

Департамент образования и науки города Москвы
Государственное автономное образовательное учреждение
Высшего образования города Москвы
«Московский городской педагогический университет»
Институт естествознания и спортивных технологий
Кафедра географии и туризма

Микаэльян Кирилл Михайлович

*«Специфика горного туризма в Северной Европе
(на примере Республики Исландия)»*

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Направление подготовки 44.04.01 Педагогическое образование

Профиль подготовки - География и образовательный туризм

Руководитель ВКР:

К.г.н., доцент

Абдульмянов С.Н.

(подпись)

Рецензент:

К.п.н., доцент

Ховрин А.Н.

(подпись)

Заведующей кафедрой:

Д.и.н., к.г.н., профессор

Шульгина О.В.

(подпись)

Москва
2019

Содержание

Введение	3-6
Глава 1. Краткая характеристика природы Исландии	7-28
1.1. Геологическая история и современный рельеф	8-17
1.2. Климатические особенности и гидрологические объекты	17-24
1.3. Почвы, растительный мир и живой мир	24-28
Глава 2. Геолого-географические объекты Исландии и их особенности	29-53
2.1. Продукты вулканических извержений и формы вулканического рельефа	30-44
2.2. Формы ледникового и водно-ледникового рельефа	45-60
Глава 3. Особенности горного туризма в Исландии и его образовательное значение	54-61
3.1. Формы активного туризма и природные объекты	54-58
3.2. Природные объекты их научное и образовательное значение	58-61
Заключение	62-63
Литература	64-69
Приложение	70-81

Введение

Актуальность темы. Республика Исландия – островное государство, расположенное в Северной Атлантике. Вулканы, создавшие остров, и современное оледенение - главные группы достопримечательностей страны, являются главными туристическими объектами, целями детального научного изучения, имеют большое значение для образования и развития современного тематического туризма.

Цель работы – анализ системы горного туризма в Исландии, оценка современного состояния туризма.

Задачи работы: изучить зарубежные информационные ресурсы, провести краткий анализ географических объектов и рекреационных особенностей Исландии, рассмотреть опыт выделения значимых объектов, привести характеристику различных горных маршрутов.

Объектом исследования является территория острова Исландия.

Предмет исследования – система туризма Исландии, региональные особенности экологического (природного) туризма.

Временные и территориальные границы исследования – остров Исландия, современное состояние горного туризма.

Защищаемые положения:

1. Республика Исландия имеет малую площадь, большое число и уникальное сочетание геолого-географических объектов, служащих основой для развития туризма.
2. Геолого-географические объекты определяют формы современного горного туризма.
3. Развитая инфраструктура способствует развития туризма в экстремальном регионе.

При подготовке выпускной квалификационной работы использовались самые разнообразные материалы: учебные пособия, научные работы, картографические материалы, тематические иллюстративные материалы, а также другие

доступные данные. Большая доля использованных автором информационных ресурсов опубликована на английском языке.

В качестве учебного материала, содержащего информации о вулканах и современном оледенении, приведены данные учебных курсов по вулканологии [13, 14, 15], гляциологии [3, 6, 7, 10] и геоморфологии вулканических территорий мира [16].

В качестве дополнительного информационного источника справочных данных о вулканах и современном оледенении и геоморфологии территории Исландии были использованы материалы справочных пособий [1, 2, 5, 9, 10, 12, 23] и тематических путеводителей [28].

В качестве источника данных о последних научных исследованиях природы Исландии были использованы материалы научных работ [19, 26, 27].

В качестве картографических источников использовались карты, созданные на ГИС-основе: батиметрическая карта Северного полярного океана (International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean, IBCAO) [33], International Geological Map of Europe and Adjacent Areas (IGME 5000) [32].

При составлении карт использовались возможности ГИС. В работе представлены разные варианты оформления картографических изображений. Карты с упрощённым оформлением помещены в основной текст выпускной квалификационной работы. Координаты в тексте приведены в системе WGS 84, в градусах с десятичными долями.

В качестве источников геологической информации о Исландии были использованы специализированные глобальные и национальные ГИС и др. данные.

В качестве основного картографического источника, отражающего особенности территории Google Planet Earth [51], возможности ArcGIS Online Viewer [39], OpenSnowMap [63] и др. источники.

В качестве источника оперативной информации были использованы данные глобальных информационных порталов: Global Volcanism Program (GVP) [54], Earthquake Hazards Program, USGS [48]; CORINE Land Cover (CLC), Na-

tional Reference Centers Land Cover (NRC/LC) [45]; региональные и национальные базы данных – Arctic SDI Geoportal [42], European Geological Data Infrastructure (EGDI) [47], Catalogue of Icelandic Volcanoes Iceland GeoSurvey [43], National Land Survey of Iceland [61], Institute of Earth Sciences, University of Iceland [67].

В качестве источника, отражающего особенности использования геологических участков, в туристической деятельности информационные материалы Глобального парка ЮНЕСКО Катла (Katla UNESCO Global Geopark [21, 65].

В качестве информационного источника по классификации территории использовались данные PBC Database и Mountain Range Classification System – PEMRACS) [64]. Были использованы материалы Международной федерации альпинизма и скалолазания (International é des Associations D’Alpinisme – UIAA) [58], Федерации альпинизма РФ (ФАР) [37] и др. данные.

В качестве источников иллюстративной информации были использованы картографические материалы [59], спутниковые снимки на территорию Исландии [35, 62], тематические фотографии образовательных ресурсов [36, 55] и другие материалы.

В ходе исследования применялись методы: описательный, исторический, сравнительно-географический, картографический, геоинформационный и статистический.

Практическая значимость. На основе материала, посвящённого рассмотрению природных объектов и анализу туристической деятельности в Исландии, могут быть предложены подходы к изучению геологической истории Земли, геоморфологии вулканических областей и минералогии. Результаты настоящей работы также могут быть востребованы для образовательных целей, популяризации содержания учебных дисциплин и для развития тематического туризма.

Структура и объем. Работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объём работы 69 страниц, включая 13 карт и 19 рисунков, 7 таблиц.

В **первой главе** "Краткая характеристика природы Исландии" приводится краткий географический обзор природы острова, приводятся общие сведения, касающиеся геологических и гидрологических объектов, а также краткие справочные данные.

Во **второй главе** "Геолого-географические объекты Исландии и их особенности" приводятся краткие материалы о вулканических формах рельефа и ледниковых и водно-ледниковых формах рельефа, значимых для тематического пешего туризма, приводятся примеры известных геологических объектов, результаты работ по их исследованию.

В **третьей главе** "Особенности горного туризма в Исландии и его образовательное значение" рассматриваются современные формы активного туризма, на примере выделения геолого-географических объектов Глобального геопарка ЮНЕСКО Катла, приводятся сведения об особенностях изучения, охраны, организации туристической и просветительской деятельности.

Благодарности. Автор благодарен своему научному руководителю Абдульмянову С.Н. за предоставленные информационные материалы, за частичный перевод оригинальных информационных источников, полезные советы, критические замечания, содействие в отборе, подготовке картографических материалов и предварительную редакцию выпускной квалификационной работы.

При подготовке иллюстрированных материалов Приложений использовались готовые шаблоны.

Глава 1. Краткая характеристика природы Исландии

Исландия – островное государство, расположенное на западе Северной Европы в северной части Атлантического океана. Территория государства состоит из одноимённого острова площадью 103 тыс. км² и небольших островков около него.

Крайние точки основного острова: северная (66.537807°; -16.195542°), южная (63.392944°; -18.724478°), западная (65.076592°; -13.494419°), восточная (65.502972°; -24.533389°). Крайние точки Республики Исландия иные, кроме запада они связаны с островами вблизи побережья [51].

Протяжённость с севера на юг 306 км, с запада на восток 480 км.

Общая площадь земель составляет 100,25 тыс. км², более 20 % территории острова не заселено.

Береговая линия Исландии имеет протяженность 6,088 км [61]. На северо-западе, севере и востоке скалистые берега расчленены многочисленными заливами, фьордами и островами. Во внутренние части многих фьордов заходят изогнутые галечниковые косы, которые защищают естественные гавани от штормов, дующих со стороны Атлантического океана. На таких косах часто располагаются прибрежные города и поселки. Юго-западные и южные берега Исландии – песчаные, выровненные; естественные гавани там отсутствуют.

Рельеф большей части страны представлен вулканическим плато с многочисленными фьордами, вся территория Исландии покрыта вулканами, лавовыми полями и ледниками, изобилует большим количеством горячих источников и гейзеров.

По данным классификации Mountain Range Classification System (PEM-RACS), основанной на точных данных о высотах, гипсометрических и морфометрических особенностях и ряде других показателей оценки горных вершин, территория острова относится к Северной Европе.

Горные вершины острова относятся к Скандинавско-Европейской Арктике, региону островов Норвежского моря (Range 2: Scandinavia-European Arctic, Range 3: Norwegian Sea Islands) [64].

Самая высокая точка Исландии – покрытая льдом вершина вулкана Хваннадальсхнукюр (Hvannadalshnúkur, 2119 м, 64.014055, -16.677437). Семь из 10-ти вершин острова находятся на крупном ледниковом щите Ватнайёкюдль (Vatnajökull) на юге острова.

Это вершины с высотными отметками: Баурдарбунга (Bárðarbunga, 2009 м), Кверкфьёдль (Kverkfjöll, 1929 м), Снайффель (Snaeffel, 1833 м), Хаабунга (Háabunga, 1742 м), Снегетта (Snæhetta, 1737 м), Гримсвётн (Grimsfjall, 1732 м).

Две вершины, находящиеся изолированно, также соотносятся с ледниками: Хофсйёкюдль или Хофсйёкудль (Hofsjökull, 1782 м, 64.809503, -18.864805), и Эйриксийёкюдль (Eiriksökull, 1672 м, 64.772105, -20.398991). Только изолированная вершина вулкана Хердубрейд, в Исландском лавовом плато не покрыта льдом (Herðubreið, 1682 м, 65.174973, -16.345065) [54, 64].

Исландию называют "страной льда и огня", так как на территории острова силы земных недр, создавшие остров, сочетаются с интенсивным разрушающим поверхность действием льда.

1.2. Геологическая история и современный рельеф

Исландия занимает надводный выступ Срединно-Атлантического хребта. Образование острова связано с интенсивным проявлением вулканизма в начале альпийского орогенеза. Остров продолжает формироваться, и результаты новейших измерений подтверждают это [2, 18, 31, 48, 53]. Ежегодно остров увеличивается на 2,5 см. За последние 1000 лет вулканы произвели 45 км³ лавы.

Это также одна из самых сейсмически и вулканически активных областей. В среднем, в Исландии каждые 5 лет происходят значительные вулканические явления. Самый большой зарегистрированный поток лавы в истории произошёл в Исландии летом 1783 года, когда 25-километровый ряд кратеров вулкана Лакагигар к юго-западу от Ватнайёкюдля выплеснул 14 км³ лавы.

Горные пейзажи, черные лавовые поля, геотермальные бассейны и гейзеры являются результатом постоянного взаимодействия между вулканической деятельностью и природными элементами. Именно вулканизму наряду с оледенением обязана Исландия своим своеобразием [1, 5].

В Исландии представлены почти все типы вулканов: от эффузивных трещин до взрывных кратеров. Наиболее распространены щитовые и трещинные вулканы. Половину площади острова покрывают лавы базальтовой формации. Ими созданы многочисленные плато, расчлененные глубоко врезанными крутостенными долинами рек. Многие горы Центральной Исландии сложены туфами и туфобрекчиями, накопившимися в условиях подледного извержения вулканов в период четвертичного оледенения. Около 10% поверхности острова покрыто голоценовыми (моложе 10 тыс. лет) лавами. Они очень пористы и водопроницаемы. По этой причине на них формируются бесплодные каменистые пустыни [5, 8].

На рисунке 1 приведён фрагмент космического снимка Landsat характерного участка западного побережья острова Исландия.

С молодым вулканизмом связаны обильные выходы природных горячих вод, сольфатар и пара, в том числе фонтанирующих источников, или гейзеров.

Вулканическая активность – реалии жизни в Исландии, где люди научились жить как с ее недостатками, так и со значительными преимуществами, такими как геотермальная энергия и драматическая природная среда.

Исландия – в геологическом отношении молодая территория, образовавшаяся в результате вулканических извержений за последние 60 млн. лет (что соответствует палеогеновому, неогеновому и четвертичному периодам в истории Земли). Самые древние части страны расположены на западе, севере и востоке. Это преимущественно плато, сложенные древними базальтовыми лавами. Платообразный характер поверхности лучше всего сохранился на северо-западе, тогда как на востоке и на севере центральной части острова рельеф приобретает альпийский облик. Через всю страну с севера на юго-запад простирается обширная зона, в основном выполненная туфами и брекчиями, которые

образовались в результате подводных вулканических извержений. К этой центральной зоне, а также к району, находящемуся на западе, приурочено большое число вулканов. Из них 20 вулканов извергались уже после заселения страны.

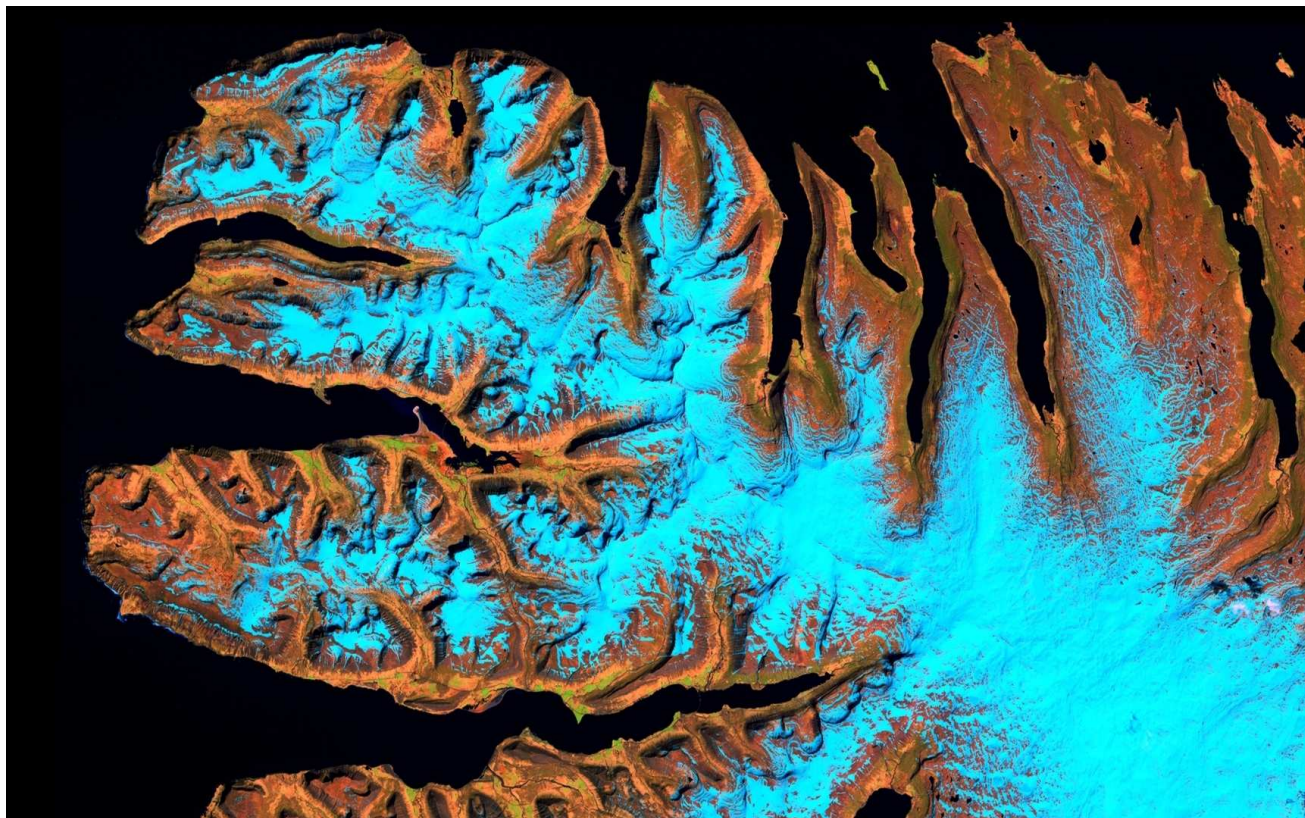


Рисунок 1. Космический снимок спутника Landsat 7, от 2000.06.06. (фрагмент). Инфракрасный диапазон (ИК-диапазон). Западное побережье Исландии. Хорошо просматривается береговая линия и древовидный характер современного оледенения [35].

