

Батыр Каррыев



# **КАТАСТРОФЫ В ПРИРОДЕ: ЗЕМЛЯ МЕНЯЕТ КОЖУ**

Лавины, обвалы, оползни, провалы

**Батыр Сеидович Каррыев**  
**Катастрофы в природе:**  
**Земля меняет кожу. Лавины,**  
**обвалы, оползни, провалы**

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=21161067](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=21161067)*  
*ISBN 9785448318092*

**Аннотация**

Окружающий мир наполнен грандиозными перемещениями вещества на поверхности и внутри планеты. В соотношении с жизнью отдельного человека этот процесс почти незаметен лишь изредка напоминая о себе в моменты природных катаклизмов, таких как землетрясения, обвалы, снежные или каменные лавины. Книга об этих опасных явлениях природы.

# Содержание

Предисловие	5
Древнейшая из наук	10
Изменчивый лик Земли	40
Конец ознакомительного фрагмента.	46

**Катастрофы в природе:  
Земля меняет кожу  
Лавины, обвалы,  
оползни, провалы  
Батыр Каррыев**

© Батыр Каррыев, 2016

ISBN 978-5-4483-1809-2

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

# Предисловие

*При изучении наук примеры полезнее правил.  
Сэр Исаак Ньютон, 1643—1727 годы*

Более чем за миллиард лет до нашего времени гравитационный всплеск от столкновения двух черных дыр общей массой превышающей почти в шестьдесят раз Солнце 14 сентября 2015 года достиг Земли. Его зарегистрировали сверхчувствительные детекторы организации LIGO, и опубликованная почти за сто лет до этого события теория относительности Альберта Эйнштейна получила новое подтверждение.

Феноменальное достижение экспериментальной физики начала XXI века само по себе не открыло гравитацию, с которой связано существование живой и мертвой материи во Вселенной. Более того всем известна сила земного притяжения. Её можно обнаружить просто подпрыгнув или взяв в руки любой предмет. Тем не менее, при всей очевидности гравитации не всегда осознаётся факт грандиозного и непрерывного её воздействия на смену дня и ночи или движение континентов на Земле.

Окружающий мир наполнен грандиозными перемещениями вещества на поверхности и внутри планеты. В соотношении с жизнью отдельного человека этот процесс почти незаметен лишь изредка напоминая о себе в моменты ката-

клизмов, таких как землетрясения, обвалы, снежные или каменные лавины. Они с начала времён сопровождают эволюцию Земли, происходят сейчас, и будут возникать в будущем, пока несколько миллиардов лет спустя она не застынет в форме холодного каменного шара.



*Распределение ущерба от природных катаклизмов в мире с 1900 по 2015 годы. За 115 лет 35 тысяч стихийных бедствий нанесли мировой экономике ущерб в семь триллионов долларов, и унесли более восьми миллионов человеческих жизней (по данным КИТ, 2016).*

Вопрос истолкования природной стихии всегда сочетался с мистикой и религией потому, что так проще оправдать че-

ловеческую беспомощность перед ней. Так было в прошлом, зачастую происходит и сейчас, когда научные истины остаются для многих тайной за семью печатями, а возможность получения готовых ответов из Интернет снизила болевой порог непонимания их сути. Тем не менее, законы мироздания полны смысла и не зависят от способности людей их понимать.

Проникновение в суть вещей увлекательное и необходимое занятие человека начиналось с землеописания, именуемого сегодня географией. Географические исследования позволили получить представление об устройстве земной поверхности, поставили вопросы о внутреннем строении планеты и многие другие. Открытие фундаментальных физических законов также стало результатом попыток объяснения наблюдаемых человеком природных явлений.

Желание отобразить земную поверхность понятным образом привело к созданию карт и глобусов. Они же превратились в необходимый атрибут для визуализации гравитационного и магнитного полей, изменений воздушной и водной среды в огромном диапазоне пространственно-временных масштабов. От суточных синоптических карт до перемещения литосферных плит за сотни миллионов лет на земной поверхности.

Отображенные на картах всевозможные данные позволили осознать, что природная среда сопротивляется любому вмешательству со стороны человека. А оно велико, значи-

тельно изменяя естественные ландшафты и формируя новый – антропогенный.

Современное время хорошо тем, что сведения о глобальных и локальных природных явлениях стали предельно доступны, но это не означает, что их причины полностью понятны. Непосредственные измерения параметров среды в земной мантии и ниже – в земном ядре технически невозможны ни сегодня, ни в ближайшем будущем. Самая глубокая в мире скважина на Кольском полуострове достигла глубины чуть больше двенадцати километров, а это не даёт даже приблизительного представления о свойствах материала на глубинах в десятках и сотнях километрах от земной поверхности.

Узнать о составе и свойствах вещества мантии и земного ядра может дать изучение других космических тел. Многие рождённые на Земле понятия и методы используются при исследовании планет Солнечной системы. Более того известные физические законы действуют и на них, а ответы на то что сегодня объяснить не получается, могут быть найдены в бесконечно удалённых звёздных системах и галактиках.

На смену примитивным научным приборам прошлого пришли высокоточные инструменты, компьютерные системы, орбитальные спутники и космические зонды. Данные, которые ранее были доступны только ученым, содержатся в Интернет, а результаты исследований ежедневно используется почти каждым человеком на планете. Этот почти

неощущаемый элемент повседневной жизни основан на раскрытии тайн природы – единственно возможном способе существования современной цивилизации.

С начала прошлого века представления о земных недрах претерпели глубокие изменения. Стали понятны причины преобразований не только земной поверхности, но и других космических тел. Здесь можно проводить аналогии, но зачастую они просто невозможны настолько отличаются другие миры от Земли.

Как и в прошлом живущие в начале XXI века люди зачастую оказываются беспомощными перед стихией, которая не поменяла своей сути и стала в некотором смысле более опасной, чем раньше. Землетрясения, наводнения, извержения вулканов, обвалы, оползни, лавины ураганы, цунами продолжают уносить человеческие жизни и приносить огромные экономические потери. Эта книга о происходящих на земной поверхности гравитационных перемещениях вещества, их причинах и последствиях.

