

УДК 551.462(265.53)

ПОДВОДНЫЕ ДОЛИНЫ СЕВЕРО-ВОСТОКА ОХОТСКОГО МОРЯ[#]© 2025 г. Т.Д. Леонова^{1,*}¹ Тихоокеанский океанологический институт имени В. И. Ильичева ДВО РАН,

Владивосток, Россия

* E-mail: leon@poi.dvo.ru

Поступила в редакцию 19.02.2024 г.

После доработки 23.09.2024 г.

Принята к публикации 10.01.2025 г.

Проведено описание подводных долин северо-востока Охотского моря на основе анализа материалов экспедиционных исследований, картографических и литературных данных. Влияние холодного моря, длительность ледостава, сильные приливно-отливные течения, ослабленный волновой режим — основные факторы современного рельефообразования. Сложный рельеф побережья обусловлен геологическим строением рассматриваемого района. Речной сток, деятельность льда и абразия обеспечивают поставку осадочного материала. Интенсивные экзогенные процессы сформировали морфоскульптуру, в том числе подводные долины. Подводная долина в Пенжинской губе имеет V-образный поперечный профиль, борта ее ровные; причем западные круче, чем восточные. Ширина долины 1.5–2 км на северных галсах, на южных — 0.7–1.0 км. Крутизна склонов достигает 10–12°. Желоб Шелихова протягивается в субмеридиональном направлении почти на 300 км и смыкается со впадиной ТИНРО. Ширина его колеблется от 30 до 40 км. На севере западный борт впадины прорезается крупными эрозионными долинами меридионального простирания, а на юге развита густая сеть эрозионных ложбин глубиной до 100 м и шириной 1–1.5 км. Поперечные профили имеют ярко выраженный V-образный характер, что свидетельствует об активном промывном режиме. Ложбины образуют древовидный в плане рисунок. Отмель Охотского моря до глубин 130–160 м была сформирована в результате ее последовательного развития в позднем плейстоцене—голоцене на фоне гляциоэвстатических колебаний уровня моря (Марков, Суетова, 1964). Независимо от причин заложения этих форм в настоящее время основным фактором их развития являются интенсивные приливно-отливные течения.

Ключевые слова: рельеф; эрозионные ложбины; приливно-отливные течения; Охотское море; залив Шелихова

DOI: 10.31857/S2949178925020071; **EDN:** GPYIWF

ВВЕДЕНИЕ

Изучение рельефа северо-восточной части Охотского моря представляет существенный интерес для практической оценки природных факторов при строительстве приливных электростанций (ПЭС) (Россия построит..., 2022). Высокие приливы, мощные приливно-отливные течения, значительная высота волн, ледовые условия, вынос терригенного материала реками создают здесь своеобразный режим рельефообразования. Подводные долины, в формировании которых основную роль играют размыв морского дна линейными потоками придонных водных масс и аккумуляция осадков в зоне затухания этих потоков, являются

основным элементом рельефа морского дна исследуемого района.

В статье рассмотрены долины, расположенные в СВ части Охотского моря (рис. 1). Этот район характеризуется труднодоступностью и сложностью проведения комплексных исследований.

Самый крупный залив Охотского моря лежит в его СВ части, вдаваясь на 315 км в материк. Это залив Шелихова с Гижинской и Пенжинской губами. Впадина ТИНРО находится к югу от исследуемого залива и имеет глубину свыше 750 м.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу исследования положены данные, полученные в экспедициях Тихоокеанского океанологического института им. В. И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТОИ ДВО РАН), а также материалы экспедиции Сахалинского научно-исследовательского

[#] Ссылка для цитирования: Леонова Т.Д. (2025) Подводные долины северо-востока Охотского моря. *Геоморфология и палеогеография*. Т. 56. № 2. С. 283—291. <https://doi.org/10.31857/S2949178925020071>; <https://elibrary.ru/GPYIWF>