Таким образом, современный рельеф местности относительно прост и определяется вулканизмом и продуктами разрушения вулканических построек. Выделяется неовулканическая (центральная), четвертичные и третичные базальты и аллювиальные отложения, расположенные на юге по обе стороны от центральной зоны (Holocene sediment, Upper Pleistocene bedrock $<0,7$ ma, Plio-Pleistocene $0,7-3,1$ ma, Tertiary bedrock $3,1$ ma $>$) [21, 27, 32].

В Исландии наиболее распространёнными являются цепочки кратеров, возникших в результате извержений вдоль трещин и разломов. В 1783 во время извержения вулкана такого типа Лаки, находящегося юго-западнее Ватнайёкюдля, образовался крупнейший из наблюдавшихся на Земле в историческое время лавовый поток. Он покрыл площадь 570 км². К юго-западу от Ватнайё-

кюдля расположен вулкан Гекла, который извергался в 1947 и 1970. В результате подводного извержения у юго-западного побережья Исландии 14.12.1963 возник небольшой остров Сюртсей (Surtsey).

На рисунке 2 приведена справочная карта с размещением голоценовых и плейстоценовых вулканов Исландии. Плейстоценовые вулканы распределены следующим образом: на севере 1, на северо-востоке острова 10, на юго-востоке находится 1, на юго-западе 11. В западной части острова они отсутствуют. Всего выделяется 23 объекта [43, 54]. В Таблице 1. перечислены 30 вулканов голоценового возраста.

Таблица 1. Вулканы Исландии голоценового возраста (по данным GVP на 20.05.2019.)* [43, 51, 54]

	Вулканы и группы вулканов (GVP)	Высота (м)	Широта ¹	Долгота
	Северная группа			
01.	Хребет Колбейнси / Kolbeinsey Ridge	5	66.670000°	-18.500000°
	Северо-Восточная группа			
02.	Гримсвётн / Grimsvotn	1719	64.416000°	-17.316000°
03.	Баурдарбунга / Bardarbunga	2000	64.633000°	-17.516000°
04.	Тунгнафедльсйёкюдль / Tungnafellsjokull	1523	64.750000°	-17.916000°
05.	Кверкфьёдль / Kverkfjoll	1930	64.653000°	-16.647000°
06.	Аксъя / Askja	1080	65.033000°	-16.783000°
07.	Фремминрамур / Fremrinamar	970	65.416000°	-16.666000°
08.	Крабла / Krafla	800	65.715000°	-16.728000°
09.	Людентсборгир-Тренгслаборгир/ Theistareykir	540	65.833000°	-17.166000°
10.	Зона разлома Тёрмес / Tjornes Fracture Zone	-75	66.309000°	-17.118000°
	Юго-Восточная группа			
11.	Эсюфьёлл / Esjufjoll	1620	64.250000°	-16.583000°
12.	Эрайвайёкюдль / Oraefajokull	2010	64.050000°	-16.633000°
	Южная группа			
13.	Вестманнаэйяр / Vestmannaeyjar	283	63.416000°	-20.266000°
14.	Эйяфьядлайёкюдль / Eyjafjallajokull	1651	63.633000°	-19.633000°
15.	Катла / Katla	1490	63.633000°	-19.083000°
16.	Тиндфьядлайёкюдль / Tindfjallajokull	1464	63.783000°	-19.716000°
17.	Торвайёкюдль / Torfajokull	1280	63.892000°	-19.122000°
18.	Гекла / Hekla	1490	63.983000°	-19.666000°

	Юго-западная группа			
19.	Рейкьянес / Reykjanes	140	63.850000°	-22.566000°
20.	Крисювик / Krysuvik	360	63.883000°	-22.083000°
21.	Бренништайнсфьюдль / Brennisteinsfjoll	610	63.933000°	-21.783000°
22.	Хроумюндартиндур / Hromundartindur	550	64.083000°	-21.333000°
23.	Хейнгидль / Hengill	803	64.083000°	-21.416000°
24.	Гримснес / Grimsnes	200	64.050000°	-20.883000°
25.	Престахнукюр / Prestahnukur	1385	64.583000°	-20.666000°
26.	Лаунгйёкюдль / Langjokull	1100	64.850000°	-19.700000°
27.	Хофсйёкюдль / Hofsjokull	1765	64.833000°	-18.766000°
	Западная группа			
28.	Снайфедльсйёкюдль / Snaefellsjokull	1446	64.800000°	-23.783000°
29.	Хелгриндур / Helgrindur	986	64.866000°	-23.283000°
30.	Лиосуфьюдль / Ljosufjoll	1063	64.900000°	-22.483000°

* Перечень приводится полностью с незначительными изменениями в оформлении.

Комментарии:

¹. Приведены координаты объектов в градусах с десятичными долями

С вулканической деятельностью тесно связаны поствулканические явления. Горячие источники рассредоточены по всей стране (их насчитывается более 250-ти). Поля сернистых фумаролов (сульфатаров) приурочены только к областям молодого вулканизма. Из фонтанирующих источников наиболее известен Большой Гейзер, название которого стало нарицательным для всех подобных образований.

Исландия – это остров вулканов. Их насчитывается порядка 200, при этом около 38-ти являются активными. Большое их количество сосредоточено в пределах национальных парков Исландии. Приведем примеры 5-ти наиболее известных из них.

Вулкан Гекла (Hekla) – самый известный и самый активный вулкан в Исландии. Вулкан Гекла один из самых высоких в Исландии – 1488 метров. На протяжении прошедших 6600 лет Гекла был активен, что было выяснено в ходе изучения вулкана и его пепловых отложений. Последнее извержение Геклы было зарегистрировано в 2000 году.

Гекла - непредсказуемый вулкан. Его извержения могут быть самыми разнообразными. Поэтому, вулканологам очень сложно предсказывать новые всплески его активности. Каждое новое извержение вулкана Гекла не похоже на предыдущее, одно может длиться всего несколько недель или всего лишь десять дней, а другое может растянуться на месяцы и даже на годы . Так к примеру извержение Геклы, начавшееся 29 марта 1947 года и завершившееся только в апреле 1948 года.

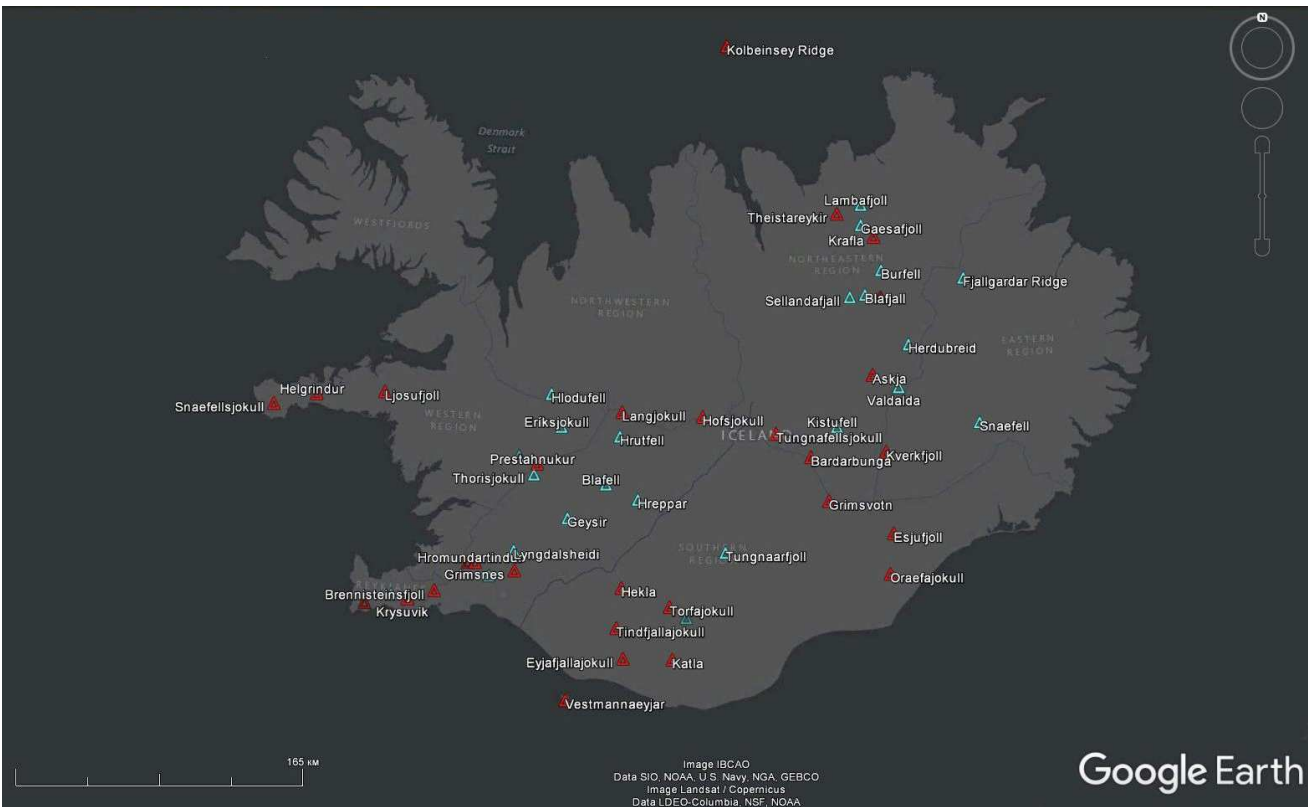


Рисунок 2. Картографическое изображение на основе ГИС-среды Planet Earth Pro, DEMs. Вулканы голоценового (красные значки) и плейстоценового возраста (зелёные значки). Вариант базового слоя – Canvas/World Dark Gray Base от ArcGIS, Esri Inc. Дополнительные слои: шкала масштаба, административные границы [40, 51, 54].

Самые сильные из них были в 1159 году до нашей эры и в 950 году до нашей эры. Это были очень мощные извержения. Выбрасываемые Геклой вулканические скалы разлетались на 7,3 км. По шкале вулканической активности извержениям были присвоены V-бальные уровни сложности [43].

Вулкан Лаки (Laki) – щитовой вулкан, как большинство вулканов Исландии. Это гигантская 25-ти километровая трещина и вулканическое поле с множеством кратеров (более 110-115 кратеров).

Расположен вулкан Лаки в природном парке Скафтафетль, примкнувшем с 2008 года к Национальному парку Ватнайёкюдль. В среднем высота многочисленных кратеров Лаки не больше 80-90 метров над уровнем базальтовой поверхности, но есть и 800 метровые вулканические конусы. Лаки – входит в состав крупной системы вулканов, расположенной в пределах ледниковых комплексов Мирдальсйёкюдль и Ватнайёкюдль.

Разрушительное извержение вулкана Лаки было зафиксировано в 1783-1784 годах. Тогда вулкан Лаки извергался вместе с соседними вулканами 8 месяцев. За это время потоки лавы растеклись больше чем на 130 километров, образуя за собой лавовые поля. Извержение было классифицировано как VI бальное. Приведём в таблице 2 упомянутую ранее шкалу VEI.

Таблица 2. Шкала индекса силы взрыва для извержений взрывного типа (пирокластических извержений). Volcanic Explosivity Index – VEI [57].

VEI	Объем извергнутого-материала (м³)	Высота эруптивной колонны (км)
0	$< 10^4$	< 0.1
1	10^4-10^6	0.1-1
2	10^6-10^7	1-5
3	10^7-10^8	3-15
4	10^8-10^9	10-25
5	10^9-10^{10}	>25
6	$10^{10}-10^{11}$	>25
7	$10^{11}-10^{12}$	>25
8	$>10^{12}$	>25

В результате извержения вулкана Лаки в воздух были выброшены огромные массы ядовитых газов, которые погубили половину поголовья скота в Исландии и почти четверть её населения. Климат Исландии претерпел значительные изменения, таяли ледники и происходили наводнения. Эффект вулканической зимы, вызванный исландским извержением вулкана, привёл к сильным за-

сухам в Японии и Индии, а Северная Америка пережила самую холодную в своей истории зиму. Так же тяжелы были последствия извержения вулкана Лаки в Северной Африке. Пепел от извержения в Исландии был в воздухе почти над половиной Евразии. По оценкам экспертов, из-за извержения Лаки в общей сложности погибло около 6-ти млн. человек [43].

Вулкан Гримсвотн (Grimsvotn) расположен в южной части Исландии и имеет 1725 метров в высоту. Кратер вулкана изменяет свои размеры в зависимости от мощности извержения. Так, например в 1989 году его длина равнялась приблизительно 200 метрам, а во время извержения 1998 года составляла более 500 метров. Вулкан Гримсвотн извергается раз в 3-10 лет. За прошедший век зарегистрировано около 20-ти крупных извержений этого вулкана. Крупные извержения Гримсвотна были в 1996, 1998, 2004 и 2011 годах. В 1996 году вулкан извергался подо льдом, что привело к обширному таянию ледника и последующему наводнению. Катастрофический поток от тающего ледника имел расход воды примерно 200,000-300,000 кубометров в секунду.

Вулкан Катла (Katla), расположенный в южной части Исландии, немногим выше вулкана Аскья, высота его составляет где-то 1512 метров. Кальдера Катлы 700 метров глубиной содержит более 100 км² льда. Вулкан находится под юго-восточным краем ледника Мюрдальсйёкудль. Периодичность активности Катлы от 40 до 80 лет. Предыдущий всплеск его активности датируется 1918 годом, привёл к выбросу 700 млн. м³ пемзы, последующему катастрофическому наводнению и формированию отложений грязевого потока, что даёт повод для беспокойства учёным сегодня [21, 43, 60].

Начиная с XX века, Катла крупномасштабно извергалась 21 раз. Причём, при её извержениях происходили интенсивные таяния ледника, в результате чего образовывались мощные грязевые потоки воды. Например, извержение 1755 года привело к образованию мощнейшего потока воды с расходом 200,000-400,000 кубометров в секунду, и талые воды затапливали близлежащие районы.

В настоящее время вулкан Катла вновь активен. По мнению учёных, последствия возможного извержения могут оказаться значительными: выбросы

пепла, таяние ледников и наводнения в Исландии, а так же прекращение сообщения со страной по средствам воздушных линий.

Извержения Катлы связаны с периодами активности находящегося в 20-ти километрах вулкана Эйяфьядлайёкюдль. Уже на протяжении более чем 1000 лет инициаторами извержения Катлы были извержения вулкана Эйяфьядлайёкюдль. Первая такая связь была выявлена при извержении Катлы в 920 году, далее получены корреляции на 1612 и 1821-1823 год [21, 60].

Вулкан Эйяфьядлайёкюдль (Эйяфьядлайёкюдль) – так называется один из исландских ледников, расположенный в южной части страны, в 125-ти километрах от столицы Исландии – Рейкьявика. Ледник Эйяфьядлайёкюдль соседствует с ледником Мюрдальсйёкудль. Под этими ледниками есть конусообразный, щитовой вулкан, не носящий собственного названия. Поэтому, его называют по имени ледника Эйяфьядлайёкюдль.

Вулкан Эйяфьядлайёкюдль один из недавно извергавшихся вулканов Исландии. Высота вулкана Эйяфьядлайёкюдль 1666 метров. Диаметр кратера составляет 3-4 километра. До 2010 года – последнего извержения вулкана, кратер его был покрыт шапкой ледника.

История извержений Эйяфьядлайёкюдля хранит сведения о крупном извержении вулкана в 1821-1823 годы. Тогда, на протяжении более чем 12-ти месяцев (с 19 декабря 1821 и по 1 января 1823 года) вулкан Эйяфьядлайёкюдль продолжал извергаться. Вместе с вулканом Эйяфьядлайёкюдль извергался его ближний сосед – вулкан Катла. Извержению был присвоен II балльный уровень по шкале вулканической активности.

Крупное извержение проходило с 20 марта 2010 года. В апреле 2010 из-за усиления темпов извержения вулкана Эйяфьядлайёкюдль было перекрыто воздушное пространство над частью Европы с 16 по 20 апреля. Так же, частично ограничение на полёты сохранялось в мае. Этому извержению было присвоено IV балла. В апреле 2013 года вулкан Эйяфьядлайёкюдль снова извергался.

Исландия не имеет запасов каких-либо видов полезных ископаемых и минерального сырья, за исключением огромного потенциала гео- и гидротер-

мальных источников, а также месторождений диомита, осадочной горной породы, которая используется в качестве адсорбента в текстильной, химической, пищевой промышленности, при производстве различных лекарств, бумаги, различных строительных материалов и в других сферах хозяйства.

Геотермальные источники распространены по всей территории страны за исключением восточной части, сложенной из базальтовых пород, где они довольно редки. В стране насчитывается около 800 горячих источников. Некоторые горячие источники извергаются на высоту в несколько десятков метров и носят название гейзеров.

Геотермальная энергия, относящаяся к типу возобновляемых ресурсов, используется в Исландии для обогрева 85 % жилых домов, теплиц и оранжерей, где выращиваются фрукты и овощи. По всей территории страны построено большое количество термальных бассейнов (более 170-ти) для купания.