***Батыр Каррыев***

*Профессор, доктор физико-математических наук*

*2016 год*

*E-mail: mweb2001@mail.ru*

*<https://sites.google.com/site/seismkantiana>*

# Древнейшая из наук

*Земля помогает нам понять самих себя,  
как не помогут никакие книги. Ибо она нам  
сопротивляется...*

*Антуан де Сент-Экзюпери  
«Планета людей», 1939 год*

Досье на мироздание собиралось многие века и сегодня оно доступно всем благодаря инструментам сохранения знаний. Это не только письменность, но и картография, сделавшая возможным расселение людей на планете и появление современной цивилизации.

Выживание людей в прошлом целиком зависело от их наблюдательности и способности ориентироваться на местности. Без этих качеств невозможно было добывать пищу или находить укрытие от непогоды и опасных хищников. В какой-то момент к ним добавилась ещё одно – способность отображать навыки и опыт в виде символов понятных не только автору, но и его соплеменникам. Самые первые свидетельства этого относятся к времени появления наскальных рисунков более двадцати тысяч лет назад.

Пещерная живопись стала первым способом визуализации и сохранения важной информации. Она развила абстрактное мышление и память первобытного человека. Помогая распознавать особенности ландшафта, наскальные ри-

сунки одновременно предупреждали о таящихся в нём угрозах.

В 1994 году на юге Франции обнаружен древнейший петроглиф извержения вулкана. Другое изображение природного катаклизма найдено на территории Турции в неолитическом поселении Чатал-Хююк. Здесь на фреске изображена извергающаяся двуглавая вершина вулкана Хасандаг. Это первый известный пример картографии, относящийся к 7400—5600 годам до нашей эры. В Италии в долине Камоника обнаружены изображения местности в виде наскальных рисунков бронзового века.

Самые ранние сведения об истолковании окружающего мира найдены в Месопотамии где люди вышли из стадии первобытности и вступили в эпоху древности. Это не могло произойти без письменности, с изобретением которой стала возможной передача из поколения в поколение важной информации.



*Карта мира из Вавилона с пояснениями на аккадском языке, VIII – VII века до н.э.*

В 1930 году в древнем городе Нузи (Нузу, Га-Сур) в Ираке, расположенном к востоку от реки Тигр, нашли глиняную табличку с рисунком и шумерской клинописью относящуюся к VIII—VII векам до нашей эры. На ней изображена речная долина между двумя холмами, а клинопись разъясняла смысл использованных символов. Перекрывающимися полукругами отмечены холмы, линиями реки, а кружками города.

С возникновением государственности в междуречье появляются первые управленческие институты. Они не могли существовать без способов сохранения и передачи знаний,

включая и географические, поскольку смысл управления теряется, если нет представления о местности, её ресурсах, дорогах и особенностях рельефа.

Возникшая за четыре тысячи лет до нашей эры в Месопотамии цивилизация шумеров оставила миру множество новаций. Шумеры создали городскую культуру, изобрели колесо, плуг-сеялку, парусную лодку и клинописную письменность. Именно она веками служила способом передачи из поколения в поколение религиозных учений и научных знаний.

Изобретение способов передвижения по суше, рекам и морям многократно расширили жизненное пространство человека. Появились навыки ориентирования по звёздному небу и описания местности в форме карт, ставших востребованной временем формой визуализации географических знаний. Древние карты – схемы, как и современные, изображали местность с позиции наблюдателя сверху. Этим обеспечивается большой обзор площади и человеку мысленно проще улавливать взаимосвязь между элементами ландшафтов.



**Эратосфен Киренский** (276 год до н.э. - 194 год до н.э.), греческий учёный, руководитель Александрийской библиотеки. В трёх книгах «Geographika» (География) он первым изложил принципы географии и привёл карту мира. Эратосфен также высказал предположение, что если плыть от Гибралтара на запад, то можно доплыть до Индии. В трактате «Peri tes anametreseos tes ges» (Об измерении Земли) он привёл результаты своего определения длины земного экватора.

Путешествия за пределы привычного ареала обитания привели к необходимости систематизации знаний об окружающем мире и возникновению древнейших из наук – географии. Этот термин впервые использовал греческий учёный Эратосфен Киренский. Он же в 240 году до нашей эры определил длину экватора в 252 тысячи стадий или около 39690 километров с небольшим расхождением от современной оценки в 40120 километра. Эратосфен составил первую карту мира с учетом шарообразности Земли и с использованием меридиан и параллелей, назвав их «линиями, идущими рядом» и «полуденными линиями».

Уже в древнеиндийских книгах можно обнаружить относящиеся к описательной географии сведения. В сборнике священных писаний индуизма XVI век до н.э. «Веды» космологии посвящена целая глава. В относящимся ко второй половине первого тысячелетия до нашей эры древнеиндийском эпосе «Махабхарата» приводится перечень известных

на то время гор, морей и рек.



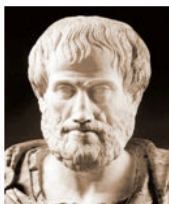
*Карта мира по Эратосфену Киренскому (II век до нашей эры).*

Согласно преданиям при династии Ся (2205—1766 годы до н.э.) отлиты девять бронзовых сосудов с рельефными картами гор, рек, растений и животных Китая. В III веке до нашей эры китайцами изобретаются компас и измеряющее расстояние устройство. С его помощью составлен «Региональный атлас» на 18 листах и Большая книга Китая на шёлке. Здесь географии посвящаются целые сочинения, создаются рельефные карты, на которых ландшафт передаётся объёмными моделями.

Уже в IX – VIII веках до нашей эры выбор подходящей для постройки крепостей местности китайскими инженера-

ми производился по картам. Тем не менее, многие достижения науки и техники древнего Китая долгое время оставались неизвестными европейцам. К IV веку до н.э. относится самая древняя китайская карта в мире с цифровыми обозначениями. Она выполнена на медной пластине в виде гравюры в масштабе 1:500..

В V веке до нашей эры античные учёные Европы строили чертежи и схемы известного им мира. Греческий учёный Аристотель в III веке до нашей эры развивает представление о шарообразности Земли определив её центром Вселенной. Его сочинение «Метеорология» стало одной из первых работ по физической географии. Примерно к этому времени относится введение в обиход параллелей и меридианов, карт и объёмных картографических проекций.



