

УДК 551.435.36→551.422 (571.645)

БЕРЕГА ОСТРОВА ИТУРУП: МОРФОЛОГИЯ, ДИНАМИКА, ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ

© 2021 г. М. А. Кузнецов^{1,*}

¹ *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия*

**E-mail: KuzMiArGeo@yandex.ru*

Поступила в редакцию 12.05.2020 г.

После доработки 06.06.2020 г.

Принята к публикации 06.10.2020 г.

На основе полевого исследования рельефа береговой зоны о-ва Итуруп в 2019 г. и дешифрирования космических снимков (за период с 1980 по 2019 г.) разработана морфолитогенетическая классификация берегов и составлена карта типов берегов. Установлено, что 85% берегов острова имеют абразионный облик, однако абсолютное большинство из них стабильны, так как выработаны в устойчивых к абразии эффузивах, либо защищены от размыва валунно-глыбовой отмосткой и обвальными осыпными шлейфами. Всего к стабильным может быть отнесено до 80% берегов острова, так как за указанный выше отрезок времени они фактически не претерпели изменений. Абразионные берега в слабо консолидированной пирокластике отступают со средней скоростью 2–2.5 м (до 5 м) в год. Берега аккумулятивного облика в разных частях острова испытывают разнонаправленные тенденции развития: от аккумуляции со средней скоростью 1.5–2.5 м (до 5 м) в год до отступления – 1–2.7 м (до 5.5 м) в год. В крупных заливах и бухтах выявлены направления перемещения наносов, что отражено на карте динамики берегов. Дан прогноз развития берегов на ближайшие 50 лет. Наиболее динамичные аккумулятивные берега, в целом, будут выдвигаться, несмотря на штормовые и цунамийные размывы. Отступление абразионных берегов в слабо консолидированной пирокластике будет зависеть от высоты клифа и длины участка обрушения берега, определяющих количество материала, поступающего в береговую зону. Выявлены несколько участков берегов (из ныне неосвоенных), благоприятных для возведения причальных сооружений.

Ключевые слова: Курильские острова, типизация берегов, морфодинамика, вдольбереговое перемещение наносов, эволюция берегов

DOI: 10.31857/S0435428121010089

ВВЕДЕНИЕ

Берега вулканических островов Курильской гряды представляют особый интерес для науки из-за уникальности наблюдаемых здесь берегоформирующих факторов и процессов, среди которых хотелось бы подчеркнуть поступление в береговую зону разнообразного вулканогенного и тектоногенного материала и влияние цунами. Исследование берегов о-ва Итуруп имеет не только научное, но и прикладное значение в связи с планируемым расширением зоны хозяйственного освоения (в том числе, создание причальных сооружений).

Итуруп является самым крупным (площадь – 3175 км²) обитаемым островом Курильской гряды, входящей в состав активной переходной зоны континент-океан, которая отделяет котловину Охотского моря от Курильского глубоководного желоба. На острове широко развиты вулканические и вулканогенно-осадочные образования неогенового и четвертичного возраста, которые

прорваны многочисленными экструзивными, интрузивными, субвулканическими телами различного состава. Рыхлые осадки четвертичного возраста играют резко подчиненную роль. На Итурупе сосредоточено до 80% всех ресурсов железа, ильменита и титана Курильских о-вов, есть сера, золото, а также рений [1–3].

Основными структурообразующими факторами на исследуемой территории служат вулканизм и дизъюнктивная тектоника, проявляющаяся в интенсивном перемещении блоков по многочисленным разломам СВ и СЗ простираний [4]. Следствием дифференцированности неотектонических движений блоков является разновысотность разновозрастных морских террас в разных частях острова. Однако средняя скорость подъема территории в четвертичное время оценивается в 1 мм/год [5].

На острове широко распространены 3 типа рельефа: вулканогенный, денудационно-вулканогенный и морской, осложненные сейсмогенны-

ми, гравитационными, структурно-денудационными, нивальными, флювиальными, эоловыми, биогенными и антропогенными формами рельефа. В плане Итуруп имеет сложную форму и состоит из нескольких вулканических массивов и горных кражей, соединенных перешейками. На острове насчитывается 20 вулканов, 9 из которых действующие и потенциально активные [6]. Последнее извержение вулкана Иван Грозный (в 2013 г.) было фреатическим [7].

Разными авторами выделяется разное количество морских террас на Итурупе (от 4 до 9), наблюдаемых на абс. высотах от 2–3 до 200–300 м. “Разночтение” в количестве выделяемых террасовых уровней, на наш взгляд, обусловлено отсутствием маркирующих горизонтов, позволяющих сопоставлять одновозрастные террасы, а также отсутствием достаточного количества абсолютных датировок осадков, слагающих террасы. До сих пор нет единого мнения о генезисе высоких террасовидных поверхностей острова.

Изучению берегов о-ва Итуруп уделялось значительно меньшее внимание. Не достаёт сведений по их типизации в крупном масштабе (имеются единичные мелко- и среднемасштабные карты типов берегов [6, 8, 9]), их геолого-геоморфологическому строению и современной морфодинамике (проводились работы только на отдельных участках берегов [1, 10, 11]). Эти данные необходимы для рационального природопользования в береговой зоне морей [12] и учитываются в универсальной схеме – стратегии по ее хозяйственному освоению [13]. Схема может применяться для строительства и эксплуатации разнообразных сооружений в береговой зоне.

Цель данного исследования: морфолитогенетическая и динамическая типизация берегов о-ва Итуруп, прогноз их развития на ближайшие 50 лет и, на этой основе, выявление наиболее благоприятных участков берегов для возведения причальных сооружений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу статьи положены данные полевого обследования рельефа береговой зоны о-ва Итуруп, полученные автором во время работы экспедиции “Восточный Бастион – Курильская гряда”, организованной экспедиционным центром Министерства обороны РФ и Русским географическим обществом в июле–сентябре 2019 года. В ходе маршрутных исследований были выявлены основные морфолитогенетические типы берегов и определены ведущие рельефообразующие процессы. Использовались также топографические, геологические и геоморфологические карты разных масштабов [4, 6]. Выполнено более 100 точек геоморфологических описаний берегов

и морских террас. Все точки зафиксированы в GPS-приемнике Garmin eTrex10.