Вулканы Исландии изучаются длительное время, особенностям их морфологии и динамики посвящено много литературы. Их активность имеет глобальное значение, они находятся под постоянным наблюдением специалистов-вулканологов и служат объектами для тематического туризма [19, 54, 55, 57].

Вулканам Исландии посвящена работа исследователей из института Наук о Земле, Исландского университета, создавших специализированную ГИС.

Каталог ледников Исландии (Catalogue of Icelandic Volcanoes, Iceland GeoSurvey) содержит оперативную информацию обо всех активных вулканах острова, за которыми ведётся инструментальные наблюдения [43].

В Приложениях приводятся дополнительные иллюстративные материалы по вулканам Исландии.

1.3. Климатические особенности и гидрологические объекты

Климат Исландии морской, умеренно-прохладный, с сильными ветрами, влажный и переменчивый. Смягчающее влияние на ее климат оказывают теплые воды Северо-Атлантического течения (продолжения Гольфстрима), ветвь которого проходит вдоль южного и западного берегов острова.

Прибрежные воды свободны ото льда в течение всего года. Исключение составляют ситуации, связанные с выносом полярных льдов, когда холодное Восточно-Гренландское течение приносит арктический дрейфующий лёд, который скапливается на северном и восточном побережьях. В связи со значительным улучшением климата с начала 1920-х годов вынос полярных льдов к берегам Исландии произошёл только однажды в 1965. Погода в этой стране резко меняется, иногда в течение суток, что зависит от прохождения циклонов в восточном направлении через Атлантический океан.

Освещённость – полярной ночи в Исландии нет, но тёмное время с недостаточным количеством света длится с середины ноября до конца января. В это время высота Солнца в момент высшей кульминации не превышает нескольких градусов. Украшением зимнего периода являются полярные сияния, типичные для данных широт, которые служат причиной тематических зимних туров.

В течение всего лета в Исландии "белые ночи", 21 июня солнце восходит в 02:54 и заходит в 00:02 следующего дня. Декабрь, в отличие от июня, самый тёмный месяц – световой день длится не более 5-ти часов.

Июль и август – самые тёплые месяцы (в Рейкьявике в июле до +20 °С). Средняя годовая температура на юго-западном побережье в Рейкьявике составляет +5 °С, средняя температура января – минус 1 °С, июля – +11 °С. Соответствующие показатели на северном побережье (в Акюрейри) – +3 °С, минус 2 °С и +11 °С. Среднегодовая температура не опускается ниже +4 °С.

Среднее годовое количество осадков составляет 1300-2000 мм на южном побережье, 500-750 мм на северном и свыше 3800 мм на открытых к югу склонах Ватнайёкюдля и Мирдальсйёкюдля.

Малая продолжительность вегетационного периода, сильные ветры, обилие влаги и низкие летние температуры затрудняют развитие древесных пород.

Большое количество атмосферных осадков и частые перепады температур способствуют интенсивному выветриванию горных пород. Сильные ветры обуславливают активную дефляцию, причем случаются песчаные пыльные бури.

Согласно распространённой классификации Кёппена В.П. и Гейгера Р. (Köppen V.P., Geiger R.) климаты Исландии в целом характеризуется 3-мя индексами: полярные - морозные (EF) и тундр (ET), тёплые (Cfc) влажные с холодным летом [25, 68].

Особенности морфологии **ледников** Исландии обусловило формирование оледенения в условиях активного вулканизма.

Ледники общей площадью 11,922 км² покрывают всего 11,5% территории острова. Тут можно встретить почти все их типы – от малых ледников цирков до протяженных ледяных шапок крупных ледовых плато. От невысоких фирновых бассейнов растекаются ледники подножий и долинные ледники.

Высота снеговой линии колеблется от 600-1000 м в прибрежных районах до 1100-1400 м в центральных частях.

Данных по современному оледенению великое множество. Природный феномен исследуется международными коллективами, огромный массив данных доступен пользователям. Разумеется, в большей степени он востребован там, где вода, связанная ледниками, имеет значение как важный источник пресной воды. В данной работе в Исландии запасы воды, установленные расчётными методами, велики 3615 км³, что сопоставимо с такими территориями как Китай (3250 км³). Если же рассматривать Европейский регион, у Исландии 3-е место после Дании (с островом Гренландия, 2 365000 км³) и Норвегии (включая оледенение островов Шпицберген и Ян-Майен) – 7038 км³ [29, 30].

Современные данные, традиционные названия, координаты, картосхемы, снимки, сведения о динамике приводятся в каталоге ледников Исландии. Всего выделяют 269 ледников, относящихся к 8-ми группам (из них 14 ледниковых щитов, 2 слившихся ледниковых щита, 109 выводных ледника, 8 ледниковых тел, 3 ледяных потока, 55 каровых ледников, 73 горных ледника и 5 горно-долинных ледника) [23, 26].

Рассмотрим чуть подробнее лишь некоторые из них.

Самая крупная из ледниковых систем Ватнайёкюдль (Vatnajökull) площадью 8538 км^2 расположена на юго-востоке Исландии. Ледник считается одним из крупнейших в мире после ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии [6].

В некоторых местах ледника Ватнайёкюдль возвышаются вулканические вершины, но большинство вулканов не видны, они скрыты под его ледяным панцирем мощностью до 2000 м. Во время извержений лед начинает таять, и бурные потоки талых вод вызывают катастрофические паводки. Они могут переносить до 50 тыс. м^3 воды в секунду. От краев ледника веерами растекаются быстрые блуждающие потоки талых вод, формирующие песчаные зандры. Здесь же находится высшая точка страны Хваннадальсхнукюр (2119), представляющая собой поднятый край кальдеры вулкана Эрайвайёкюдль.

Ледниковые комплексы – Хофсйёкюдль и Лаунгйёкюдль располагаются во внутренней части острова и Эйяфьядлаёкюдль и Мирдальсйёкюдль на юге и также покрывают действующие вулканы.

Ледник Хофсйёкюдль приурочен к кальдере вулкана. Общая площадь ледника с небольшим выводным языком – 925 км^2 , а максимальные высоты – 1800 м. Длина же самого большого выводного языка Мула составляет 7 км. Ледниковая шапка имеет в поперечнике до 35 км. Резко бросается в глаза ее асимметрия: вулканический конус с кальдерой расположен в западной части. Основная масса льда покрывает восточные склоны вулкана. Это объясняется преобладающей аккумуляцией снега на подветренных восточных склонах в результате интенсивного метелевого переноса при штормовых ветрах.

Площадь коренного цоколя ледника относительно невелика – 250 км^2 , высота 1450 м. В центре вулканического конуса располагается кальдера глубиной до 0,5 км и шириной 5 км. В западном обрамлении кальдеры имеется расщелина – шарра, которая вмещает истоки выводного языка Квисла. Дно кальдеры находится практически на той же высоте, что и край ледника на западном склоне. К кальдере приурочены максимальные толщи льда, достигающие 750 м. Наибольшая толщина за пределами кальдеры всего 580 м. Расчётный объем льда в комплексе Хофсйёкюдль достигает 200 км^3 при средней толщине в 250 м.

Уклоны ледниковой поверхности довольно круты для данного типа ледников – до 3° и более. Асимметрия ледника проявляется и в толщине льда – на восточных склонах его больше, чем на западных, концы ледников спускаются до отметок 750 м, на западных – до 1050 м.

Ледниковый комплекс Мирдальсйёкудль также приурочен к вулканическому конусу. Ее площадь льда 596 км^2 , высота 1000 м.

Можно отметить следующие закономерности оледенения острова, связанные с условиями существования: основная масса ледников Исландии приурочена к южной части острова навстречу влагонесущим воздушным массам; малые ледниковые шапки обращены навстречу влагонесущим воздушным массам наиболее крутыми участками ледниковой поверхности (исключение составляют ледники группы Ватнайёкудль).

Специфической особенностью режима ледников Исландии являются так называемые **йёкудльлауны** – мощные сбросы вод, образовавшихся в результате вулканической деятельности. Йёкудльлауны регулярно происходят у южных окраин ледниковых шапок Ватнайёкудль и Мирдальсйёкудль. Очаги подледникового таяния связаны здесь с вулканами Гримсватн и Катла. Кратер Гримсватна располагается на дне впадины площадью около 35 км^2 и глубиной более 500 м на западной окраине Ватнайёкудля. Между сбросами впадина заполняется талыми водами в результате действия подледных сольфатар. Накопившиеся воды раз в 5-20 лет взламывают ледниковую преграду и вырываются наружу. В 1934 году во время извержения и йёкудльлауна на выводном языке Скейдарар, из тела ледника разом вырвалось $10\text{-}15 \text{ км}^3$ воды, причем этот гигантский талый грязевой поток унес с собой не менее 10 млн. м^3 льда.

При идущем сокращении площади ледников Исландии выявляются следующие две закономерности: темп относительного сокращения ледников (в % от площади) определяется их размерами. Больше теряют в площади небольшие ледники, меньше крупные; темп изменения ледников находится в прямой зависимости от показателей массоэнергообмена, в частности от величины абляции - аккумуляции на границе питания ледников.

Ледники Исландии изучаются длительное время, регулярные наблюдения ведутся более 300 лет. Особенности морфологии и режима ледников посвящено много работ, в том числе с учётом данных средств дистанционного зондирования Земли. Ледники Исландии являются важной геологической, силой изменяющей облик острова, совершающей большую работу по преобразованию поверхности и созданию ледниковых и водно-ледниковых форм рельефа. С быстрым таянием ледниковых систем связаны катастрофические паводки. Ледниковые системы находятся под постоянным наблюдением специалистов-гляциологов и служат объектами для тематического туризма [47, 70].

На рисунках 3-5 приведены картосхемы ледников Исландии. Динамика ледников приведена в таблице 3. В Приложении также можно увидеть иллюстративные материалы по современному оледенению Исландии.

Таблица 3. Основные события в развитии оледенения Исландии (по Х.В. Альману и С. Тораринссону) [10].

Время	Изменение состояния ледников
1690-1720	Очень сильное отступление ледников
1720-1740	Постоянное положение края или отступление
1740-1760	Сильное наступание. Большинство ледников достигло максимума развития в современную эпоху
1760-1790	В основном сокращение ледников. Брейдамеркур наступал
1790-1820	Наступание в большинстве случаев
1820-1840	Главным образом отступление или постоянное положение края
1840-1850	Сильное наступание. Выводные языки Дрангйёкудль достигли того же положения, что в XVIII в., ледник Ватнайёкудль - максимальное распространение за историческое время.
1850-1870	Быстрое отступление выводных языков Дрангйёкудль, другие без изменения или отступают.
около 1870	Незначительное наступание.
С сер. 1870 до 1890-х	Выводные языки Дрангйёкудль без изменений, у Ватнайёкудль - наступание до положения 1850 года
К началу XX в	Очень быстрое повсеместное сокращение.
до 1930-х	В основном отступление. Замедление или тенденция к наступанию около 1910 и 1920 гг.
Начало 1930-х	На южной окраине Ватнайёкудль концы выводных языков без изменений. Наблюдаются отдельные подвижки.
После 1930-х	Очень сильное сокращение с отдельными подвижками.

Благодаря большому количеству осадков, Исландия имеет густую **речную сеть**. Реки зачастую порожистые. Они отличаются незначительной длиной

и крутым уровнем падения воды. Большой частью из-за особенностей рельефа и постоянно изменяющегося направления течения несудоходны. Самая крупная речная система – Тьюурсау (Þjórsá) длиной 237 км.

Питание рек преимущественно ледниковое. Разливы и наводнения происходят в летний период, когда толщи замерзшей воды оттаивают. Особенностью режима является также вулканическая активность, вызывающая катастрофические последствия. Во время подледниковых вулканических извержений и при прорыве ледяных плотин на приледниковых озерах огромные массы талых вод вызывают бурные паводки на реках.

Площадь рек и озер составляет 2,757 км², много озер вулканического и ледникового происхождения, крупнейшие озера: Тингватлаватн (Þingvallavatn), 83,7 км², незамерзающее озеро Миватн (Mývatn), безжизненное озеро у подножия вулкана Гекла – Тоурисватн (Þórisvatn). В Исландии более 20-ти известных водопадов. Самые высокие водопады – Хауифосс (Háifoss) на р. Фоссау (Fossá) высотой 130 метров и Деттифосс (Dettifoss) – выдающийся европейский водопад по расходу воды.

Самый мощный водопад Европы – Деттифосс (65.814500; -16.385000). На территории парка Йёкульсаургляувур (Jökulsárgljúfur) на севере страны, на р. Йёкульсау-ау-Фьётлюм (Jökulsá á Fjöllum). Ширина 100 м, высота 44 м, мощность падающей воды в зависимости от сезона и интенсивности таяния ледника Ватнайёкутль – 200-600 м³/сек. Он является одним из наиболее ярких объектов парка и гордостью Исландии.

Ниже по течению реки находится каньон Аусбирги (Ásbyrgi). Крупный известный объект длиной около 4-х км, шириной чуть больше 1 км и глубиной до 100 м. Каньон имеет форму подковы с выступающей 25-метровой скалой в середине. Образовался в конце последнего ледникового периода вследствие 2-х ледниковых наводнений. Выделяется микроклимат каньона. В нём произрастает более 200 видов растений, находятся участки хвойных и лиственных горных лесов. Болотные угодья важны для страны, площадь занимаемая болотами 64,538 км² [61].

Помимо естественных водоемов имеются временные и искусственно созданные. Их наполнение также зависит от таяния ледников. Обилие воды и уклоны местности определяют 2-й по значимости источник энергоресурсов.

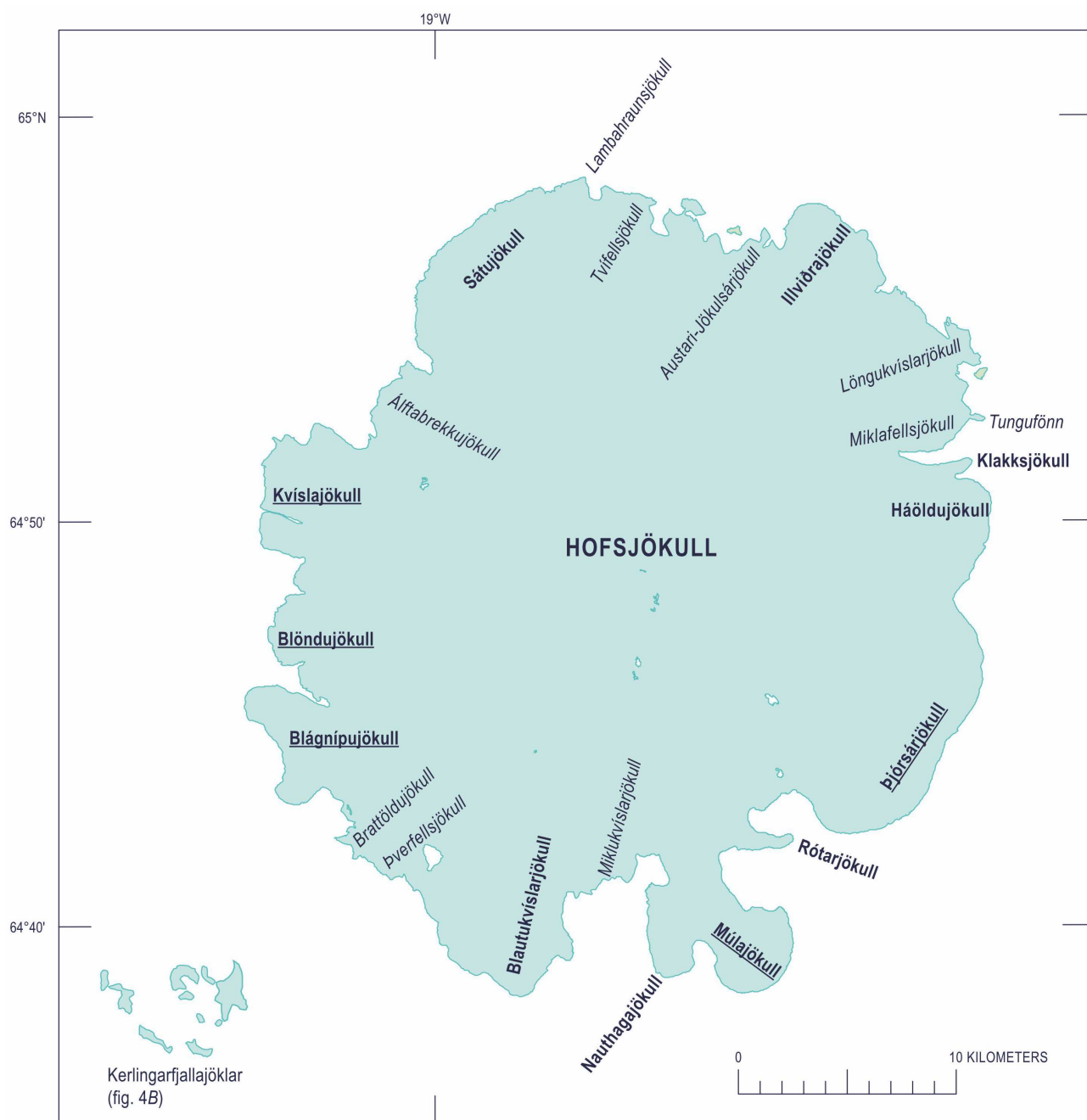


Рисунок 3. Картографическое изображение на основе ГИС. Ледниковый комплекс Хофсейкюдль (Hofsjökull) [26].

