

УДК 551.435.327

DOI: 10.34753/HS.2020.2.2.158

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ БЕРЕГОВ КОНТАКТНЫХ ЗОН СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКИ

В.В. Афанасьев¹, Е.И. Игнатов², А.В. Уба¹¹*Институт морской геологии и геофизики
ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия;*²*Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*
vvasand@mail.ru

MORPHOGENETIC DIFFERENTIATION OF THE SHORES OF THE CONTACT ZONES OF THE NORTH PACIFIC

Victor V. Afanas'ev¹, Evgeniy I. Ignatov²,
Alexey V. Uba¹¹*Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB
RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*²*Lomonosov Moscow State University, Moscow,
Russia*
vvasand@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты анализа геопространственной и геолого-геоморфологической информации о берегах контактных зон Северной Пацифики. Анализ карт морфогенетических типов берегов Северной Пацифики позволил выявить специфику берегового морфолитогеоза морей субарктической и умеренной поясности. Установлено, что для морей Северной Пацифики характерно двухмодальное распределение протяженности берегов различного типа. Первый максимум относится к абразионно-денудационным скалистым берегам, со значительным вкладом в процессы разрушения физического выветривания. Второй пик формируют абразионно-аккумулятивные берега. Подобное распределение типов берегов наряду со структурно-геологическими особенностями строения побережий вероятно связано с различными стадиями зрелости берегов в условиях интенсивного денудационного разрушения берегов морей, характеризующихся продолжительным периодом «открытого моря» при отрицательных температурах воздуха. Морфоклиматическая позиция (геопространственные параметры и связанные с ними различия морфолитодинамических показателей) острова Сахалин и островодужных систем Северной Пацифики позволили нам рассматривать их как контактные зоны морей разного типа, а также морей и океанов. Морфолитодинамические характеристики

Abstract. The results of the analysis of geospatial and geological-geomorphological information on the shores of the contact zones of the North Pacific are presented. An analysis of the maps of the morphogenetic types of coasts of the North Pacific revealed the specifics of the coastal morpholithogenesis of the seas of subarctic and moderate zones. It has been established that for the seas of the North Pacific, a two-modal distribution of the length of coasts of various types is characteristic. The first maximum relates to abrasion-denudation rocky shores, with a significant contribution to the destruction of physical weathering. The second peak is formed by abrasive-accumulative shores. A similar distribution of coast types along with structural and geological features of the coastal structure is probably associated with various stages of coastal maturity under conditions of intense denudation destruction of the coasts of the seas, characterized by a prolonged “open sea” period at negative air temperatures. The morphoclimatic position (geospatial parameters and the related differences in morpholithodynamic parameters) of Sakhalin Island and the island arc systems of the North Pacific allowed us to consider them as contact zones of different types of seas, as well as seas and oceans. The morpholithodynamic characteristics of the shores of contact zones along with the features of hydrodynamics and the thermal regime of the shared water areas also determine the morphoclimatic parameters of the contact zone itself. The Sakhalin shores of the moderately cold northern part of the Sea

берегов контактных зон наряду с особенностями гидродинамики и термического режима разделяемых акваторий определяют также и морфоклиматические параметры собственно контактной зоны. Сахалинские берега умеренно холодной северной части Японского моря и субарктического Охотского моря расположены друг от друга в 30-140 км, в то время как океанские и морские берега крупных островов в островодужных системах разделяют всего несколько километров. Таким образом, ветроволновые поля и их взаимодействие с волнами зыби в контактных зонах имеют весьма сложный характер. Температурный режим побережий также в значительной степени зависит от геопространственных параметров контактных зон. На основе карты морфогенетических типов берегов оцифрованы и рассмотрены особенности распределения типов берегов с морской и океанской стороны островодужных систем. Картометрические и морфометрические исследования в комплексе с данными геолого-геоморфологического анализа позволили выявить особенности развития и современной динамики морских и океанских берегов островодужных систем. Предполагается, что продольная асимметрия низменных перешейков между океанскими и морскими берегами обусловлена цунамигенными процессами.

Ключевые слова: Курильские острова; Алеутские острова; остров Итуруп; остров Чугинадак; морфолитодинамика берегов; георадар

Введение

Границы геосистем представляют собой относительно подвижные зоны взаимовлияний и взаимодействий соседних геосистем – контактные географические структуры [Лихачева, Маккавеев, Локшин 2010; Бакланов, 2014; Скрыльник, 2017]. При этом большую часть геоморфологических границ можно рассматривать как разновидность контактных зон, выделяемых в физической географии, и к ним приурочена подавляющая часть земных

of Japan and the Subarctic Sea of Okhotsk are 30-140 km apart, while the oceanic and marine shores of large islands in island-arc systems separate the first kilometers. Thus, the windwave fields and their interaction with swell waves in the contact zones are very complex. The temperature regime of the coasts also largely depends on the geospatial parameters of the contact zones. Based on the map of morphogenetic types of coasts, the distribution features of coastal types from the sea and ocean side of island-arc systems are digitized and considered. Cartometric and morphometric studies in conjunction with the data of geological and geomorphological analysis revealed the peculiarities of development and modern dynamics of the sea and ocean coasts of island-arc systems. It is assumed that the longitudinal asymmetry of the low isthmus between the ocean and sea shores is due to tsunamigenic processes.

Keywords: Kuril Islands; Aleutian Islands; Chuginadak Island; Iturup Island; coastal morphodynamics; ground penetrating radar

процессов и явлений [Лихачева, Тимофеев, 2007; Лихачева, Тимофеев, 2008].

Морфоклиматическая позиция (геопространственные параметры и связанные с ними различия морфолитодинамических показателей) острова Сахалин и островодужных систем Северной Пацифики позволили нам рассматривать их как контактные зоны морей разного типа, а также морей и океанов. Морфолитодинамические характеристики берегов контактных зон наряду с особенностями

гидродинамики и термического режима разделяемых акваторий определяют также и морфоклиматические параметры собственно контактной зоны. Сахалинские берега умеренно холодной северной части Японского моря и субарктического Охотского моря расположены друг от друга в 30-140 км, а океанские и морские берега крупных островов в островодужных системах разделяют всего несколько километров. Таким образом, ветроволновые поля и их взаимодействие с волнами зыби в контактных зонах имеют весьма сложный характер. Температурный режим побережий также в значительной степени зависит от геопространственных параметров контактных зон.

Изменчивость природных условий определила особенности морфолитогенеза морских берегов контактных зон и специфику их освоения и природопользования применительно к зональной и территориально-пространственной принадлежности.

Обзор проблемы

Берега дальневосточных морей России – от Берингова, Охотского до Японского, – водная циркуляция которых входит в общую циклоническую циркуляцию Северной Пацифики, находятся в пределах нескольких физико-географических поясов (арктического, субарктического и умеренного). Как отмечает Г.П. Скрыльник: «Дальний Восток расположен в устойчиво активной переходной-контактной зоне двух величайших структур Земли, в ходе взаимодействия оказывающих мощные системоформирующие влияния в рамках умеренного, субарктического и арктического природно-климатических поясов» [Скрыльник, 2018].

