

И С Т О Р И Я
З Е М Л И
В 25 камнях

THE STORY OF THE EARTH IN 25 ROCKS

TALES OF IMPORTANT GEOLOGICAL PUZZLES
AND THE PEOPLE WHO SOLVED THEM

Donald R. Prothero

ДОНАЛЬД ПРОТЕРО

ИСТОРИЯ ЗЕМЛИ

в 25 камнях

Геологические
тайны и люди,
их разгадавшие

Перевод с английского

АНО
АЛЬПИНА НОН-ФИКШН

МОСКВА
2025

УДК 551
ББК 26.3
П83

Переводчик Евгений Поникаров
Научный редактор Михаил Гирфанов, канд. геол.-минерал. наук
Редактор Виктория Сагалова
Научный консультант Ольга Смирнова

Протеро Д.

П83 История Земли в 25 камнях: Геологические тайны и люди, их разгадавшие / Дональд Протеро ; Пер. с англ. — М. : Альпина нон-фикшн, 2025. — 408 с. : ил.

ISBN 978-5-00139-825-7

«История Земли в 25 камнях» — захватывающая история того, как шаг за шагом добывалось геологическое знание, связанное с нашей планетой: как определялся ее возраст, состав, «нрав», раскрывались глубинные процессы. Каждая из 25 глав книги рассказывает, как геологи, палеонтологи и океанологи искали ответы на свои вопросы в толще земной коры, в кратерах вулканов, на самом дне Мирового океана, в малодоступных горах, ущельях, ледяных пустынях и даже в космосе. В предисловии Дональд Протеро сравнивает труд ученого-геолога с работой криминалиста, а затем раскрывает это сравнение, показывая кропотливый процесс восстановления из мельчайших деталей, единичных следов и случайных отпечатков целостной картины далекого прошлого, отделенного от нас бездной геологического времени.

УДК 551
ББК 26.3

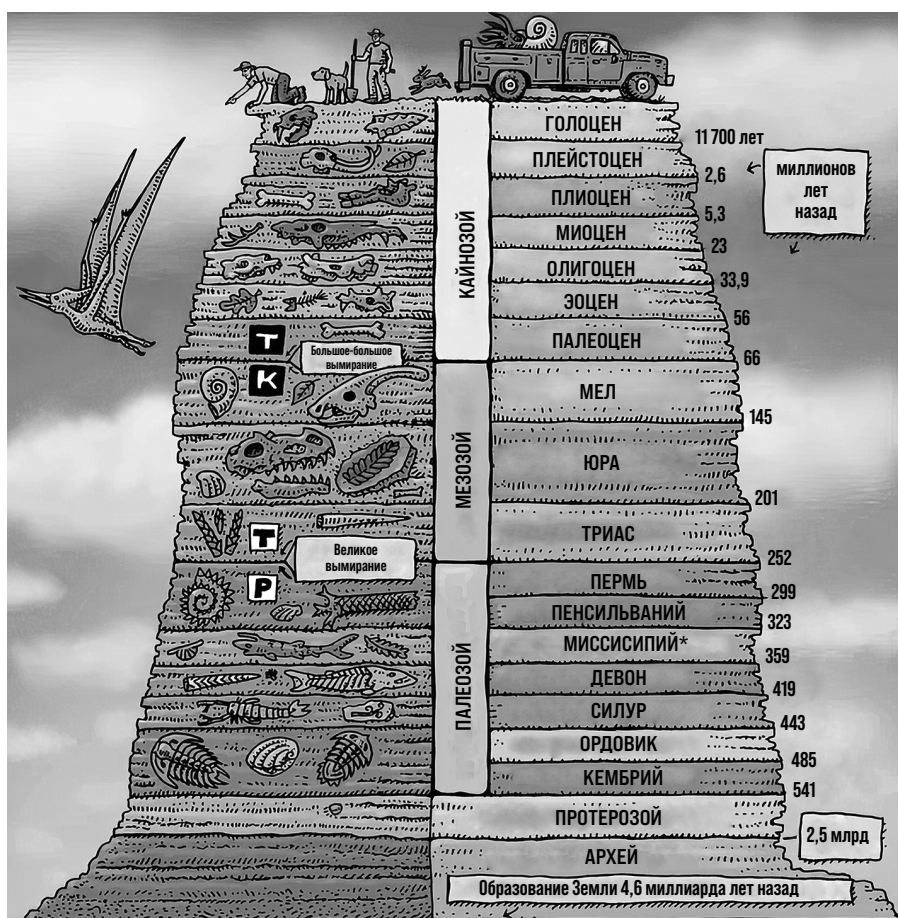
Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в интернете и в корпоративных сетях, а также запись в память ЭВМ для частного или публичного использования, без письменного разрешения владельца авторских прав. По вопросу организации доступа к электронной библиотеке издательства обращайтесь по адресу mylib@alpina.ru

ISBN (рус.) 978-5-00139-825-7
ISBN (англ.) 978-0-23118-260-7

© Donald R. Prothero, 2018
This Russian language edition is a complete translation of the U.S. edition, specially authorized by the original publisher, Columbia University Press
© Издание на русском языке, перевод, оформление.
ООО «Альпина нон-фикшн», 2025

Я ПОСВЯЩАЮ КНИГУ ПОТРЕСАЮЩИМ ГЕОЛОГАМ, СДЕЛАВШИМ ЭТИ ОТКРЫТИЯ.
ТЕМ, КТО ВДОХНОВЛЯЛ МЕНЯ В МОЕЙ РАБОТЕ. ЭТО:

Альфред Вегенер
Джеймс Хаттон
Чарльз Лайель
Уильям Смит
Артур Холмс
Джерри Вассербург
Юджин Шумейкер
Клэр Паттерсон
Чарльз Дулиттл Уолкотт
Джозеф Киршвинк
Томас Генри Гексли
Аллан Кокс
Гэри Брент Далримпл
Кеннет Сюй
Гэри Эрнст
Билл Райан
Уолтер Манк
Луи Агассис



* Пенсильваний и миссисипий — стратиграфические подразделения североамериканской стратиграфической шкалы, принятые Международным стратиграфическим комитетом (ICS) для использования в Международной стратиграфической шкале (МСШ). В российской Общей стратиграфической шкале (ОСШ) этому интервалу соответствует каменноугольная система (карбон), включающая три отдела (верхний, средний, нижний). ОСШ не противопоставляется МСШ, но отражает специфику геологического строения и истории развития Евразийского региона.