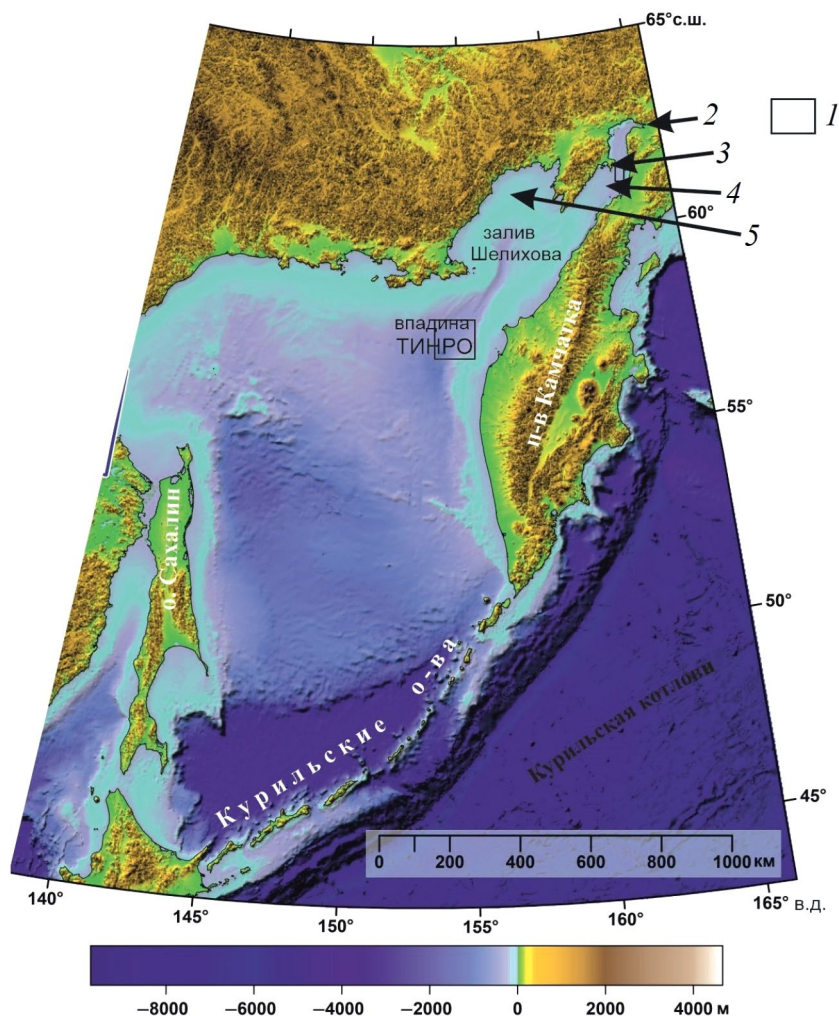


Рис. 1. Обзорная карта исследуемого региона (Tozer et al., 2019).

1 – районы работ; 2 – р. Пенжина; 3 – п-ов Елистратова; 4 – Пенжинская губа; 5 – Гижигинская губа.

Fig. 1. Overview map of the studied region (Tozer et al., 2019).

1 – areas of work; 2 – Penzhina River; 3 – Elistratov Peninsula; 4 – Penzhinskaya Bay; 5 – Gizhiginskaya Bay.

института ДВНЦ АН СССР (в настоящее время ИМГиГ ДВО РАН) совместно с Тихоокеанской морской геолого-геофизической нефтегазовой экспедицией Всесоюзного морского научно-производственного объединения по разведке нефти и газа “Союзморгео” Министерства газовой промышленности СССР (1980–1981 гг.).

Геоморфологический анализ проведен на основании результатов эхолотных промеров в Пенжинской губе (рис. 2), где исследования проводились на НИС “Богоров” (рейс 18, 1984 г.) в самом узком месте залива вдоль п-ова Елистратова; использовался дополнительный самописец эхолота “Шельфранд” фирмы ELAC. Промер глубин осуществлялся по системе галсов, пройденных вкост простирания подводной долины. Также использованы

материалы эхолотного промера НИС “Морской геофизик” (15–16 рейсы, 1980 г.) (Охотоморская экспедиция..., 1981). Были рассмотрены опубликованные литературные источники (Вольнев и др., 1982; Научно-технический отчет..., 1984).

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ

Основная часть западного побережья залива Шелихова образована меловыми и палеогеновыми эффузивами Охотско-Чукотского пояса, где широко представлены морфоструктуры центрального типа: вулканотектонические и интрузивно-купольные; выделены грабены, приразломные прогибы и горсты. Ширина этих структур варьирует от 1 км до нескольких десятков км (Белый, 1981; Белый, Шило 1976). На севере п-ова Тайгонос имеется