Для изучения динамики берегов с 1980 (первый доступный космический снимок) по 2019 г. были использованы ежегодные космоснимки с порталов USGS Earth Explorer и Google Earth. Привязка снимков и карт и все измерения проводились в программе ArcMap 10.3. Учитывая точность отображения береговой линии на космоснимках различного пространственного разрешения (по спутникам Landsat-3 (40 м), 5 (30 м) и 7 (15 м) в панхроматическом диапазоне), по снимкам 1980–2007 гг. можно оценить погрешность измерений до 20 м. Однако, используя относительно стабильные формы рельефа (отмершие береговые клифы, сложенные скальными породами, крупные кекуры и т.д.) как реперные точки и корректируя измерения по ним, удалось снизить погрешность до 10–15 м, что является приемлемым для оценки динамики пространственного положения береговой линии, имеющей на о-ве Итуруп амплитуду в десятки метров. С появлением общедоступных спутниковых снимков высокого и сверхвысокого разрешения (QuickBird, WorldView, GeoEye в программе GoogleEarth), на которых размер пиксела меньше зоны осушки, удастся снизить погрешность до первых метров.

В наиболее крупных заливах и бухтах острова по результатам дешифрирования космоснимков за период с 1980 по 2019 г. (в особенности изгибов устьев рек и ручьев), исследования морфологического облика берегов, гранулометрии пляжей сезона зимних штормов были выявлены направления перемещения наносов. Наличие активного вдольберегового перемещения наносов может привести к заносимости причальных сооружений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Структурная приуроченность берегов о-ва Итуруп. При взгляде на физическую карту или космический снимок о-ва Итуруп бросаются в глаза морфологические различия рельефа охотоморского и тихоокеанского побережий: расчлененность береговой линии первого и выровненность второго. Обусловлены эти различия приуроченностью различных частей острова к разным морфоструктурам. Его осевая часть соответствует простиранию оси внутренней вулканической дуги, восточный (тихоокеанский) макросклон – междуговой впадине, а западный (охотоморский) – глубоководной котловине (тыловому рифту), осложненной вулканическими аппаратами, что и нашло отражение в расчлененности рельефа охотоморского побережья (рис. 1).

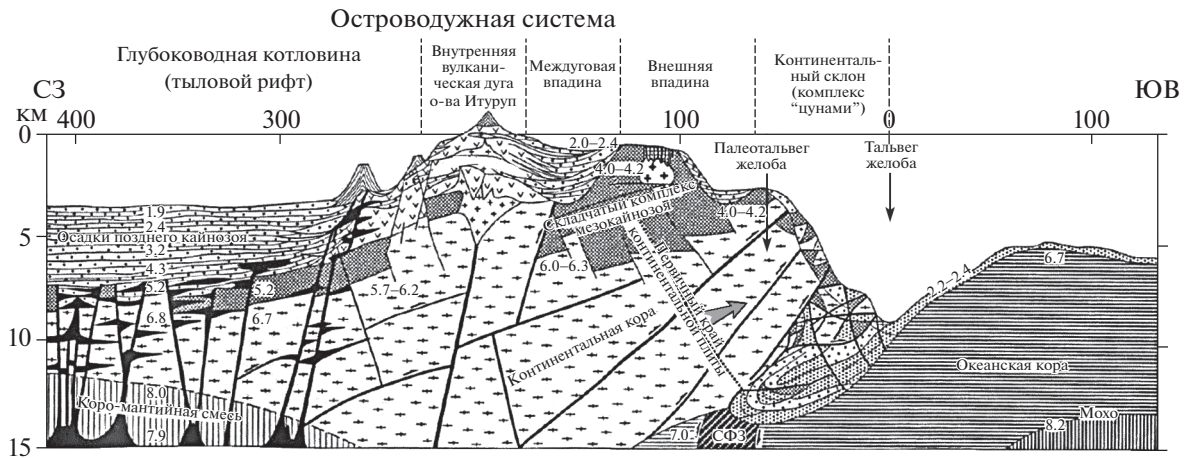


Рис. 1. Геологический разрез через переходную зону на широте о-ва Итуруп [14] (с некоторыми изменениями автора).

Не менее существенным структурообразующим фактором, нашедшим отражение в рельефе острова, является блоковая тектоника. На побережье к опущенным (или к отстающим в поднятии) блокам приурочено большинство крупных заливов и бухт со сниженными, пологими, преимущественно аккумулятивными берегами. Поднятые блоки характеризуются высокими, крутыми абразионными берегами, выработанными в основном в эффузивах.

Типы берегов о-ва Итуруп. Длина береговой линии острова составляет около 690 км. Берега характеризуются большим разнообразием внешнего облика, строения и берегоформирующих процессов. В основу выделения типов берегов положена морфогенетическая классификация [15] с дополнениями автора. В пределах острова нами выделено 5 их морфолитогенетических типов (табл. 1), техногенные берега выделены в отдельную группу. Распространение берегов показано на карте масштаба 1:100000 (рис. 2), а внешний облик — на рис. 3.

В рамках статьи нет возможности более подробно охарактеризовать все выделенные типы берегов. Но на характере рельефа аккумулятивных берегов (тип 5) стоит остановиться несколько подробнее, так как это дает возможность затронуть некоторые глобальные палеогеографические проблемы.

На рис. 4 изображен детально исследованный аккумулятивный берег залива Касатка (тихоокеанское побережье острова, точка ИТ-28, см. рис. 2). Здесь находится пляж полного профиля шириной 20–30 м, высотой около 0.5 м (до 1 м), сложенный песком с редкой галькой. Далее по линии профиля в сторону суши расположены 2 серии береговых валов (по 5 валов в каждой), отделенных друг от друга палеолагунным понижением шириной около 40 м. Это понижение прослеживается по

всему периметру кутовой части залива, причем в СВ части залива оно заполнено водой. Средняя ширина валов около 20 м, относительная высота — 3–4 м, местами выше (до 10 м) за счет эоловой аккумуляции или антропогенного вмешательства. К валам примыкает выровненная 10-метровая терраса (шириной около 30 м, см. рис. 4), которая, в свою очередь, прислоняется к древнему абразионному уступу террасового уровня высотой 25–40 м. Ширина последнего около 350 м, он имеет морское происхождение, о чем можно судить по галечникам, вскрывающимся в бортах долины ручья Ток (секущего уступ в окрестностях профиля ИТ-28) на глубине 4.5 м от бровки.