Географическое положение Дальнего Востока на восточной окраине Евразии на границе с Тихим океаном обуславливает наличие здесь муссонной циркуляции, которая прослеживается примерно до 70° с.ш. [Дзедзеевский, 1975; Туноголовец, Гарцман, Крохин, 2008]. При этом особенности муссонной циркуляции определяются взаимодействием трех

основных муссонных областей [Лисогурский, Петричев, 1980]. В узкой полосе вдоль 70° с.ш. развит полярный муссон. От 45° до 65° с.ш. расположена область муссонов умеренных широт. Область устойчивых субтропических муссонов располагается к югу от 45-й параллели. Взаимодействие суши и океана осуществляется взаимодействием трех климатических центров действия атмосферы (сибирского и северо-тихоокеанского антициклонов, алеутской депрессии), а также сезонных центров – охотоморского антициклона и амурской депрессии. Влияние континента проявляется главным образом в виде северо-западного и северного потоков континентального воздуха (зимнего муссона), сильно снижающих тепляющее действие Тихого океана на побережье, а влияние океана проявляется юго-восточными и южными потоками морского воздуха (летнего муссона).

Другими важнейшими морфоклиматическими факторами на побережье являются широтная и погодная дифференциация радиационного притока солнечной энергии, влияние климатических фронтов (арктический и фронт умеренных широт), определяющих интенсивную циклоническую деятельность, тропические циклоны, рельеф и морфоструктурный план побережий.

Современные зональные и провинциальные черты рельефа Дальнего Востока предопределяют сложно и противоречиво взаимодействующие рельефообразующие влияния – континентальные и океанические. Выделено три группы стран с разным ходом развития рельефа при комплексировании с различными воздушными массами. При этом отмечается, что морфоструктурные черты проявляются главным образом в относительной молодости рельефа, а морфоскульптурные – в морфогенетическом богатстве облика геосистем [Никольская, Скрыльник, 1976; Скрыльник, 2008].

Известно, что долготная физико-географическая секторность и широтная зональность ландшафтной структуры Европы формируются в значительной мере как результат интерференции потоков тепла и влаги с

Атлантического и Северного Ледовитого океанов [Алексеев, Голубев, 2004; Дьяконов, Варлыгин, Ретеюм, 2017]. В случае Северной Пацифики именно морфотектоническое строение континентальных окраин и история их развития в неоген-четвертичное время определили особенности современного климоморфогенеза, долготную секторность и широтную зональность морфолитогенеза на побережье. Следует отметить северо-восточную ориентацию основных морфоструктурных элементов, определяющих основные черты взаимодействия суши и моря, и относительную обособленность дальневосточных морей от Тихого океана в результате развития Курильской и Алеутской островодужных систем. Это привело к тому, что границы климатических поясов на побережье значительно смещены против часовой стрелки [Арчиков, 1979]. Охотское море относится, таким образом, к категории субарктических морей. Соответственно, побережье Охотского моря имеет черты арктических и субарктических берегов. Летние геоморфологические процессы протекают под влиянием условий предшествующей зимы. Североамериканские берега участка умеренного климатического пояса, наоборот, испытывают рельефообразующее влияние субтропического пояса, так как в течение всего года береговой морфолитогенез находится под влиянием теплых течений океана.

Анализ карт морфогенетических типов берегов Северной Пацифики позволил выявить специфику берегового морфолитогенеза морей субарктической и умеренной поясности [Национальный атлас России, 2007].

Установлено, что для морей Северной Пацифики характерно двухмодальное распределение протяженности берегов различного типа (рисунок 1). Первый максимум относится к абразионно-денудационным скалистым берегам (2-ой тип), со значительным вкладом в процессы разрушения физического выветривания. Второй пик формируют абразионно-аккумулятивные берега (6-ой тип). Самый высокий процент от общей

протяженности береговой линии берега этого типа составляют на Японском море и значительно меньший, даже с учетом берегов 7-го и 8-го типов, на Охотском море. Интересно, что протяженность берегов 4-го типа с отмершим абразионным уступом в процентном отношении на Охотском море выше, чем на Японском море. Подобное распределение типов берегов наряду со структурно-геологическими особенностями строения побережий может быть связано как с различными стадиями зрелости берегов, так и с интенсивным разрушением берегов умеренно холодных морей, характеризующихся продолжительным периодом «открытого моря» при отрицательных температурах воздуха.

Методика исследований

Анализ карт морфогенетических типов берегов Северной Пацифики, в составлении которых принимал участие один из авторов, проведен в геоинформационной системе Quantum GIS, контуры соответствуют точности исходных карт [Национальный атлас России, 2007]. Для получения длины береговой линии каждого типа использован инструмент «Добавить атрибуты геометрии» с опцией «Расчет на эллипсе». Вычисления произведены на эллипсе WGS84 EPSG:7030.

На морском аккумулятивном перешейке Ветровой острова Итуруп (Курилы) и пирокластическом перешейке острова Чугунидак (Алеуты) были проведены картометрические исследования. Рельеф перешейка Ветровой представлен посредством визуализации данных Aster Global Digital Elevation Model (GDEM V2)¹, являющихся продуктом Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) и NASA. Информация содержится в системе Earth Explorer Геологической службы США (United States Geological Survey). Координатная система данных WGS84, размер пиксела ~20'30 м, среднеквадратическая ошибка (RMSE) по высоте – менее 10 м. Для визуализации уровней построены карты высот в трехмерной проекции с выделением цветом высотных диапазонов от 0 до

¹ URL: https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/aster/aster_products_table/aster_gdem_version_2_validation (дата обращения 19.03.2018)

120 м с шагом 10 м и теневой отмывкой для более высоких уровней. Анализ поля высот позволил выделить несколько абразионных и абразионно-аккумулятивных террасовых уровней в

пирокластических отложениях позднего неоплейстоцена, перекрытых прибрежно-морскими и склоновыми отложениями.