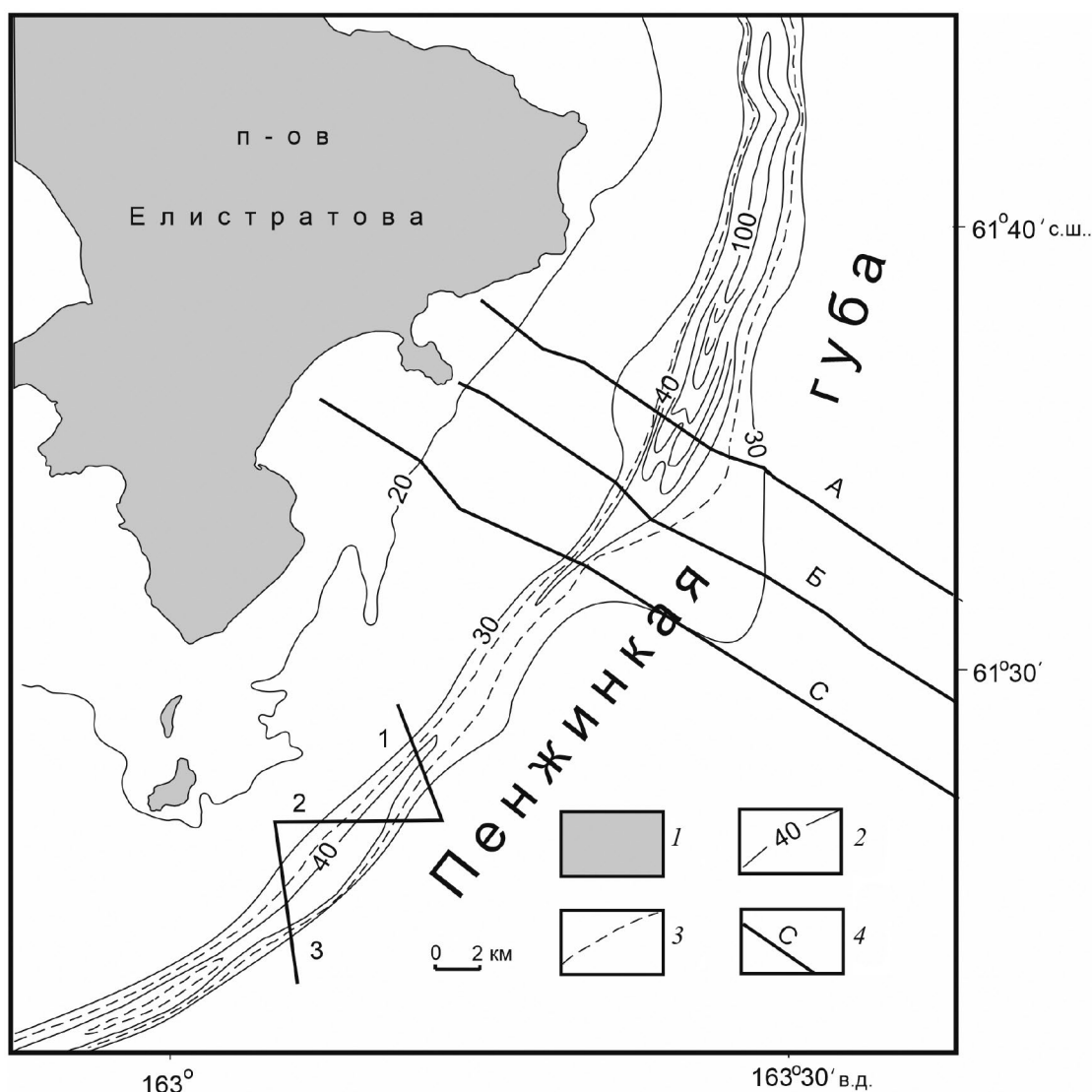


Рис. 2. Батиметрическая схема и промерные галсы.

1 – суша; 2 – изобаты, м; 3 – дополнительная изобата (через 5 м); 4 – номера промерных галсов.

Fig. 2. Bathymetric scheme and measuring tracks.

1 – land; 2 – isobates in meters; 3 – additional isobate (through 5 m); 4 – numbers of measuring tracks.

Авековский выступ докембрия, вытянутый на СВ (Парфенов, 1979). На п-ове Елистратова обнаружены структуры фундамента внутренней зоны Охотско-Чукотского вулканического пояса (Тайгоноская зона) и Пенжинского прогиба (Пенжинская зона), граница которых проходит по Елистратовскому глубинному разлому (Белый, 2004). На восточном побережье разрез кайнозойских впадин представлен четвертичными озерно-аллювиальными, флювиогляциальными, лагунными и мелководно-морскими осадками, перекрывающими неогеновые и палеогеновые толщи. Равнинное пространство западного побережья п-ова Камчатка сформировано на краевом прогибе и осложнено

континентальными угленосными неогеновыми отложениями (Парфенов, 1979).

Климат отличается значительной суровостью. В Северо-Восточном Приохотье арктический фронт отступает от береговой линии только летом, а уже в сентябре начинается охлаждение верхнего слоя вод во вдающейся в сушу северной части залива Шелихова. Здесь отрицательные среднемесячные значения температуры воздуха уже в октябре, и в целом отрицательная среднегодовая температура (-6°C) (Справочник по климату..., 1968). Осадки в виде снега могут наблюдаться с октября по май включительно, а в отдельные годы – в июне и сентябре (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1998).

Суровые климатические условия обуславливают интенсивное выхолаживание и определяют самые низкие значения температуры поверхностных вод Охотского моря в декабре — до $-0.5...-1.5^{\circ}\text{C}$, раннее льдообразование и продолжительность ледового периода — около 250 сут, в суровые зимы — до 290 сут (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1998). Это способствует образованию мощного ледяного покрова. Уже в ноябре вся акватория покрывается дрейфующими ледяными полями. Под действием сильного приливного течения и колебания уровня моря происходит непрерывное разрушение и торошение льда. Толщина льда достигает 1.5–2 м, высота торосов — 3–4 м (Приливные электростанции..., 1987).

Частые сильные ветры со стороны материка отжимают лед от берегов. Образующаяся прибрежная полынья вновь замерзает, и образуется весьма динамичный припай. Наибольшего развития ледяной покров достигает в начале или в середине марта.

Короткий безледный период характеризуются двумя четко выделяемыми сезонами волновой активности: летним (с мая по сентябрь) спокойным с волнами до 1 м и осенним (с сентября по ноябрь) со скоростью ветра до 20–30 м/с (Справочник по климату..., 1966), создающим интенсивное волнение высотой от 3 до 6 м (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1998).

В условиях ограниченного во времени волнового воздействия — редко когда более 4–5 месяцев — в процессах рельефообразования и седиментации как в прибрежной зоне, так и в открытой части заливов увеличивается значение течений.

В СВ части Охотского моря и в заливе Шелихова описаны Западно-Камчатское течение, компенсационное противотечение, циклоническое кольцо залива Шелихова (с июня по декабрь со скоростью до 10 см/с) и Пенжинское течение, возникающее в отдельные периоды года.