1.4. Почвы, растительный мир и живой мир

Почвы Исландии отчасти минеральные, лёссового типа, отчасти болотные, обогащенные минеральным материалом, производным от вулканического

пепла, и отчасти золовые пылеватые и песчаные. Такой тип почв вместе с неблагоприятными климатическими условиями для выращивания сельскохозяйственных культур практически не используется. Местами выращивают картофель и кормовые травы, в многочисленных теплицах и оранжереях, в которых используют геотермальные источники энергии, выращивают овощи. Земли в основном используются под пастбища (около 23 % всей территории).



Рисунок 4. Картографическое изображение на основе ГИС. Ледниковый комплекс Мирдальсйёкюдль (Myrdalsjökull) [26].

Обширные внутренние плато почти целиком лишены растительного покрова. В составе растительности преобладают мхи и травы. Древесные растения еще недавно занимали всего 1% площади. Леса, о которых имелись упоминания

в IV веке, до нашего времени не дожили. Это в основном березы, обычно имеющие искривленные стволы из-за сильных ветров. В настоящее время в Исландии созданы значительные насаждения хвойных пород.

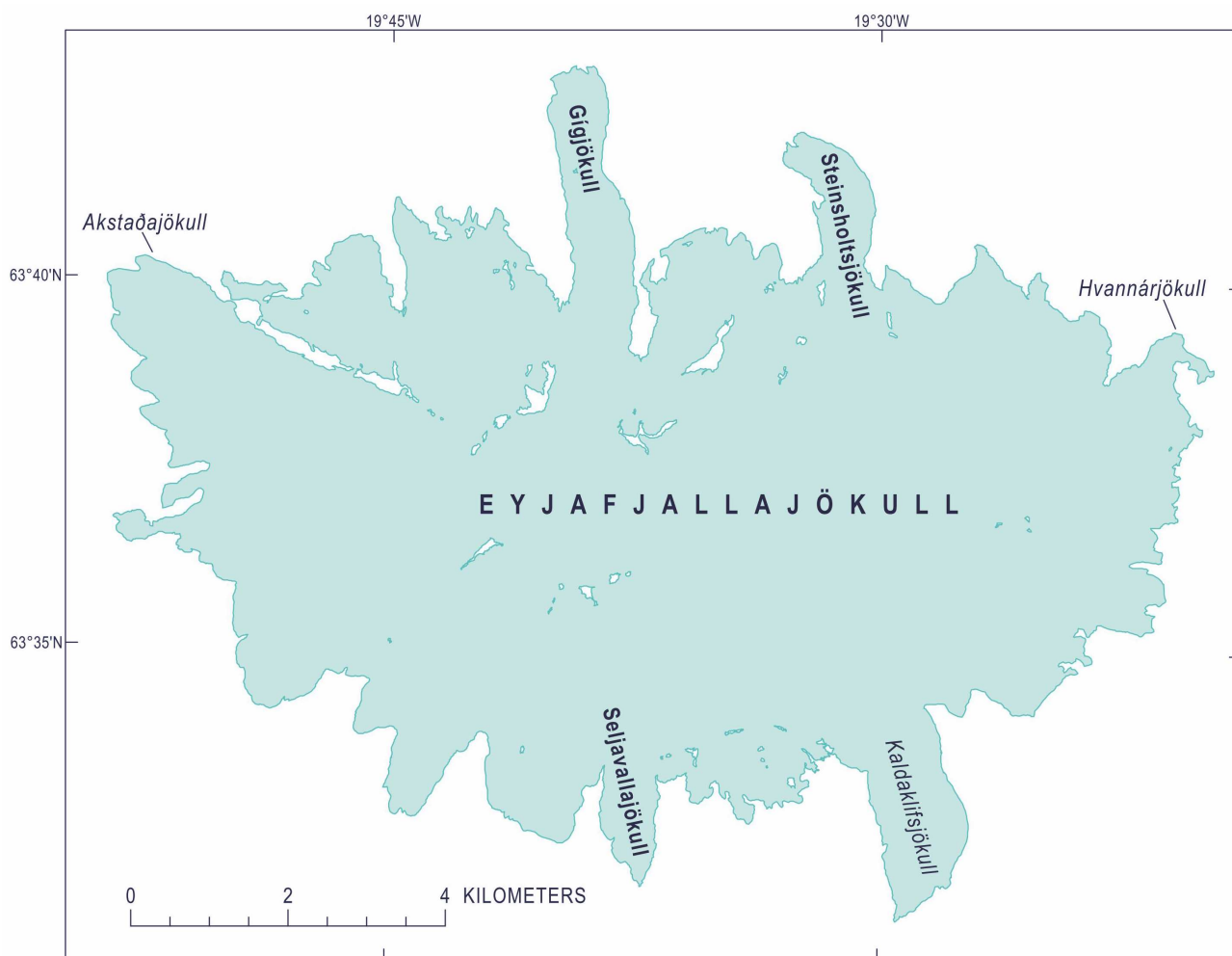


Рисунок 5. Картографическое изображение на основе ГИС. Ледниковый комплекс Эй-яфьядлаёкюдль (Eyjafjallajökull) [26].

Почти полное отсутствие лесов в значительной степени обусловлено воздействием человека. До появления перовпоселенцев массивы березы с примесью ив, рябины и можжевельника произрастали до высоты 300-400 м. Наибольший ущерб лесам причинил неумеренный выпас овец, повлекший интенсивную ветровую эрозию. Во многих районах распространены верховые торфяные болота, тундры. Участки вблизи ледников лишены растительности.

Лишь четверть площади острова, 64,538 км², в настоящий момент покрыта растительностью (против 2/3 во время заселения страны 1100 лет назад) [61]. Большинство растений – типичные для Арктики низкорослые виды.

Флора Исландии включает в себя свыше 500 видов высших (сосудистых) растений (из них 53 вида составляют травы), насчитывается около 600 видов мхов, 755 видов лишайников, более 2100 видов грибов и почти 1600 видов водорослей. Обычные растения: армерия, карликовая ива, камнеломка, колосняк, полевика, вереск, водяника.



Рисунок 6. Картографическое изображение на основе ГИС. Фрагмент классификации земель — тематический слой CORINE Land Cover (CLC). Видны ледниковые комплексы Мирдальсйёкюдль (Myrdalsjökull), Эйяфьядлаёкюдль (Eyjafjallajökull), v2018 [43, 45, 46, 61].

Существуют программы по восстановлению лесов, их продвижение сильно зависит от финансирования. Поставлена цель — покрыть лесом 5% пустынных площадей к 2040 году. Большую проблему представляет овцеводство. Даже в настоящее время традиционно свободно пасущиеся овцы поедают почти все саженцы. Поэтому новые леса вынуждены огораживать. Основные деревья, используемые для лесопосадок — тундровая берёза и рябина — те, которые растут и естественным образом. Интродуцированные виды: ель ситхинская (*Picea sitchensis*) и её малорослый гибрид с сизой елью (*P. glauca*) высажены в

южной и западной части страны ещё до Второй Мировой войны, сибирская лиственница (*Lárix sibírica*), ель колючая (*P. pungens*), ель финская (*P. fennica*), сибирская сосна (*Pinus sibirica*), сосна скрученная (*P. contorta*), и ряд др. видов.

Видовой состав **фауны** Исландии беден. Во время заселения страны там был только один вид диких наземных млекопитающих – песец. На острове нет рептилий и земноводных.

В конце 18-го века были интродуцированы северные олени. Кроме того, на остров были случайно завезены мыши, крысы и норка. В Исландии гнездится более 80-ти видов птиц. На горных озерах и реках обитает множество лебедей, уток и гусей, а на морском побережье обычны чайки, крачки и др. В озерах водится форель, а в реках – лосось. В прибрежных водах встречаются два вида тюленей и некоторые виды китов. Здесь находятся места нагула и нереста рыбы (до 66 видов). Важное значение имеют треска, морской окунь, пикша, палтус.

Хозяйственное спользование территории невозможно без проведения инструментальных работ: точного измерения площади, ранжированию и оценки земель. Европейский союз, членом которого является Исландия, на основе использования спутниковых данных (Landsat-5 MSS/TM, Landsat-7 ETM, SPOT-4/5, IRS P6 LISS III, RapidEye, Sentinel-2, Landsat-8) и их последующей визуализации предложил выделять 44 класса территорий. В настоящий момент спутниковая группировка ЕС представляет для работы данные с разрешением 100 метров. На рисунке 6. приведён фрагмент классификации земель – тематический слой CORINE Land Cover (CLC) на южную часть Исландии представленный Национальной Земельной службой Исландии (National Land Survey of Iceland) [43, 45, 46, 61].

Выводы по первой главе:

Главными феноменами Исландии, широко распространёнными на острове, являются вулканы и ледники. Благодаря своему расположению вблизи побережья Западной Европы и обогревающему влиянию Атлантического океана, в отличии о многих арктических территорий, остров не находится в изоляции.

Глава 2. Геолого-географические объекты Исландии и их особенности

Было бы неверно не рассмотреть в работе основные понятия, важные для характеристики геоморфологии вулканических районов Исландии, а также материал, касающийся современных гидрологических объектов – ледниковых комплексов и созданных ими форм характерного рельефа, значимых для пешего горного туризма.

По этой причине в первую очередь кратко рассмотрим вопросы о продуктах вулканических извержений, формы застывания вытекающей лавы, морфологические разновидности поверхности базальтовых потоков, формы рельефа и формы микрорельефа лавового поля. Приемлемо привести необходимые материалы в виде таблицы 4-7, а также в виде списка определений форм горного рельефа с краткими пояснениями.

В рамках данной работы не рассматриваются обширные территории вулканических областей, сложенные затвердевшими отложениями рыхлых продуктов извержения.

2.1. Продукты вулканических извержений и формы вулканического рельефа

Продукты вулканического извержения различаются по агрегатному состоянию магматического вещества: вулканические газы, раскаленная жидкая лава и твёрдые изверженные массы. Картина извержения и соотношение различных продуктов вулканического извержения индивидуальна для каждого вулкана. Так, только при излиянии очень жидкой лавы может быть сравнительно спокойное выделение газов и формирование различных форм застывания.

Современный массив данных по вулканизму огромен, для оперативных задач доступна информация о 2000 вулканах мира. На многих из вулканов стоят дистанционные датчики слежения, передаётся состав вулканических газов,

происходит фиксация землетрясений, сопровождающих извержения, работают в автономном режиме инфракрасные камеры, фиксирующие температуру, передающие тепловую картину поверхности [1, 54].

В целом из огромного массива разнообразных данных по вулканизму, собранных несколькими поколениями исследователей, далее в работе приводится лишь малая часть материала, посвящённая формированию и морфологии поверхности лавового поля и ряду смежных тем. К большому сожалению, в многих современных изданиях данная необходимая информация встречается редко. В этом преимущество ранее изданных научных трудов, созданных на основе натурных наблюдений и части современных изданий, относящихся к категории путеводителей [13, 14, 15, 16, 28].

Формы застывания вытекших лав обусловлены растеканием текущих масс лавы, зависящим от: состава лавы, вязкости лавы, содержания газов, угла наклона склонов, скорости охлаждения лавового потока. Формы поверхности лавовых потоков изучены давно и описаны достаточно подробно, по этой причине ограничимся только перечислением основных групп.

Морфологические разновидности поверхности базальтовых потоков

1. Гладкая, волнистая ("блинная") или "пахозхоэ лава" (pahoehe lava) образуется тогда, когда лава горячая, относительно жидкая и уже сильно дегазированная. Разновидностью волнистой лавы являются: плоскоглыбовая лава или "лоскутная", "канатная лава", "кишечная лава".

2. Глыбовая, обломочная (или шлакоглыбовая) или "аа лава" (aa lava) образуется преимущественно из лавовых потоков средней вязкости.

В одном и том же лавовом потоке, более того в лавовых потоках одного цикла извержения вулкана не встречается рядом глыбовая лава и волнистая лава, но может быть рядом шлакоглыбовая лава и глыбовая или шлакоглыбовая и волнистая лавы [16].

Формы застывания лавы при подводных извержениях. При извержениях под водой, когда очень жидкие лавы мгновенно охлаждаются, образуются особые сфероидные и жильные формы характерные для подводных излияний:

1. Шаровые лавы, подушечные или "пиллоу-лавы" (pillow lava, ellipsoidal lava) - потоки её представляют отдельные или серию шаров (диаметром от 1-5 метров), поверхностный слой которых состоит из стекла, а центр из раскристаллизованной породы. Часто в отношении таких образований употребляют термин гиалокластиты (hyaloklastite);

2. Бескорневые потоковые жилы (stromgange), мощность которых может достигать 3-х метров, образованные не из магматического очага, а из самого лавового потока.

Таблица 4. Типы вулканической и поствулканической деятельности (по А. Ритману) [14].

		І. Диффузная длительная деятельность
		А. Термальная деятельность¹:
01.	1.	Термальные источники (кислые, минеральные источники, серные источники)
02.	2.	Деятельность гейзеров
		Б. Фумарольная деятельность
03.	1.	Мофеты (углекислота и водяной пар)
04.	2.	Паровые источники (насыщенный водяной пар)
05.	3.	Сольфатары (с сероводородом)
06.	4.	Горячие фумаролы (с серной кислотой)
07.	5.	Горячие фумаролы (с соляной кислотой)
		ІІ. Центральная длительная вулканическая деятельность:
		А. Эксгалятивная длительная деятельность²:
08.	1.	Спокойное выделение пара
09.	2.	Ритмичное выделение пара
		Б. Длительная деятельность с выбросами
10.	1.	Деятельность с выбросом шлаков
11.	2.	Деятельность с выбросом обрывков лавы (до лавовых фонтанов)
12.	3.	Деятельность лавового озера
		В. Эффузивная длительная деятельность (медленные извержения)
		Очень жидкая магма (базальты)
13.	1.	Медленные вершинные эффузии (терминальные)
14.	2.	Медленные эффузии на склонах (латеральные)
		Вязкая магма
15.	1.	Деятельность с образованием выжатых куполов (т.н. экструзии)
16.	2.	Деятельность с образованием выдавленных куполов (т.н. протрузии)
		ІІІ. Извержения центральных вулканов:
		А. Извержения при открытом кратере (финальные для длительной деятельности)
17.	1.	Извержения с выбросами (терминальные извержения с выбросами)
18.	2.	Смешанные вершинные извержения (терминальные извержения)
19.	3.	Смешанные извержения на склонах (латеральные извержения)
20.	4.	Эксцентрические извержения
		Б. Извержения при закупоренном кратере (начальные или первичные из-

		вержения)
		Очень жидкая магма (базальты)
21.	1.	Извержение шлаков и пепла (эксплозивные извержения)
22.	2.	Смешанные вершинные извержения (терминальные извержения)
23.	3.	Смешанные извержения на склонах (латеральные извержения)
24.	4.	Плинианские извержения (значительно дифференцированные магматические продукты)
		Вязкая магма
25.	1.	Извержения пемзы (сильно eksploзивные (или взрывные) извержения)
26.	2.	Извержения
27.	3.	Извержения глыб лавы (т.н. вулканские извержения)
		В. Первичные извержения (начальные прорывы, перфорации)
		Очень жидкая магма (базальты)
28.	1.	Извержение шлаков и пепла
29.	2.	Смешанные первичные извержения
		Вязкая магма
30.	1.	Прорывы пемзы
31.	2.	Смешанные прорывы пемзы
		VI. Трещинные (линейные) извержения:
		Очень жидкая магма (базальты)
32.	1.	Эффузивные трещинные извержения
33.	2.	Смешанные трещинные извержения
34.	3.	Эксплозивные (взрывные) трещинные извержения
		Вязкая магма
35.	1.	Трещинные извержения игнимбритов (риолиты и т.д)
36.	2.	Трещинные извержения пемзы (т.н. выжатые хребты)
		Фреатические извержения (т.н. не первичные или не прямые извержения) ³ .
37.	1.	Фреатические извержения из жерла
38.	2.	Фреатическое пробуривание (перфорация)
39.	3.	Бескорневые фреатические взрывы

*Таблица приводится полностью незначительными дополнениями и изменениями в оформлении.