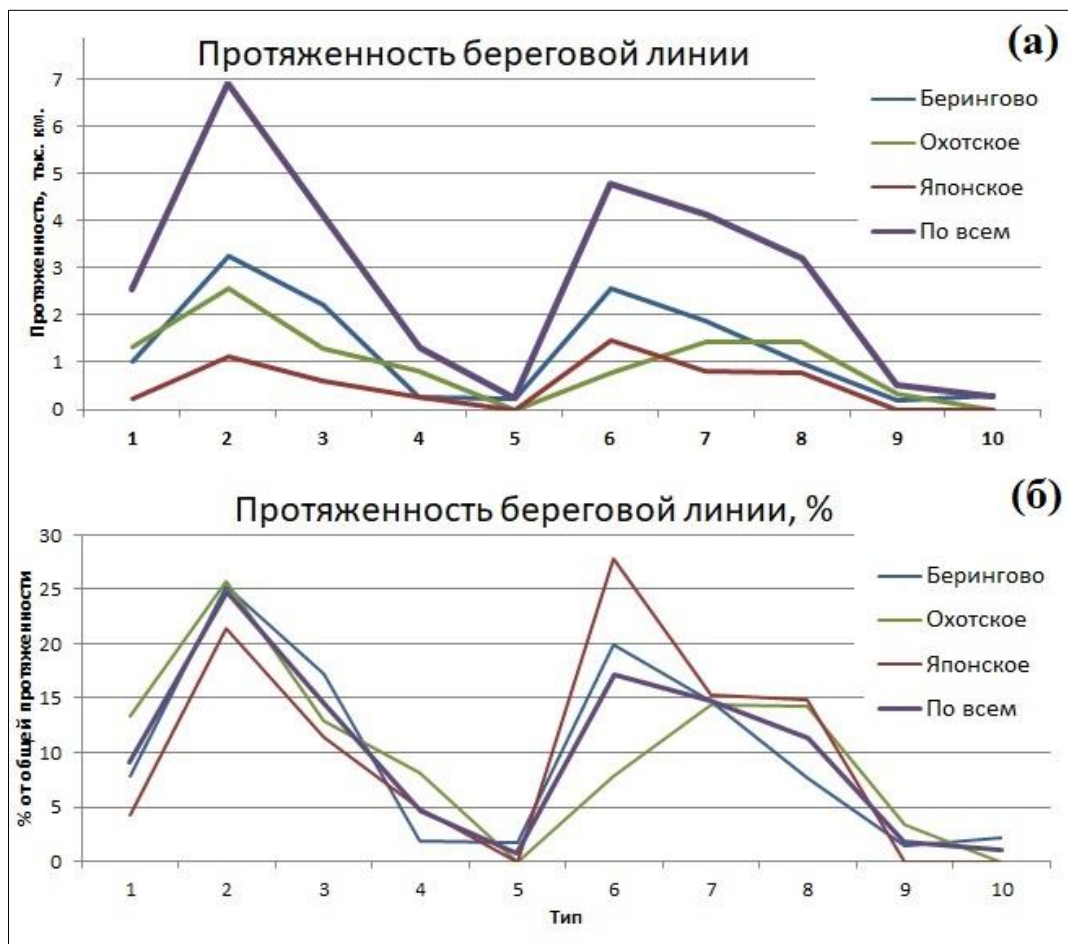


Рисунок 1. Протяженность типов берегов морей Северной Пацифики. (а) - протяженность типов берегов в километрах; (б) - протяженность типов берегов в процентах. Типы берегов: 1 – с ледниково-тектоническим расчленением (фиордовые), тектонически обусловленные, 2 – абразионно-денудационные; 3 – абразионные (выровненные и бухтовые);

4 – абразионные отмершие; 5 – термоабразионные и ледовые; 6 – абразионно-аккумулятивные (выровненные и бухтовые); 7 – созданные волновыми процессами, пляжевые; 8 – созданные волновыми процессами, лагунные; 9 – созданные приливными и стгонно-нагонными процессами; 10 – созданные устьевыми процессами (дельтовые)

Figure 1. The length of the types of coasts of the seas of the North Pacific. (a)- The length of the types of coasts in kilometers; (b) - the length of the types of coasts in percent. Types of coasts: 1 – with glacial-tectonic dissection (fjord), tectonically determined, 2 – abrasion-denudation; 3 – abrasion (aligned and coiled); 4 – abrasive dead; 5 – thermoabrasion and ice; 6 – abrasion-accumulative (aligned and coiled); 7 – created by wave processes, beach; 8 – created by wave processes, lagoon; 9 – created by tidal and surging processes; 10 – created by wellhead processes (delta)

Картометрические исследования перешейка острова Чугунидак в среде Aster Global Digital Elevation Model (GDEM V2) были дополнены обработкой данных ALOS World 3D – 30 м (AW3D30) Версия 2.2¹; Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global².

Георадиолокационные наблюдения проводились георадаром серии «ОКО-2М» (ООО «Логис») с антенным блоком АБ-400 (центральная частота антенны 400 МГц), обеспечивающим глубину исследования до 5 м и с антенным блоком АБ-150 (центральная частота 150 МГц), обеспечивающим глубину исследования до 12 м. Привязка конечных точек профилей наблюдения осуществлялась при помощи спутникового приемника. По данным бурения и шурфования выделенные отражающие поверхности скоррелированы со слоями, установленными в скважинах, шурфах или канавах, для пересчета по всему профилю временного разреза в глубинный. При анализе и

интерпретации данных использованы понятия и термины георадарной стратиграфии, такие как радарная фация (Rf) и поверхности радарных отражений, связанные с первичной структурой осаднения [Neal, 2004; Mallinson et. al., 2010]. Интерпретация георадарных данных по профилям общей протяженностью около 20 км в полной мере включала геоморфологический контент, основанный на морфодинамических наблюдениях.

Результаты и обсуждение

Общие черты специфики морфолитогенеза с морской и океанской стороны контактных зон (Алеутской и Курильской островных дуг) установлены при анализе карт морфогенетических типов берегов Северной Пацифики [Национальный атлас России, 2007]. Полученные данные экспортированы и обработаны в электронных таблицах, затем представлены в графическом виде (рисунок 2).

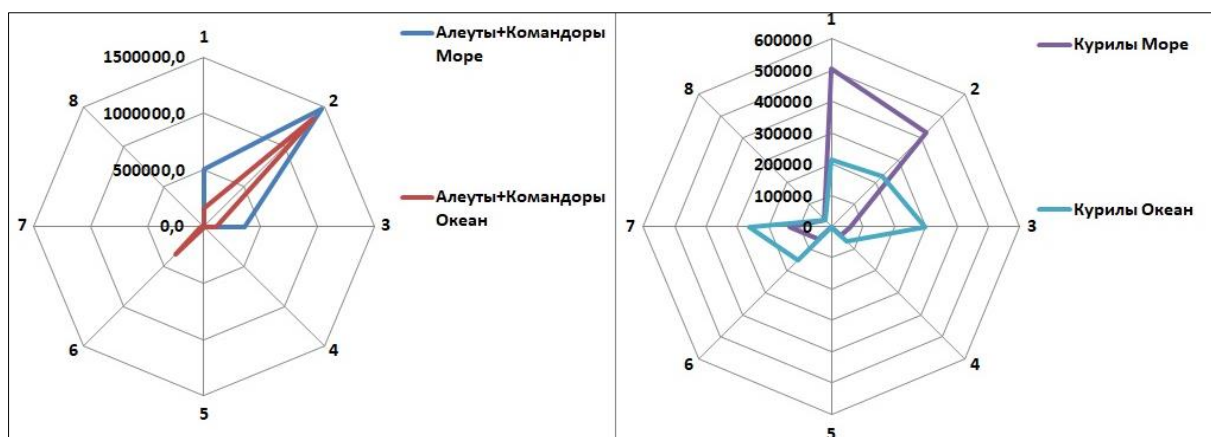


Рисунок 2. Распределение морфогенетических типов берегов островодужных систем Северной Пацифики: 1 – с ледниково-тектоническим расчленением (фиордовые), тектонически обусловленные, 2 – абразионно-денудационные; 3 – абразионные (выровненные и бухтовые); 4 – абразионные отмершие; 5 – термоабразионные и ледовые; 6 – абразионно-аккумулятивные (выровненные и бухтовые); 7 – созданные волновыми процессами, пляжевые; 8 – созданные волновыми процессами, лагунные