На рисунке выше отражены геологические эры (кайнозой, мезозой, палеозой, протерозой, архей) и входящие в них периоды. Однако кайнозой подразделяется здесь не на периоды, а на эпохи (палеоцен, эоцен и т.д.), на которые периоды делятся. Общую стратиграфическую шкалу см. на с. 406–407. — Прим. науч. ред.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 9

01 ГНЕВ ВУЛКАНА: ИЗВЕРЖЕНИЕ ВЕЗУВИЯ
ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ТУФ 11

02 ЛЕДЯНОЙ ЧЕЛОВЕК И ОСТРОВ МЕДИ
САМОРОДНАЯ МЕДЬ 22

«ОЛОВЯННЫЕ ОСТРОВА»
И БРОНЗОВЫЙ ВЕК
03 **КАССИТЕРИТ** 35

«НИ СЛЕДОВ НАЧАЛА»:
НЕОБЪЯТНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
ВРЕМЕНИ
04 **УГЛОВОЕ НЕСОГЛАСИЕ** 48

«ВЕЛИКАЯ ТЕПЛОВАЯ МАШИНА ЗЕМЛИ»:
ПРОИСХОЖДЕНИЕ МАГМЫ
05 **МАГМАТИЧЕСКИЕ
ДАЙКИ** 61

КАМЕНЬ, КОТОРЫЙ ГОРИТ.
ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ
06 **УГОЛЬ** 70

КАРТА, ИЗМЕНИВШАЯ МИР:
УИЛЬЯМ СМИТ И ГОРНЫЕ ПОРОДЫ
БРИТАНИИ
07 **МИР ЮРСКОГО ПЕРИОДА** 82

ЧАСЫ В КАМНЕ:

08 АРТУР ХОЛМС И ВОЗРАСТ ЗЕМЛИ
РАДИОАКТИВНЫЙ УРАН 95

ПОСЛАНЦЫ ИЗ КОСМОСА:
ПРОИСХОЖДЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ
СИСТЕМЫ
09 **ХОНДРИТЫ** 106

ЯДРА ДРУГИХ ПЛАНЕТ
10 **ЖЕЛЕЗОНИКЕЛЕВЫЕ
МЕТЕОРИТЫ** 116

ЗЕЛЕНЫЙ СЫР
ИЛИ АНОРТОЗИТ?
ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЛУНЫ
11 **ЛУННЫЕ КАМНИ** 132

ДРЕВНИЕ ОКЕАНЫ И ЖИЗНЬ?
СВИДЕТЕЛЬСТВО ПЕСЧАНОГО ЗЕРНА
12 **ЦИРКОНЫ** 145

МНОГОЭТАЖКИ
МИКРООРГАНИЗМОВ:
ЦИАНОБАКТЕРИИ И ДРЕВНЕЙШАЯ
ЖИЗНЬ
13 **СТРОМАТОЛИТЫ** 156

ГОРЫ ЖЕЛЕЗА:
ДРЕВНЯЯ АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ
14 **ЖЕЛЕЗИСТЫЕ КВАРЦИТЫ** 166

15	АРХЕЙСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ И ПОДВОДНЫЕ ОПОЛЗНИ ТУРБИДИТЫ	177	23	ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ! РАЗЛОМ САН-АНДРЕАС ТРАНСФОРМНЫЕ РАЗЛОМЫ	307
16	ТРОПИЧЕСКИЕ ЛЕДНИКИ И ЗЕМЛЯ-СНЕЖОК ДИАМИКТИТЫ	190	24	СРЕДИЗЕМНОМОРЬЕ БЫЛО ПУСТЫНЕЙ МЕССИНСКИЕ ЭВАПОРИТЫ	333
17	ПАРАДОКС В ГОРНЫХ ПОРОДАХ: БЛУЖДАЮЩИЕ ОКАМЕНЕЛОСТИ И СТРАНСТВУЮЩИЕ МАССИВЫ СУШИ ЭКЗОТИЧЕСКИЕ ТЕРРЕЙНЫ	206	25	ПОЭТ, ПРОФЕССОР, ПОЛИТИК, УБОРЩИК И ОТКРЫТИЕ ЛЕДНИКОВЫХ ПЕРИОДОВ ЛЕДНИКОВЫЕ ЭРРАТИЧЕСКИЕ ВАЛУНЫ	357
18	АЛЬФРЕД ВЕГЕНЕР И ДРЕЙФ МАТЕРИКОВ ПОРОДЫ, СТАВШИЕ ДЕТАЛЯМИ ПАЗЛА	222		БЛАГОДАРНОСТИ	381
19	ЗАПАДНОЕ ВНУТРЕННЕЕ МОРЕ И ПАРНИКОВАЯ ПЛАНЕТА МЕЛ	237		ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА	383
20	СМЕРТЬ ДИНОЗАВРОВ ИРИДИЕВЫЙ СЛОЙ	245		ПРЕДМЕТНО-ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ	393
21	КАК ПАЛЕОМАГИЯ ДАЛА НАЧАЛО ТЕКТОНИКЕ ПЛИТ ПРИРОДНЫЕ МАГНЕТИТЫ	260		ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ (ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ) ШКАЛА	406
22	ЗАГАДКА ЗОН СУБДУКЦИИ ГОЛУБЫЕ СЛАНЦЫ	282			

ПРЕДИСЛОВИЕ

Каждая горная порода или окаменелость рассказывает какую-нибудь историю. Для большинства людей камни — это просто камни, но для опытного геолога это ключ, ценные свидетельства, которые можно ясно прочесть, если только знать, как это делается. Я часто говорю студентам, что геология похожа на телесериал «C.S.I.: Место преступления». Геологи и палеонтологи действуют как эксперты-криминалисты, собирая воедино малозаметные улики, чтобы реконструировать «место преступления» в прошлом — зачастую с невероятными подробностями.