Комментарии:

Оригинальное название - Феноменологическая систематика вулканической деятельности.

¹. Оптимальное использование термина "Гидротермальная деятельность"

². Выделение пара из открытого жерла сильно действующего вулкана отличается от выделения пара при сольфатарной и фумарольной деятельности. Эти явления различаются составом лавы, от количества водяного пара и ширины выходного отверстия действующего вулкана.

³. Фреатические извержения или взрывоподобные извержения не приводят к извержению жидкой лавы в какой либо форме. Они происходят при закрытом устье канала в потухших вулканах, извергается только газы или разрушенный материал древних горных пород, но не другие свежие магматические продукты. Среди газов всегда преобладает водяной пар.

В самом общем виде **вулканические формы рельефа и формы микро-рельефа лавового поля**, обусловленные течением лавы, следующие:

Вулканический конус (конуса) и кратер (или паразитные кратеры), лавовые магистрали, лавовые каналы и лавовые туннели, борта лавовых туннелей и

дополнительных лавовых потоков. На лавовом поле выделяют положительные специфические формы, образовавшиеся по мере остывания потоков лавы – пологие лавовые купола и лавовые холмы (плоскоглыбовые купола и хребты).

Среди мелких форм лавового плато выделяются: змееподобные структуры, лавовые "водопады", лавовые сталактиты и сталагмиты, отдельные гряды и волны, водовороты застывшей лавы, лавовые клинья (образовавшиеся в трещинах лавового поля), крупные лопнувшие лавовые пузыри, "караваи" и "пальцы". Обрушившиеся потолки или кровля лавовых туннелей, часто так называемые "слуховые окна", сделали сегодня возможным проникновение в лавовые пещеры, в прошлом лавовые туннели или неглубокие шахты, возникшие на месте подводных магматических каналов [13, 14, 15, 16].

Микроформы рельефа плато также связаны с образованием сварных шлаков; миниатюрные шлаковые покровы, созданные лавовыми фонтанами - капельные конусы (*tropfchenkegel*), "печки" или горнитос (*hornitos*, *purr-cone*, *dribblet cone*), расположенные над растрескавшимися лавовыми туннелями; отдельные округлые упавшие куски сварных шлаков, размерами от нескольких десятков сантиметров до 3-х метров, так называемый "коровий помёт" (*bouses de vache*) [15]. Из других твёрдых продуктов извержения интересны сохранившиеся крупные и морфологически выраженные вулканические бомбы (сферической, веретенообразной или иной яркой морфологии) [16, 36].

Формы микрорельефа лавового поля, созданного базальтовыми потоками, представляют несомненный интерес в качестве объектов изучения картины извержения и в качестве ярких объектов для тематической видео- и фотосъемки. Результаты подобного фотодокументирования форм вулканического рельефа известны и доступны для использования [28, 36, 55].

В зависимости от морфологических особенностей состава изверженной лавы, прошедшего с момента извержения времени, климатических условий, сохранности форм, доступности и режима охраны территории для исследователей и туристов такие объекты могут быть привлекательны.

Таблица 5. Систематика простых центральных вулканов (по А. Ритману) [14].

Качество магмы	Количество извергнутой вулканом магмы малое → большое				Род деятельности
<p>Очень горячая, очень жидкая, основная по составу магма</p> <p>↓</p> <p>Вязкая, относительно холодная, кислая по составу магма</p>	Отдельный лавовый поток	Вытекший купол на ровной местности	Щитовые вулканы		<p>Эффузивная</p> <p>↓</p> <p>Смешанная</p> <p>↓</p> <p>Взрывная</p>
			Исландский тип	Гавайский тип	
	Шлаковый конус с лавовым потоком	Стратовулканы: Преобладают лавовые потоки		С паразитными шлаковыми конусами и латеральными потоками	
	Конус из рыхлых продуктов с толстым лавовым потоком	Стратовулканы: Преобладает рыхлый материал		Конусы из рыхлого материала и латеральные лавовые потоки	
	Выжатый купол с валом из рыхлых продуктов, выдавленный купол	Выжатый купол с толстым потоком	Конус из рыхлого материала с выжатым куполом	Конусы из рыхлого материала, выжатые и выдавленные купола	
	Маар с тонким покровом рыхлых продуктов	Маар с кольцевым валом из рыхлых продуктов	Кратер с кольцевым валом и покровом рыхлого материала	Кальдера с покровом рыхлого материала	
Крайне вязкая магма с многочисленными кристаллами	Газовые маары (диатремы)	Взрывной кратер	Взрывная котловина	Вулканно-тектонические опускания	Взрывная Только газы

Таблица 6. Систематика линейных (трещинных) вулканов (по А. Ритману) [14].

Качество магмы	Количество извергнутой вулканом магмы малое → большое		Род деятельности
Очень горячая, очень жидкая, основная по составу магма	Лавовый поток по трещинам	Лавовый покров (базальт), подводящие трещины обычно затоплены	<p>Эффузивная</p> <p>↓</p>
	Лавовый поток со шлаковыми валами вдоль трещин	Лавовый покров (базальт), с рядами шлаковых конусов и шлаковых валов	
Горячая, умеренно жидкая, основная по составу магма	Валы из рыхлых продуктов с лавовыми потоками вдоль трещин	Стратовулканические хребты с рядами кратеров	Смешанная
Вязкая, менее горячая, средняя по составу магма	Выжатые хребты с валами рыхлых продуктов (пемзы)	Не известно	<p>↓</p> <p>Взрывная</p>
Крайне вязкая магма с многочисленными кристаллами	Взрывной грабен свалами рыхлых продуктов	Игнимбритовые покровы, часто с вулканно-тектоническими провальными бассейнами	

Таблица 7. Типы форм вулканов (по Д. Ротери) [15].

Тип вулканов ¹	Примеры - вулканы, их высоты и местонахождение
Слоистые конусные вулканы (стратовулканы)	вулк. Килиманджаро (Танзания, Африка), вулк. Таранаки [Эгмонт] (Новая Зеландия), вулк. Эребус (Антарктида)
Мигрирующие жерла и цепочечные вулканы, обрушившиеся вулканы	мигрирующий - вулк. Ласкар (Чили), обрушившиеся вулк. Сокомпа (Чили), Святой Елены (США), контуры вулк. о-ва Тенерифе (Канарские о-ва)
Кальдеры	Вулк. кальдера Кратер-Лейк (Орегон), вулк. кальдера Керро-Галан (Аргентина), о. Десепшн (Антарктида), Йелоустон (Вайоминг, США)
Щитовые вулканы	
Гигантские щитовые вулканы	вулк. Мауна-Кеа, Килауэа, Мауна-Лоа, Хуала-лаи, Кохала и вулк. Лоихи на глубине 980 м (Гавайские острова, США)
Щитовые вулканы промежуточного размера и базальтовые лавовые поля	вулк. Скальдбрейдур (Исландия), вулк. Харат-Рахат (С. Аравия), Эс-Сафа (Сирия), Харрас-Дамар (Йемен), вулк. Вапи (долина Снейк-Ривер, Айдахо, США)
Базальтовые траппы (или гигантские базальтовые лавовые поля)	Деканские траппы (северо-западная Индия)
Моногенные структуры (мелкие вулканы и вулканоподобные структуры, продукты однократных извержений и единичных эруптивных эпизодов);	
Шлаковые конусы	Шлаковые конусы вулк. Стромболи и Этна (Италия), Пуу-у-Хулухулу (Гавайи)
Туфовые кольца	Туфовое кольцо Даймонд-Хед (о. Оаху Гавайи)
Маары	оз. Лахер-Зее, Файнфелдер-маар, Меерфелдер-маар, Лаг Павин, Ульменер-маар, Зауветат-маар, Лимагн-маар, маар Св. Фронт (Германия, Франция)
Туфовые конусы	Туфовый конус вулк. Коко (о. Оаху, Гавайи)
Прибрежные конусы (литоральные)	Литоральные конусы на южном побережье о. Гавайи
Субгляциальные вулканы	вулк. Ватнайокуль, гора Хердубрейд (о. Исландия).
Подводные вулканы	Тихий океан: вулк. Каруа (архипелаг Вануату), подводная гора Моновой (о-ва Кермадек), туфовые вулк. конусы Метиз-Шоэл (о-ва Тонга)

* Таблица типов вулканов составлена преимущественно на основе морфологических признаков

Комментарии:

¹. Под отдельным вулканом, понимается "сочетание всех форм ландшафта, образованных в рамках одной системы подводящих каналов".

Разумеется в каждом вулканическом районе мира есть что-то уникальное. Вулканические районы мира представляют достаточное количество объектов для исследователей. Таких объектов, связанных с вулканами, в Исландии достаточно много, приведём примеры 2-х выдающихся, популярных у туристов.

Объектами изучения вулканоспелеологии являются особенности широко распространённых в мире вулканических туннели, полости и минералы пещер. Исландия в этом отношении не исключение. Благодаря работе специалистов, данные объекты картированы, изучены и открыты для туристов [44].

Крупный, 4-ый по протяжённости в Исландии вулканический туннель – Рауфрхолшеллир (Raufarhólshellir Lava Tube Cave, 63.939722; -21.400833). Эта серия лавовых туннелей появилась около 5000 лет назад при извержении вулкана Лейтахрёйн (Leitahraun), в результате которого также сформировалось крупное лавовое поле (Leitahraun Lava Field). Длина туннеля составляет 1360 метров, площадь составляет около 900 м³. На стенах, потолке туннеля застыли лавовые сталактиты и сталагмиты, отдельные гряды и волны, водовороты застывшей лавы. Внутри него также находится лёд. Другой крупный туннель района – пещера Бури (Búri Cave).

Геологический феномен Исландии и один из самых популярных маршрутов связан с вулканом Трихнукагигур (Thrihnukagigur, 63.998500°; -21.699000°). Этот бездействующий вулкан, расположенный приблизительно в 30-ти км от Рейкьявика, столицы Исландии в Национальном парке Блафёль (Bláfjöll). Высота главного конуса 35 метров. Последнее извержение вулкана происходило более 4000 лет назад. Уникальность геологического объекта в том, что внутрь магматической камеры вулкана можно попасть и визуально оценить размеры вулканической постройки, скрытые и невидимые с поверхности земли.

Вулкан был исследован в 1974 году спелеологом Анри Б. Стефанссоном (Árni B. Stefánsson's) и открыт для посещения туристов в 2012 году. Стандартный тур "в сердце вулкана," предлагаемый туристам, начинается у подножия горного хребта Блафёль, где заканчиваются автомобильные дороги. Туристам сначала предстоит преодолеть маршрут чуть более 3-х км по лавовым полям,

для достижения кратера вулкана. Спуск в кратер на специальном подъемнике, на глубину 198 метров и занимает около 6-ти минут. Масштаб магматической камеры вулкана велик. Высокие температуры извержения и большое давление придали стенкам кратера причудливую яркую окраску, связанную с характерным минералообразованием. На рисунках 8-12 приводятся снимки уникального туристического путешествия – тура "к центру земли" [49]. В Приложениях также данный объект рассматривается чуть подробнее.

Количество выдающихся объектов на любой территории находится в прямой зависимости от степени её изученности. Новые технические возможности, которые представились исследователям вулканов, определяют большее количество объектов и другое качество изучения, которое было невозможно ранее. Успехи в изучении минералов образующихся в подобных вулканических пещерах приводят к открытию новых минеральных видов.



Рисунок 7. Выдающийся исследователь, первооткрыватель нескольких вулканических пещер, в том числе геологического феномена магматической камеры вулкана Трихнукагигур (Thrihnukagigur) – Анри Б. Стефанссон (Árni B. Stefánsson) [56, 73].



Рисунок 8. Формы вулканического рельефа Исландии. Вверху – "мостовая гигантов" шестигранные базальтовые колонны на побережье острова, образующиеся при медленном остывании закрытого потока лавы. Внизу – формы рельефа лавового поля [49, 76].



Рисунок 9. Формы вулканического рельефа Исландии. Вверху – поствулканические явления гейзеры и фумаролы на южном побережье острова. Внизу – кратерное озеро, образовавшееся в жерле потухшего вулкана [36, 72].

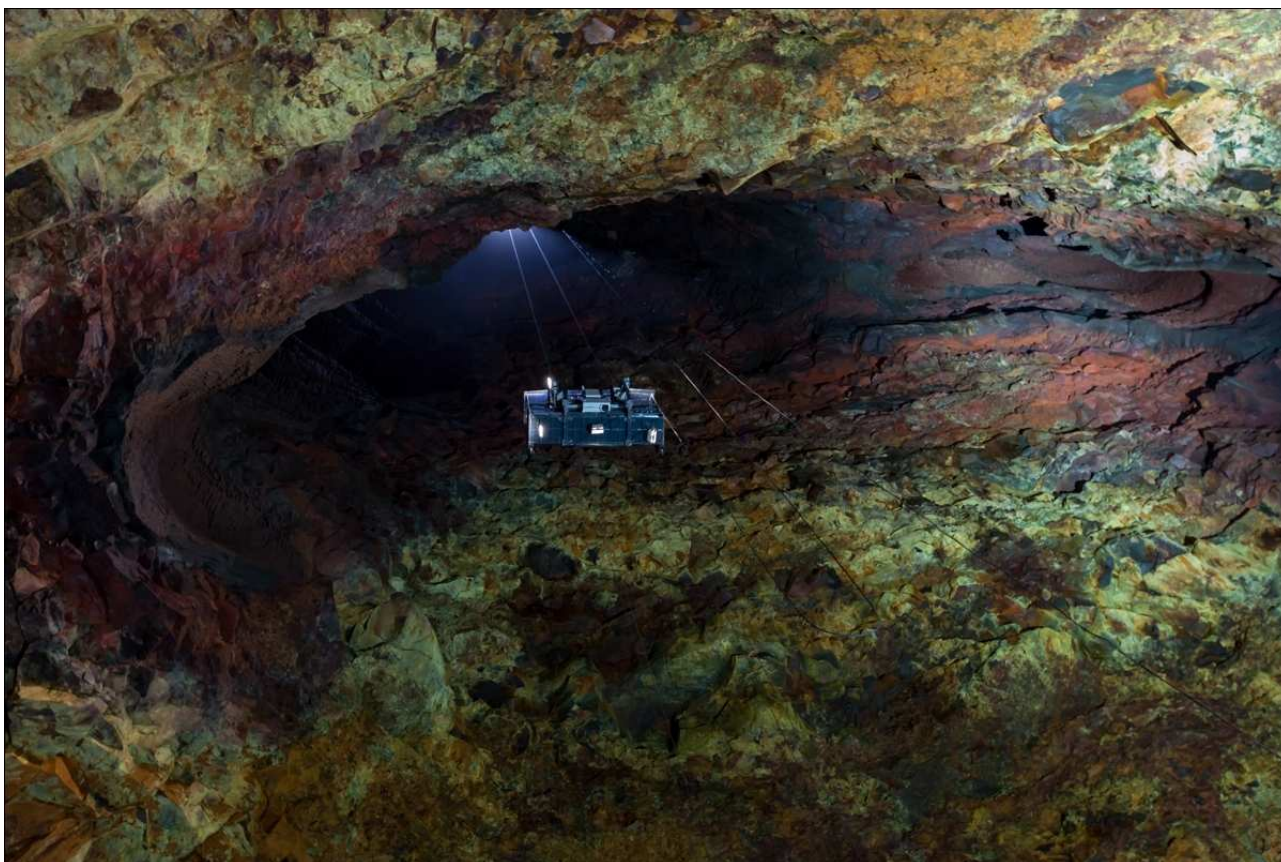


Рисунок 10. Геологический феномены Исландии – "открытый" лавовый туннель и вулкан Трихнукагигур (Thrihnukagigur). Спуск туристов на специальном подъёмнике внутрь магматической камеры, на глубину 198 метров [49, 76].



Рисунок 11. Геологический феномен Исландии — вулкан Трихнукагигур (Thrihnukagigur). Причудливая окраска стен и потолка магматической камеры [49, 76].