Характерная особенность рассматриваемой акватории — высокие приливы со сложными приливно-отливными течениями. Наибольшая величина прилива перед узостью Пенжинской губы — 13.9 м, а в ее вершине — 10.1 м. Приливные колебания были прослежены на р. Пенжина на расстоянии до 52 км (Горин и др., 2015). В заливе Шелихова характер приливного течения в основном неправильный, суточный. На западе скорости приливных течений составляют 40–100 см/с, а на востоке — 300 см/с. Таких скоростей достаточно для размыва и выноса осадков за пределы залива вплоть до грубообломочных. Приливные течения испытывают значительную изменчивость с глубиной. Она проявляется в скорости, направлении и характере суточного хода. Т. И. Супранович и др. (1998) свя-

зывают это, главным образом, с величиной вертикального градиента плотности в слое скачка. Над слоем скачка и под ним могут развиваться течения даже с различным суточным ходом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Геоморфологические исследования подводной долины в Пенжинской губе проводились на НИС “Богоров” вдоль п-ова Елистратова. На батиметрической схеме (рис. 2) показана часть подводной долины, проходящей вдоль полуострова. Долина имеет V-образный поперечный профиль (рис. 3, пр. А, Б, С). Ее борта выровненные, причем западные несколько круче ($4-6^{\circ}$), чем восточные ($1.5-2^{\circ}$). На них на глубине около 40 м отмечены уступы. Другой уступ на глубине около 100 м замечен на восточном борту самого северного галса. Плоского дна у долины нет ни на одном из пересечений (V-образная форма). Тальвег почти прямолинеен.

Долина прослеживается и к югу от м. Елистратова. Поперечный профиль сохраняет четкую V-образную форму, относительная глубина 12–22 м и (рис. 3; пр. 1, 2, 3). Ширина ее составляет 1.5–2 км на северных галсах, а на южных — 0.7–1.0 км. Крутизна склонов достигает $10-12^{\circ}$.

По мнению Б. А. Казанского (1984), V-образный профиль, отсутствие выровненного дна, как и осадков на нем, свидетельствуют в пользу тектонической природы этой долины. Мы полагаем, что, как и в Западном Приохотье (Белоус и др., 2023), оба мнения о генезисе подводных долин (экзогенное и эндогенное) имеют право на существование. Практически полное отсутствие осадков в Пенжинской губе свидетельствует об активном промывном режиме приливно-отливных течений. Взвешенный материал выносится во впадину ТИНРО.

Наиболее крупным элементом рельефа района исследований является желоб Шелихова, протянувшийся в субмеридиональном направлении почти на 300 км. Ширина его колеблется от 30 до 40 км, превышение бровки склонов над тальвегом — 300–400 м (Вольнев и др., 1982). В средней части он имеет ярко выраженный корытообразный поперечный профиль. К югу он выполаживается и смыкается с впадиной ТИНРО. Его осевая часть, приуроченная к области сочленения Камчатской и Охотской складчатых систем (Парфенов, 1983), генетически связана с крупной тектонической структурой — Прикамчатским предгорным прогибом.

Устьевая область желоба Шелихова представляет собой конус выноса, осложненный валами и узкими эрозионными ложбинами. Вопрос о происхождении желоба остается открытым. В. М. Вольнев

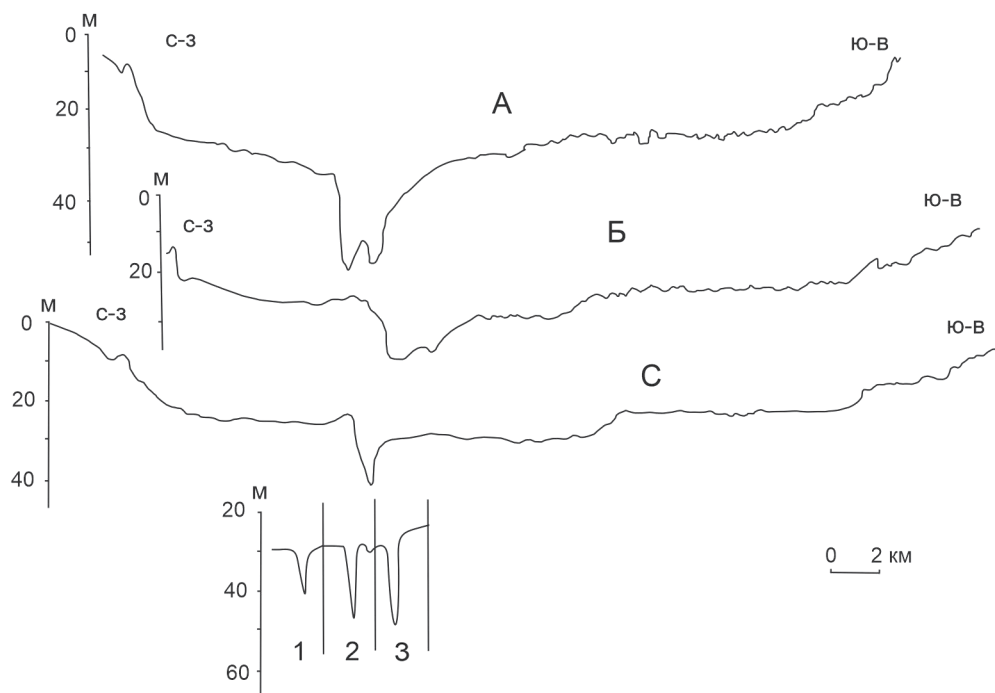


Рис. 3. Батиметрические профили Пенжинской губы (положение профилей см. рис. 2).

Fig. 3. Bathymetric profiles of the Penzhinskaya Bay (profile position in fig. 2).