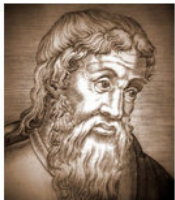
**Аристотель** (384/383 - 322 до н.э.), древнегреческий философ, ученый и педагог. Почти двадцать лет Аристотель учился в Академии Платона и, там же преподавал. Он внес существенный вклад в античную систему образования, организовал широкомасштабные естественнонаучные изыскания. Аристотель одним из первых попытался объяснить строение мира, и выделил, ошибочно по современным представлениям, основные образующие его элементы в природе.

В II веке до нашей эры караванная дорога, названная немецким географом Фердинандом Рихтгофеном «Великий

шелковый путь» уже связывала Восточную Азию со Средиземноморьем. Завоевательные походы Александра Македонского 334—323 годов до нашей эры опирались на собранные к началу I века до нашей эры сведения об азиатских странах. Двести лет спустя грек Кратет Малльский изобретает первую объёмную модель земного шара – глобус.

К началу новой эры древнегреческий историк и географ Страбон в семнадцати книгах своей «Географии» даёт описание Европы, Азии и Африки. Он приводит разнообразные сведения о странах и народах, о Скифии, Кавказе и закаспийских землях.

В I веке древнегреческий ученый энциклопедист и математик Клавдий Птолемей в восьми книгах «Руководство по географии» обобщает античные представления о мире, излагает математические основы географии и картографии. Он опубликовал координаты восьми тысяч пунктов от Скандинавии до Египта и от Атлантики до Индокитая, а также 27 карт земной поверхности.



**Страбон**, около 64/63 до н.э. - около 23/24 н.э., древнегреческий историк и географ. Автор «Истории» и «Географии» в 17 книгах. В них изложены руководящие понятия Страбона о землеописании как философской науке, о пользе географических познаний для всякого образованного человека, особенно для полководца и правителя. В 1935 году Международный астрономический союз присвоил имя Страбона кратеру на видимой стороне Луны.

Важные географические открытия сделали такие учёные и путешественники Востока и Центральной Азии как Ибн Сина (Авиценна), Бируни, Идриси, Ибн Баттута и др. В Исландии, Гренландии и Северной Америке их совершили норманны и новгородцы сумевшие достичь Шпицбергена и устья Оби в Сибири. Сведения об этом сохранились благодаря летописям, древним манускриптам и рукописным схемам.

В XV веке с началом бурного развития информационных коммуникаций появились условия для широкого распространения географических знаний. Изобретение немцем Иоганном Гуттенбергом способа книгопечатания подвижными литерами ознаменовало наступление эпохи великих географических открытий. Производство карт становится массовым. Их создатели помимо самих карт составляли пояснения к ним почерпнутые из рассказов путешественников. Пунктами обмена географическими знаниями стано-

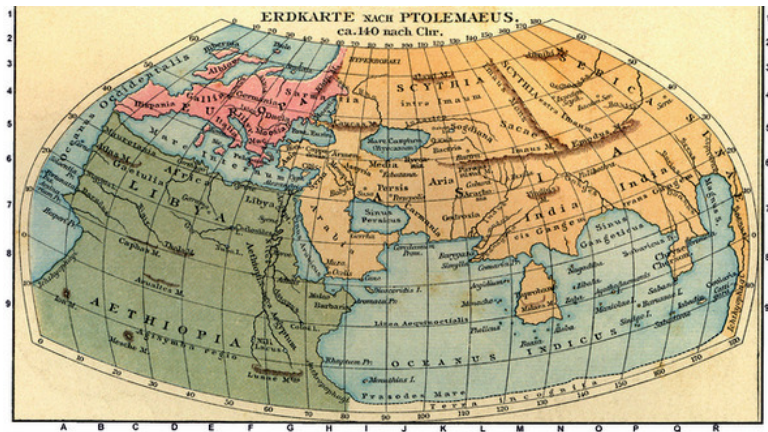
вятся торговые города и культурные центры.



**Клавдий Птолемей (Ptolemaeus)**, около 100-170, древнегреческий учёный. Его труд «Великое математическое построение по астрономии» (Альмагест) в 13-ти книгах стал итогом развития античной небесной механики. Он содержал практически полное собрание астрономических знаний Греции и Ближнего Востока. Птолемей сформулировал общепринятую в западном и арабском мире геоцентрическую модель мироустройства, принимаемую вплоть до эпохи Возрождения.

В XVI веке на венецианском мосту Риальто, рядом с лавочкой менялы и золотых дел мастера, можно было найти особое торговое осведомительское бюро. Оно занимались сбором и продажей новостей – сведений об ушедших и пришедших кораблях, о ценах на товары, о безопасности дорог, а также о политических и географических событиях.

Вплоть до XVII века европейцами открывались новые земли, прокладывались морские маршруты в Африку, Америку, Азию и Океанию. В 1492 году испанский мореплавателю Христофор Колумб отплыл морским путем в Индию, но открыл неизвестную европейцам часть света – Америку. В 1497 году португальский мореплавателю Васко да Гама на своих кораблях обогнул Африку, и уточнил её очертания.



*Карта мира Клавдия Птолемея (II век).*

В 1519 году экспедиции португальского и испанского мореплавателя Фернанда Магеллана впервые удалось обогнуть весь земной шар. Помимо практического доказательства шарообразности формы Земли путешествие Магеллана показало, что большую часть её поверхности занимает вода, а не суша.

К XV – XVII векам география становится практически важной наукой. Особый вклад в её развитие внёс фламандский картограф и географ Герхард Меркатор. В 1541 году он изготовил глобус Земли, а спустя десять лет глобус Луны. Меркатор создал полный Атлас Европы с 51-й картой Франции, Германии и Бельгии, с 23-мя картами Италии и Греции, 36-ю картами Британских островов. Карты и атласы

Меркатора содержали подробные географические сведения, а очертания материков на них были близки к реальным.