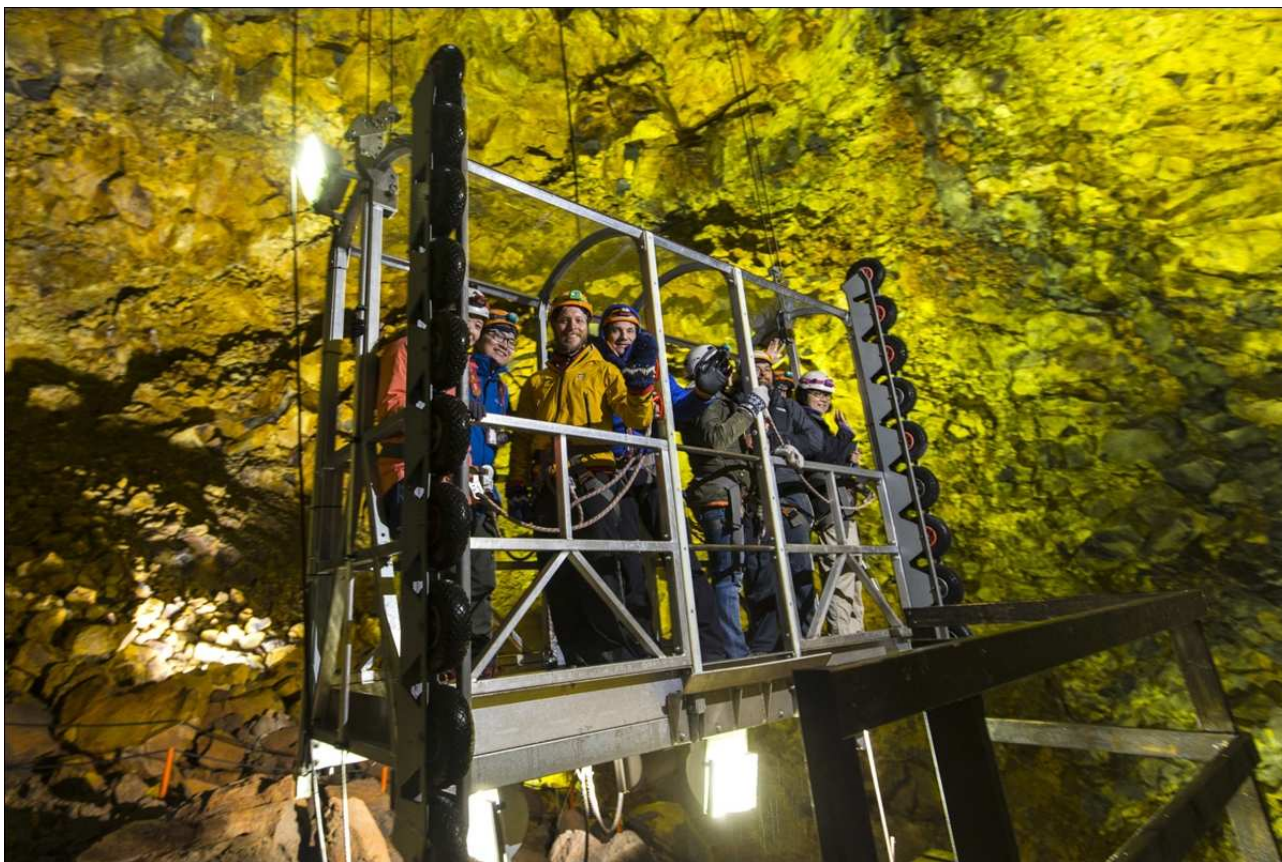
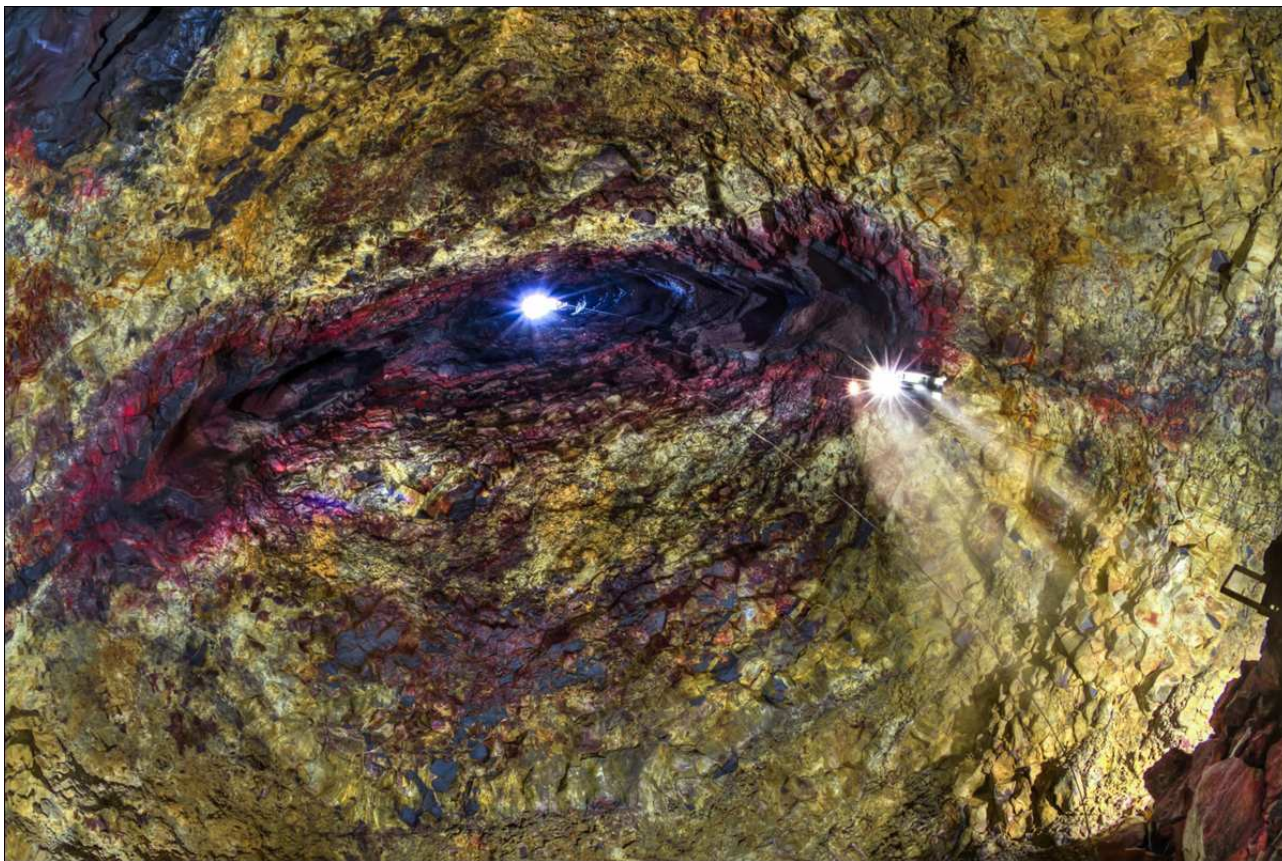


Рисунок 12. Геологический феномен Исландии — вулкан Трихнукагигур (Thrihnukagigur). Специальный подъемник для спуска и подъема туристов [56, 75].

2.2. Формы ледникового и водно-ледникового рельефа

Второй группой объектов, воспринимаемых туристами "с уровня земли", будут **ледники и созданные ими формы рельефа**. Если не рассматривать крупные формы горно-ледникового рельефа горных стран, хорошо просматривающиеся при анализе земной поверхности сверху (данных ДЗЗ, аэрофотоснимков, и данных БЛА), объектами нашего краткого обзора будут формы ледниковой аккумуляции и, в большой степени, рельеф ледниковой поверхности или мезорельеф, и микрорельеф поверхности ледников.

Формы рельефа ледниковой поверхности зависят от множества факторов: широты, высоты, наличия или дефицита осадков, режима их выпадения. Высотное положение и рельеф ледниковой поверхности определяются рельефом ледникового ложа и комплексом количественных показателей аккумуляции, льдообразования и абляции с учетом высотной зональности и местных климатических условий. В упрощённом виде набор форм поверхности можно свести к 2-м группам: фирновая зона (зона накопления атмосферных осадков) и зона таяния (абляции) [3, 4, 7, 17, 23].

В результате неравномерного накопления твердых атмосферных осадков в фирновых областях, а также его последующего переотложения, создаются различные формы аккумулятивно-дефляционного рельефа – **снежные барханы**, гряды, заструги, наиболее ярко выраженные на крупных ледниковых покровах. На горных ледниках они редки, но обычны **снежные карнизы** – у гребней подветренных склонов, и конусы лавинного снега у подножий склонов.

Избирательному таянию в областях абляции ледников обязаны своим образованием многие формы рельефа ледниковой поверхности. Всюду, где лед прикрыт достаточно толстым слоем морены, защищающим его от таяния, образуются положительные формы рельефа, возвышающиеся над обнаженной поверхностью льда и наоборот, там где загрязнение льда умеренное, оно увеличивает поглощение солнечных лучей и на этих участках лед тает более интенсивно, чем чистый – создаются отрицательные формы рельефа. Различная плотность льда также приводит к избирательному таянию.

В результате проникновения в лед солнечных лучей в ясные дни поверхность ледника до глубины 5-10 см превращается в рыхлую, пронизанную порадами **кору таяния**, которая обычно исчезает (маскируется) после выпадения твёрдых осадков.

Рельеф поверхности ледников в зонах абляции усложняется в большой степени эрозионными формами, обязанными своим происхождением потокам талых вод.

Самыми крупными формами, бронированными от таяния мореной, являются - **гряды краевых и срединных морен**, достигающих в высоту несколько десятков метров и протягивающихся на многие километры. На концах ледниковых языков, где моренные гряды сливаются в сплошной моренный покров, рельеф поверхности представляет собой беспорядочное нагромождение моренных холмов с ледяными ядрами, разделенными термокарстовыми западинами (котловинами), часто с озерами или ложбинами стока талых вод.

Ложбины стока талых вод связаны с действием потоков, вырвавшихся из-под льда и поверхностных вод, обтекавших край ледника. Ложбины характеризуются при значительной глубине (первые десятки метров) небольшой протяженностью (несколько десятков километров) и малой шириной. В районах древних оледенений по ним текут реки.

1. Формы ледниковой аккумуляции (или ледниковые и водно-ледниковые отложения).

Аккумулятивные послеледниковые озера (ледоемы) возникали при преграждении долины и других понижений моренными волами.

Аккумулятивные озерные равнины сложены материалом, вынесенным из краевой части ледников.

Гряды конечных морен – слабоизогнутые возвышенности, которые повторяют в своих очертаниях форму края ледникового потока, ледниковой лопасти или отдельных ледников. Ориентированы перпендикулярно к направлению движения потоков льда, количество гряд соответствует наиболее длительным стационарным положениям края ледника в процессе его отступления.

Друмлины – удлиненные в плане холмы обтекаемой эллиптической формы, расположенные группами перед внутренним краем гряд конечных морен. Вытянуты в направлении движения древних ледников, причем пологие сглаженные склоны обращены к леднику. У ледниковых языков встречается веерообразное расположение друмлинных гряд. Происхождение друмлинов связывают с процессами подледной аккумуляции и ледниковой эрозии, идущими в условиях их неустойчивого равновесия. Длина от нескольких сотен метров до 2-3 км, ширина 100-200 метров (до 700 м), высота от нескольких метров до нескольких десятков метров. Иногда образуют друмлинные поля.

Зандровые равнины (зандры, зандровые поля, флювиогляциальные равнины) – равнинные поверхности близ окраин древних и современных ледников, сложенные перемытым и переотложенным талыми водными потоками материалом морены. Для них характерны сложные системы каналов и резкие сезонные колебания воды в водотоках. В долинах горных ледниковых рек иногда образуются зандровые террасы.

Камы – крутосклонные холмы и короткие гряды в областях древних оледенений, сложенные в основном песчаным и гравийно-галечниковым материалом с горизонтальной и косой слоистостью. Слоистые камовые осадки накапливаются в понижениях между ледяными глыбами, куда стекает пересортированный материал с остаточных ледниковых массивов. Камы образуются также путем слияния водно-ледниковых дельтовых конусов или просадки материала, отложившегося на поверхности мертвого льда.

Камовые террасы – крупные камы, прислоняющиеся к коренным склонам долин и имеющие плоские поверхности.

Мореной называют не только перемещаемый и отлагаемый ледником материал, но и формы рельефа, сложенные этим материалом. Можно выделить следующие варианты применения этого термина. Переносимые ледником на своей поверхности и внутри их толщи массы обломков горных пород называют поверхностными, внутренними и придонными моренами.



Рисунок 13. Причудливая зеленая окраска миниатюрных айсбергов Исландии связана с фирновым льдом [49, 76].



Рисунок 14. Причудливая зеленая окраска миниатюрных айсбергов Исландии связана с фирновым льдом, образовавшимся на суше [49, 76].



Рисунок 15. Характерный вид внутреннего строения зоны таяния ледникового языка, борта ледникового туннеля. Видны отдельные вкрапления фирнового льда [49, 76].

На рисунках 13-15 приводятся особенности внешнего вида льда ледникового происхождения. На побережье и на склонах Исландии цвет льда удивляет туристов. Фирновый лёд, образованный в условиях высокого давления в ледниках, имеет другие физические свойства – вес, плотность и цвет.

Морфологические элементы ледников в виде гряд мореносодержащего льда ("мёртвый лёд"), покрытых чехлом обломочного материала, получили название боковых, срединных и фронтальных морен. Перенесенный и отложенный ледниками материал образует основные (донные), абляционные и конечные морены. После отступления ледников остаются холмы и гряды отложенных морен.

Озы – линейно вытянутые гряды, сложенные песками, гравием и галькой, расположенные обычно на днищах котловин и долин: их образование связано с

заполнением внутриледниковых туннелей и трещин продуктами перемыва морены.

Эрратические валуны – отдельные крупные глыбы и камни, какой-либо характерной горной породы, перенесенные древним ледником на значительные расстояния и состоящие из пород, отсутствующих в местах их современного нахождения.

Эскеры – собирательное название аккумулятивных форм рельефа водно-ледникового происхождения, образованных в местах деградации "мертвого льда", - озы, камы, камовые или дельтово-ледниковые террасы. Им свойственно двучленное строение: внизу обычно залегают горизонтальные и наклонные слои песка, ленточные глины и галька, а сверху - абляционная морена и валунно-галечные отложения.

Формы рельефа ледниковой поверхности (или мезорельеф и микро-рельеф поверхности ледников).

Ледниковый грот (ледниковый туннель), полость у нижнего конца ледника, из которой вытекают в виде ручья талые подледниковые воды.

"Ледниковое молоко", мутно-белая от взвешенных наносов вода бурных подледниковых потоков, вырывающихся из так называемых "ледниковых ворот" (грота или туннеля в основании нижнего конца ледника).

Ледопад / ледолом – участок ледника, разбитый глубокими трещинами на отдельные глыбы различных форм и размеров. Образуется в местах крутого перегиба продольного профиля ложа ледника, там где увеличивается скорость движения льда, вызывающая расколы – там, где ледник с суши переходит на воду или в ложе ледника имеется порог (уступ) из твердых пород.

Ледовые трещины - вертикальные или круто наклоненные разломы в ледниках, вызванные растягивающими напряжениями льда в процессе его движения. Различают поперечные, продольные, диагональные, боковые, подгорные.

Поперечные трещины – образуются в областях интенсивной аккумуляции снега и в языках наступающих ледников.

Продольные трещины – образуются в местах, где ледник из узкого участка переходит в расширенный, и в его теле возникают растягивающие напряжения, направленные параллельно движению или радиально.

Диагональные – возникают из-за различия скоростей движения льда в осевой и боковых частях ледника, вызываемого трением льда о склоны долины или нунатаки.

Боковые трещины – образуются по сторонам ледового потока.

Подгорные трещины (или бергшрунд) – образуются на границе неподвижной примерзшей к скале части фирна и подвижной текущей к пониженной части фирнового бассейна ледника, обозначает область питания ледника.

Огивы – широкие полосы льда светлого и темного цвета, которые протягиваются поперек ледниковых языков, образуя ряды дуг, обращенных выпуклостями в направлении движения льда. Возникают обычно ниже ледопадов. Встречаются волновые огивы в виде валообразных возвышенностей поперек ледника, разделенных прогибами.

Ледниковый купол. Данный термин имеет два современных значения:

1. Тип сложного горного ледника, занимающего водораздельное пространство, по периферии которого лед стекает в долину и образует долинные ледники;
2. Относительно небольшой ледниковый покров правильной куполообразной формы, имеющей крутые склоны благодаря малым горизонтальным размерам.

Ледниковая мельница – глубокий спиральный колодец в зоне таяния ледника, выработанный в стене ледниковой трещины при попадании в нее воды из наледникового ручья вместе с обломками горных пород. Образуется из ледникового колодца при вращательном движении воды. Диаметр ледниковой мельницы обычно 1-2 м, реже до 6 м. В том случае, если углубления в теле ледника доходят до скалистого ложа, в нём также могут возникнуть эрозионные полусферические углубления "исполиновы котлы".

"Ледниковые стаканы" – вертикальные углубления разной формы на ледниках глубиной от нескольких сантиметров до десятков сантиметров; летом обычно заполнены водой. Образуются при погружении в толщу льда прогретых солнцем обломков горных пород темного цвета, которые плавят под собой лед. Находясь на небольших расстояниях друг от друга, образуются ледниковые со-ты. В зависимости от размера и конфигурации отрицательных форм рельефа выделяют ледниковые ложбины и "ледниковые ванны".