Figure 2. Distribution of morphogenetic types of coasts of the island-arc systems of the North Pacific: 1 – with glacial-tectonic dissection (fjord), tectonically determined, 2 – abrasion-denudation; 3 – abrasive (aligned and coiled); 4 – abrasive dead; 5 – thermoabrasion and ice; 6 – abrasion- accumulative (aligned and coiled); 7 – created by wave processes, beach; 8 – created by wave processes, lagoon

¹ URL: <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm> (дата обращения 02.02.2020)

² URL: <https://doi.org/10.5066/F7PR7TFT> (дата обращения: 03.02.2020)

Как и ожидалось, в процентном отношении как Алеутских, так и Курильских островов морские берега 1-го и 2-го типа (рисунок 2). Абразионные берега на Алеутах преобладают на морской стороне, а на Курилах, наоборот, на океанской. Протяженность абразионно-аккумулятивных берегов выше с океанской стороны островодужных систем. Протяженность аккумулятивных берегов и на Курилах, и на Алеутах также больше со стороны океана. Выявленные особенности морфогенетических типов морских и океанских берегов свидетельствуют о преобладающем вкладе в это распределение именно гидродинамического и термического режимов разделяемых акваторий. Морфоклиматические параметры собственно контактной зоны (островной дуги), в отличие от таковых на острове Сахалин, на указанное распределение не влияют. Морфотектоническая и

структурно-формационная обусловленность развития берегов островных дуг, несомненно, значительна и требует дальнейшего исследования.

На примере острова Итуруп (Курильская островная дуга) и острова Чугунидак (Алеутская островная дуга) детально рассмотрены особенности современного берегового морфолитогеоза контактной зоны и эоловой аккумуляции, так называемого ближнего переноса, которая относится к специфичным береговым рельефообразующим процессам, суммирующим воздействия в палеогеографическом масштабе времени. Наиболее показательные различия в современной морфолитодинамике берегов выявлены при анализе морфометрических параметров мегафестонов пляжа на острове Итуруп (рисунок 3).

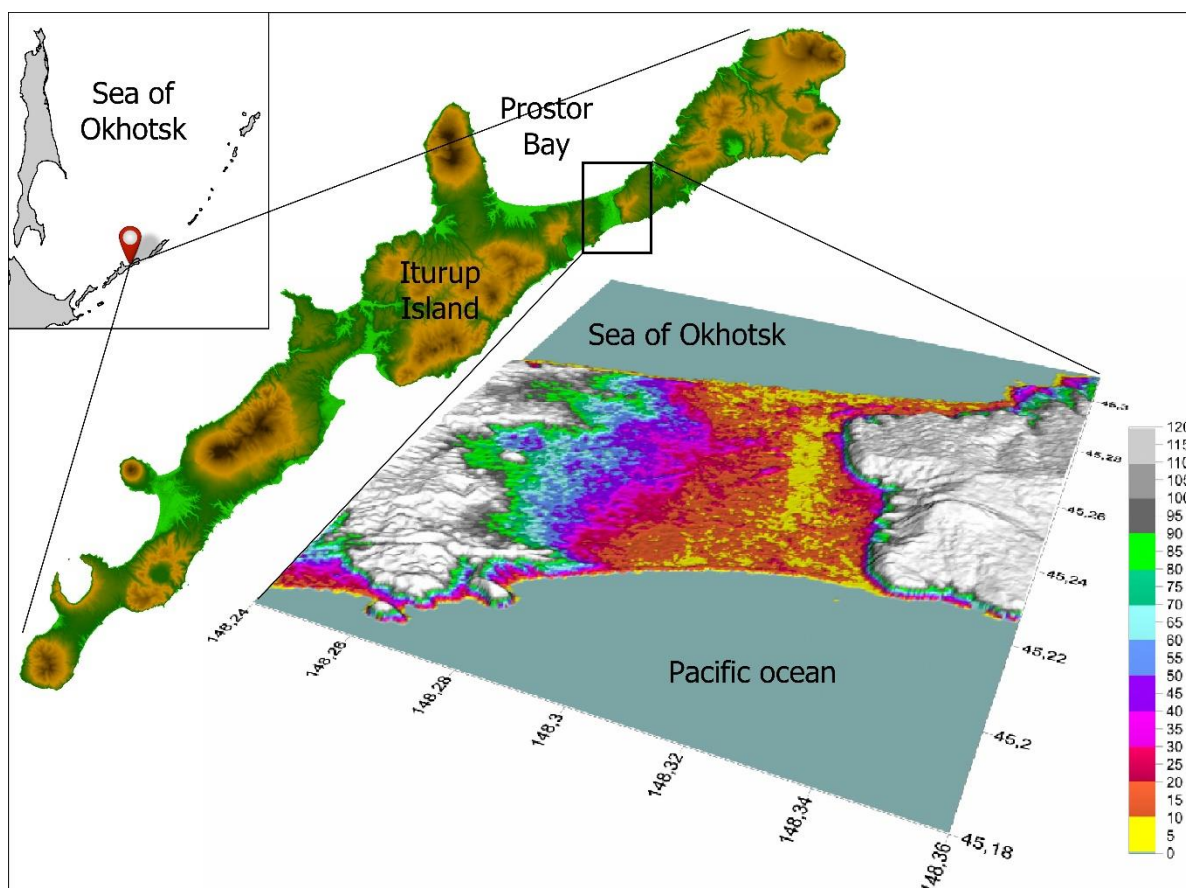


Рисунок 3. Обзорная схема района перешейка Ветровой (остров Итуруп) – морфометрическая карта (Aster Global Digital Elevation Model (GDEM V2))

Figure 3. Overview of the area of the isthmus of Vetrovoy - morphometric map (Aster Global Digital Elevation Model (GDEM V2))



Рисунок 4. Охотоморские мегафестоны (L = 400-600 м)
Figure 4. Sea of Okhotsk megacusps (L = 400-600 m)

Оказалось, что на противоположных участках острова размеры океанских мегафестонов более чем в два раза превышают размеры охотоморских мегафестонов (рисунок 4).