и соавторы (1982) высказывают предположение, что он, вероятно, создан в результате эрозионной деятельности приливно-отливных течений.

На севере западный борт впадины ТИНРО прорезается крупными эрозионными долинами меридионального простирания, на юге развита густая сеть эрозионных ложбин с глубиной вреза до 100 м и шириной 1–1.5 км. Их V-образный поперечный профиль свидетельствует об активном промывном режиме. В плане они имеют древовидный рисунок (рис. 4). Восточный борт впадины представлен голоценовой абразионно-аккумулятивной поверхностью выравнивания (Вольнев и др., 1982), осложненной уступами, которые отчетливо прослеживаются на рис. 5 (пр. 6, 7). Вдоль подножия склона протягивается узкая линейная эрозионная ложбина, осложненная воронками.

Г. Б. Удинцев (1957) указывал, что для дна впадины ТИНРО характерен сложный грядовый рельеф. Песчаные гряды прослеживаются практически везде (рис. 5, пр. 6–8). На севере впадины узкая (1.5–2.0 км) депрессия субмеридионального простирания. На юге она приобретает корытообразный профиль (рис. 5, пр. 2), прослеживающийся до центра впадины. Вдоль ее западного борта протягивается прирусловой вал. Происхождение ложбин и гряд, вероятно, связано с приливно-отливными течениями, а линейные эрозионные

формы служат трассами перемещения обломочного материала. Во время движения мощных мутьевых потоков происходит осаждение материала, что приводит к созданию подводных конусов выноса, прирусловых валов, гряд.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Рельеф прибрежной отмели на СВ Охотского моря связан с абразионно-аккумулятивными процессами при миграции зоны волнового воздействия в результате чередования ледниковых и межледниковых природных обстановок и сопутствующих им колебаний уровня Мирового океана.

Отмель Охотского моря до глубин 130–160 м была сформирована в результате ее последовательного развития в позднем плейстоцене–голоцене на фоне гляциоэвстатических колебаний уровня моря (Марков, Суетова, 1964). В течение этого времени положение береговой линии неоднократно менялось. Новейшие вертикальные движения, связанные с общим прогибанием впадины, привели к погружению ее отдельных участков до 200–250 м.

В современном режиме рельефообразования ведущая роль принадлежит экзогенным процессам. Обломочный материал, выносимый реками¹,

¹ По подсчетам А. С. Астахова (1986), величина терригенного стока только р. Пенжины составляет 1450.0 т/год.

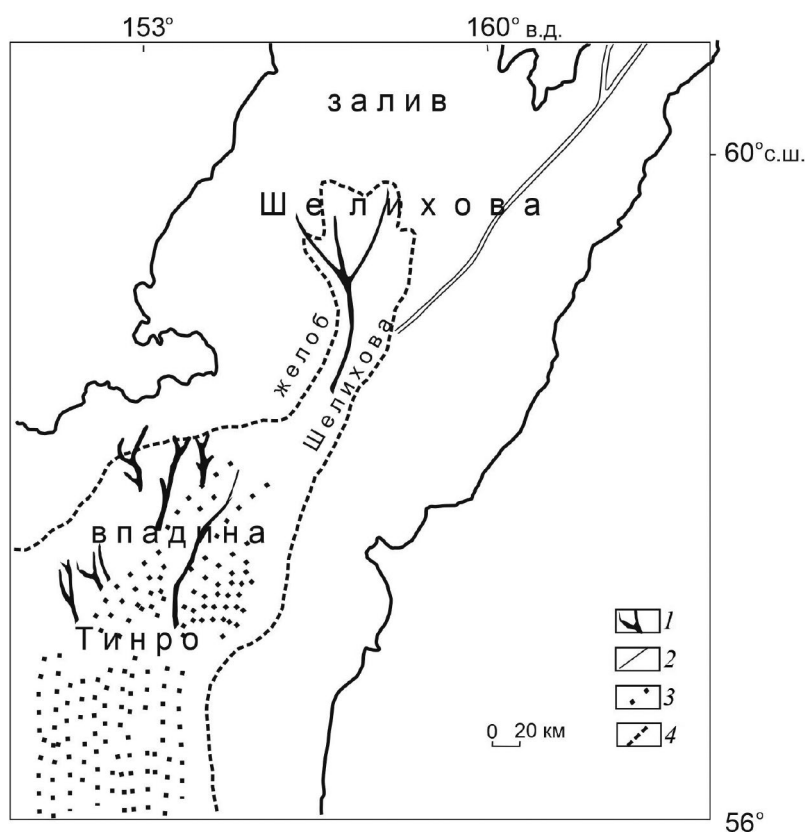


Рис. 4. Схема расположения долин и песчаных гряд.

1 – подводные ложбины; 2 – подводные долины; 3 – песчаные гряды; 4 – изобата 200 м.

Fig. 4. The scheme of the location of valleys and sand ridges.

1 – underwater hollows; 2 – underwater valleys; 3 – sand ridges; 4 – isobate 200 m.

а также поступающий в результате абразии (около 13 тыс. м/г (Арчиков и др., 1989) и деятельности морского льда, далее переносится приливно-отливными течениями, причем скорости течений настолько велики, что в Пенжинской губе осадки практически отсутствуют. Обломочный материал транспортируется по подводным долинам и желобу Шелихова, формируя конусы выноса, песчаные волны и гряды во впадине ТИНРО.