Я постарался написать точную и при этом увлекательную книгу, которая стала бы логическим продолжением предыдущей — «Отпечатки жизни. 25 шагов эволюции и вся история планеты» — и была бы интересна как любителям, так и профессионалам. Как и в «Отпечатках жизни...», каждая глава посвящена конкретной горной породе, знаменитому обнажению или важному геологическому явлению. Я рассказываю о завораживающем историческом и культурном контексте, который определяет значимость этих камней или явлений, и о том, как они изменили представление людей о Земле и о работе определенных земных процессов. Кроме того, я пытался вплести в повествование истории об удивительных людях, сделавших эти открытия, и о том, как это произошло. В большинстве случаев понимание приходило постепенно, когда отдельные небольшие необъясненные находки казались фрагментами головоломки. Когда все части собрали вместе, картина стала ясной. Тема необъясненных фрагментов и решения в конце концов этих головоломок будет прослеживаться во многих главах.

ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ТУФ

*Живите в опасности! Стройте свои города у Везувия!**

Фридрих Ницше

ОГОНЬ БОГОВ

Извержение вулкана может ужасать. И в древние времена, и даже сегодня во многих культурах извержения считаются знаком гнева богов или карой за нарушение божественных велений. Их колоссальная мощь, грохот и разрушительные возможности страшат сильнее, чем любое другое геологическое явление, за исключением землетрясений. Римляне полагали, что под вулканом Этна на Сицилии расположена кузница бога огня Вулкана (у греков — Гефест). Он использует подземный жар, чтобы ковать для богов различные доспехи, утварь, оружие (и даже те молнии, которые мечет Юпитер/Зевс). Когда извергалась Этна, люди говорили, что Вулкан злится из-за измен своей жены Венеры (у греков — Афродита). Везувий, возвышавшийся над Неаполитанским заливом, римляне считали священной горой Геркулеса (у греков — Геракл), и некоторые ученые полагают, что название «Везувий» происходит от греческих слов, означающих «сын Зевса» (поскольку Зевс был отцом Геракла).

* Здесь и далее перевод Е. Поникарова, если не указано иное.

Тем не менее еще в античные времена появились первые по-настоящему научные представления о том, что такое вулкан и как он извергается. В каком-то смысле именно извержение Везувия в 79 г. н. э. можно считать началом нашего современного понимания Земли и тем событием, которое привело к рождению геологии как науки.

В то время поселения вокруг Везувия росли и процветали. Неаполитанский залив был богат рыбой, а виноград рос буквально повсюду, включая склоны самой горы. Вулканические почвы вокруг Везувия были слишком плодородными, чтобы ими можно было пренебрегать, поэтому на них выращивали зерновые культуры и виноград. Многие знатные римляне владели здесь собственными домами, а на соседнем острове Капри находилась большая вилла римских императоров. В Помпеях жило свыше 20 000 человек, а вокруг было разбросано множество более мелких поселений.

С 217 г. до н. э. Везувий не извергался, и поэтому большинство римлян считали его потухшим. Однако в 62 г. серьезное землетрясение разрушило Помпеи, Геркуланум и Неаполис, а в последующие 17 лет эти стихийные бедствия вновь и вновь повторялись. Еще в 30 г. до н. э. историк Диодор Сицилийский описывал Кампанскую равнину как «выжженную»*, поскольку на Везувии были видны следы давних пожаров.

К августу 79 г. н. э. землетрясения участились, а многие колодцы и водные источники пересохли. 23 августа римляне отмечали ежегодный праздник Вулканалии, посвященный Вулкану. Как ни странно, на следующий день бог ответил людям: после мощного взрыва небо потемнело от пепла, а дождь из пемзы продолжался 20 часов (рис. 1.1). Некоторые жители Геркуланума и Помпеев немедленно покинули свои города, однако многие остались: одни не желали оставлять дома, другие не могли, поскольку в гавани не хватало судов, дороги были забиты, а слой пепла и пемзы достигал высоты 2,8 м. Трудно было не только сбежать, но и просто дышать: в легкие людей и животных набивался пепел. Однако это была только «разминка». Через день Везувий выбросил массу *nuées ardentes* (в переводе с французского «раскаленные облака»), или пирокластических потоков. Эти

* Греки отождествляли этот район с Флегрейскими полями (от др.-греч. φλέγω — «гореть») — местом гигантомахии, в греческой мифологии сражения олимпийских богов и гигантов. — Здесь и далее примечания переводчика, если не указано иное.



Рис. 1.1 Извержение Везувия в 1944 г. Источник: Wikimedia Commons

жгучие (до 850°C) смеси вулканических газов и пепла с ревом неслись по склонам горы со скоростью 160 км в час, сжигая все на своем пути. Они накрыли Геркуланум многометровым слоем вулканических отложений, известных как туф.

ИСТОРИК КАТАСТРОФЫ

Очевидцы извержения в основном погибли или не оставили письменных свидетельств, и потому их мысли покрыты туманом истории. К счастью, у нас есть один прекрасный отчет свидетеля, написанный историком Плинием Младшим. В ту пору ему было 17 лет, и он бежал со своей семьей на судне в городок Мизен, расположенный на другой стороне залива в 35 км от вулкана. В письме своему другу, известному историку Корнелию Тациту, юноша рассказал, как его 56-летний дядя Плиний Старший, один из ведущих римских флотоводцев, мыслителей и естествоиспытателей, решил подплыть к извергающемуся

вулкану, чтобы спасти своих друзей. Я прочитал письмо в оригинале на уроке латыни в школе, и с тех пор это один из моих любимых рассказов об извержениях.

Плиний Тациту, привет.

Ты просишь описать тебе гибель моего дяди; хочешь точнее передать о нем будущим поколениям. Благодарю; я знаю, что смерть его будет навеки прославлена, если ты расскажешь о ней людям [в твоей «Истории»]*. Он, правда, умер во время катастрофы, уничтожившей прекрасный край с городами и населением их, и это памятное событие сохранит навсегда и его имя; он сам создал много трудов, но твои бессмертные произведения очень продлят память о нем. Я считаю счастливыми людей, которым боги дали или свершить подвиги, достойные записи, или написать книги, достойные чтения; самыми же счастливыми — тех, кому даровано и то и другое. В числе их будет и мой дядя — благодаря своим книгам и твоим. Тем охотнее берусь я за твое поручение и даже прошу дать его мне.