При анализе эолового морфолитогенеза, связанного с волновой переработкой преимущественно пемзово-пирокластического материала при эксплозивных извержениях в голоцене, неоплейстоцене, было установлено, что дюны с морской стороны перешейка Ветровой острова Итуруп формировались в результате разрушения высоких береговых уступов, сложенных пемзово-пирокластическим материалом неоплейстоцена, в период усиления размыва при повышении уровня моря около 1,5 тыс. лет назад. Формирование более молодых дюн океанского побережья в значительной степени связано с переработкой пирокластического материала, поступившего в береговую зону около 1000 лет назад непосредственно во время извержения [Афанасьев, 2019]. Значительная доля пеплового материала в пирокластике обусловила и очень быстрое формирование толщи пелитовых

отложений в бассейне лагунного типа с океанской стороны перешейка Ветровой острова Итуруп.

Что касается эоловых образований более ранних эпох голоцена, то, учитывая существование в среднем голоцене на месте перешейка Ветровой пролива, их следует искать в центральной части перешейка [Afanas'ev et al., 2019]. Наблюдаемые здесь гривы высотой до 50 метров, ориентированные в юго-западном направлении, вероятно, и являются дюнными массивами, связанными с периодами высокого стояния уровня моря и интенсивным размывом высоких береговых уступов, сложенных пемзово-пирокластическим материалом (рисунок 3). Однако не следует исключать и вероятность волновой переработки пирокластики, попавшей в береговую зону непосредственно в период эксплозивных извержений среднего голоцена, на что указывают вулканотектонические дислокации в основании разреза высокого морского берегового уступа [Afanas'ev et al., 2019].

Побережья островных дуг, как известно, с завидной регулярностью подвергаются воздействию цунами как с океанской стороны, так

и с морской. Рассматривая побережье низменных участков суши островов, мы, конечно же, обратили внимание на это явление.

Отложения перешейка Ветровой острова Итуруп изучены по разрезам берегового уступа с морской и океанской стороны и данным ручного бурения в центральной части перешейка. Все полученные геологические данные привязаны к среднему уровню Охотского моря. Георадарное обследование позволило увязать результаты ручного бурения перешейка Ветровой и геологических разрезов с морской и океанской стороны (рисунок 5). Для получения временных разрезов был использован прибор Геотех ОКО-2 (антенна 150 МГц) с максимальной глубиной зондирования до 15 м и разрешающей способностью по глубине около 35 см. Для

корректного отображения рельефа вдоль профилей проводилась тахеометрическая съемка с компенсацией неточностей определения расстояния колесом контрольными метками через каждые 50 метров. Подошва песчано-галечных отложений, определяемых нами как морские наносы пролива, который существовал в позднем голоцене (ЛУ-9217-1370±70 календарных лет; ЛУ-9229-1710±140 календарных лет календарных лет, залегают на отметках 0±1 м относительно среднего уровня (рисунок 6). При этом, согласно данным бурения, перекрыта эта толща примерно метровым слоем покровных суглинков и супесей, в основании которой вскрыт маломощный торфяник, сформированный 1450-1710 календарных лет (ЛУ-9222).

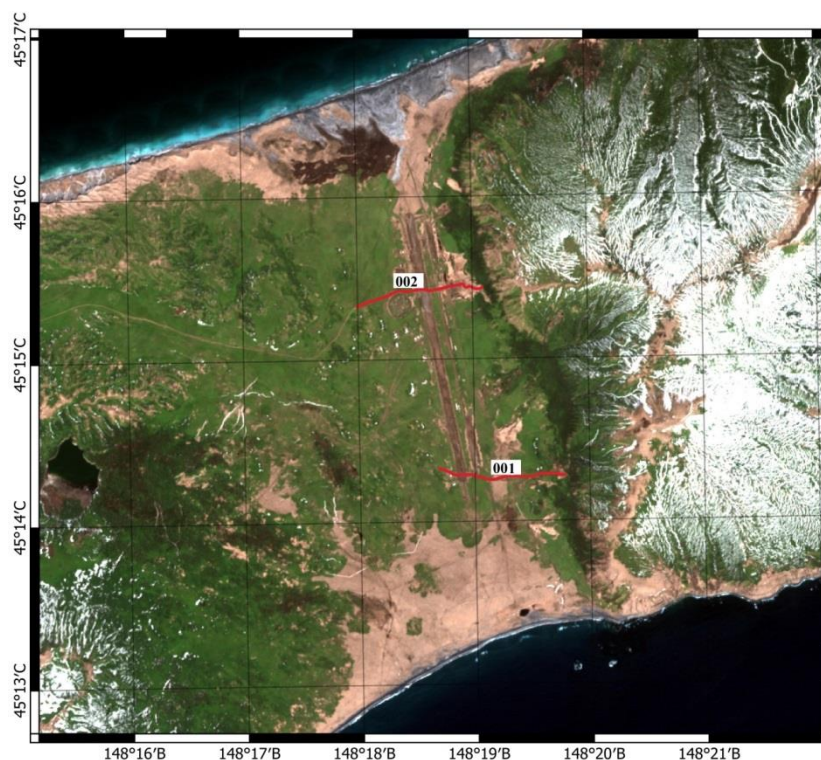


Рисунок 5. Местоположение георадарных профилей (Copernicus Sentinel data 2018)

Figure 5. Location of GPR profiles (Copernicus Sentinel data 2018)