В 1768—1779 годах англичанин Джеймс Кук совершает три кругосветных экспедиции. Он открывает Гавайи и Большой Барьерный риф, а его поиски Южного материка привели к открытию Австралии и Океании. Примерно в это же время русские первопроходцы разведали почти всю Сибирь и достигли Дальнего Востока. В России Михаил Ломоносов высказывает идеи о непрерывном изменении лика Земли под влиянием внутренних и внешних сил, о слоях земных и др. В 1739 году он выступает инициатором создания Географического департамента, и составляет первый в Российской империи кадастр землепользования.

В XVIII веке большое значение приобретает фиксация, картографирование и обобщение накопленных географических знаний. Это потребовало новых способов изложения разнообразной информации. Отображение только контуров новых земель оказалось недостаточным для их промышленной и торговой эксплуатации. Строительство наземных коммуникаций – дорог и железнодорожных путей, прокладка безопасных торговых маршрутов потребовали детального изучения рельефа и геологического строения земной поверхности.

В свою очередь, приносимый природными катаклизмами ущерб обусловил необходимость исследования их причин. Вулканические извержения, землетрясения, обвалы и ополз-

ни наносили большой ущерб заморским колониям. В отличие от Старого света, где крупные природные катастрофы случались, но носили умеренный характер, проникновение в Тихоокеанский огненный пояс, Северную и Южную Америки оживили библейские сказания о Содоме и Гоморре, грандиозных потопах и смертоносных ураганах.

В 1692 году вулканическое землетрясение на острове Ямайка, расположенного в северной части Карибского моря, до основания разрушили его столицу Порт-Ройял. Её пришлось перенести в соседний Кингстон, который спустя пятнадцать лет также был разрушен землетрясением.

В 1755 году Лиссабонское землетрясение перечеркнуло в миропонимании роль высших сил обустройства мира, и потребовало естественнонаучного объяснения причины случившегося катаклизма. Мир начал восприниматься как арена действия скрытых, но пока еще не понятных сил природы, действующих повсеместно – от Старого до Нового света.



**Герард Меркатор (Mercator Gerardus), 1512–1594,** фламандский картограф и географ. Все открытия он сделал в своём кабинете сумев собрать воедино накопленные в Европе географические знания. Меркатор создал наиболее точные карты, положив начало картографии как науки. Он впервые применил равноугольную цилиндрическую проекцию при составлении навигационной карты мира в 1569 году. Проекция Меркатора применяется для составления морских навигационных и аэронавигационных карт.

В 1883 году сильное землетрясение сопровождало извержению вулкана Кракатау в Индонезии. Взрывом была уничтожена половина острова, погибло все его население и разрушены города на островах Суматра, Ява и Борнео. Последовавшее за землетрясением цунами смыло все живое с низменных островов Зондского пролива. В том же году 18 июля курортный город на острове Иски около Неаполя был превращен в груды развалин вулканическим землетрясением.

Интенсивность и частота природных бедствий на новых землях пугала, настораживала и требовала осмысления. Это была уже не задача картографов и описателей, а учёных вооруженных знаниями и точными инструментами. Особый вклад в становление физической географии как точной науки внёс немецкий учёный Александр Гумбольдт. Он считал необходимым комплексное постижение природы как единого целого.



**Александр Гумбольдт (Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander Freiherr von Humboldt)**, 1768-1859, немецкий естествоиспытатель, географ и путешественник. Член Берлинской академии и почетный член Петербургской академии наук. Один из основоположников физической географии, обосновал идею закономерного зонального распределения растительности на планете. Изучал климат, вулканы, землетрясения и многое другое. Круг интересов Гумбольдта был настолько широк, что его называли «Аристотелем XIX века».

Гумбольдт заложил основы таких научных дисциплин как физическая география, ландшафтоведение и география растений. В своих экспедициях он использовал по тем временам передовые научные инструменты. В свою экспедицию в Новую Испанию (1799—1804) на борту корвета «Pizarro» он взял с собой десятки приборов для проведения научных измерений и наблюдений.

В Германии Карл Риттер в 1817 году начинает публикацию своего фундаментального труда «Die Erdkunde im Verhältniss zur Natur und zur Geschichte des Menschen» (Землеведение в отношении к природе и истории человечества). Риттер стал одним из основоположников современной географической науки, определив её предмет, как выявление связей и установление причин явлений и процессов природы, изучая ее как единое целое.

*«География – это своеобразная физиология и сравнительная анатомия Земли: реки, горы, ледники и т. п. являются отдельными органами, каждый из которых имеет свои собственные функции, а так физико-географическое основание является основой для развития общества, оно в качестве физической основы определяет ход жизни общества и человека». Карл Риттер, 1817 год.*

В XIX веке изобретение новых приборов и инструмен-

тов для измерений и наблюдений позволили создать подробные гипсометрические карты, исследовать параметры земной атмосферы и гидросферы в различных районах планеты. С этого времени естествоиспытатели уже не ограничиваются только описанием природных явлений, а стараются находить им научные объяснения.

Благодаря систематизации сведений собранных по всему земному шару стало понятно, что рельеф земной поверхности связан с глубинным строением планеты и определяется протекающими в её недрах геологическими процессами. В свою очередь моря и океаны формируют климат на планете и многие другие атмосферные явления. Важным было и то, пусть схематичная, но подтверждающая данные астрономических наблюдений создавалась целостная картина мироздания.

В XVIII – XIX веках промышленная революция в Европе ставит новые вопросы из-за необходимости освоения залежных земель. Как образуется тот или иной тип рельефа? Из-за чего происходят лавины, обвалы и оползни? Что представляет собой вулканическая деятельность? Почему, как и где возникают землетрясения? Как формируется тот или иной ландшафт и как он связан с геологическим строением местности? Под давлением задач практики статичное представление Земли ушло в прошлое.



**Карл Риттер (Karl Ritter)**, 1779-1859, немецкий географ, один из основоположников современной географической науки и автор фундаментального труда «Die Erdkunde im Verhältniss zur Natur und zur Geschichte des Menschen». При жизни Риттера вышло девятнадцать томов, посвященных Азии и Африке. Риттер с 1835 года является почетным иностранным членом Петербургской Академии наук. Идеи Риттера во многом определили развитие географической мысли в XIX - начале XX века.