Дядя был в Мизене и лично командовал флотом. В девятый день до сентябрьских календ, часов около семи [24 августа 79 года, между 2 и 3 часами дня], мать моя показывает ему на облако, необычное по величине и по виду. Дядя уже погрелся на солнце, облился холодной водой, закусил и лежа занимался; он требует сандалии и поднимается на такое место, откуда лучше всего можно было разглядеть это удивительное явление. Облако (глядевшие издали не могли определить, над какой горой оно возникало; что это был Везувий, признали позже) по своей форме больше всего походило на пинию [сегодня мы бы сказали о «грибовидном облаке»]. Вверх поднимался как бы высокий ствол, и от него во все стороны расходились как бы ветви. Я думаю, что его выбросило током воздуха, но потом ток ослабел, и облако от собственной тяжести стало расходиться в ширину; местами оно было яркого белого цвета, местами в грязных пятнах, словно от земли и пепла, поднятых кверху. Явление это показалось дяде, человеку ученому, значительным и заслуживающим ближайшего ознакомления. [Такой

* В квадратных скобках здесь и далее примечания автора.

тип извержения с выброшенным облаком пепла и пемзы теперь в его честь называется плинианским.] Он велит приготовить либурнику и предлагает мне, если хочу, ехать вместе с ним. Я ответил, что предпочитаю заниматься; он сам еще раньше дал мне тему для сочинения. Дядя собирался выйти из дому, когда получил письмо от Ректины, жены Тасция: перепуганная нависшей опасностью (вилла ее лежала под горой, и спастись можно было только морем), она просила дядю вывести ее из этого ужасного положения. Он изменил свой план: и то, что предпринял ученый, закончил человек великой души; он велел вывести квадриремы и сам поднялся на корабль, собираясь подать помощь не только Ректине, но и многим другим (это прекрасное побережье было очень заселено). Он спешит туда, откуда другие бегут, держит прямой путь, стремится прямо в опасность и до того свободен от страха, что, уловив любое изменение в очертаниях этого страшного явления, велит отметить и записать его.

На суда уже падал пепел, и чем ближе они подъезжали, тем горячее и гуще; уже куски пемзы и черные обожженные обломки камней, уже внезапно отмель и берег, доступ к которому прегражден обвалом. Немного поколебавшись, не повернуть ли назад, как уговаривал кормщик, он говорит ему: «Смелым в подмогу судьба*: правь к Помпониану». Тот находился в Стабиях, на противоположном берегу (море вдается в землю, образуя постепенно закругляющуюся, искривленную линию берега). Опасность, еще не близкая, была очевидна и при возрастании оказалась бы рядом. Помпониан погрузил на суда свои вещи, уверенный, что отплывет, если стихнет противный ветер. Дядя прибыл с ним: для него он был благоприятнейшим. Он обнимает трусившего, утешает его, уговаривает; желая ослабить его страх своим спокойствием, велит отнести себя в баню; вымывшись, располагается на ложе и обедает — весело или притворяясь веселым — это одинаково высоко.

Тем временем во многих местах из Везувия широко разлился, взметываясь кверху, огонь, особенно яркий в ночной темноте. Дядя твердил, стараясь успокоить перепуганных людей, что селяне впопыхах забыли погасить огонь и в покинутых усадьбах занялся

* Античная поговорка, в разных вариантах встречающаяся у Эсхила, Вергилия, Теренция, Фукидида.

пожар. Затем он отправился на покой и заснул самым настоящим сном: дыхание у него, человека крупного, вырывалось с тяжелым храпом, и люди, проходившие мимо его комнаты, его храп слышали. Площадка, с которой входили во флигель, была уже так засыпана пеплом и кусками пемзы, что человеку, задержавшемуся в спальне, выйти было бы невозможно. Дядю разбудили, и он присоединился к Помпониану и остальным, уже давно бодрствовавшим. Все советуются, оставаться ли в помещении или выйти на открытое место: от частых и сильных толчков здания шатались; их словно сдвинуло с мест, и они шли туда-сюда и возвращались обратно. Под открытым же небом было страшно от падавших кусков пемзы, хотя легких и пористых; выбрали все-таки последнее, сравнив одну и другую опасность. У дяди один разумный довод возобладавал над другим, у остальных — один страх над другим страхом. В защиту от падающих камней кладут на головы подушки и призывают их полотенцами.

По другим местам день, здесь ночь чернее и плотнее всех ночей, хотя темноту и разгоняли многочисленные факелы и разные огни. Решили выйти на берег и посмотреть вблизи, можно ли выйти в море: оно было по-прежнему бурным и враждебным. Дядя лег на подостланный парус, попросил раз-другой холодной воды и глотнул ее. Огонь и запах серы, возвещающий о приближении огня, обращают других в бегство, а его поднимают на ноги. Он встал, опираясь на двух рабов, и тут же упал, думаю, потому что от густых испарений ему перехватило дыхание и закрыло дыхательное горло: оно у него от природы было слабым, узким и часто побаливало. Когда вернулся дневной свет (на третий день после того, который он видел в последний раз), тело его нашли в полной сохранности, одетым как он был; походил он скорее на спящего, чем на умершего*.

Во втором письме Тациту спустя несколько дней Плиний писал:

<...> Уже первый час дня [около 6–7 утра], а свет неверный, словно больной. Дома вокруг трясет; на открытой узкой площадке

* Письма Плиния Младшего / Изд. подг. М. Е. Сергеевко, А. И. Доватур. М.: Наука, 1982. Книга VI, письмо 16 (Серия: Литературные памятники). С. 105–106.

очень страшно; вот-вот они рухнут. Решено, наконец, уходить из города; за нами идет толпа людей, потерявших голову и предпочитающих чужое решение своему; с перепугу это кажется разумным; нас давят и толкают в этом скопище уходящих. Выйдя за город, мы останавливаемся. Сколько удивительного и сколько страшного мы пережили! Повозки, которым было приказано нас сопровождать, на совершенно ровном месте кидало в разные стороны; несмотря на подложенные камни, они не могли устоять на одном и том же месте. Мы видели, как море отходит назад; земля, сотрясаясь, как бы отталкивала его. Берег явно продвигался вперед; много морских животных застряло в сухом песке. С другой стороны черная страшная туча, которую прорывали в разных местах перебегающие огненные зигзаги; она разверзалась широкими полыхающими полосами, похожими на молнии, но большими.

