг И.Г. Затопленные речные долины на шельфе и связь их образования с колебаниями уровня Мирового океана (на примере шельфа Восточно-Сибирского моря и юго-западной части Охотского моря) // Геоморфология и палеогеография шельфа: сб. науч. тр. М.: Наука, 1978. С. 37–42.



5. Геологическое строение западной части Японского моря и прилегающей суши. Владивосток: Дальнаука, 1993. 211 с.
6. Геология и нефтегазоносность Охотско-Шантарского осадочного бассейна / В.Г. Варнавский, А.Э. Жаров, Г.Л. Кириллова, О.А. Кровшкина, Э.Я. Кропп, В.В. Куделькин, В.Б. Троян, Л.С. Чуйко. Владивосток: ДВО РАН, 2002. 148 с.
7. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9, вып. 1. Охотское море. СПб.: Гидрометеоиздат, 1998. 342 с.
8. Кулаков А.П. Геоморфологическое строение района залива Николая и озера Мухтель (Северо-Западное Приохотье) // Вопросы геоморфологии и четвертичной геологии юга Дальнего Востока СССР: сб. науч. тр. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 46–57.
9. Кулаков А.П. Морфотектоника и палеогеография материкового побережья Охотского и Японского морей в антропогене. М.: Наука, 1980. 177 с.
10. Кулаков А.П. Морфотектоника побережий Охотского и Японского морей и морфодинамика берегов // Региональная морфотектоника, геоморфология и четвертичная геология Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 54–59.
11. Кулаков А.П., Назаренко Е.М., Пушкарь В.С. О следах четвертичных морских трансгрессий в Северо-Западном Приохотье // Вопросы геоморфологии и четвертичной геологии юга Дальнего Востока СССР. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 118–130.
12. Кулаков А.П. Четвертичные береговые линии Охотского и Японского морей. Новосибирск: Наука, 1973. 189 с.
13. Лебедев С.А., Фишкин О.Н., Лебедева Е.В., Косолапова М.В. Следы морских ингрессий в пределах депрессионных морфоструктур Юго-Западного Приохотья // Прибрежная зона дальневосточных морей в плейстоцене. Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. С. 36–52.
14. Леонова Т.Д. Геоморфология шельфа Западного Приохотья // Геоморфология. 2010. № 1. С. 51–58.
15. Леонова Т.Д., Валитов М.Г., Мельниченко Ю.И., Колпащикова Т.Н. Геоморфология шельфа центральной части Восточно-Корейского залива // География и природ. ресурсы. 2014. № 2. С. 140–148.
16. Леонова Т.Д., Белоус О.В. Морфодинамическое районирование побережья залива Академии (Охотское море) // География и природ. ресурсы. 2015. № 4. С. 142–150.
17. Леонова Т.Д., Белоус О.В., Теницкий И.И. Формирование рельефа дна Тугурского залива (Охотское море) // Тихоокеан. геология. 2010. Т. 29, № 2. С. 81–89.
18. Хершберг Л.Б., Рязанцев А.А., Гуськов Л.Г., Шмулев В.Г., Наумов Ю.А. Древние береговые линии послеледниковой трансгрессии на шельфе Японского и Охотского морей // Колебания уровня морей и океанов за 15 000 лет: сб. науч. тр. М.: Наука, 1982. С. 196–207.
19. Utkin I.V., Korobov V.V. Morphometric Features of the Relict Paleovalleys Located on the Inner Shelf of the East-Korean Bay (the Japan Sea) // Marine Environment and Resources in the 21st Century: Proc. 1st China–Russia Symp. Marine Sci. Qingdao, China, 22–24 October 2009. Qingdao (China): First Institute of Oceanography, 2009. P. 82–84.