К концу XIX века простые географические проекции превратились в привязанные к земному рельефу тематические атласы с разнообразными данными. Карты становятся основой для отображения геологической, климатической, метеорологической, социальной, политической и другой информации. Они стали визуализировать пространственно-временные особенности протекания различных физических процессов на земной поверхности.

К XX веку астрономия, математика, физика и химия достигли такого уровня развития, что их понятийный аппарат и инструментарий стал достаточным для изучения динамики земной поверхности. Физическая география разделилась на самостоятельные научные направления – геоморфологию, гидрологию, гляциологию, климатологию, океанологию и другие. Все они проистекали из необходимости решения практических задач в области геологоразведки, земледелия, климата, мореходства и многих других.

Было выяснено, что земной рельеф является одновременно продуктом геологического развития Земли и происходящих в её атмосфере и гидросфере физико-химических процессов. Он неодинаков в различных частях света, и сложен разнообразной комбинацией пород. Что покрывающий верхнюю часть континентальной земной коры слой состоит из осадочных и вулканических горных пород, а в некоторых местах он отсутствует. Что земная поверхность в основном представлена равнинами континентов и дном Мирового океана, о строении которого вплоть до середины прошлого века можно было только догадываться.

С началом океанографических научных экспедиций открылась возможность приблизиться к пониманию происходящих на морском дне процессов. Самая первая из них была совершена в 1872—1876 годах на английском корвете «Challenger». Оказалось что континенты окружены шельфом – мелководной полосой глубиной до двухсот метров и средней шириной около восьмидесяти километров, которая после резкого обрывистого изгиба дна переходят в континентальные склоны. С удалением от берега они постепенно выравниваются, а на глубине в несколько километров переходят в абиссальные равнины.

Глобализация промышленного производства и торговли привела к необходимости прокладки морских трансконтинентальных телеграфных линий. Время от времени кабели обрывались, и это потребовало научного объяснения. На то

время знаний о морском дне хватало на несколько сотен метров глубины, а кабели прокладывались гораздо глубже. Разгадку принесло установление связи между разрывами подводных кабелей и землетрясениями.

Оказалось, что глубоко под водой гравитация и давление создают идеальные условия для срыва с горных склонов громадных объёмов водонасыщенных пород. При этом обвалы, оползни и турбидитные потоки не только рвут подводные кабели, но и значительно изменяют ландшафт морского дна.

В 1929 году при землетрясении Гранд-Банк было разорвано двенадцать подводных кабелей на удалении до 800 километров от эпицентра. Объём перемещённых рыхлых пород достигал ста миллиардов кубометров. В 1954 году при Алжирском землетрясении разорвано пять линий подводных кабелей. Это свидетельствовало, что морское дно как суша находится в непрерывной трансформации.

В начале XX века общее представление о внутреннем строении Земли только формировалось. Сейсмические наблюдения позволили исследовать внутреннюю структуру планеты. Стало ясно, что часть литосферы, самая верхняя из твердых оболочек Земли, земная кора составляет только один процент от общей массы планеты. Под ней располагалась мантия, а ещё ниже – земное ядро. К пятидесятым годам прошлого века эта модель объяснила происходящие на земной поверхности многие явления – вулканизм, её рельеф, горообразование и т. д.

Геологические исследования обнаружили схожие образования и процессы в различных частях света. Рельеф и ландшафт земной поверхности стали предметом изучения специальной науки – геоморфологии. Её зачинателем считается китайский учёный и государственный деятель XI века Шэнь Ко. Он исследовал особенности расположения морских раковин в породе на суше расположенной за сотни миль от океана, и первым высказал предположение об изменчивости земной поверхности из-за почвенной эрозии и отложении наносов.



**Шэнь Ко (Шэнь Куа), 1031-1095,** китайский учёный занимавшийся математикой, астрономией, метеорологией, геологией, зоологией, ботаникой, фармакологией, агрономией, этнографией и картографией. Он проявил себя как дипломат, генерал, министр финансов, государственный инспектор, инженер в области гидромелиорации, изобретатель, поэт и музыкант. Он выдвинул гипотезу об изменчивости климата Земли, и считается основоположником геоморфологии.

Научные основы геоморфологии заложил немецкий геолог Фердинанд фон Рихтгофен в конце XIX века установивший основные черты орографии Азии. Ему принадлежит гипотеза эолового происхождения лёсса – осадочной горной породы.

К началу XX века появилась первая геоморфологическая

модель формирования рельефа земной поверхности. Она была разработана американским геологом Уильямом Морисом Дейвисом. Его учение о географических циклах основывалось на представлении о стадийном развитии рельефа земной поверхности. Дейвис создал новый тип его зарисовки – модели и блок-диаграммы. Здесь важно то, что все открытия в какой-то момент совершаются впервые и то, что сегодня стало рутинной, было провидением конкретного человека.



**Фердинанд Пауль Вильгельм фон Рихтгофен (Ferdinand Freiherr von Richthofen), 1833-1905,** немецкий геолог, географ и путешественник, основоположник современной геоморфологии и президент Берлинского географического общества. Автор золотой гипотезы происхождения лёсса и термина «Великий шёлковый путь» (1877). Особенное значение имеют исследования Рихтгофена о геологическом устройстве Китая и его залежах каменного угля, о золотоносных богатствах Калифорнии и др.

Геоморфология ведёт исследования на стыке многих наук и, прежде всего геологии, физической географии, физики и химии. При изучении процессов протекающих на Земле и других объектов Солнечной системы геоморфология использует данные таких наук, как астрономия, космогония, астрофизика и других.

Объектом геоморфологии является рельеф земной поверхности и иных твёрдых космических тел. Её исследова-

ния основываются на данных наблюдений и оценки влияния на рельеф различных разномасштабных пространственно-временных процессов и явлений. Таких как гравитация, тектоника, вулканизм, атмосфера, гидросфера и солнечная радиация.

Геоморфология важное практическое направление науки. Её методы позволяют производить инженерную оценку рельефа необходимую при освоении залежных территорий, строительстве и берегозащите. Изучать связь рельефа с климатом, погодой, гидрорежимом и биоты различных участков земной поверхности. Прогнозировать возникновения опасных явлений – лавин, обвалов, оползней, провалов и др.