Береговые валы и 10-метровая терраса располагаются на широкой (до 250 м) субгоризонтальной поверхности (рис. 4). Под морскими песками (мощностью до 80 см) на этой поверхности шурфами вскрыты галечно-валунные отложения (с размером обломков до 20 см по длинной оси). Отсюда следует, что песчаные отложения, слогающие обе серии валов и 10-метровую террасу, залегают на палеобенче, выработанном, вероятно, в доголоценовых галечно-валунных отложениях хребта Богатырь или древнего вулканического аппарата на п-ове Пржевальского (рис. 2).

Из анализа строения 5–15-метрового террасового уровня в заливе Касатка можно сделать вывод, что сформировался он в три, а возможно, и в четыре этапа (с учетом широкого понижения между 2 и 3 валами (рис. 4)) при уровнях океана, превышающих современный. Этот вывод согласуется с точкой зрения тех исследователей, которые считают, что в течение голоцена уровень Мирового океана неоднократно превышал современный, а также совпадает с точкой зрения П.В. Фёдорова о трехкратном превышении современного уровня океана в течение голоцена

Таблица 1. Морфолитогенетические типы берегов о-ва Итуруп

Типы, подтипы и разновидности берегов	Длина	
	км	%
I. 1. Абразионные берега с крутыми (до отвесных) активными клифами, выработанные в эффузивах и пирокластике	214.1	31.1
1.1. Выработанные в эффузивах и литифицированной пирокластике	184.7	26.8
1.1.1. С узкими надводными и подводными бенчами	74.9	10.9
1.1.2. С широкими надводными и подводными бенчами	109.8	15.9
1.2. Выработанные в слабо консолидированной пирокластике	29.4	4.3
2. Абразионные ступенчатые берега с крутыми склонами, выработанные в эффузивах и литифицированной пирокластике	54.7	7.9
3. Низменные абразионные берега без клифов, с вышедшими за пределы современного волнового воздействия бенчами, выработанные в эффузивах	2.4	0.3
4. Абразионно-денудационные берега с отмирающими клифами, выработанные в эффузивах и литифицированной пирокластике	312.8	45.5
4.1. Бронированные обвальными осыпными шлейфами и валунно-глыбовой отмосткой	248	36
4.2. Бронированные крупноглыбовым сейсмоколлювием	64.8	9.5
5. Аккумулятивные берега с полнопрофильными галечно-песчаными пляжами	99.6	14.5
II. Техногенные берега	4.5	0.7
Всего:	688.1	100

[16, стр. 156], а по данным Н.Г. Разжигайевой [17, с. 321] — о четырехкратном.

Динамика берегов о-ва Итуруп. Изучение динамики берегов проведено путем сопоставления спутниковых снимков за период с 1980 по 2019 г. и проведения гранулометрического анализа пляжевых отложений. Следует отметить, что за этот период времени были зафиксированы только парогазовые выбросы вулкана Иван Грозный (1989,

2012, 2013 гг.) и слабое эффузивное извержение вулкана Кудрявого (1999 г.), т.е. поступление вулканогенного материала в береговую зону не происходило и, следовательно, на пространственном положении береговой линии не отразилось. Резкое усиление размыва берегов произошло во время Шикотанского землетрясения 4–5 октября 1994 г. и последовавшего за ним цунами. Вдоль всего тихоокеанского побережья отмечались затопление и размыв пляжей. В южной и северо-восточной частях залива Касатка зафиксированы заплески волн цунами (2.2–2.3 м), при глубине их проникновения в глубь суши до 70 м (на Ю) и до 15 м (на СВ). В кутовой части высота заплеска составила 1.2–1.9 м с глубиной проникновения 33–48 м [18].

Далее рассмотрим динамику каждого из выделенных типов берегов (см. табл. 1). Берега подтипа 1.1, типов 2, 3, 4, составляющие в сумме более 80% от протяженности берегов острова, выработаны в устойчивых к абразии эффузивах и литифицированной пирокластике, либо защищены от размыва валунно-глыбовой отмосткой и обвальными осыпными шлейфами. За последние 40 лет они не претерпели видимых изменений или отступали со скоростями за пределами точности измерений и ширины полосы приливо-отливных колебаний, которые не превышали 0.2–0.5 м/год (подтип 4.1). Наиболее изменились абразионные берега подтипа 1.2, отступавшие в среднем на 2–2.5 м/год (до 5 м/год — на тихоокеанском побережье Дозорного перешейка).

Самыми динамичными за последние 40 лет были аккумулятивные берега. Максимальный рост их зафиксирован в заливах Доброе Начало (около 2.5 м/год, местами до 5 м/год), Одесском (около 2 м/год, локально до 4 м/год) и в бухте Медвежьей (в среднем 1.5–2 м/год, в центре — до 2.5 м/год). Однако пляжи заливов Куйбышевского и Простор (в восточной части) в это же время испытали преимущественно размыв со скоростями около 2.7 м/год (до 5.5 м/год) и 1 м/год (до 2.5 м/год) соответственно.

Морфологический анализ берегов, а также гранулометрический анализ пляжеобразующего материала (с учетом розы ветров) позволили выявить направления перемещения морских наносов в наиболее крупных заливах и бухтах острова (по состоянию на август 2019 г.). Это помогло исключить участки берегов, пригодные по морфологии для создания причальных сооружений, но неблагоприятные по динамике вследствие их заносимости.

Сказанное выше нашло отражение на карте “Динамика берегов острова Итуруп с 1980 по 2019 г. (1:100 000)” (рис. 5).