В Пенжинской губе приливы неправильные, суточные, достигают высоты 13,9 м, поэтому здесь рассматривается возможность строительства напорной приливной электростанции (ПЭС). По мнению А. В. Некрасова и Д. А. Романенкова (2003), строительство плотины приведет к значительной трансформации местного приливного режима (перестройка спектральной структуры прилива и изменение его типа).

Также произойдут и значительные изменения рельефа. При строительстве плотины отсечется обширная часть Пенжинской губы (около 6800 км²). В ней, вероятно, создадутся условия, характерные для закрытых акваторий, например, заиливание.

Преобладающая в настоящее время денудация с последующим выносом материала, возможно, сменится аккумуляцией, что приведет к выравниванию дна отсеченной части залива.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводные долины представляют собой крупные морфоскульптуры СВ Охотского моря. Их генезис и история развития трактуются исследователями по-разному. В настоящее время основную роль в их развитии играют экзогенные процессы.

Высокая подвижность водных масс способствует формированию эрозионных форм рельефа, выносу осадочного материала за пределы Пенжинского залива, в котором практически отсутствуют аккумулятивные формы рельефа. Аккумуляция происходит во впадине ТИНРО с образованием конусов выноса и песчаных гряд. Основными гидрометеорологическими факторами, влияющими на современный облик рельефа дна Пенжинского залива, являются приливно-отливные течения, циклоническая циркуляция вод и ледовый режим.

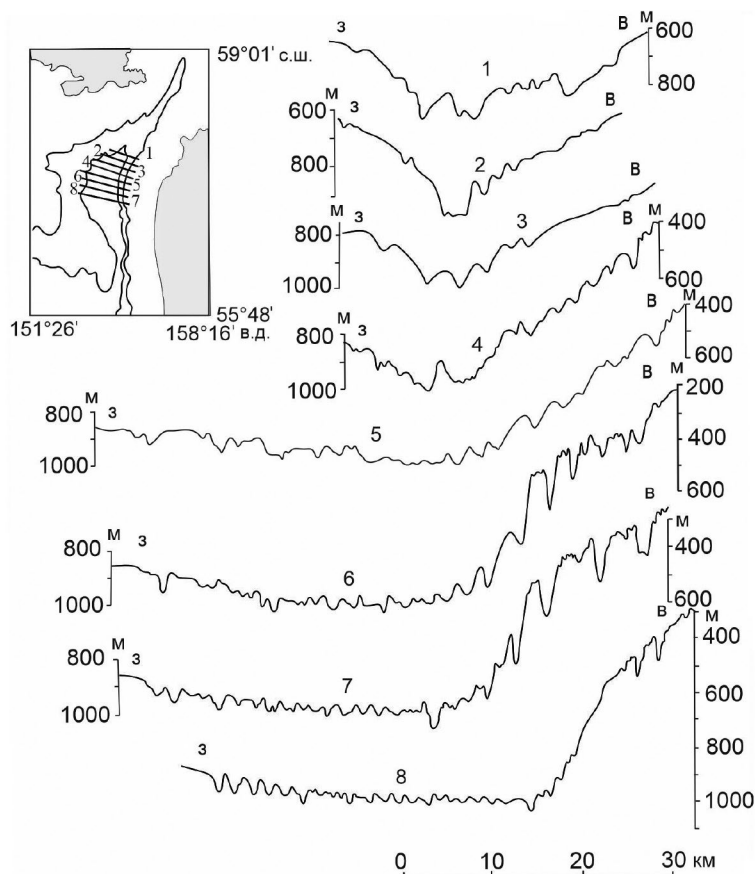


Рис. 5. Батиметрические профили впадины ТИНРО (по (Андреев и др., 1981) с добавлениями автора).

Fig. 5. Bathymetric profiles of the TINRO depression (after (Andreev et al., 1981) with additions by the author).

Выполненные исследования могут быть использованы при изучении рельефа дна региона, при активном природопользовании и для дальнейших научных исследований.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор признателен за помощь Б. А. Казанскому и А. С. Сваричевскому. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 124022100084-8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреев А.А., Красный М.Л., Сапожников Б.Г., Хведчук И.И. (1981) Охотоморская экспедиция научно-исследовательского судна "Морской геофизик" (15–16-й рейсы, 1980). *Океанология*. Т. 21. № 5. С. 937–939.
- Арчиков Е.И., Степанова Л.Е., Майоров И.С. (1989) Роль ледовых образований в развитии береговых геосистем Охотского моря. Владивосток: Изд-во Дальневосточного ун-та. 112 с.
- Астахов А.С. (1986) Позднечетвертичное осадконакопление на шельфе Охотского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 140 с.
- Белый В.Ф. (1981) Структурно-формационная карта Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Магадан: ДВНЦ АН СССР. 90 с.
- Белый В.Ф. (2004) Геология полуострова Елистратова (северо-восток России). *Тихоокеанская геология*. Т. 23. № 2. С. 3–19.
- Белый В.Ф., Шило Н.А. (1976) Охотско-Чукотское звено. В сб.: *Строение земной коры и верхней мантии в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану*. Новосибирск: Наука. С. 25–40.
- Вольнев В.М., Михайлов О.В., Белов В.В. и др. (1982) К вопросу о генезисе подводного рельефа в северо-восточной части Охотского моря. В сб.: *Структура и состав осадочного чехла северо-запада Тихого океана*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 121–131.
- Гидрометеорология и гидрохимии морей. Охотское море. Т. IX. (1998) СПб.: Гидрометеиздат. 344 с.
- Горин С.Л., Коваль М.В., Сазонов А.А. и др. (2015) Современный гидрологический режим нижнего течения реки Пенжины и первые сведения о гидрологических процессах в ее эстуарии (по результатам экспедиции