**Уильям Моррис Дейвис (William Morris Davis), 1850-1934, американский геолог и географ.** Он разработал учение о географических циклах, вложив в это понятие представление о стадийном развитии рельефа земной поверхности. Дейвис различал циклы: нормальный, или водно-эрозионный, ледниковый, карстовый, пустынный и морской. Он ввёл новый тип зарисовки рельефа - блок-диаграммы и модели рельефа. Содействовал развитию методов преподавания физической географии.

По сравнению с прошлым арсенал современной геоморфологии значительно расширился благодаря аэрофотосъемке и спутниковым наблюдениям, использованию в обработке данных мощных вычислительных средств. Находящиеся

ся на земной орбите приборы позволяют осуществлять глобальный мониторинг состояния атмосферы, биосферы, гидросферы и всей поверхности Земли.

Наземные, воздушные, подводные автоматические системы дают возможность исследовать ранее недоступные для непосредственного наблюдения объекты, а видеотехника получить представление об их форме и расположении почти в реальном масштабе времени.

Беспилотные аппараты – дроны сегодня решают всевозможные задачи, от исследования атмосферы и земной поверхности, до изучения ледяных пустынь и морских глубин. Они позволяют осуществлять аэрофотосъёмку с разрешением в несколько сантиметров с высоким качеством цветных изображений и др.

*24 октября 1946 года первая фотография Земли из космоса была получена запущенной США ракетой «V-2» с суборбитальной траектории 35 миллиметровой кинокамерой на чёрно-белую киноплёнку. 14 августа 1959 года сделана первая спутниковая фотография Земли американским спутником «Explorer 6». 6 августа 1961 года с корабля «Восток-2» советский космонавт Герман Титов впервые выполнил ручную фото- и киносъёмку Земли из космоса.*

Благодаря выходу человека в космос Земля стала бли-

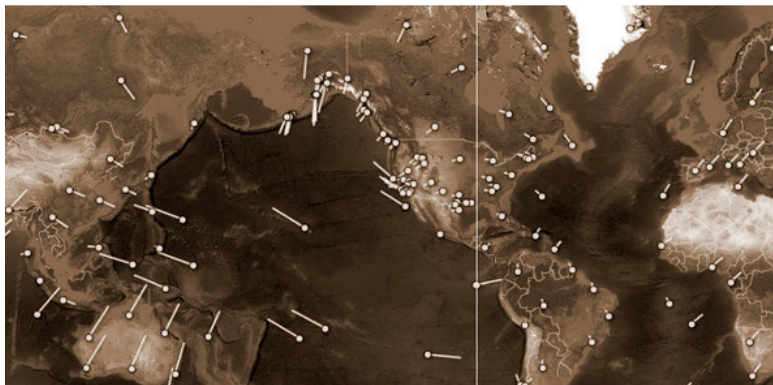
же для понимания. Помимо огромного потока разнообразных телеметрических данных наблюдения с земной орбиты позволяют отслеживать состояние атмосферы и гидросферы, процессы антропогенного загрязнения морских акваторий и суши, состояние биоты и многое другое.

*В 2016 году Национальное управление океанических и атмосферных исследований США в течение почти трёх месяцев осуществляло онлайн-трансляцию со дна Марианской впадины. Она велась с трёх видеокамер подводного аппарата «Oceanos Explorer» и выкладывалась в Интернет.*

Спутниковый мониторинг позволяет оценивать экологическую ситуацию на обширных территориях, отслеживать последствия землетрясений, извержений вулканов, обвалов, оползней, селей, снежных лавин, абразии, эрозии, состояние ледяного покрова планеты и многое другое. Его эффективность доказана многолетними работами на пилотируемой орбитальной станции «Мир» (1986—2001), Международной космической станции (действует с 1998 года) и автоматическими космическими станциями ЕС, Китая, России, США и Японии.

Спутниковые изображения выполняются в различных частях электромагнитного спектра. Так, оптико-электронные спутниковые системы дистанционного зондирования Земли

(ДЗЗ) позволяют получать пространственную информацию о земной поверхности и способны распознавать пассивное отраженное излучение земной поверхности в видимом и инфракрасном диапазонах.

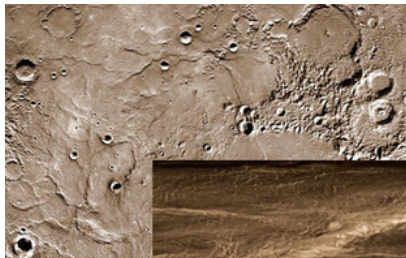


*Горизонтальные скорости происходят в основном из-за движения тектонических плит. По данным GPS они представлены на карте в виде линий, проходящих от каждого участка (NASA, Google, 2016).*

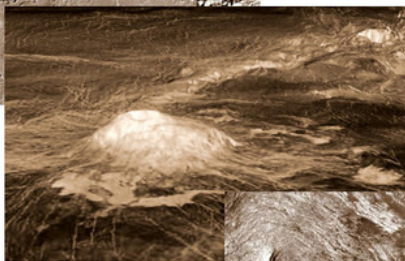
С помощью радарной съёмки (SAR) строятся различные карты рельефа не только земной поверхности, но и других планет Солнечной системы. Этот метод даёт возможность следить за состоянием поверхности сквозь облачность и в тёмное время суток. Это особенно важно для мониторинга ледовой обстановки во время полярной ночи и др.

Спутниковые системы навигации типа GPS (Global Positioning System), пройдя сложный путь от военных разработок, сегодня позволяют определять местоположение объектов на земной поверхности и в околоземном космическом пространстве. Проводить исследование современных движений земной коры и многое другое.

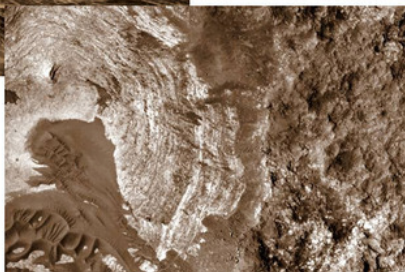
Благодаря росту вычислительной мощности и цифровым способам получения и обработки данных появилась возможность создания компьютерных 3D-моделей местности, сменивших прежние макеты из папье-маше. Исходными данными для них становятся детальные планы городов и топографические карты, материалы аэрофотосъемки, лазерного сканирования и спутниковые снимки сверхвысокого пространственного разрешения.