Тогда тот же испанский знакомец обращается к нам с речью настоятельной: «Если твой брат и твой дядя жив, он хочет, чтобы вы спаслись; если он погиб, он хотел, чтобы вы уцелели. Почему вы медлите и не убегаете?» Мы ответили, что не допустим и мысли о своем спасении, не зная, жив ли дядя. Не медля больше, он кидается вперед, стремясь убежать от опасности.

<...> Вскоре эта туча опускается к земле и накрывает море. Она опоясала и скрыла Капри, унесла из виду Мизенский мыс. Тогда мать просит, уговаривает, приказывает, чтобы я убежал: для юноши это возможно; она, отягощенная годами и болезнями, спокойно умрет, зная, что не была причиной моей смерти. Я ответил, что спасусь только вместе с ней; беру ее под руку и заставляю прибавить шаг. Она повинуетя неохотно и упрекает себя за то, что задерживает меня.

Падает пепел, еще редкий. Я оглядываюсь назад: густой черный туман, потоком растилающийся по земле, настигал нас. «Свернем в сторону, — говорю я, — пока видно, чтобы нас, если мы упадем на дороге, не раздавила идущая сзади толпа». Мы не успели оглянуться — вокруг наступила ночь, не похожая на безлунную или облачную: так темно бывает только в запертom помещении при потушенных огнях. Слышны были женские вопли, детский писк и крик мужчин; одни окликали родителей, другие детей или жен и старались узнать их по голосам. Одни оплакивали свою гибель, другие гибель близких; некоторые в страхе перед смертью молили

о смерти; многие воздевали руки к богам; большинство объясняло, что нигде и никаких богов нет и для мира это последняя вечная ночь. Были люди, которые добавляли к действительной опасности вымышленные, мнимые ужасы. Говорили, что в Мизене то-то рухнуло, то-то горит. Это была неправда, но вестям верили. Немного посветлело, но это был не рассвет, а отблеск приближавшегося огня. Огонь остановился вдали; опять темнота, опять пепел, густой и тяжелый. Мы все время вставали и стряхивали его; иначе нас засыпало бы и раздавило под его тяжестью. Могу похвалиться: среди такой опасности у меня не вырвалось ни одного стога, ни одного жалкого слова; я только думал, что я гибну вместе со всеми и все со мной, бедным, гибнет: великое утешение в смертной участи. Туман стал рассеиваться, расходясь как бы дымным облаком; наступил настоящий день и даже блеснуло солнце, но такое бледное, какое бывает при затмении. Глазам все еще дрожавших людей все предстало в измененном виде; все, словно снегом, было засыпано толстым слоем пепла. Вернувшись в Мизен и кое-как приведя себя в порядок, мы провели тревожную ночь, колеблясь между страхом и надеждой. Осилит страх: землетрясение продолжалось, множество людей, обезумев от страха, изрекали страшные предсказания, забавляясь своими и чужими бедствиями. Но и тогда, после пережитых опасностей и в ожидании новых, нам и в голову не приходило уехать, пока не будет известий о дяде*.

ПОСЛЕДСТВИЯ

Шестая и самая мощная волна пеплопада накрыла корабль в гавани, так что у Плиния Старшего не было шансов спастись. Позднее суда вернулись в Помпеи и нашли ученого мертвым: по-видимому, он задохнулся от пепла или вулканической пыли. Плиний стал одной из многих тысяч жертв: мало кому из 20 000 жителей Помпеев удалось спастись. Город был похоронен так глубоко — почти под 20-метровым слоем пепла, — что его забросили и со временем забыли (рис. 1.2). Помпеи обнаружили только в 1748 г., когда при постройке колодца нашли первые за почти 1700 лет следы города. Сейчас практически

* Там же. Письмо 20. С. 108–110.



Рис. 1.2 Развалины Помпеев. На заднем плане Везувий. Источник: Wikimedia Commons

весь он раскопан, и перед нами открылось замечательное окно в жизнь Римской империи. Хорошо сохранились не только дома и природные объекты: фрески на стенах сияют первоначальными яркими цветами, мозаичные панно целы, а предметы из негорючих материалов остались на удивление невредимыми. Самое поразительное открытие — полости в отложениях пепла, заполненные воздухом. Когда эти полости залили гипсом, ученые увидели тела римлян (и их собак), задохнувшихся от газов, свернувшихся в позу эмбриона или уткнувших лицо в землю и погребенных в пепле (рис. 1.3). Тела их испарились и исчезли, но полости сохранились.

Раскопать Геркуланум оказалось труднее: его покрывал 23-метровый слой твердых отложений вулканических грязевых потоков. Несмотря на то что город нашли еще в 1709 г., а раскопки начали в 1738-м, он до сих пор раскрыт миру только частично. В отличие от Помпеев, Геркуланум был небольшим прибрежным курортным поселением, насчитывающим примерно 5000 человек. О богатстве свидетельствуют виллы, найденные украшения и другие артефакты. Как и в Помпеях, археологи обнаружили полости от исчезнувших тел, а также



Рис. 1.3 Гипсовые слепки тел, замурованных в пепле в Помпеях. Источник: Shutterstock

300 скелетов — по ним видно, в каких позах людей застала смерть. Большинство из них найдены в помещениях у берега, где люди ожидали спасения, но были убиты вулканическими газами и высокой температурой, а затем погребены под осадениями.

После того как Везувий в 79 г. стер Помпеи и Геркуланум с карты (а позднее также из памяти римлян), он еще долго оставался активным. Серьезное извержение произошло в 203 г., затем в 472-м, когда пепел достиг даже Константинополя. Вулкан извергался и в последующие столетия, а в 1906 г. крупные потоки убили свыше 100 человек. Он снова проснулся в 1944 г., уничтожив множество деревень, а кроме того, 88 американских бомбардировщиков B-25 Mitchell, которые участвовали в высадке союзников в Италии*. Последние 80 лет гора над

* Самолеты в момент извержения вулкана находились на аэродроме близ Помпеев, где они базировались. Это непоправимое повреждение бомбардировщиков от стихии стало самой крупной небоевой потерей союзников во Второй мировой войне. — Прим. ред.