Прогноз развития берегов. Полученные данные о морфологии и динамике берегов о-ва Итуруп

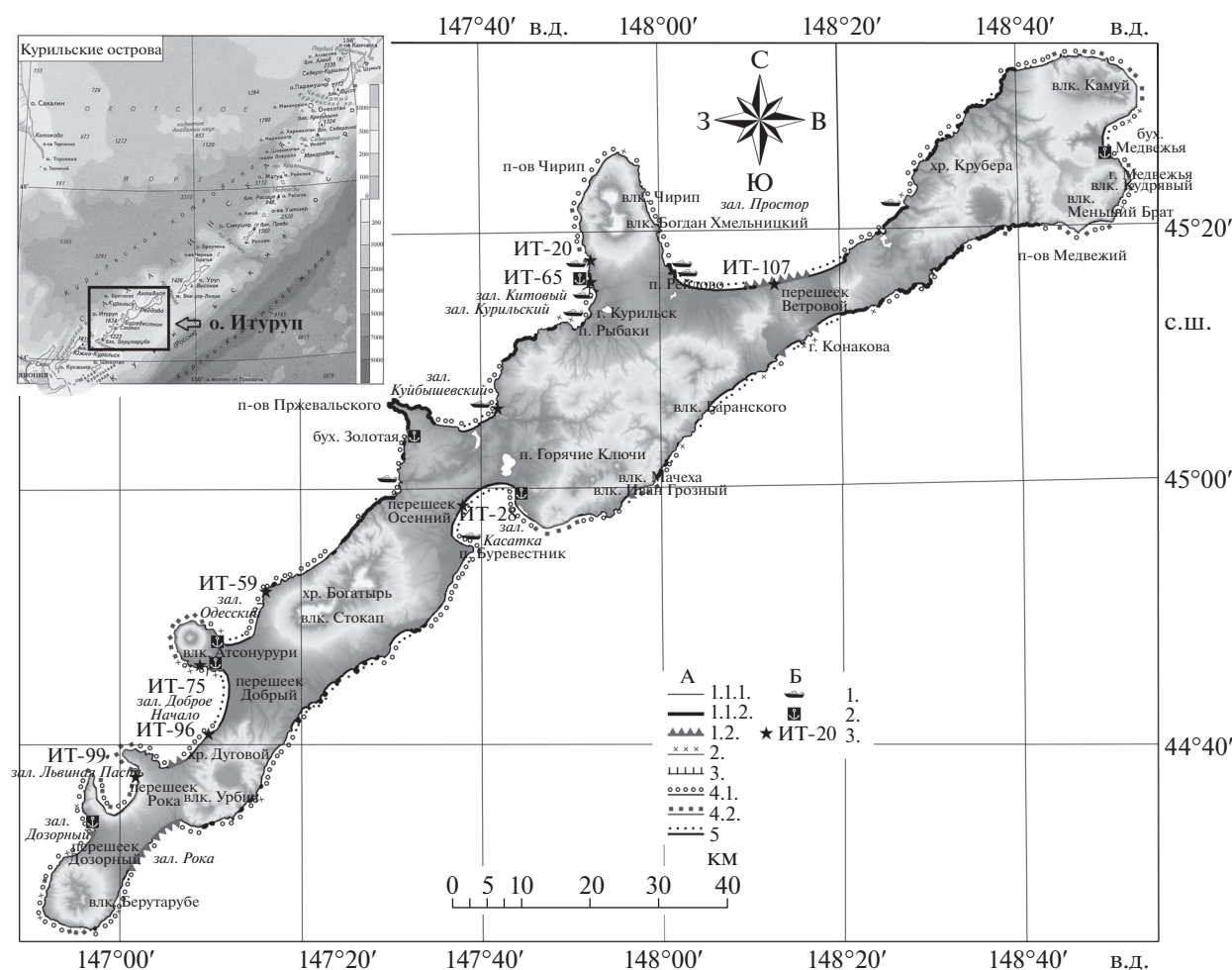


Рис. 2. Морфолитогенетические типы берегов о-ва Итуруп.

А – типы берегов (расшифровка индексов – см. табл. 1); Б – прочие обозначения (1 – техногенные берега, 2 – участки берегов, благоприятные для освоения, 3 – точки с наиболее характерным строением берега).

позволяют дать прогноз их развития на ближайшие 50 лет при современном волновом режиме. Этот срок объясняется глубиной ретроспективного анализа космоснимков.

Абразионные берега подтипа 1.1 (рис. 3, а, б) и типа 2 (рис. 3, г) сохраняют свой облик. Отступление берегов подтипа 1.2 (рис. 3, в) будет неравномерным, оно зависит от высоты клифа и длины участка обрушения берега, которые определяют количество материала, поступающего в береговую зону. Низменные абразионные берега без клифов (тип 3, рис. 3, д) не претерпят морфологических изменений, хотя пространственное положение береговой линии будет меняться в зависимости от соотношения скоростей тектонических движений и поднятия уровня Мирового океана, а также уклона бенча. Берега подтипов 4.1 и 4.2 (рис. 3, е, ж) в ближайшее время также сохраняют свой облик. Однако в дальнейшем они будут в меньшей степени подвергаться волновому воз-

действию вследствие поступления новых порций склонового материала и увеличения ширины пояса отмости, служащей естественной берегозащитной формой рельефа. Аккумулятивные берега (тип 5, рис. 4) сохраняют облик, но будут постепенно выдвигаться в сторону моря, испытывая временные размывы в шторма и при прохождении волн цунами.

Рекомендации по освоению берегов. На основании полученных результатов можно дать рекомендации по использованию берегов в хозяйственных целях. Непригодными или малопригодными берегами для хозяйственного освоения являются: тип 1, 2 (за исключением единственного участка на севере залива Доброе Начало), подтип 4.2 и тип 5.