- 2014 г.). В сб.: *Река Пенжина и верхняя часть Пенжинской губы (Северо-Западная Камчатка). Результаты комплексных исследований. Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии*. Вып. 37. С. 33–52.
- Марков К.К., Суетова И.А. (1964) Эвстатические колебания уровня океана. В сб.: *Основные проблемы изучения четвертичного периода*. М.: Наука. С. 143–146.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 34. Сахалинская область (1990). Л.: Гидрометеиздат. 351 с.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 27. Камчатская область (2001). СПб: Гидрометеиздат. 597 с.
- Научно-технический отчет о результатах комплексных исследований проведенных в 18 рейсе НИС “Богоров” (Охотское море) (1984). Владивосток: ТОИ ДВНЦ АН СССР. 27 с.
- Некрасов А.В., Романенков Д.А. (2003) Прогнозная оценка трансформации приливных колебаний уровня при крупномасштабном гидротехническом строительстве на побережье Белого и Охотского морей. В сб.: *Колебания уровня в морях*. СПб: Гидрометеиздат. С. 57–78.
- Парфенов Л.М. (1983) Континентальные окраины, островные дуги и кинематика мезозойской складчатости. Ст. 1. Мезозойды Верхоянско-Чукотской области. *Тихоокеанская геология*. № 3. С. 3–15.
- Приливные электростанции (1987). Под. ред. Л.Б. Бернштейна, В.Н. Силакова, С.Л. Гельфера и др. М.: Энергоатомиздат. 296 с.
- Россия построит мощнейшую в мире приливную электростанцию на Камчатке. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2022/01/18/121067/> (дата обращения 18.01.2022)
- Справочник по климату СССР. Вып. 34. Ч. 4. (1968) Л.: Гидрометеиздат. 173 с.
- Удинцев Г.Б. (1957) Рельеф дна Охотского моря. *Труды ИО АН СССР*. Т. 22. С. 3–74.
- Tozer B., Sandwell D.T., Smith W.H.F. et al. (2019) Global bathymetry and topography at 15 arc sec: SRTM15+. *Earth and Space Sci.* No. 6. P. 1847–1864. <https://doi.org/10.1029/2019EA000658>

SUBMARINE VALLEYS OF THE NORTH-EASTERN OKHOTSK SEA REGION²

T. D. Leonova

Il'ichev Pacific Oceanological Institute Far Eastern Branch RAS, Vladivostok, Russia

E-mail: leonova_tatyana_58@mail.ru

The submarine valleys of the north-western Okhotsk Sea have been describe using the expedition studies, cartographic materials and previously published data. The main factors influencing morphogenesis of the bottom relief include the cold water of Okhotsk Sea, the duration of ice cover, strong tidal currents, and an attenuated wave regime. Complex coastal topography is determined by the geological structure of the study area, seasonal sediments supply by rivers, ice activity, and coastal abrasion. Intensive exogenous processes have formed large morphosculptural forms of complex genesis, including submarine valleys. During the study of the submarine valley in the Penzhinskaya Bay, it was revealed that it has a V-shaped transverse profile. The valleys sides are smooth, with the western sides slightly steeper than the eastern. The width of the valley is 1.5–2 km on the northern tacks, and 0.7–1.0 km on the southern ones. The steepness of the slopes reaches 10–12 degrees. Shelikhov's trench, which connects Bay of Shelikhov with the Okhotsk Sea, stretches in the meridian direction for almost 300 km and merges with the TINRO depression. Its width ranges from 30 to 40 km. The northern part of the western side of the TINRO depression is cut by large erosive valleys of the meridional strike. In the southern part a dense network of erosive channels has been developed with an incision depth of up to 100 m and a width of 1–1.5 km. The transverse profiles of the channels have a well pronounced V-shape, which indicates an active flushing regime. The channel network has a dendritic pattern. Regardless the origin of these forms, the main factor controlling their development at the present is intense tidal currents, to clarify the genesis, it is necessary to obtain additional geophysical and hydrological data. The performed studies can be used in predicting the further region's economic development.

Keywords: relief; erosive channels; tidal currents; Sea of Okhotsk; Bay of Shelikhov

ACKNOWLEDGMENTS

The author is grateful for the help of B. A. Kazansky and A. S. Svarichevsky. The work was carried out with

the financial support of the Ministry of Science and Higher Education (topic No. 124022100084-8).

REFERENCES

- ² For citation: Leonova T. D. (2025) Submarine valleys of the north-eastern Okhotsk Sea region. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. Vol. 56. No. 2. P. 283–291 (in Russ). <https://doi.org/10.31857/S2949178925020071>; <https://elibrary.ru/GPYIWF>
- Andreev A.A., Krasny M.L., Sapozhnikov V.G., Khvedchuk I.I. (1981) Sea of Okhotsk expedition of the research vessel “Marine Geophysicist” (15–16 voyages, 1980). *Oceanologiya*. Iss. 21. No. 5. P. 937–939 (in Russ).