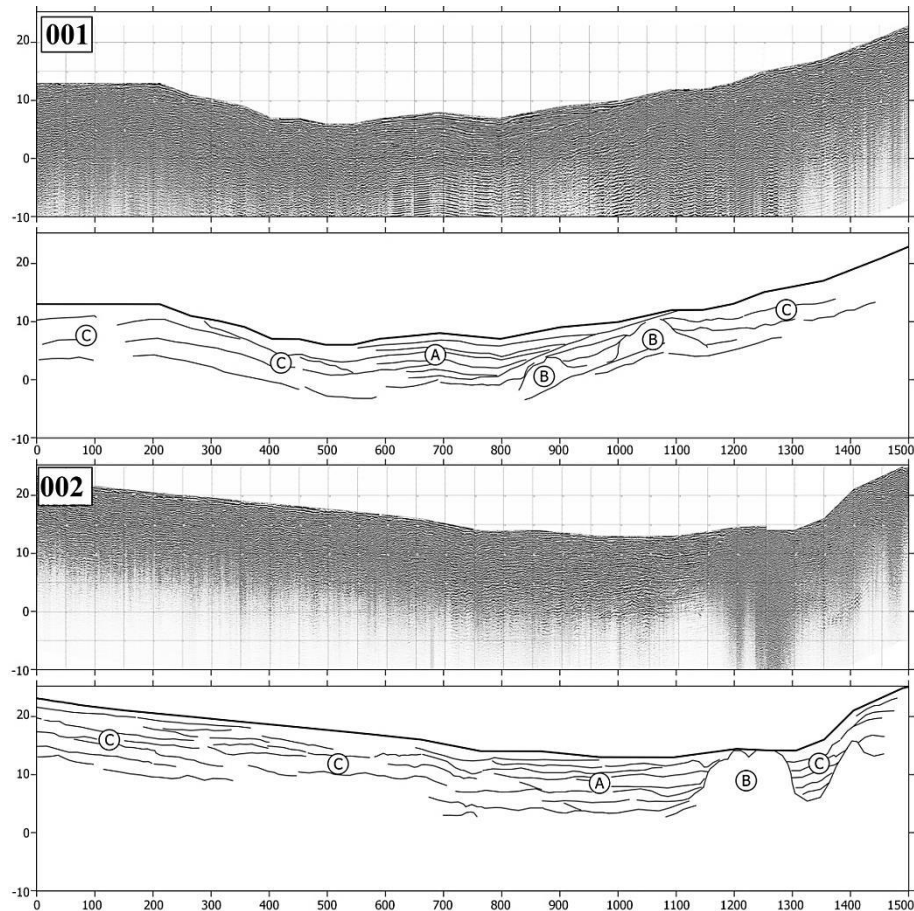


Рисунок 6. Георадарные профили 001, 002; георадарные фации: А – переслаивание песчано-галечных отложений различного состава прибрежно-морского генезиса; В – пемзовые массивы;

С – нерасчлененные склоновые и прибрежно-морские отложения с неизвестным составом

Figure 6. Georadar profiles 001, 002; georadar facies: A – interbedded sand and gravel deposits of various composition of the coastal-marine genesis; B – pumice arrays; C – undivided slope and coastal marine sediments with unknown composition

В уступе океанского берега на отметках +2,2, примерно на два метра выше подошвы песчано-галечных георадарных фаций центральных частей перешейка, в основании лагунных серых глин вскрыт маломощный торфяник этого же возраста 1300-1440 календарных лет (ЛУ-9217). Торфяник лежит непосредственно на цоколе, сложенном крепкими плиоценовыми вулканитами Камуйской свиты (N_2kt), обнажающимся на бенче в 500 метрах к северо-востоку на отметках среднего уровня моря. В настоящее время уверенно дифференцировать цунамигенные отложения и наносы пролива не представляется возможным. Однако однозначно устанавливается явление асимметрии рельефа перешейка Ветровой

острова Итуруп: океанская сторона более пологая и низкая, чем морская.

Несколько иной тип асимметрии имеет перешеек острова Чугидак (Алеуты). Как отмечалось выше, в картометрических целях были использованы три массива данных: профили, построенные по данным SRTM и AW3D30, практически идентичны и могут быть использованы для дальнейшего анализа (рисунок 7).

Как и в случае с перешейком Ветровой острова Итуруп морская сторона перешейка острова Чугидак более крутая и короткая. На данном этапе исследования мы полагаем, что асимметрия, возможно, связана с различной интенсивностью проявления цунами с морской и океанской сторон. Следует отметить, что цунами,

вызванное землетрясением 1957 года (M_w 8,6), с берингоморской стороны острова Чугинадак достигало 6,7-9,0 м, с тихоокеанской стороны – 14,9-17,6 м, а на острове Уналашка в 180 км к северо-востоку 32 ± 2 м [Griswold, MacInnes, Higman 2019].

Заклучение

В результате оцифровки и последующего анализа карт морфогенетических типов берегов Японского, Охотского и Берингова морей было наглядно продемонстрировано своеобразие современного состояния берегов этих морей. Полученные распределения типов берегов с

морской и океанской стороны островодужных систем послужили отправным моментом при актуализации проблемы особенностей развития берегов линейных контактных зон, разделяющих морские бассейны, а также моря и океаны. Морфометрические исследования в комплексе с данными геолого-геоморфологического анализа подтвердили специфику развития и современной динамики морских и океанских берегов островодужных систем. Предполагается, что продольная асимметрия низменных перешейков между океанскими и морскими берегами обусловлена цунамигенными процессами.

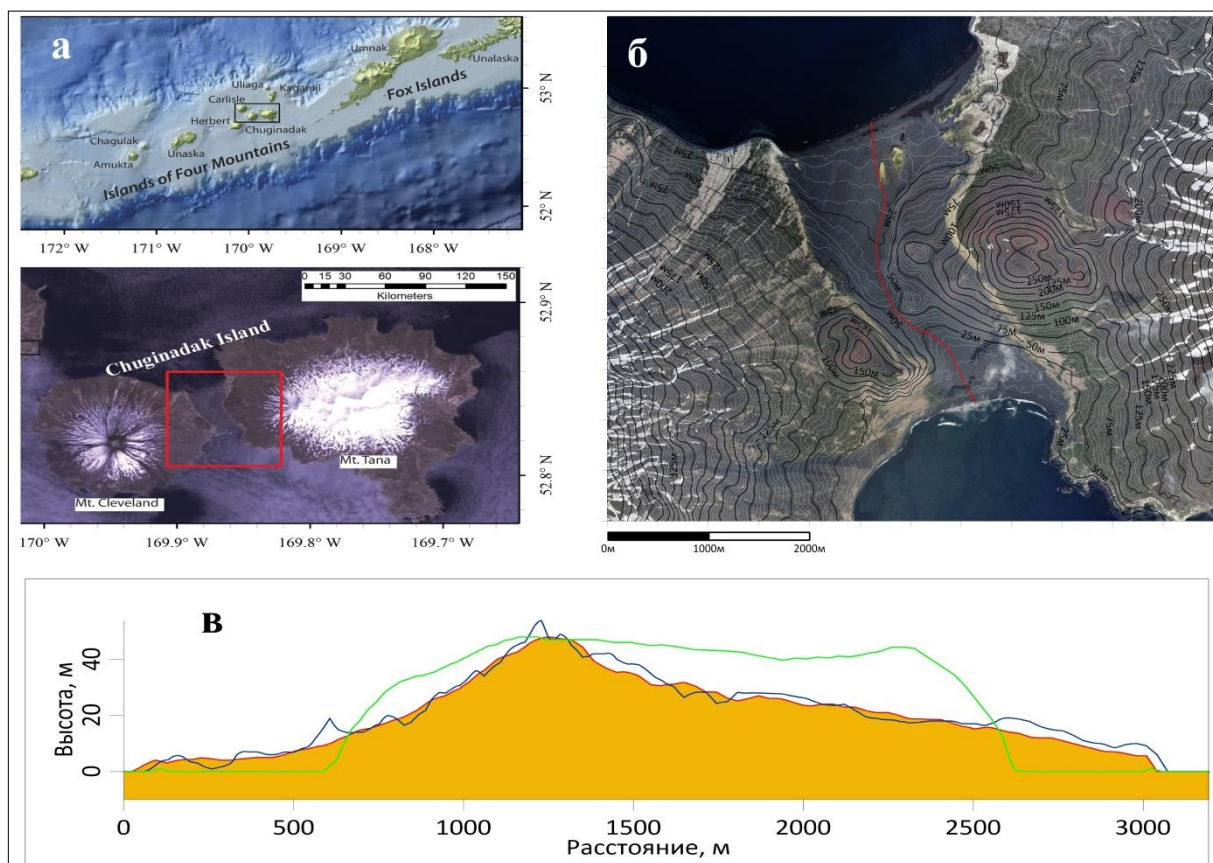


Рисунок 7. Асимметрия перешейка острова Чугинадак:

- а – местоположение перешейка, б – рельеф перешейка и локация профиля,
 в – красная линия профиля построена по данным Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global; синяя линия профиля построена по данным ALOS World 3D - 30 м (AW3D30) Версия 2.2; зеленая линия профиля – Aster Global Digital Elevation Model (GDEMv2)

Figure 7. Asymmetry of the isthmus of the island of Chuginadak:

- а – isthmus location, б – isthmus topography and profile location,
 в – red profile line constructed according to Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global; the blue profile line is built according to ALOS World 3D - 30 m (AW3D30) Version 2.2; green profile line – Aster Global Digital Elevation Model (GDEMv2)

Литература

Алексеев Б.А., Голубев Г.Н. Глобальная модель современных ландшафтов мира // География, общество, окружающая среда. Том 2. Функционирование и современное состояние ландшафтов / Отв. ред.: К.Н. Дьяконов, Э.П. Романова. М.: Изд. Дом «Городец», 2004. С. 319-326

Арчиков Е.И. Особенности формирования рельефа берегов Тихого океана в субарктическом и умеренном климатических поясах // Исследования глобальных факторов климорфогенеза Дальнего Востока: сборник трудов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 70-78.

Афанасьев В.В. О новом типе эолового морфогенеза на вулканогенных берегах (о. Итуруп, Большая Курильская гряда) // Геосистемы переходных зон. 2019. Т. 3. №. 4. С. 423-427.

DOI: [10.30730/2541-8912.2019.3.4.423-427](https://doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.4.423-427)

Бакланов П.Я. Географические и геополитические факторы в региональном развитии // Региональные исследования. 2014. № 2 (44). С. 4-10.

Дзердзеевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. М.: Наука, 1975. 288 с.

Дьяконов К.Н., Варлыгин Д.Л., Ретеюм А.Ю. Влияние океанов на физико-географическую зональность по спутниковым данным о фотосинтезе // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2017. № 2. С. 11-15.

Лисогурский Н.И., Петричев А.З. Распространение муссона над Восточной Азией и степень его устойчивости // Метеорология и гидрология. 1980. № 5. С. 54-59.

Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. К иерархии геоморфологических систем с позиций их организованности // Геоморфология. 2007. № 4. С. 3-8. DOI: [10.15356/0435-4281-2007-4-3-8](https://doi.org/10.15356/0435-4281-2007-4-3-8)

Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. Анализ геоморфологических систем: основные понятия

References

Alekseev B.A. Golubev G.N. Global'naya model' sovremennykh landshaftov mira [The global model of modern landscapes of the world]. In D'yakonov K.N., Romanova E.P. (eds.) *Geografiya, obshchestvo, okruzhayushchaya sreda. Tom 2. Funktsionirovanie i sovremennoe sostoyanie landshaftov* [Geography, society and environment. Vol. 2. Functioning and current state of landscapes]. Moscow, Publ. Dom «Gorodets», 2004, pp. 319-326. (In Russian).

Archikov E.I. Osobennosti formirovaniya rel'efa beregov Tikhogo okeana v subarkтическом i umerennom klimaticheskikh poyasakh [Features of the formation of the relief of the Pacific coast in the subarctic and temperate climatic zones]. *Issledovaniya global'nykh faktorov klimorfogeneza Dal'nego Vostoka: sbornik trudov* [Research of global factors of climorphogenesis of the Far East: a collection of works]. Vladivostok: Publ. of Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, 1979, pp. 70-78. (In Russian).

Afanasyev V.V. O novom tipe eolovogo morfogeneza na vulkanogennykh beregakh (o. Iturup, Bol'shaya Kuril'skaya gryada) [A new type of aeolian morphogenesis on volcanic shores (Iturup island, Great Kuril ridge)] *Geosistemy perekhodnykh zon* [Geosystems of Transition Zones], 2019, vol. 3, no. 4, pp. 423-427. (In Russian; abstract in English).

Baklanov P.Y. Geograficheskie i geopoliticheskie faktory v regional'nom razvitii [Geographic and Geopolitical Factors in Regional Development]. *Regional'nye issledovaniya* [Regional Studies], 2014, no. 2, pp. 4-10. (In Russian; abstract in English).

Dzerdzeevskii B.L. *Obshchaya tsirkulyatsiya atmosfery i klimat* [General atmospheric circulation and climate]. Moscow, Publ. Nauka, 1975. 288 p. (In Russian).

Diakonov K.N., Varlygin D.A., Retejum A.Yu. [Impact of the oceans on geographical zones studied by the remote sensing data on photosynthesis]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*. [Moscow University Bulletin. Series 5.

// Геоморфология. 2008. № 2. С. 14-21.
DOI: [10.15356/0435-4281-2008-2-14-21](https://doi.org/10.15356/0435-4281-2008-2-14-21)

Лихачева Э.А., Маккавеев А.Н., Локишин Г.П. Физическая сущность геоморфологических границ // Геоморфология. 2010. № 2. С. 3-10.
DOI: [10.15356/0435-4281-2010-2-3-10](https://doi.org/10.15356/0435-4281-2010-2-3-10)

Национальный атлас России: в 4-х т. Том 2: Природа и экология / Ред. колл.: А.В. Бородко (предс.), В.Н. Александров, В.М. Котляков, Н.Г. Рыбальский и др. М.: ПКО «Картография», 2007. 496 с.

Никольская В.В., Скрыльник Г.П. Тенденции развития рельефа природных зон и провинций Дальнего Востока // Климатическая геоморфология Дальнего Востока / Отв. ред. Г.П. Скрыльник. Владивосток: ТИГ ДВНЦ АН СССР. 1976. С. 5-19.

Скрыльник Г.П. Ведущие климатические факторы развития экзогенного рельефа // Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков. Том. 1. Природные геосистемы и их компоненты. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 77-81.

Скрыльник Г.П. Основные уровни устойчивости в общей организации геосистем Земли // Успехи современного естествознания. 2017. № 11. С. 101-106.

Скрыльник Г.П. Аномальные природные процессы и явления Российского Дальнего Востока // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 114-124.

Тунеголовец В.П., Гарцман Б.И., Крохин В.В. Климат и гидрография // Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков. Том. 1. Природные геосистемы и их компоненты. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 119–143.