Неаполем относительно спокойна, однако история Везувия показывает, что он по-прежнему является одним из самых активных и опасных вулканов планеты. При этом на его склонах проживает более миллиона человек, а около подножия — свыше 3 млн, так что следующее извержение, если оно будет сколь-нибудь похоже на событие 79 г., принесет гораздо больше смертей.

История Везувия и Помпеев мало чем отличается от других крупных вулканических катастроф. Ее выделяют наблюдения Плиния Старшего и его племянника, сделанные во время извержения. Вместо того чтобы считать событие актом божественного возмездия, оба подошли к нему с научной точки зрения, постаравшись описать его как природное явление. Это вполне согласуется со знаменитой 37-томной «Естественной историей», созданной Плинием Старшим — одним из первых энциклопедических естественно-научных трудов. Сравнение столба пепла с пинией и рассказ Плиния Младшего о последующих стадиях извержения — самое раннее подробное, достоверное с научной точки зрения, а не мифологическое, описание извержения вулкана. Таким образом, отчеты двух Плиниев (один из которых при этом погиб) знаменуют собой начало естественно-научных наблюдений за земными процессами — то есть зарождение специальной сферы знаний, которую мы сейчас называем геологией.

САМОРОДНАЯ МЕДЬ

Мы скооперировались с одной крупной голливудской киностудией и снимаем фильм под названием «Медь». Действие происходит на Марсе в XXIV веке. К этому моменту в мире уже 27 миллиардов людей, и самым ценным металлом является медь, потому что все работает на электричестве, а углеводороды больше не сжигаются.

Роберт Фридланд

ПОЯВЛЕНИЕ ЛЕДЯНОГО ЧЕЛОВЕКА

19 сентября 1991 г. два немецких туриста, путешествовавшие по австрийским Альпам, сошли с обозначенной тропы, срезав путь. На высоте 3210 м они заметили какой-то темный предмет, вмерзший в лед. Сначала они приняли его за мусор, оставшийся от предыдущих альпинистов, но когда приблизились, увидели: изо льда торчат голова и туловище человека. Тело настолько хорошо сохранилось, что сначала туристы, а позже коронер и полиция подумали, что это жертва недавнего преступления или заблудившийся и погибший путник. Это действительно оказался заблудившийся путник, однако несчастный случай произошел давно. Когда в местном морге осмотрели одежду и тот инструмент, что был при мертвеце, стало понятно: туристы наткнулись на мумифицированное тело древнего человека. Позднее специалисты установили — он жил примерно 5300 лет назад. Поскольку обнаружили его в долине Эцталь, мумия получила прозвище Ледяной



Рис. 2.1 (А) Ледяной человек Этци и (В) его топор с медным лезвием. Источник: Wikimedia Commons

человек Этци* (рис. 2.1). Одежда и оружие Этци дали нам ценные сведения о культуре людей в эпоху, когда медные инструменты заменили собой каменные.

В начале своей эволюции люди изготавливали оружие и инструменты из камней — например, из кремня и обсидиана. Исторический период, когда гоминиды сделали этот шаг в своей культуре, называют каменным веком; он начался свыше 2 млн лет назад. Его первый период — палеолит (древнекаменный век), а последний — неолит (новокаменный век). Однако у каменных орудий есть свои ограничения: они хрупкие, по сравнению с металлическими им сложнее придавать какую-либо форму. Медные орудия стали первой вылазкой человечества из каменного века, этот период нарекли энеолитом, или медным

* Оригинальные немецкие названия Ötztal и Ötzi.

веком. Затем последовали инструменты и оружие из бронзы — сплава меди с оловом, начался бронзовый век. Эти металлы позволили изготавливать более легкие и острые орудия, которые лучше держали заточку. У войск с металлическими мечами и наконечниками копий было большое преимущество перед противниками; так появились великие империи, основанные на использовании металлов. Кроме того, металлические инструменты тесно связаны с оседлым образом жизни сельскохозяйственных поселений. Безусловно, металл облегчал жизнь в этих сообществах, однако для его поиска требовалось больше навыков и ресурсов. Каменные орудия можно подобрать практически где угодно, а вот обработка металлов — особое умение, которое можно освоить только в крупных сообществах, где есть мастера, занимающиеся этим делом, и торговые связи, позволяющие получать сырье.

В отличие от большинства химических элементов, медь встречается в чистом виде (это же характерно для золота, серебра, серы и углерода в форме графита). Самородная медь часто существует в виде огромных кристаллов (рис. 2.2). В мире известно несколько природных месторождений меди: например, Верхний полуостров Мичигана, откуда ледники часто перемещали металл по Среднему Западу Соединенных Штатов. Некоторые ранние медные инструменты изготавливали из чистой самородной меди, которую можно было обрабатывать простой холодной ковкой. Культуры, использовавшие орудия труда из самородной меди, существовали минимум 11 000 лет назад, а найденному на Ближнем Востоке медному украшению в форме подвески — 10 700 лет. Следующий шаг относится к моменту, определяемому как 7500 лет назад: в Сербии был обнаружен топор, сделанный из меди, которую очистили с помощью плавки.

Медный век оказался переходным периодом между каменным веком и бронзовым и в разных регионах приходился на разное время: примерно 4800 лет назад в Китае, 5000 лет назад в Шумере и Египте, 4280 лет назад в Северной Европе и, возможно, 5000 или даже 8000 лет назад в северном Мичигане. Ледяной человек Этци нес самое ценное свое имущество — топор с медным лезвием, состоявшим из меди чистотой в 99,7%. В его волосах обнаружено много мышьяка, а это позволяет предположить, что при жизни Этци занимался выплавкой меди. Европейская культура боевых топоров доминировала во многих регионах примерно 7500–5300 лет назад, а затем на Ближнем Востоке начали производить гораздо более прочные бронзовые



Рис. 2.2 Самородная медь. Источник: Shutterstock

орудия (для которых сплавляли медь и олово). Так начался бронзовый век. Однако спрос на медь сохранился, ведь она основной компонент бронзы.