Ледниковые ручьи / каналы – возникают в период абляции на поверхности ледника в виде мелких ручьев или узких каналов глубиной до нескольких метров. Вода из ручьев и каналов уходит вглубь ледника и по подледным туннелям выходит из-под конца ледника, где у конечных морен возникают подпрудные ледниковые озера.

"Ледяные столы" / "Ледниковые грибы" – крупные каменные глыбы на языке ледника, покоящиеся на сравнительно тонких ледяных колоннах высотой 1-1,5 м. Возникают в результате стаивания окружающего льда и сохранения ледяного участка, предохраняемого камнем от воздействия солнечных лучей. В последующем ножка подтаивает и камень сваливается, затем процесс повторяется, и камень перемещается по поверхности ледника.

Морена / Моренный материал – переносимая и отлагаемая ледником масса попавшего в ледник минерального материала от крупных глыб и их обломков и мелкой пыли.

"Муравьиные кучи" – бесформенные нагромождения моренного материала, возвышающиеся над поверхностью ледника. Достигают высотой 1-1,5 м, редко 15-25 м. Образуются в результате более быстрого стаивания чистого льда по сравнению с участком, покрытым мореной, защищающей лед от таяния.

Серраки – ледяные зубцы, башни и пики на поверхности ледников. Образуются при обрушивании и неравномерном таянии ледяных перегородок между поперечными трещинами в области ледопадов, краевых частях ледников, в районах крутых поворотов ледникового потока.

Ледниковые формы рельефа и микрорельеф поверхности ледников, представляют интерес в качестве объектов изучения взаимодействия снега, льда, горных пород и солнца. Важна работа ледника и талых вод по преобразованию поверхности. Это традиционные объекты тематической видео- и фотосъемки специалистов (гляциологов, геологов, геоморфологов), альпинистов и горных туристов. В зависимости от многих причин морфология ледниковых форм различается. Иллюстративных материалов посвящённых ледниковым комплексам и сопутствующим им формам рельефа достаточно много. Систематические данные о морфологии и динамике, детальный обзор реперных ледников мира, спутниковые снимки и тематические иллюстрации доступны для использования в научных и образовательных целях [23, 36, 70].



Рисунок 16. Самый мощный водопад Европы – Деттифосс (Dettifoss), расположен на территории парка Йёкульсаурглjóувур (Jökulsárgljúfur), на севере страны, на р. Йёкульсау-ау-Фьётлюм (Jökulsá á Fjöllum). Один из наиболее ярких туристических объектов парка и гордость Исландии [49, 76].

В Исландии нет высоких и протяжённых горных сооружений, подобных Европейским Альпам или горным системам Кавказа. Высотные отметки горных

сооружений острова также невелики. Среди горных стран мира встречаются и более выдающиеся объекты с точки зрения современного вулканизма и современного оледенения. Но, в сравнении с другими территориями данная островная территория обладает совершенно уникальным сочетанием: относительно малых абсолютных высот поверхности, большого количества разных вулканических построек, крупных центров мощного оледенения и отсутствием маскирующей рельеф растительности. Важной определяющей является транспортная доступность острова в целом, малые размеры островной территории, размеры, распределение и регламентированный режим посещения геологических и гидрологических природных объектов.

Выводы по 2-й главе:

Таким образом, содержание подраздела служит обоснованием 1-го защищаемого положения.

Изученность и постоянный мониторинг состояния данных природных объектов делает возможным их использование в туристкой деятельности. Они являются основными объектами тематических, преимущественно пеших туров. Вулканические ландшафты и формы обязанные своим происхождением современному оледенению представляют уникальную возможность для интересующихся науками о Земле.

Глава 3. Особенности горного туризма в Исландии

3.1. Формы активного туризма и природные объекты

Исландия страна с выдающимися объектами неживой природы и экстремальными природными условиями. Большинство туристов прибывает именно с целью прохождения маршрута являющегося, посильным для них. На большинстве природных объектов, вовлечённых в сферу местной экономической деятельности, уровень сервиса минимален. Но, как и во многих местах, специальных ограничений на стоимость отдыха не существует. Так достаточно популярными являются вертолётные экскурсии к вулканическим объектам или ледниковым комплексам.

Если рассматривать классификацию активных видов деятельности в горах, изложенную в Тирольской декларации, Горном кодексе или классификацию, предлагаемую интернациональными спортивными организациями, то надо отметить, что не все направления отдыха здесь реализуемы. По мнению экспертов Федерации альпинизма России (ФАР), спортивными дисциплинами являются: альпинизм, ледолазание, фрирайд, ски-альпинизм и скайраннинг. Остальные виды активной деятельности, реализуемые в горах, относятся к большой категории горный туризм. За рубежом активная деятельность, связанная с пребыванием в горных условиях, понимается более широко [18, 37, 58]. В качестве примера "выпадающих" направлений в Исландии можно привести высотный альпинизм, отдельные виды скалолазания [58].

Вместе с тем, разнообразное коммерческое предложение возникает от двух рассмотренных групп географических объектов (вулканы и ледники) и от режима доступа к ним туристов. На многих природных объектах самостоятельный туризм просто невозможен. Ледолазание на естественном льду, велосипедные и пешие прогулки, бег в условиях низкогорья и малых уклонов, протяжённые и разные по степени сложности трекинговые маршруты в границах выделенных зон распространены и популярны.

Анализируя предложения туристических фирм, предлагающих активный отдых в Исландии, можно выделить наиболее популярные туры: пешие туры разной продолжительности и разных категории сложности (Hiking Tours), пешие прогулки по ледникам (Glacier Hiking), маршруты связанные со спуском и передвижением в ледниковом туннеле (Ice Caving), маршруты связанные со спуском и передвижением в лавовых пещерах (Caving Tours), маршруты связанные с передвижением по снежной поверхности с помощью специальных технических средств, (Snowmobile tours), специальные автомобильные туры по бездорожью (Super Jeep Tours).

Отдельным предложением выделяется активный отдых на воде и туры, предназначенные для водного туризма: речной сплав на рафте (River Rafting), на каяках (Kayaking), на других плавательных средствах (Jet Boat Tours, Boat Tours), погружения (Diving) [50].

Популярны в Исландии разные формы активного зимнего отдыха. Горнолыжный туризм представлен курортами, находящимися на всей территории страны. В западной Исландии имеется два лыжных склона недалеко от Рейкьявика: горнолыжный курорт Блафёль (Bláfjöll), самый крупный и посещаемый в Исландии, горнолыжный курорт Скалафель (Skálafell).

В регионе Вестфьордс рядом с Исафьордюр находится курорт Далирнир. На востоке два варианта на выбор – Стафдалюр (Stafdalur) и Оддсскард (Oddsskarð).

В дальних северо-западных регионах возле Сёйдауркроукюра находится лыжная база Тиндастоль (Tindastóll). На северо-востоке страны - расположенный на самой большой высоте горнолыжный курорт – Хлидарфьялль (Hlíðarfjall). Кроме того, здесь есть подготовленные трассы для катания на беговых лыжах, пункт проката лыж и лыжная школа и другие объекты инфраструктуры.

Для авантюрного катания, когда лыжника забрасывают на горный склон для спуска на вертолете, представляются туры на полуострове Трёдласкаги (в северо-восточной части страны).

Разумеется, активный зимний отдых шире и включает пешие зимние маршруты, туры на снегоступах, или сезонные уже упомянутые ранее маршруты, связанные со спуском и передвижением в ледниковом туннеле (Ice Caving). В целях безопасности данные туры во всех горных странах мира проводятся только зимой, в тот период, когда положение ледника стационарно, то есть он не тает.

В особую группу возможно отнести тематически туры для туристов с более низкой активностью, это будут специальные программы, посвящённые наблюдению за полярными сияниями, а также за морскими животными – китами, ластоногими или птицами.



Рисунок 17. На снимке одна из многочисленных потухших вулканических построек Исландии. Хорошо видны фрагменты вулканического конуса и специально подготовленная для пешего туризма тропа [49, 76].

Таким образом, важная составляющая некоторых туров на ледниковые объекты в Исландию это зависимость от сезона. Вместе с тем, туры, связанные

с посещением вулканических построек, ограничены только более динамичными в зимний период метеоусловиями и продолжительностью светового дня.



Рисунок 18. На снимке туристическая группа на маршруте к вулкану Трихнукагигур (Thrihnukagigur). Хорошо видны маркированные границы пешей тропы [49, 76].

Рассматривая современный развивающийся активный туризм в Исландии, можно предложить выделять два главных направления: объектный (тематический) и сезонный горный туризм. Говоря о последнем, мы имеем ввиду спортивную дисциплину, состоящую из ряда состязаний. Разумеется, за рамками рассмотрения останутся многие другие виды времяпрепровождения.

3.2. Природные объекты их научное и образовательное значение

Природоохранная политика Исландии находится в соответствии с жесткими нормами Европейского Союза. Размеры страны, изученность, законодательство, государственный и муниципальный бюджет, наличие инфраструктуры позволяет ввести её крайне жёстко и эффективно.

Значение геолого-географических объектов, составляющих основу всего туристического бизнеса Исландии, ячеее всего проявляется в создании геопарков, как высшей формы охраны объектов неживой природы. По созданию, особенностям и критериям объектов, составляющих геопарк, имеющим местный, национальный или глобальный уровень значимости, написано достаточно много работ в странах Европейского союза. Классификация, принятая в Германии (Bayerisches Landesamt für Umwelt, LfU) для горных территорий Западной Европы, включает два базовых понятия: геотоп (geotope или часто geosite) как элементарное звено и соответственно геопарк (Geoparks или National Geoparks) как высшее. На глобальном уровне формируется сеть геопарков (UNESCO Geoparks Network) [20, 52, 65]. Опыт выделения уникальных участков и разных категорий географических объектов есть и в нашей стране.

Среди выдающихся по значимости объектов в Исландии выделяется Глобальный геопарк ЮНЕСКО Катла (Katla Global UNESCO Geopark), находящийся на юге острова. Он включает **5 вулканических систем с наиболее известными вулканическими постройками и 3-мя ледниками**: комплекс Katla (вместе с вулканом Eldgjá и ледниковым комплексом Mýrdalsjökull), комплекс Eyjafjöll (вместе с плейстоценовыми кратерами Fimmvörðuháls, Eyjafjallajökull и ледниковыми комплексами Eyjafjallajökull (самым "свежим" вулканическим образованием, извергавшимся в 2010 году), Gígjökull, Steinhóltsjökull), комплекс Tindfjöll (с огромной кальдерой потухшего вулкана 7,5 км в диаметре, не извергавшимся в историческое время и небольшими ледниками Tindfjallajökull), субгляциальный комплекс Grímsvötn (вместе с вулканом Lakagígar и ледниковым щитом Vatnajökull). К последнему генетически относится потухший "исторический" вулкан Lakí вместе с ледниками Síðujökull и с созданными в результате катастрофического извержения 1783-1784 годов вулканическими ландшафтами. Кроме основных он включает также вулканические комплексы, расположенные в непосредственной близости к парку: Veidivötn, Torfajökull, Vestmannaeyjar [21, 60].

Приведём далее отдельные материалы проекта обоснования научной значимости выделения геологических объектов на территории парка. Так как данные понятия классификации объектов в рамках настоящей работы важны, в скобках приведём оригинальные наименования.



Рисунок 19. На снимке одна из многочисленных автономных туристических баз Исландии. Хорошо видны газовые топливные баллоны, оборудованные тропы, специально подготовленные места для проживания в палатках. [49, 76].

На территории парка находятся под охраной 3 категории объектов: геологические объекты или достопримечательности (G - geological sites or geosites, geotops), природные участки или участки с характерными чертами флоры и фауны типичные ландшафты (N - natural sites, representing the richness of living nature (fauna, flora) or uniqueness of the landscape); археологические и историко-культурные объекты (C - cultural - historical sites, places with archaeological, historical and cultural value).

В парке в соответствии с требованиями ЮНЕКСКО выделяются четыре категории объектов по значению: участки, закрытые для посещения (1-sites with-

out access), участки, разрешённые для посещения только в составе платных групп, имеющие важное значение для науки (2-scientific sites) и образования (3-educational sites) и места, свободные для посещения туристами (4-tourist sites).

В сумме по данному проекту геологических участков, находящихся под охраной 59 (!), не геологических участков, в том числе историко-культурных объектов 22 [21, 60]. Каждый природный участок, приведённый в каталоге, имеет стандартизированное описание и оценивается по следующим позициям: номер, координаты, тип, категория выделяемого объекта, охрана, значение (научное, образовательное, участок привлекательный и разрешённый для туристов), год выделения и комментарии. Разумеется научные коллективы страны и мира написали множество работ, посвящённых данным выделяемым участкам и географическим объектам.

Кроме упомянутых ранее основных вулканических построек, некоторых туристов привлекают участки, также имеющие научное и образовательное значение, но куда менее зрелищные и известны. Среди них выделяются **участки древней земной коры** (oldest bedrock) возрастом около 2,5 млн. лет, плотины, перегородившие речные русла и образовавшие **моренные озера** (Ice-dammed lakes and Glacier Rivers). Большинство из них имеют отношение к рассмотренным в первой главе катастрофическим сбросам воды – йёкудльлаупам. Также в геопарке выделяются участки, образование которых связано с активной вулканической деятельностью **подводных извержений** и мгновенного охлаждения лавовых потоков. Объектами интереса служат, таким образом, гиалокластиты (Hyaloclastite ridges, hyaloklastite site). Интересными являются более 30-ти участков с гиалокластитам, образовавшимися при подводных извержений (Fossiliferous xenoliths), перекрытые ледниковыми отложениями и **содержащие руководящую фауну** (или ископаемых морских плейстоценовых организмов возрастом около 3 млн. лет (Plio-Pleistocen).

Декоративным элементом рельефа любого лавового поля являются **псевдократеры** (pseudocraters), а важнейшим участками для изучения и изотопного определения возраста извержений являются естественные обнажения или в геологии часто употребляется термин **разрезы** (Individual tephra layers, for

логии часто употребляется термин **разрезы** (Individual tephra layers, for Tephrochronology). Такие участки, встречающиеся на территории парка, содержат информацию о 200 извержения вулканов Исландии за 11 столетий.

Приведённый материал, разумеется, даёт лишь краткое представление о геолого-географических объектах Глобального геопарка Катла, их разнообразии, особенностях и ограничениях для свободного передвижения туристов. В Приложениях приводятся две справочные карты размещения геологических участков и историко-культурных объектов на территории Глобального геопарка ЮНЕСКО Катла (Katla Global UNESCO Geopark) [60].

Выводы по 3-ей главе:

Таким образом, содержание подраздела служит обоснованием 2-го и 3-го защищаемого положения.

Спецификой туристкой деятельности являются тематические туры, ориентированные на максимально эффективное использование потенциала природных объектов. Большинство маршрутов предполагает активную деятельность в горных условиях и изучение особенностей геологической истории.

Заключение

В работе приводится краткий географический обзор природы острова, приводятся общие сведения, касающиеся геологических и гидрологических объектов, справочные данные о природе Исландии, приводятся краткие материалы о вулканических формах рельефа и ледниковых и водно-ледниковых формах рельефа, значимых для тематического пешего туризма, приводятся примеры известных геологических объектов, результаты научных работ по их исследованию.

Кратко рассматриваются современные формы активного туризма, на примере выделения геолого-географических объектов Глобального геопарка ЮНЕСКО Катла, приводятся сведения об особенностях изучения, охраны, организации туристической и просветительской деятельности.

Основой для развития горного туризма в Республике Исландия являются: малые размеры территории острова, большое число и уникальное сочетание геолого-географических объектов.

Геолого-географические объекты (вулканы и ледниковые комплексы) определяют формы современного горного туризма. Распространенной формой является пешие тематические туры.

Экстремальные природные условия Исландии не являются преградой для развития туристической деятельности при наличии развитой инфраструктуры. Большое значение для развития туристической отрасли имеют также территориальное планирование, особенности законодательства.

При подготовке выпускной квалификационной работы использовались самые разнообразные материалы: учебные пособия, научные работы, картографические материалы, тематические иллюстративные материалы, а также другие доступные данные. Часть использованных автором информационных ресурсов опубликована на английском языке.

При составлении справочных карт использовались возможности ГИС. В работе представлены разные варианты оформления картографических изображений.

В качестве источников геологической информации о Исландии были использованы данные глобальных информационных порталов, региональные и национальные базы данных.

В качестве источников иллюстративной информации были использованы картографические материалы, спутниковые снимки, тематические фотографии, показывающие объекты горного туризма и другие материалы.

В ходе исследования применялись методы: описательный, исторический, сравнительно-географический, картографический, геоинформационный и статистический.