Наиболее благоприятны (в условиях о-ва Итуруп) для строительства причальных сооружений некоторые участки абразионно-денудационных берегов с валунно-глыбовой отмосткой (подтип 4.1),

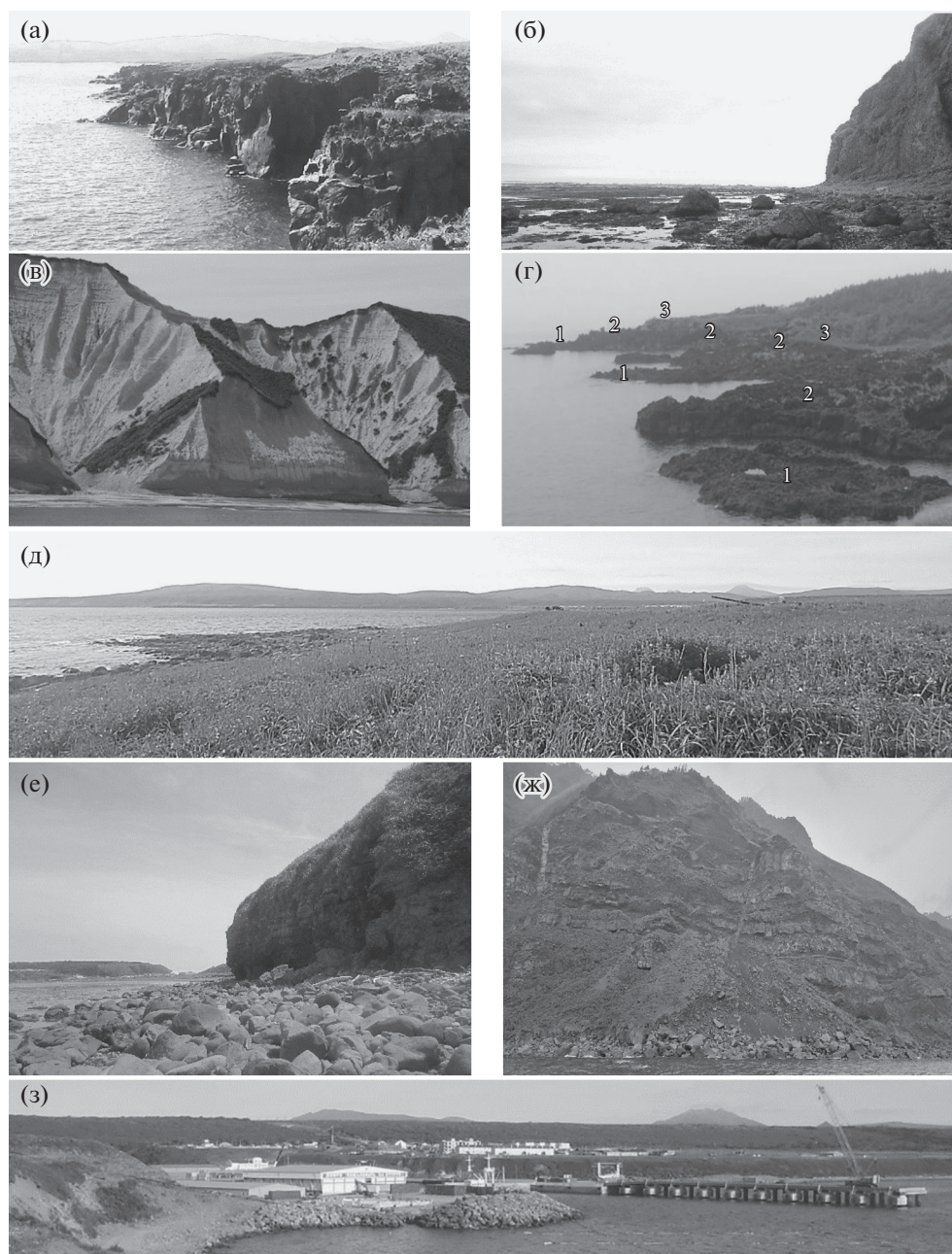


Рис. 3. Внешний облик берегов о-ва Итуруп.

Типы берегов: (а) — разновидность 1.1.1 (т. ИТ–20, см. рис. 2), (б) — разновидность 1.1.2 (т. ИТ–59), (в) — подтип 1.2 (т. ИТ–107), (г) — тип 2 (т. ИТ–75), (д) — тип 3 (т. ИТ–65), (е) — подтип 4.1 (т. ИТ–96), (ж) — подтип 4.2 (т. ИТ–99), (з) — техногенный берег у порта Китовый (к северу от г. Курильска).

хотя это и потребует существенных капиталовложений (рис. 2). Нельзя не отметить, что берег этого подтипа в восточной части залива Касатка в свое время был освоен японцами: сохранились остатки причальных сооружений, а также техногенные проходы, обеспечивавшие подход судов к берегу. Террасовый уровень высотой 25–40 м, примыкающий к этому участку берега, благопри-

ятен и для возведения соответствующей сухопутной инфраструктуры, так как он не подвержен ни штормовому волнению, ни заплеску цунами и удобен в силу выровненности рельефа.

Могут быть освоены немногочисленные берега 3-го типа, т.к. они являются устойчивыми по отношению к волновому воздействию и по характеру рельефа (рис. 3, д).