Меркурий



Венера



Марс

*Фрагменты ландшафта планет Солнечной системы (по данным NASA, 2015—2016). Меркурий – район метеоритного кратера Мендельсон. Венера – район вулканического пика Идунн Монс. Марс – впадина и чёрные дюны.*

Прежние пояснительные записки и надписи на картах сменили разветвлённые электронные системы сбора, обработки, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных. Они позволяют осуществлять поиск различных сведений на цифровых картах локального и глобального масштабов в геологии, землеустройстве, картогра-

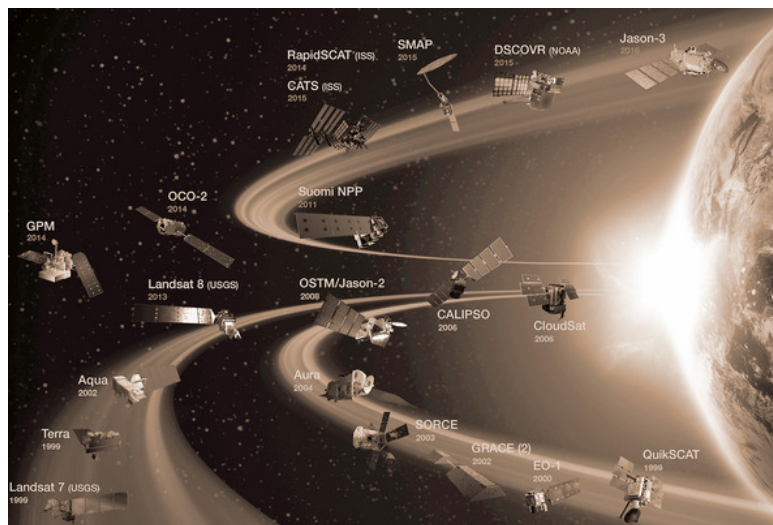
фии, метеорологии, муниципальном управлении, транспорте, экологии, экономике и многих других областях.

Вместе с тем ожидать, что спутниковые системы решат все проблемы исследования Земли пока ожидать не приходится. Их создание трудоёмко и очень затратно. Всегда остаются вопросы детальности и непрерывности съёмки. А оборудование для записи видео уступает по разрешению фото съёмке, и охватывает сравнительно небольшую площадь поверхности планеты.

С другой стороны, изучение процессов протекающих на земной поверхности ограничено периодом семидесятых годов прошлого столетия – времени начала получения спутниковых изображений. Иными словами на 2016 год период фотолетописи не всей, а только отдельных участков составляет менее пятидесяти лет. И если для быстротекущих процессов в атмосфере можно получить сведения о её динамике, то для изучения рельефообразующих факторов на поверхности, с учётом низкой степени разрешения ранее использовавшейся техники, он недостаточен.

Современные цифровые технологии привнесли в изучение планеты детальность, масштабность и оперативность. Стало возможным заглянуть в самые отдалённые уголки планеты, наблюдать процессы на морском дне, изучать полярные льды и ледники на неприступных вершинах. Благодаря сетевым технологиям и совершенству техники визуализации возможности учёных по сравнению с прошлым столетиям

множественно возросли.



*Орбитальная группировка космических аппаратов NASA для исследования Земли (NASA, 2016).*

Цифровые технологии множественно повысили детализацию исследований позволив наблюдать приводящие к природным и техногенным катастрофам процессы на больших пространственно-временных масштабах. Вкупе с наземными наблюдениями и измерениями они открыли возможность обнаруживать признаки развития опасных геологических и геофизических процессов. Это особенно актуально на со-

временном этапе, когда рост мирового населения и сосредоточение его большей части в городах, расширение и усложнение критической инфраструктуры увеличивает риск больших потерь от природных и техногенных катастроф.

Происходящие в горах оползни, обвалы скальных пород, сели, снежные лавины, прорывы подпрудных озер, пульсации ледников, резкие повышения уровня горных рек угрожают жизни и хозяйственной деятельности человека. Уменьшение ущерба от этих явлений невозможно без всестороннего изучения их причин.

В прежние времена, когда не было чёткого подразделения науки по предмету исследования, изучение Земли дополнялось астрономическими наблюдениями. Благодаря новым инструментам современные астрономы стали неогеографами, описывающими и разгадывающими тайны других планет не только в Солнечной системе, но и в других звёздных системах.

Пустыни Марса и метановые моря на Титане, раскалённая поверхность Венеры и замороженный Плутон стали объектами изучения и открытий. Новая картина мироздания пишется в наши дни, а развитые поколениями натуралистов – естествоиспытателей методы и инструменты применяются для познания космических объектов в бесконечном океане вакуума.

# Изменчивый лик Земли

*Природа не может создать деревья очень больших размеров, так как ветки под действием собственного веса будут обламываться и падать на землю; так же, как не могут существовать люди, лошади и другие животные с очень большими костями; для осуществления своих функций материал, из которого сделаны кости, должны быть значительно прочнее, или сечение костей необходимо увеличить во много раз, т.е. изменяя при этом их форму.*

*Галилео Галилей, 1637 год*

Земная поверхность представляет собой совокупность разновысотных объектов различающихся по занимаемой площади, форме, физическому составу, химическим свойствам, расположенных на суше, на дне морей и океанов. Они имеют различную выраженность в рельефе лучше всего воспринимаемую через такие антонимы как: горы – низины, пустыни – поймы рек, суша – водная гладь и т. д. Вкупе они образуют сложившийся к настоящему времени рельеф земной поверхности с разнообразными ландшафтами.

Лик Земли никогда не остаётся постоянным. Он меняется с течением времени, и был иным миллион, миллиард и в момент образования планеты более четырёх миллиардов лет назад. Причин тому много, но главная определена полем тя-

готения Земли и её вращением.

Гравитационное поле является главной рельефообразующей силой на планете. Ему она обязана своей формой, она определяет характер происходящих в её недрах, на поверхности, в морских глубинах и в атмосфере гравитационных процессов и физико-химических превращений земного вещества. Некоторые из них протекают чрезвычайно медленно, другие, такие как обвалы, оползни и лавины очень быстро, ежегодно принося страдания десяткам тысяч человек на планете.