На основе материала, посвящённого рассмотрению природных объектов и анализу туристической деятельности в Исландии, могут быть предложены подходы к изучению геологической истории Земли, геоморфологии вулканических областей и минералогии. Результаты настоящей работы также могут быть востребованы для образовательных целей, популяризации содержания учебных дисциплин и для развития тематического туризма.

Литература

- [1] Апродов В.А. Вулканы / В.А. Апродов // – М.: Мысль, – 1982, – 367 с.: ил., схем., граф. – (Природа мира).
- [2] Апродов В.А. Зоны землетрясений / В.А. Апродов // – М.: Мысль, – 2000. – 461, ил., карт., схем. – (Природа мира).
- [3] Войтковский К.Ф. Основы гляциологии. Науч. издание. - М.: "Наука". 1999. - 225с.
- [4] Географический энциклопедический словарь. Понятия и термины / Гл. редактор: А.Ф. Трёшников // – М.: Советская энциклопедия. – 1988. – 432 с. ил.
- [5] Гвоздецкий Н.А. Горы / Н.А. Гвоздецкий, Ю.Н. Голубчиков – М.: Мысль, – 1987, – 399 с.: ил., схем., граф. – (Природа мира).
- [6] Долгушин, Л.Д. Современное наземное оледенение // Мат. гляциол. исс-й, – М.: Ин-т географии РАН, – 2000, – вып. 88. – С. 158-208.
- [7] Долгушин Л.Д. Ледники монография / Л.Д. Долгушин, Г.В. Осипова. – М.: Мысль. – 1989. – 447 с.: ил., табл., схем. – (Природа мира).
- [8] Исаченко А.Г. Ландшафты / А.Г. Исаченко, А.А. Шляпников. – М.: Мысль, – 1989, – 504 с.: ил., схем., граф. – (Природа мира).
- [9] Каплин П.А. Берега: монография / П.А. Каплин, О.К. Леонтьев, С.А. Лукьянова, Л.Г. Никифоров. – М.: Мысль. – 1991, – 479 с.: ил., карт. – (Природа мира).
- [10] Корякин В.С. Ледники Арктики / В.С. Корякин, Отв. ред. Л. Р. Серебрянный — // М.: Наука, 1988. – 160 с.
- [11] Колбовский Е.Ю. Экологический туризм и экология туризма: учеб. пособие / Е.Ю. Колбовский. – М.: Академия, – 2006. – 359 с.
- [12] Литвин В.М. Острова В.М. Литвин, В.И. Лымарев. – М.: Мысль, – 2003, – 287 с.: ил., схем. – (Природа мира).
- [13] Раст Х. Вулканы и вулканизм / Х. Раст. Пер. с нем. Е.Ф. Бурштейна, – М.: Мир, – 1982. – 344 с.: ил.
- [14] Ритман А. Вулканы и их деятельность / А. Ритман. Пер. с нем. – М.: Мир, – 1964. – 438 с.: ил.
- [15] Ротери Д. Вулканы / Д. Ротери. Пер. с англ. – М.: ФАИР-ПРЕСС, – 2004. – 384 с.: ил. – (Наука & Жизнь).
- [16] Щукин И.С. Общая геоморфология / учеб. пособ. в 3-х т. Т 2. – М., Изд-во Московского ун-та. – 1964. – 564 с.

- [17] Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии / Под ред. А.И. Спиридонова / Сост. И.С. Щукин. – М.: Сов. энциклопедия. – 1979. – 703 с.
- [18] Debarbieux B, Oiry Varacca M, Rudaz G, Maselli D, Kohler T, Jurek M. Tourism in Mountain Regions: Hopes, Fears and Realities / UNIGE, CDE, SDC, Université de Genève: 2014, – pp. 108. (Sustainable Mountain Development).
- [19] Dublanchet P. Crustal deformation at the Hengill triple junction, Iceland 2001-2006 / Pierre Dublanchet // Publ. Internship undertaken at the Nordic Volcanological Center, University of Iceland. – 45 p.
- [20] Hundert Meisterwerke - Die schönsten Geotope Bayerns / Lagally U., Rohrmuller J., Glaser S., Loth G. & Purner, – Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) – Augsburg 2. Auflage – 2012. – 288 s.
- [21] Geological description of Katla Geopark Project // Katla UNESCO Global Geopark // The Environment Agency of Iceland. 2010. – 20 p
- [22] Jakobsson M., et al, The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO), Version 3.0, June 8, 2012 // Geophysical Research Letters, Vol. 39, L12609, doi:10.1029. pp. 1-6.
- [23] Lemke K.A. Morphological classification of glaciers / Department of Geography and Geology, University of Wisconsin (UNW), 2015, – 13 p.
- [24] Mountains for Europe's Future / A Strategic Research Agenda, An input to the Horizon 2020 Work Programmes and Calls 2018-2020 / Ed. Erin Gleeson, MRI, Switzerland & Martin Price, CMS, UHI, UK April 2016, – 42 p.
- [25] Peel MC, Finlayson BL & McMahon TA / Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, Hydrology and Earth System Sciences, 11, – 2007, pp. 1633-1644.
- [26] Sigurðsson O, Williams R.S.Jr. Geographic names of Iceland's glaciers: Historic and modern / Oddur Sigurðsson, Richard S. Williams Jr. // U.S. Geological Survey Professional Paper 1746, 2008, – 225 p., plus app.
- [27] Voight B., et al., A half-century of geologic and geothermic investigations in Iceland: The legacy of Kristján Sæmundsson / Journal of Volcanology and Geothermal Research (2018), Publ. Elsevier B.V. – 31 p. (электронная версия доступна по адресу: <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.08.012>).
- [28] Wudalianchi volcanoes in China [Текст]: guide, Geological Museum, State Bureau, China – Shanghai Scientific and Technical Publishers. – 1979. – 84 p.

Картографические изображения и данные ДЗЗ

- [29] Атлас снежно-ледовых ресурсов мира [Карта]: В 2-х т. / Отв. ред: В.М. Котляков – М., Ин-т географии РАН, – 1997, – 392 с.: ил.

- [30] Атлас снежно-ледовых ресурсов мира [Текст]: В 2-х т. / Отв. ред: В.М. Котляков. – М.: Ин-т географии РАН, Т. II. Книга 1: 1997, – 264 с., Т. II. Книга 2. – 1997, – 272 с.
- [31] Эпицентры землетрясений [Карта] / М.1:2,500,000 / П. Эинарссон, К. Сабмюдссон (P. Einarsson, K. Saemudsson) // Международный геолого-геофизический атлас Атлантического океана / Отв. ред: Г.Б. Удинцев. – М.: МОК (ЮНЕСКО), Мингео СССР, АН СССР, ГУГК СССР. – 1989-1990. Роскартография. – 158 с.
- [32] International Geological Map of Europe and Adjacent Areas (IGME 5000) / Internationale Geologische Karte von Europa und den angrenzenden Regionen [Карта] / Kristine Asch, Scale 1:5,000,000 // Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Date publ: 2005-11-21. 1 karte.
- [33] The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO, v3. 500 м) [Карта]: / Scale 1:500,000. // GEBCO, June 8, 2012. 1 map sheet.
- [34] Seismicity of the Earth. 1900-2007. World Map [Карта]: / Tarr A.G., Villasenor, Antonio, Furlong, K.P., Rhea, Susan, and Benz, H.M., Scale 1:25,000,000 // U.S. Geological Survey, Geologic Hazards Science Center. – 2010. 1 map sheet.
- [35] Landsat 7, NASA Satellite Images 2000.06.06. West Fjords (The West Fjords are a series of peninsulas in northwestern Iceland. They represent less than one-eighth the country's land area, but their jagged perimeter accounts for more than half of Iceland 's total coastline).

Электронные информационные ресурсы

- [36] Абдульмянов С.Н. Геофотобанк. Коллекция фотографий горных стран и полярных регионов (Geo Photo Bank. Mountain & Polar Region Photography) [Электронный ресурс]: С.Н. Абдульмянов / URL: www.geophotobank.com (дата обращения: 06.05.2019).
- [37] Федерация альпинизма России (ФАР) [Электронный ресурс]: / URL: <http://www.alpfederation.ru> (дата обращения: 08.11.2019).
- [38] ArcticDEM, Release 7, Polar Geospatial Center (PGC), University of Minnesota's College of Science and Engineering, High-resolution, high quality, digital surface model (DSM) of the Arctic [Электронный ресурс]: <https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/> (дата обращения: 15.05.2019).
- [39] ArcGIS Online Viewer, ESRI Inc. [Электронный ресурс]: / URL: <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html> (дата обращения: 15.03.2017).
- [40] ArcGIS REST Services Directory, ESRI Inc. [Электронный ресурс]: / URL: <https://imagery.arcgis.com/arcgis/rest/services/> (дата обращения: 15.03.2017).
- [41] Arctic Spatial Data Infrastructure, Arctic SDI [Электронный ресурс]: / URL: <https://arctic-sdi.org/> (дата обращения: 15.05.2019).

- [42] Arctic SDI Geoportal [Электронный ресурс]: / URL: <https://geoportal.arctic-sdi.org/> (дата обращения: 15.05.2019).
- [43] Catalogue of Icelandic Volcanoes, Iceland GeoSurvey, 2015, Version 0,5 [Электронный ресурс]: / URL: <http://icelandicvolcanos.is/> / <http://futurevolc.vedur.is/> (дата обращения: 15.05.2019).
- [44] The Commission on Volcanic caves, Newsletters [Электронный ресурс]: / URL: <http://www.vulcanospeleology.org/news.html> (дата обращения: 15.05.2019).
- [45] CORINE Land Cover (CLC), Eionet network National Reference Centers Land Cover (NRC/LC) [Электронный ресурс]: / URL: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/> (дата обращения: 15.05.2019).
- [46] Copernicus, Europe's eyes on Earth, Looking at our planet and its environment, For the ultimate benefit of all European citizen [Электронный ресурс]: / URL: <https://copernicus.eu/> (дата обращения: 15.05.2019).
- [47] EuroGeoSurveys' European Geological Data Infrastructure (EGDI). Geological Survey Organizations of Europe [Электронный ресурс]: / <http://www.europe-geology.eu/onshore-geology/geological-map/> (дата обращения: 20.02.2019).
- [48] Earthquake Hazards Program, responsible for monitoring, reporting, and researching earthquakes and earthquake hazards, USGS [Электронный ресурс]: / <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/> (дата обращения: 20.02.2019).
- [49] Flickr, Andrea Schieber's albums [Электронный ресурс]: / URL: <https://www.flickr.com/photos/anschieber/albums> (дата обращения: 05.03.2019).
- [50] Extreme Iceland, Your Sightseeing And Activity Tour Expert In Iceland [Электронный ресурс]: URL: <https://www.extremeiceland.is/en/> (дата обращения: 18.05.2019).
- [51] Google Planet Earthn Pro, Ver. 7.3.0. Google Inc. [Электронный ресурс]: URL: / <https://www.google.com/earth> (дата обращения: 11.03.2019).
- [52] Global Geoparks Network, Global Network of National Geoparks (GGN) [Электронный ресурс]: / URL: <http://www.globalgeopark.org> (дата обращения: 28.05.2015).
- [53] Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP) [Электронный ресурс]: / <http://www.seismo.ethz.ch> (дата обращения: 20.02.2019).
- [54] Global Volcanism Program (GVP), Smithsonian National Museum of Natural History. The Global Volcanism Program database for Volcanoes [Электронный ресурс]: / http://volcano.si.edu/learn_resources.cfm (дата обращения: 25.03.2019).
- [55] Hofbauer G. Vulkanismus und Vulkanlandschaften [Электронный ресурс]: Gottfried Hofbauer, Bilddokumentation und Lernprogramm, Hamburg, CDs. – 1999.

- [56] Inside The Volcano Tour, 3H Travel [Электронный ресурс]: <http://www.insidethevolcano.com/> (дата обращения: 28.05.2015).
- [57] International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior (IAVCEI) [Электронный ресурс]: <http://www.iavcei.org>
- [58] International Climbing and Mountaineering Federation, Union International é des Associations D'Alpinisme (UIAA) [Электронный ресурс]: / URL: <http://www.theuiaa.org> (дата обращения: 28.05.2015).
- [59] John M. Nelson, Adventures In Mapping [Электронный ресурс]: / URL: <https://adventuresinmapping.com/> (дата обращения: 11.03.2018).
- [60] Katla UNESCO Global Geopark [Электронный ресурс]: / URL: <http://www.katlageopark.is/> (дата обращения: 11.05.2019).
- [61] National Land Survey of Iceland, Map Viewer [Электронный ресурс]: / URL: <http://www.lmi.is/en/> <http://kortasja.lmi.is/en/> (дата обращения: 11.03.2019).
- [62] NASA Earth Observatory (EO), NASA Goddard Space Flight Center [Электронный ресурс]: / URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/> (дата обращения: 15.03.2018).
- [63] OpenSnowMap, By Yves Cainaud [Электронный ресурс]: / URL: <http://www.opensnowmap.org/> (дата обращения: 11.03.2018).
- [64] Peakbagger.com (PBC Database), An online resource for summit-focused hikers, climbers, and mountain lovers [Электронный ресурс]: / URL: <http://www.peakbagger.com/range.aspx> (дата обращения: 15.11.2015).
- [65] UNESCO Global Geopark [Электронный ресурс]: / URL: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks> (дата обращения: 15.03.2017).
- [66] UNESCO World Heritage [Электронный ресурс]: / URL: <http://whc.unesco.org> (дата обращения: 15.03.2017).
- [67] University of Iceland, Institute of Earth Sciences [Электронный ресурс]: / URL: <http://earthice.hi.is/> (дата обращения: 11.05.2019).
- [68] Vetmeduni Vienna Institute for Veterinary Public Health [Электронный ресурс]: / URL: <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/shifts.htm> (дата обращения: 28.12.2015).
- [69] World Database on Protected Areas-WDPA [Электронный ресурс]: / URL: <http://www.wdpa.org> (дата обращения: 28.12.2015).
- [70] World Glacier Monitoring Service (WGMS) [Электронный ресурс]: <http://www.wgms.ch>
- [71] World Tourism Organization United Nations (UNWTO) [Электронный ресурс]: / URL: <http://www.uwto.org> (дата обращения: 08.06.2015).

Иллюстративные материалы, тематические фото – и видеоматериалы

Для оформления квалификационной работы использованы фотографии: [72] Васильева Н.Н., [73] Art Bicnick, [74] Gottfried Hofbauer, [75] Evelina Kremsdorf, [76] Andrea Schieber.

Список приложений

Картографические изображения и иллюстративные материалы

1. Картографическое изображение на основе ГИС. Пример визуализации данных цифровой модели поверхности морского дна и острова Исландия, John M. Nelson, Experimenting with Vintage Contour Textures Adventures In Mapping 26.01.2018 [59].
2. Картографическое изображение на основе ГИС. Пример визуализации данных цифровой модели поверхности морского дна и острова Исландия (фрагмент карты). Батиметрическая карта Северного полярного океана (The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean, IBCAO, v3. Scale 1:500,000. 2012.) [32].
3. Карта эпицентры землетрясений (фрагмент карты). М. 1:2,500,000. Геолого-геофизический атлас Атлантического океана, стр. 134. 1990. [31].
4. Картографическое изображение на основе ГИС. Пример визуализации данных о цифровой модели поверхности острова Исландия (The Digital Elevation Model, DEM) of the Iceland's and vicinity). 2018. [25].
5. Современные ледники Исландии. Картограмма каталога 269-ти ледников 8 групп (Sigurðsson O, Williams R.S.Jr. Geographic names of Iceland's glaciers: Historic and modern / Oddur Sigurðsson, Richard S. Williams Jr..., 2008. [26].
6. Картографическое изображение на основе ГИС. Пример визуализации данных о цифровой модели поверхности и современного оледенения острова Исландия. Разный масштаб изображений, центр оледенения южного побережья ледники – Mýrdalsjökull group, OpenSnowMap, OSM). [26, 63].
7. Справочная карта размещения геологических участков и объектов Глобального геопарка ЮНЕСКО Катла (Katla Global UNESCO Geopark). 2014. [21, 60].
8. Справочная карта размещения историко-культурных объектов Глобального геопарка ЮНЕСКО Катла (Katla Global UNESCO Geopark). 2014. [21, 60].

Тематические иллюстрации

9. Серия фотографий показывающая геологический феномен Исландии – вулкан Трихнукагигур (Thrihnukagigur) и детали тематического маршрута (Inside The Volcano Tour, 3H Travel). 2018. [56, 75].
10. Серия тематических иллюстраций: Вулканические формы рельефа и вулканические ландшафты Исландии (Gottfried Hofbauer, Vulkanismus und Vulkanlandschaften, Bilddokumentation und Lernprogramm, 1999) [55, 74].