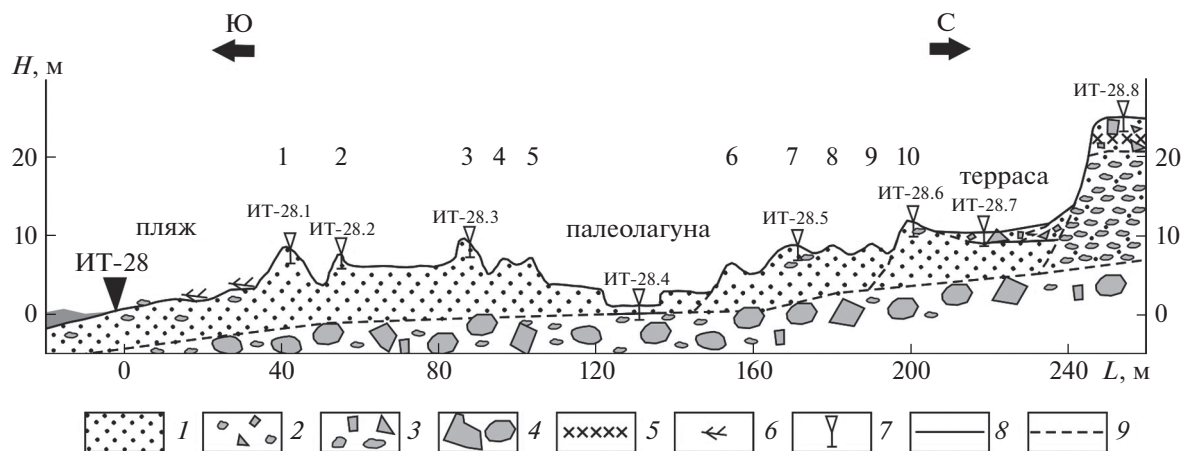


Рис. 4. Геолого-геоморфологическое строение аккумулятивного берега и низких морских террас в заливе Касатка. 1 – песок, 2 – гравий/дресва, 3 – галька/щебень, 4 – валуны/глыбы, 5 – погребенная почва, 6 – плавник, 7 – шурфы, 8 – достоверная стратиграфическая граница, 9 – вероятная стратиграфическая граница. Цифрами отмечены порядковые номера береговых валов.

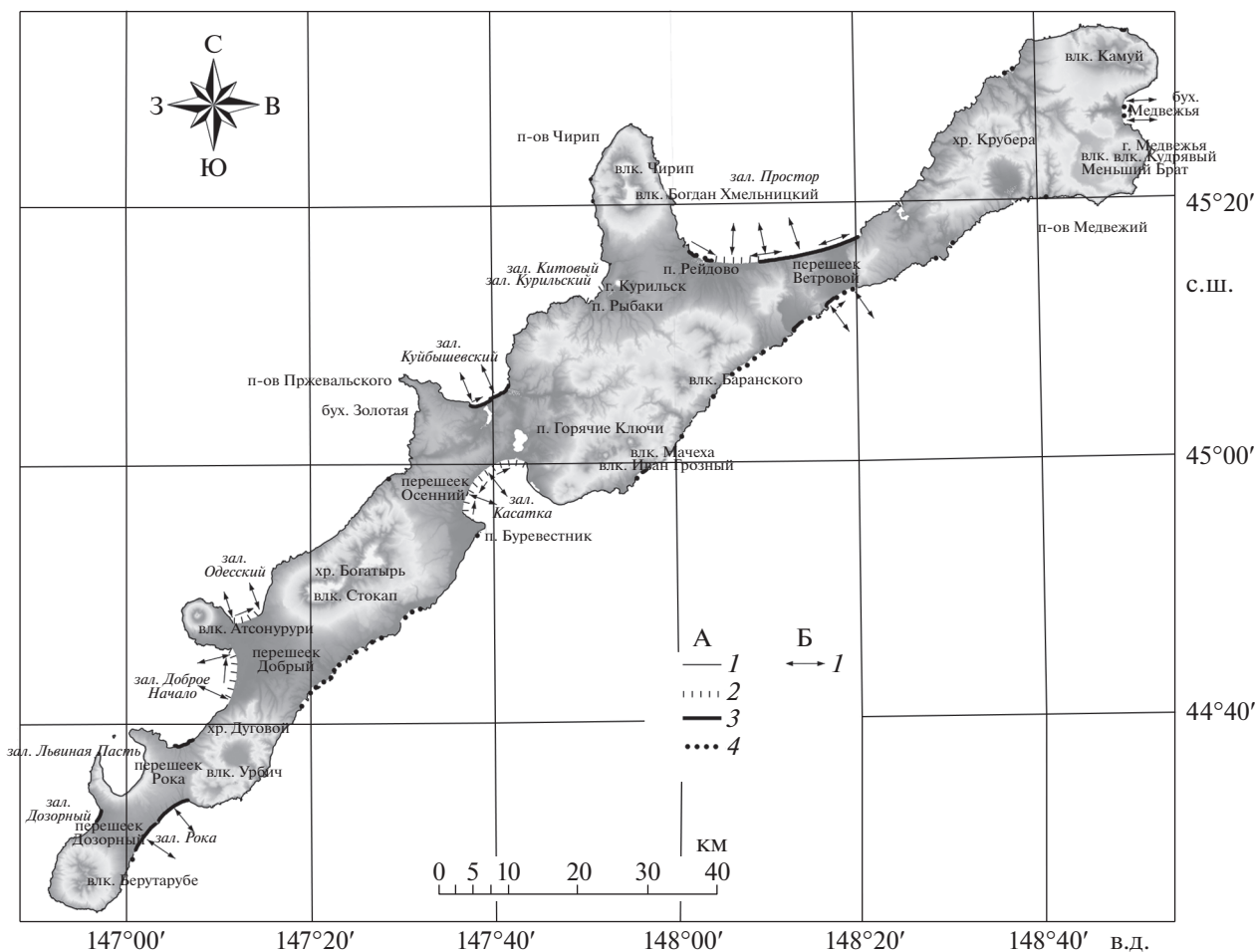


Рис. 5. Карта динамики берегов о-ва Итуруп с 1980 по 2019 г. А – типы берегов: 1 – стабильные (среднеголетняя скорость отступления береговой линии не превышает 0.5 м/год), 2 – выдвигающиеся (1.5–2.5 м/год), 3 – отступающие (1–2.7 м/год), 4 – нестабильные (слабое выдвигание на 0.5–1.5 м/год с учетом нескольких предшествующих периодов отступления). Б – прочие обозначения: 1 – установленное направление перемещения наносов (по состоянию на август 2019 г.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. 85% берегов о-ва Итуруп имеют абразионный облик. 80% всех берегов приурочены к подножиям вулканических построек и сложены устойчивыми к размыву породами. 4% абразионных берегов выработаны в слабо консолидированной пирокластике и приурочены к перешейкам между вулканами. 15% берегов являются аккумулятивными и распространены преимущественно в заливах охотоморского побережья, но встречаются и на открытом тихоокеанском побережье.

2. Натурные наблюдения, анализ карт и разновременных космоснимков (1980–2019 гг.) свидетельствуют о том, что устойчивые берега за этот отрезок времени не претерпели изменений. Максимальные скорости отступления таких берегов не превышают 0.2–0.5 м в год. Абразионные берега в слабо консолидированной пирокластике отступают со скоростью 2–2.5 м (локально до 5 м) в год. Берега аккумулятивного облика в разных частях острова испытывают разнонаправленные тенденции развития: аккумуляцию 1.5–2.5 м (до 5 м) в год или размыв – 1–2.7 м (до 5.5 м) в год.