МЕДНЫЙ ОСТРОВ

В Античности медь все еще широко использовалась, хотя к тому времени уже научились очищать железо и другие металлы. Греки именovali медь словом *χαλκός* (халькос); ее добывали всего в нескольких регионах Средиземноморья. Римляне называли медь *aes Сурgium* — «металл с Кипра», потому что в то время именно этот остров был крупнейшим ее месторождением. Отсюда появилось латинское слово *сurgum*, обозначающее медь, которое позже использовали алхимики, и химическое сокращение для этого металла — *Сu*. В Античности Кипр считался «островом меди».

По сути, в древности Кипр был важным местом не только из-за своего стратегического положения в восточном Средиземноморье, но и из-за богатых минеральных ресурсов. Есть свидетельства того,

что культуры охотников-собирателей существовали на острове более 12 000 лет назад, и на Кипре же обнаружены некоторые из самых старых все еще используемых колодцев: им 10 500 лет. Древние племена, по-видимому, способствовали исчезновению здешних млекопитающих ледникового периода, таких как карликовые бегемоты и карликовые слоны (для Кипра, как и для других островов, например Мадагаскара и Крита, характерна островная карликовость — постепенное уменьшение размера животных тех или иных видов). Могилы людей и их домашних кошек на Кипре относят примерно к 9500-м гг. до н. э., то есть они старше всех египетских мумифицированных кошек. Крупное неолитическое поселение Хирокития появилось примерно 8800 лет назад, и это один из старейших, хорошо сохранившихся памятников неолита.

В течение нескольких последующих тысячелетий Кипр захватывали почти все державы Древнего мира — в первую очередь ради меди. Около 1400 г. до н. э. здесь появились представители микенской цивилизации; вторая волна вторжения произошла в середине XI в. до н. э., когда эта греческая культура таинственным образом исчезла в других местах. Кипр играл важную роль также в микенской и в греческой мифологии. Считается, что здесь на берегу из морской пены родилась Афродита, здесь же появился и Адонис. Именно на Кипре легендарный скульптор Пигмалион создал свой шедевр — Галатею, которую боги в награду мастеру превратили в настоящую женщину. Киприотом был основоположник стоической философии Зенон из Китиона, который около 300 г. до н. э. принес идеи стоицизма в Афины.

К VIII в. до н. э. на южном побережье Кипра появились финикийские колонии, использовавшие для вывоза ценной меди из рудников всю мощь финикийской морской торговой державы. В 708 г. до н. э. остров завоевала Ассирийская империя; затем ассирийцы уступили его египтянам, которых в 545 г. до н. э. сменили персы. Во время Ионийского восстания греческих городов, начавшегося в 499 г. до н. э., жители острова тоже поднялись против Персидской империи: их предводителем был Онесил, царь города Саламин. Восстание подавили, однако остров остался в основном греческим по культуре и в значительной степени автономным. Греки на острове приветствовали появление Александра Македонского, изгнавшего персов в 333 г. до н. э. Когда Александр умер и его царство было разделено между его полководцами, Кипр стал частью эллинистического птолемеевского Египта. Наконец, в 58 г. до н. э. на остров вторглись римляне, и он оставался

частью Римской империи (а позже ее преемницы — Византийской империи) до тех пор, пока английский король Ричард Львиное Сердце не захватил его во время Третьего крестового похода в 1191 г. Ричард использовал Кипр как базу для своих попыток завоевать Святую Землю, а позже продал остров рыцарям-тамплиерам, которые в свою очередь перепродали его бывшему королю Иерусалима Ги де Лузиньяну. После смерти последнего короля из династии Лузиньянов в 1473 г. остров перешел под контроль Венеции; так продолжалось до 1570 г., когда полномасштабное вторжение 60-тысячной османской армии отдало Кипр под власть мусульман. Несмотря на то что на протяжении истории Кипром правили многие народы, кровавые времена в его судьбе в значительной степени основывались на противоречиях между его древней греческой культурой и более поздней мусульманской культурой, доминировавшей после османского завоевания. В 1974 г. остров был разделен надвое: на северо-востоке появилась Турецкая Республика Северного Кипра (признанная только Турцией), в то время как в Республике Кипр на юго-западной части острова преобладает греческая культура.

СЛАЙС ОКЕАНА*

Что сделало Кипр самым богатым источником меди в античном мире, превратив его в цель стольких сражений и вторжений? Медь собирали на острове еще 6000 лет назад: почти чистая медь просто лежала на земле. Но этих залежей надолго не хватило, и вскоре первые жители острова нашли источник происхождения этой поверхностной меди — офиолиты гор Троодос в центральном Кипре.

Термин «офиолит» для описания специфических горных пород, найденных в Альпах, предложил в 1813 г. выдающийся французский естествоиспытатель Александр Броньяр. Слово происходит от греческого ὄφις («змея»), поскольку такие образования, в основной своей части возникшие как лавы черных базальтов на морском дне, напоминали гладкую и блестящую змеиную кожу. Затем они метаморфизовались, сохранив при этом сходство с кожей змеи, и получили название серпентинитов (на этот раз от латинского обозначения

* Слайс — пластина океанической коры, срезанная пологими тектоническими нарушениями и надвинутая на континент. — *Прим. науч. ред.*

змеи — *serpens*). Офиолиты были обнаружены на Кипре в 1968 г., а затем и в других местах — таких, например, как Греческая Македония и Оман. Они всегда образовывали странную, но предсказуемую последовательность пород. Верхняя часть толщи была сложена океаническими осадками, которые подстилались лавами, формировавшимися в виде пухлых выпуклостей, отсюда их название — «подушечные лавы» (рис. 2.3А). В то время никто не знал их происхождение, но сегодня мы можем наблюдать, как они всякий раз образуются при подводных извержениях. Если вы введете словосочетание «извержение подушечных лав»* в любой поисковой системе, то найдете много видео этих бурных выбросов. По мере того как подводный лавовый поток продвигается под толщей океана, всё новые порции горячей лавы прорываются через трещины в остывающей затвердевшей внешней оболочке, вытекая наружу, словно из тубика с горячей зубной пастой (рис. 2.3В). В результате закалки и охлаждения морской водой эти частицы докрасна раскаленной лавы мгновенно превращаются в холодную и черную породу с шаровыми или подушечными формами.