Только с появлением точных наук удалось разгадать тайну образования Солнечной системы. Их краеугольным камнем стало учение Исаака Ньютона о всемирном тяготении, согласно которому сила тяготения универсальна и проявляется между любыми материальными телами независимо от их конкретных свойств. Сформулированные Ньютоном законы классической механики позволили объяснить происходящие в недрах Земли, её атмосфере и гидросфере динамические процессы. Такие как приливы и отливы в океанах, прецессию земной оси, особенности движения Луны, сжатие Юпитера и многие другие.



**Сэр Исаак Ньютон (Isaac Newton)**, 1643-1727, английский физик, математик, механик и астроном, один из создателей классической физики. Автор фундаментального труда «*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*» (Математические начала натуральной философии). В нём Ньютон изложил три закона классической механики, включая закон всемирного тяготения. Он разработал дифференциальное и интегральное исчисления, теорию цвета, заложил основы современной физической оптики и многое другое.

Современная наука исходит из положения о том, что в начальной стадии своего существования земное вещество находилось в расплавленном состоянии. По мере остывания произошло расслоение веществ. Самые лёгкие компоненты образовали атмосферу, а более тяжелые стали материалом для железоникелевого ядра планеты.

Самый верхний слой – земная кора состоит из осадочных пород сформированных переработкой горных и вулканических пород внешними, т.н. экзогенными процессами (температура, осадки, выветривание и т.п.). Он и верхняя часть мантии образуют литосферу – твёрдую оболочку Земли, простирающуюся на глубину до ста километров. Она разбита на крупные блоки – литосферные плиты способные перемещаться по поверхности мантии и на них расположены материки.

Земная кора это один процент от радиуса планеты составляющего 6370 километров. Она состоит из блоков называе-

мыми платформами, если образующие слоистые толщи горные породы залегают почти горизонтально. Другие места, где это не так, получили наименование складчатых поясов. Различают континентальный и океанический типы земной коры. Толщина континентальной коры в среднем 30—40 километров, но доходит под горными массивами до 75—80 километров, а толщина океанической коры около десяти километров.

### Планета Земля в цифрах

Земля третья от Солнца планета и пятая по размеру среди всех планет Солнечной системы. Она является также крупнейшей по диаметру, массе и плотности среди планет земной группы, представляя собой сплюснутый сфероид - неправильную сферу, немного сжатую с полюсов.

Радиус: 6370 км. Масса:  $5976 \times 10^{21}$  кг. Объем:  $1083,4 \times 10^{18}$  м<sup>3</sup>

Площадь поверхности: 510, 2 млн. км<sup>2</sup>. Состоит в основном из железа (32,1%), кислорода (30,1%), кремния (15,1%), магния (13,9%), серы (2,9%), никеля (1,8%), кальция (1,5%) и алюминия (1,4%); на остальные элементы приходится 1,2%.

Суммарная масса атмосферы составляет около  $5,2 \times 10^{19}$  кг.

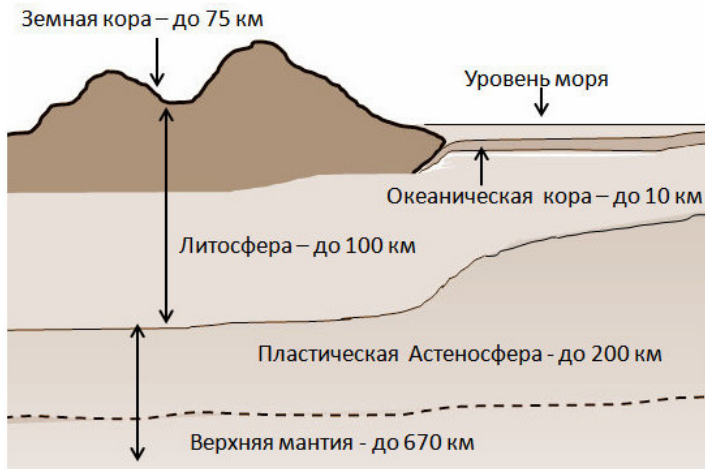
Мировой океан (гидросфера)	70,8% поверхности Земли
Суша	29,2% поверхности Земли
Австралия	8,89 млн. км <sup>2</sup>
Антарктида	13,97 млн. км <sup>2</sup>
Африка	30,3 млн. км <sup>2</sup>
Евразия	53,45 млн. км <sup>2</sup>
Северная Америка	24,25 млн. км <sup>2</sup>
Южная Америка	18,28 млн. км <sup>2</sup>
Горы	36% площади суши
Подводная окраина материков	14% поверхности Земли
Ложе океанов	40% поверхности Земли
Срединно-океанические хребты	Около 10% поверхности Земли

В свою очередь, на дне Мирового океана расположены срединно-океанические хребты общей протяженностью

до шестидесяти тысяч километров и занимающих примерно 10% от всей поверхности планеты. В своей центральной части они имеют понижения – здесь происходит генерация магматических пород, которые выплавляются в верхних частях литосферы, и через разломы в земной коре поступают на морское дно.

У берегов океанов, в первую очередь Тихого, возникли нисходящие струи конвективных течений и здесь океаническая кора пододвигается под континентальную. Подобные явления происходят не только под океанами, конвективные течения имеются и под континентами. Это приводит к тому, что земная кора постоянно находится в напряженном состоянии.

Под земной корой расположены твердые слои верхней мантии. С земной поверхности до них простираются зоны тектонических разломов, подвижки в которых приводят к землетрясениям. Вещество внешней части верхней мантии находится в расплавленном и полурасплавленном состоянии. Из-за огромного давления и высокой температуры на геологических масштабах времени вещество мантии пластично и подвержено конвекции. Циркуляция мантийного расплава перемещает литосферные плиты и формирует облик земной поверхности.



*Схема строения земной коры и литосферы.*

Мощность мантии доходит до трёх тысяч километров. Это недоступная глубина для инструментальных исследований и её изучение стало возможным только с начала прошлого века благодаря наблюдениям за землетрясениями. Сейсмические волны «просвечивают» вещество мантии и по их характеристикам можно оценить её строение и физико-химическое состояние.

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.