3. Устойчивые берега в течение ближайших 50 лет сохраняют свой облик. Аккумулятивные берега, в основном, будут выдвигаться, несмотря на штормовые и цунамигенные размывы. Отступление разных участков абразионных берегов в слабо консолидированной пирокластике будет зависеть от высоты клифа и длины участка обрушения берега, определяющих количество материала, поступающего в береговую зону. Однако все берега острова могут претерпеть существенные изменения при извержении вулканов.

4. Кроме техногенно освоенных берегов, выявлены еще несколько участков, подходящих для возведения причальных сооружений. Наиболее благоприятным из них является абразионно-денудационный берег с валунно-глыбовой отмосткой (подтип 4.1) в пределах СВ части залива Касатка.

БЛАГОДАРНОСТИ

Данная статья является частью магистерской диссертации автора, написанной под научным руководством д.г.н. профессора [Рычагова Г.И.], которому я благодарен за постоянное внимание и поддержку в течение всего процесса написания работы. Благодарю коллектив экспедиции “Восточный Бастион – Курильская гряда” за всестороннюю помощь и поддержку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунаев Н.Н., Репкина Т.Ю., Баранская А.В., Афанасьев В.В. Современная динамика аккумулятивного берега, сложенного пирокластикой подводного вулканического извержения // Геосистемы переходных зон. 2019. Т. 3. № 2. С. 237–244.
2. Геология СССР. Т. XXXI. Камчатка, Курильские и Командорские острова. Ч. 1. Геологическое описание / под ред. Г.М. Власова. М.: Недра, 1964. 733 с.
3. Данченко В.Я., Рыбин А.В., Штейнберг Г.С. Рение-носная минерализация на Курильских островах // Тихоокеанская геология. 1994. Т. 18. № 4. С. 85–98.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Сер. Курильская. Лист L-55-XXIII, XXIX: Объясн. зап. Изд. 2-е. ФГУП СахГРЭ, 2002. 117 с.
5. Каплин П.А., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г. Берега. М.: Мысль, 1991. 480 с.
6. Атлас Курильских островов. М.: Владивосток: ИПЦ “ДИК”, 2009. 516 с.
7. Жарков Р.В., Козлов Д.Н. Эксплозивное извержение вулкана Иван Грозный в 2012–2013 гг. (остров Итуруп, Курильские острова) // Вестник ДВО РАН. 2013. № 3. С. 39–44.
8. Добровольский Д.А., Залогин Б.С. Моря СССР. М.: Изд-во МГУ, 1982. 192 с.
9. Булгаков Р.Ф. История развития южных островов Большой Курильской дуги в плейстоцене. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1994. 20 с.
10. Ионин А.С., Каплин П.А., Медведев В.С. Исследования по геоморфологии побережий дальневосточных морей СССР // Мат-лы 2-го геоморф. совещ. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 32 с.
11. Afanas'ev V.V., Dunaev N.N., Gorbunov A.O. and Uba A.V. Manifestation of Caldera-forming volcanism in the formation of the sea coast (on the example of Iturup island of the Large Kuril Arc). J. Processes in geoenvironments. 2018. Vol. 3. No. 16. P. 990–998.
12. Айбулатов Н.А. Деятельность России в прибрежной зоне моря и проблемы экологии. М.: Наука, 2005. 364 с.
13. Shuisky Y.D. Strategy of construction within the marine coastal zone in relation with coastal dynamics. Cahiers Nantes (France). 1997. No. 47–48. P. 439–444.
14. Ермаков В.А. Тектоническое районирование Курильских островов и проблемы сейсмичности // Физика Земли. 1997. № 1. С. 30–47.
15. Ионин А.С., Каплин П.А., Медведев В.С. Классификация типов берегов земного шара (применительно к картам физико-географического атласа мира) // Тр. океанографич. комиссии. 1961. Т. 12. С. 94–108.
16. Фёдоров П.В. Плейстоцен Понто-Каспия // Тр. ГИН АН СССР. 1978. Вып. 310. 164 с.
17. Razjigaeva N.G., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Mokhova L.M., and Bazarova V.B. The role of global and local factors in determining the middle to late Holocene environmental history of the South Kurile and Komandar Islands, northwestern Pacific. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2004. Vol. 209. P. 313–333.
18. Шикотанское землетрясение и цунами 4(5) октября 1994 года. Хроника событий, анализ последствий и современное состояние проблемы / Отв. ред. Б.В. Левин. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2014. 114 с.

Coasts of Iturup Island: morphology, dynamics, forecast

M. A. Kuznetsov^{a, #}

^a Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

[#] E-mail: KuzMiArGeo@yandex.ru

Based on a field study (2019) of the Iturup Island coastal zone relief and interpretation of space images for the period 1980–2019, a morpholithogenetic coastal classification was developed and a map of the coast types was compiled. It was found that 85% of the coasts are eroding. But 80% of the coasts are stable and in fact have not undergone changes during the above mentioned period of time. Erosional coasts with poorly consolidated pyroclastic sediments retreat at an average speed of 2–2.5 m (up to 5 m) per year. Accumulative coasts in different parts of the island experience multidirectional movements: accumulation with an average speed of 1.5–2.5 m (up to 5 m) per year or retreat with an average speed of 1–2.7 m (up to 5.5 m) per year. In large bays, the directions of sediment movement were identified. All of the above mentioned observations are reflected on the coastal dynamics map. Also, the forecast of coastal development for the next 50 years was made. The most dynamic accumulative coasts, in general, will be advancing despite storm and tsunami erosion. The retreat of erosion coasts in poorly consolidated pyroclastics will depend on the height of cliff and the length of coastal collapse section, which determine the amount of material entering the coastal zone. Several sections of the coast (some of the undeveloped ones) were identified as favorable for the construction of berthing facilities.