Непосредственно под слоями подушечных лав находились массивы сближенных вертикальных плит застывшей лавы, известные как пластинчатые (или параллельные) дайки (рис. 2.4). В течение десятилетий никто не знал причины их образования, но со временем геологи поняли, что они представляют собой тела заполнения застывшей лавой гигантских вертикальных трещин в земной коре. Магма вытекала через такие трещины, питая подушечные лавы, а затем быстро застывала и охлаждалась в них с образованием вертикальных лавовых «ребер» — тех самых пластинчатых даек. Под подушечными лавами и пластинчатыми дайками располагались древние магматические камеры с застывшей магмой, заполненные породами, известными как расслоенные, или полосчатые, габбро**, которые имеют тот же химический и минералогический состав, что и вышележащие базальты. Расплав, давший начало этим породам, медленно остывал в магматической камере, а не извергался в виде лавы, поэтому слагающие ее кристаллы оказывались намного крупнее, чем в вулканических породах. Наконец, многие офиолитовые комплексы в своих нижних слоях

* Англ. pillow lava eruption. — Прим. ред.

** В переводе с латыни gabbro — «ровный», «гладкий». — Прим. ред.

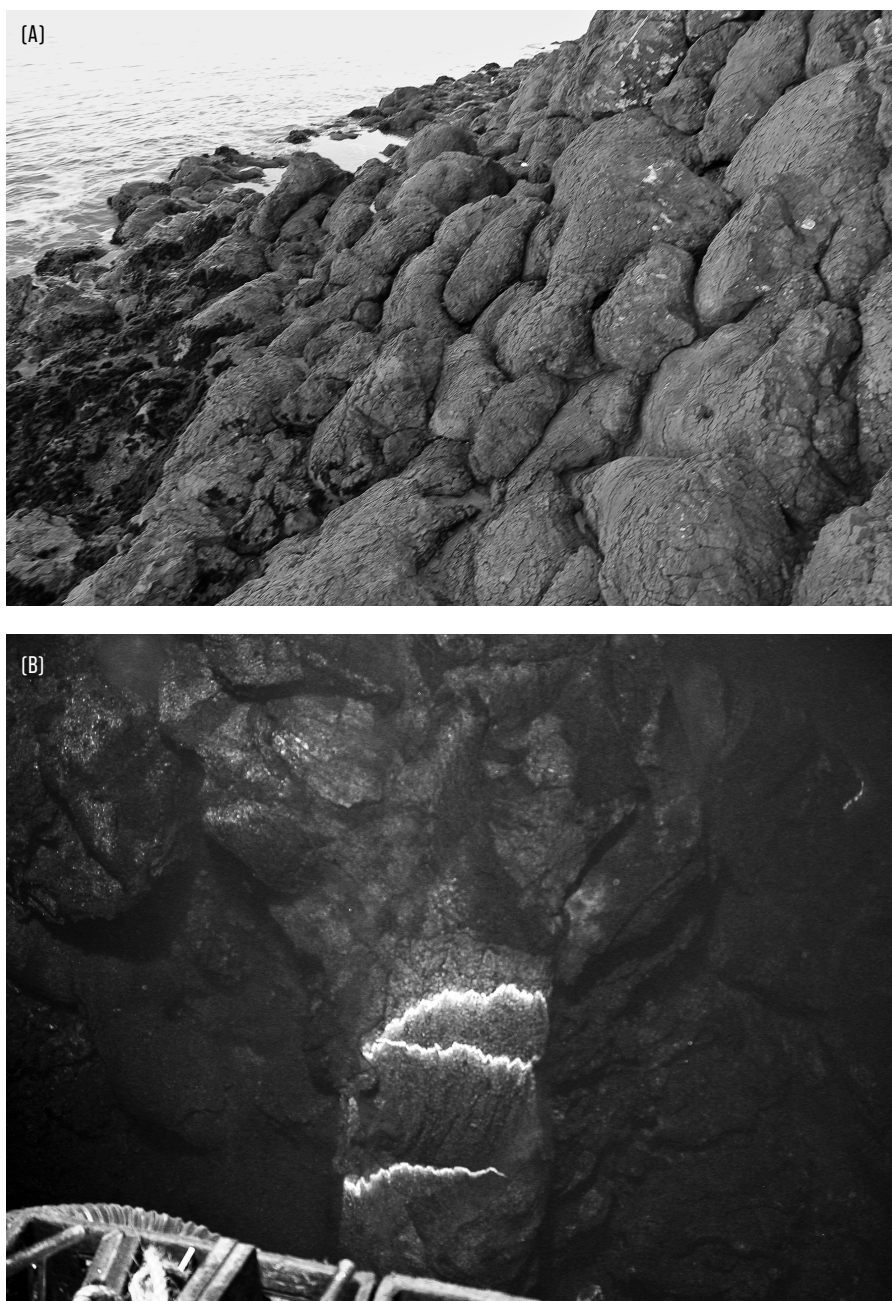


Рис. 2.3 (А) Подушечные лавы, образованные подводными извержениями, к западу от пирса поселка Порт-Сан-Луис (Калифорния). Фото автора. (В) Подушечные лавы, извергающиеся под водой.

Источник: Wikimedia Commons



Рис. 2.4 Пластинчатые (параллельные) дайки на Кипре. Источник: Wikimedia Commons

содержали перидотиты — породы, которые, как мы теперь знаем, представляют собой пластины-слайсы (слои) верхней мантии.

Таинственные офиолитовые породы Кипра и других областей были закартированы и описаны более 150 лет назад, но, повторяю, никто не мог объяснить, как образовались такие любопытные породные ассоциации. Ответ появился только в конце 1960-х гг. благодаря революционной концепции тектоники плит (о чем подробно пойдет речь в главе 8 и далее). Геологи начали понимать, что, когда дно океана расширяется за счет раздвижения океанических плит в стороны от оси срединно-океанического хребта, естественным продуктом такого процесса (спрединга) оказываются офиолиты (рис. 2.5). Верхняя часть расширяющейся коры должна состоять из подушечных лав, образующихся магмой, достигшей морского дна и застывшей под толщей воды. Под этими лавами будут располагаться вертикальные трещины, получившиеся в результате горизонтального раздвижения коры и заполнявшиеся лавой с образованием пластинчатых даек. А источником всего этого вулканического материала являлись глубоко расположенные магматические камеры с расслоенными габбро; некоторые офиолиты, встречающиеся еще ниже, могут содержать даже слайсы верхней мантии.