Afanas'ev V.V., Ignatov E.I., Uba A.V., Dunaev N.N., Leontiev I.O. Gorbunov A.O. Vetrovoy isthmus of iturup island – holocene strait // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 324. III National scientific conference with foreign participants "Geodynamical Processes and Natural Hazards" 27–31 May 2019, Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation.
DOI: [10.1088/1755-1315/324/1/012029](https://doi.org/10.1088/1755-1315/324/1/012029)

Geography], 2017, no. 2, pp. 11-15. (In Russian; abstract in English).

Lisogurskii N.I., Petrichev A.Z. Rasprostranenie mussona nad Vostochnoi Aziei i stepen' ego ustoichivosti [Distribution of the monsoon over East Asia and the degree of its stability]. *Meteorologiya i gidrologiya [Russian Meteorology and Hydrology]*, 1980, no. 5, pp. 54-59. (In Russian).

Likhacheva E.A., Timofeyev D.A. K ierarkhii geomorfologicheskikh sistem s pozitsii ikh organizovannosti [To the hierarchy of geomorphologic systems from the angle of their organization]. *Geomorfologiya [Geomorphology]*, 2007, no. 4, pp. 3-8. (In Russian; abstract in English).
DOI: [10.15356/0435-4281-2007-4-3-8](https://doi.org/10.15356/0435-4281-2007-4-3-8).

Likhacheva E.A., Timofeyev D.A. Analiz geomorfologicheskikh sistem: osnovnye ponyatiya [Analysis of geomorphic systems: the fundamental notions]. *Geomorfologiya [Geomorphology]*, 2008, no. 2, pp. 4-21. (In Russian; abstract in English).
DOI: [10.15356/0435-4281-2008-2-14-21](https://doi.org/10.15356/0435-4281-2008-2-14-21).

Likhacheva E.A., Makkaveyev A.N., Lokshin G.P. Fizicheskaya sushchnost' geomorfologicheskikh granits [Physical nature of geomorphologic boundaries] *Geomorfologiya [Geomorphology]*, 2010, no. 2, pp. 3-10. (In Russian; abstract in English). DOI: [10.15356/0435-4281-2010-2-3-10](https://doi.org/10.15356/0435-4281-2010-2-3-10).

Natsional'nyi atlas Rossii: v 4-kh tomah. Tom 2: Priroda i ekologiya [National Atlas of Russia: in 4 ch. Chapter 2 Environment (Nature). Ecology]. A.V. Borodko, V.N. Aleksandrov, V.M. Kotlyakov, N.G. Rybal'skii et al. (eds.). Moscow, Publ. Kartografiya, 2007. 496 p. (In Russian).

Nikol'skaya V.V., Skryl'nik G.P. Tendentsii razvitiya rel'efa prirodnikh zon i provintsii Dal'nego Vostoka [Trends in the development of the relief of natural zones and provinces of the Far East]. In G.P. Skryl'nik (ed.) *Klimaticheskaya geomorfologiya Dal'nego Vostoka [Climatic geomorphology of the Far East]*. Vladivostok: Publ. of Pacific Institute of Geography Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, 1976, pp. 5-19. (In Russian).

Skryl'nik G.P. Vedushchie klimaticheskie faktory razvitiya ekzogennogo rel'efa [Leading climatic factors of the development of exogenous relief].

Griswold F.R., MacInnes B.T., Higman B. Tsunami-based evidence for large eastern Aleutian slip during the 1957 earthquake // *Quaternary Research*. 2019. Vol. 91. Iss. 3. Pp. 1045-1058. DOI: [10.1017/qua.2018.39](https://doi.org/10.1017/qua.2018.39)

Mallinson D.J., Smith C.W., Culver S., Riggs S.R., Ames D. Geological characteristics and spatial distribution of paleo-inlet channels beneath the outer banks barrier islands, North Carolina, USA // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2010. Vol. 88. Iss. 2. Pp. 175-189. DOI: [10.1016/j.ecss.2010.03.024](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.03.024)

Neal A. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress // *Earth-science reviews*. 2004. Vol. 66. Iss. 3-4. Pp. 261-330. DOI: [10.1016/j.earscirev.2004.01.004](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2004.01.004)

Geosistemy Dal'nego Vostoka Rossii na rubezhe XX–XXI vekov. Tom. 1. Prirodnye geosistemy i ikh komponenty [Geosystems of Far East of Russia on boundary of XX-XXI centuries. Chapter 1. Natural geosystems and their components]. Vladivostok: Publ. Dal'nauka, 2008, pp. 77-81. (In Russian).

Skryl'nik G.P. Osnovnye urovni ustoychivosti v obshchei organizatsii geosistem Zemli [The basic levels of stability in the general organization of the geosystems of the Earth] *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Advances in current natural sciences]*, 2017, no. 11, pp. 101-106. (In Russian; abstract in English).

Skryl'nik G.P. Anomal'nye prirodnye protsessy i yavleniya Rossiiskogo Dal'nego Vostoka [Dangerous natural processes and phenomena the Russian Far East] *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Advances in current natural sciences]*, 2018, no. 10, pp. 114-124. (In Russian; abstract in English).

Tunegolovets V.P., Gartsman B.I., Krokhin V.V. *Klimat i gidrografiya [Climate and hydrography]. Geosistemy Dal'nego Vostoka Rossii na rubezhe XX–XXI vekov. Tom. 1. Prirodnye geosistemy i ikh komponenty [Geosystems of Far East of Russia on boundary of XX-XXI centuries. Chapter 1. Natural geosystems and their components]*. Vladivostok: Publ. Dal'nauka, 2008, pp. 119–143. (In Russian).

Afanas'ev V.V., Ignatov E.I., Uba A.V., Dunaev N.N., Leontiev I.O. Gorbunov A.O. Vetrovoy isthmus of iturup island – holocene strait. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 324. III National scientific conference with foreign participants "Geodynamical Processes and Natural Hazards" 27–31 May 2019, Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation. DOI: [10.1088/1755-1315/324/1/012029](https://doi.org/10.1088/1755-1315/324/1/012029)

Griswold F.R., MacInnes B.T., Higman B. Tsunami-based evidence for large eastern Aleutian slip during the 1957 earthquake. *Quaternary Research*, 2019, vol. 91, iss. 3, pp. 1045-1058. DOI: [10.1017/qua.2018.39](https://doi.org/10.1017/qua.2018.39)

Mallinson D.J., Smith C.W., Culver S., Riggs S.R., Ames D. Geological characteristics and spatial distribution of paleo-inlet channels beneath the outer banks barrier islands, North Carolina, USA.

Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2010, vol. 88, iss. 2, pp. 175-189. DOI: [10.1016/j.ecss.2010.03.024](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.03.024)

Neal A. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. *Earth-science reviews*, 2004, vol. 66, iss. 3-4, pp. 261-330. DOI: [10.1016/j.earscirev.2004.01.004](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2004.01.004)