Keywords: Kuril Islands, coastal classification, morphodynamics, longshore sediment transport, coastal evolution

ACKNOWLEDGMENTS

This article is part of the author's master's dissertation, written under the scientific supervision of Prof. G.I. Rychagov, to whom I express gratitude for the constant attention and support throughout the writing process. I thank the team of the "East Bastion – Kuril Ridge" expedition for all-round help and support.

REFERENCES

1. Dunaev N.N., Repkina T.Yu., Baranskaya A.V., and Afanasiev V.V. *Sovremennaya dinamika akumulativnogo berega, slozhennogo piroklastikoi podvodnogo vulkanicheskogo izverzheniya*. (Modern dynamics of an accumulative coast composed by pyroclastics of an underwater volcanic eruption). *Geosistemy perekhodnykh zon*. 2019. Vol. 3. No. 2. P. 237–244. (in Russ.)
2. *Geologiya SSSR. T. XXXI. Kamchatka, Kuril'skie i Komandorskie ostrova. Ch. 1. Geologicheskoe opisanie*. (Geology of the USSR. T. XXXI. Kamchatka, Kuril and Commander Islands. Part 1. Geological description). G.M. Vlasov (Ed.). M.: Nedra (Publ.), 1964. 733 p. (in Russ.)
3. Danchenko V.Ya., Rybin A.V., and Shteynberg G.S. *Renienosnaya mineralizatsiya na Kuril'skikh ostrovakh*. (Rhenium mineralization in the Kuril Islands). *Tikhookeanskaya geologiya*. 1994. Vol. 18. No. 4. P. 85–98. (in Russ.)
4. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoi Federatsii. Ser. Kuril'skaya. List L-55-XXIII, XXIX: Ob'yasn. zap.* (State geological map of the Russian Federation. Ser. Kuril. Sheet L-55-XXIII, XXIX: Expl. app.) Izd. 2-e. FGUGP SakhGRE. 2002. 117 p. (in Russ.)
5. Kaplin P.A., Leon'tiev O.K., Lukyanova S.A., and Nikiforov L.G. *Berega*. (Coasts). M.: Mysl' (Publ.), 1991. 480 p. (in Russ.)
6. *Atlas Kuril'skikh ostrovov*. (Atlas of the Kuril Islands). M.–Vladivostok: IPTS "DIK" (Publ.), 2009. 516 p. (in Russ.)
7. Zharkov R.V. and Kozlov D.N. *Eksplodzivnoe izverzhenie vulkana Ivan Grozny v 2012–2013 gg. (ostrov Iturup, Kuril'skie ostrova)*. (Explosive eruption of Ivan Grozny volcano in 2012–2013 (Iturup Island, Kuril Islands)). *Vestnik DVO RAN*. 2013. No. 3. P. 39–44. (in Russ.)
8. Dobrovolskiy D.A. and Zalogin B.S. *Morya SSSR*. (Seas of the USSR). M.: Izd. Mosk. un-ta (Publ.), 1982. 192 p. (in Russ.)
9. Bulgakov R.F. *Istoriya razvitiya yuzhnykh ostrovov Bol'shoi Kuril'skoi dugi v pleistotsene*. (History of the development of the southern islands of the Great Kuril Arc in the Pleistocene). PhD thesis. M.: Izd. Mosk. un-ta (Publ.), 1994. 20 p. (in Russ.)
10. Ionin A.S., Kaplin P.A., and Medvedev V.S. *Issledovaniya po geomorfologii poberezhii dal'nevostochnykh morei SSSR*. (Research on the geomorphology of the coasts of the Far Eastern seas of the USSR). *Materialy 2-go geomorf. soveshchaniya*. M.: Izd. AN SSSR (Publ.), 1960. 32 p. (in Russ.)
11. Afanas'ev V.V., Dunaev N.N., Gorbunov A.O. and Uba A.V. Manifestation of Caldera-forming volcanism in the formation of the sea coast (on the example of Iturup island of the Large Kuril Arc). *J. Processes in geoenvironments*. 2018. Vol. 3. No. 16. P. 990–998.
12. Aibulatov N.A. *Deyatel'nost' Rossii v pribrezhnoi zone morya i problemy ekologii*. (Russia's activity in the coastal area and ecological problems). M.: Nauka (Publ.), 2005. 364 p. (in Russ.)

13. Shuisky Y.D. Strategy of construction within the marine coastal zone in relation with coastal dynamics. *Cahiers Nantes (France)*. 1997. No. 47–48. P. 439–444.
14. Ermakov V.A. *Tektonicheskoe raionirovanie Kuril'skikh ostrovov i problemy seismichnosti*. (Tectonic zoning of the Kuril Islands and seismicity problems). *Fizika Zemli (Izvestiya. Physics of the Solid Earth)*. 1997. No. 1. P. 30–47. (in Russ.)
15. Ionin A.S., Kaplin P.A., and Medvedev V.S. *Klassifikatsiya tipov beregov zemnogo shara (primenitel'no k kartam fiziko-geograficheskogo atlasa mira)*. (Classification of the world coasts (applied for Physiographical atlas of the world)). *Trudy okeanografich. komissii*. 1961. Vol. 12. P. 94–108. (in Russ.)
16. Fedorov P.V. *Pleystotsen Ponto-Kaspiya*. (Pleistocene of the Ponto-Caspian). *Trudy GIN AN SSSR*. 1978. Vyp. 310. 164 p. (in Russ.)
17. Razzhigaeva N.G., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Mokhova L.M., and Bazarova V.B. The role of global and local factors in determining the middle to late Holocene environmental history of the South Kurile and Komandar Islands, northwestern Pacific. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2004. Vol. 209. P. 313–333.
18. *Shikotanskoe zemletryasenie i tsunami 4(5) oktyabrya 1994 goda. Khronika sobytii, analiz posledstviy i sovremennoe sostoyaniye problem: sbornik statei*. (The Shikotan earthquake and tsunami on October 4 (5), 1994. Chronicle of events, analysis of consequences and the current state of the problem: collection of articles). B.V. Levin (Ed.). Yuzhno-Sakhalinsk: IMGIG DVO RAN (Publ.), 2014. 114 p. (in Russ.)