- Archikov E.I., Stepanova L.E., Majorov I.S. (1989) Rol' ledovykh obrazovaniy v razvitiy beregovykh geosistem Okhotskogo morya (The role of ice formations in the development of coastal geosystems of the Okhotsk Sea). Vladivostok: Dal'nevostochnyi universitet (Publ.). 112 p. (in Russ).
- Astahov A.S. (1986) Pozdnechetvertichnoe osadkonakopleniye na shel'fe Okhotskogo morya (Late Quaternary sedimentation on the shelf of the Okhotsk Sea). Vladivostok: DVNC AN SSSR (Publ.). 140 p. (in Russ).
- Belyy V.F. (1981) Strukturno-formatsionnaya karta Okhotsko-Chukotskogo vulkanogennogo poyasa (Structural-formational map of the Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt). Magadan: DVNTS AN SSSR (Publ.). 90 p. (in Russ).
- Belyy V.F. (2004) Geology of the Elistratov Peninsula (northeast of Russia). *Pacific geology*. Vol. 23. No. 2. P. 3–19 (in Russ).
- Belyy V.F., Shilo N.A. (1976) Okhotsk-Chukotka link. In: *Stroenie zemnoi kory i verkhnei mantii v zone perekhoda ot Aziatskogo kontinenta k Tikhomu okeanu*. Novosibirsk: Nauka (Publ.). P. 25–40 (in Russ).
- Bernstein L.B., Silakov V.N., Gelfer S.L. et al. (1987) Prilivnye elektrostantsii (Tidal power plants). Moscow: Energoatomizdat (Publ.). 296 p. (in Russ).
- Gidrometeorologiya i gidrokhimii morei. Okhotskoe more. T. IX. (Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. Okhotsk Sea. Iss. IX). (1998) Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat (Publ.). 1998. 344 p. (in Russ).
- Gorin S.L., Koval' M.V., Sazonov A.A. et al. (2015) Modern hydrological regime of the lower reaches of the Penzhina River and the first information about hydrological processes in its estuary (based on the results of the 2014 expedition). In: *Reka Penzhina i verkhnyaya chast' Penzhinskoi guby (Severo-Zapadnaya Kamchatka). Rezul'taty kompleksnykh issledovaniy. Sb. nauch. tr. Kamchat. NII ryb. khoz-va i okeanografii*. Vol. 37. P. 33–52 (in Russ).
- Markov K.K., Suetova I.A. (1964) Eustatic fluctuations of the ocean level. In: *Osnovnye problemy izucheniya chetvertichnogo perioda*. Moscow: Nauka (Publ.). P. 143–146 (in Russ).
- Nauchno-prikladnoi spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnogoletnie dannye. Chasti 1–6. Vyp. 34. Sakhalinskaya oblast' (Scientific and applied reference book on the climate of the USSR. Series 3. Long-term data. Parts 1–6. Iss. 34. Sakhalin region) (1990) Leningrad: Gidrometeoizdat (Publ.). 351 p. (in Russ).
- Nauchno-prikladnoi spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnogoletnie dannye. Chasti 1–6. Vyp. 27. Kamchatskaya oblast' (Scientific and applied reference book on the climate of the USSR. Series 3. Long-term data. Parts 1–6. Iss. 27. Kamchatka region). (2001) Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat (Publ.). 597 p. (in Russ).
- Nauchno-tekhnicheskii otchet o rezul'tatakh kompleksnykh issledovaniy provedennykh v 18 reise NIS "Bogorov" (Okhotskoye more) (Scientific and technical report on the results of comprehensive research conducted on the 18th voyage of the R/V Bogorov (Okhotsk Sea)) (1984) Vladivostok: POI DVNC AN SSSR (Publ.). 27 p. (in Russ).
- Nekrasov A.V., Romanenkov D.A. (2003) Predictive assessment of the transformation of tidal level fluctuations during large-scale hydraulic engineering construction on the coast of the White and Okhotsk Seas. In: *Kolebaniya urovnya v moryakh*. Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat (Publ.). P. 57–78 (in Russ).
- Parfenov L.M. (1983) Continental margins, island arcs and kinematics of Mesozoic folding. Article 1. Mesoids of the Verkhoyansk-Chukotka region. *Tikhookeanskaya geologiya*. No. 3. P. 3–15 (in Russ).
- Rossiia postroit moshchneishuyu v mire prilivnuyu elektrostantsiyu na Kamchatke (Russia will build the world's most powerful tidal power plant in Kamchatka). [Electronic data]. Access way: <https://www.atomic-energy.ru/news/2022/01/18/121067/> (access date: 18.01.2022).
- Tozer B., Sandwell D.T., Smith W.H.F. et al. (2019) Global bathymetry and topography at 15 arc sec: SRTM15+. *Earth and Space Science*. No. 6. P. 1847–1864. <https://doi.org/10.1029/2019EA000658>
- Udincev G.B. (1957) Bottom topography of the Okhotsk Sea. *Trudy IO AN SSSR*. Iss. 22. P. 3–74 (in Russ).
- Vol'nev V.M., Mihailov O.V., Belov V.V. et al. (1982) On the question of the genesis of underwater relief in the northeastern part of the Sea of Okhotsk. In: *Struktura i sostav osadochnogo chekhla severo-zapada Tikhogo okeana*. Vladivostok: DVNC AN SSSR (Publ.). P. 121–131 (in Russ).