

М.Д. Рукин, А.З. Славинский, Н.А. Ясаманов

Живой пульс Земли

- Землетрясения:
мифы, гипотезы,
реальность, прогнозы
- Вулканы
- Цунами

МОСКВА 2003

Российская Академия Космонавтики им. К.Э. Циолковского
Московский завод «Мосизолятор»
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

М.Д. РУКИН, А.З. СЛАВИНСКИЙ, Н.А. ЯСАМАНОВ

ЖИВОЙ ПУЛЬС ЗЕМЛИ

УДК 550.348

ISBN 5 – 93109 – 010 – X

Рукин М.Д., Славинский А.З., Ясаманов Н.А. Живой пульс Земли

Москва, Изд-во ООО «Хлебплонднформ», 2003 – 246 с

Эта книга рассказывает о биении живого пульса Земли, о катастрофических землетрясениях с древнейших времен до наших дней, от древнейших легенд и мифов до классических и нетрадиционных гипотез прогноза землетрясений

В частности, приведена авторская разработка, позволившая предсказать в декабре 1996 г Иранское (10 мая 1997 г) и Японское (13 мая 1997 г) крупнейшие землетрясения

Инициатор этой публикации, один из ее авторов Рукин М.Д., выражает признательность спонсору и редактору издания д-ру, Президенту РАО «Роснефтегазстрой», вице-президенту Российской Академии Экологии, проф. Мазуру И.И., доцентам Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Алексееву Б.А. и Солнцеву В.Н., д-ру, начальнику Управления по связям с общественностью и СМИ РАО «Роснефтегазстрой» Мелконяну Р.Г. за помощь и содействие в подготовке издания

Библиогр. 25 названий. Ил. 45. Таблиц 5.

Под общей редакцией проф. И.И. Мазура

Издательство ООО
«Хлебплонднформ»,
Москва 2003 Лицензия
Министерства печати
№ 071 688 от 18 июля 1998 г

© Рукин М.Д.

© Славинский А.З.

© Ясаманов Н.А.

ISBN – 5 – 93109 – 010 – X

ДЛЯ ЧЕГО ЭТА КНИГА НУЖНА КАЖДОМУ?

В мире нет ничего постоянного. Древнегреческому философу принадлежит ставшее крылатым выражение «Все течет, все изменяется». И в этом выражении заложена глубокая философская мысль. Одни изменения, как кажется нам, происходят весьма медленно. Другие — быстро и стремительно развиваются. Внезапно налетает сильный шквалистый ветер, и в мгновение ока буря меняет привычный нам ландшафт. Трещат и ломаются деревья, срываются крыши домов, в воздух поднимаются мелкие предметы.

Большие разрушения производят смерчи как на суше, так и на море. Точно так же быстро разыгрывается шторм в открытом океане, принося смерть людям и губя суда. Водой затапливаются и смываются целые поселки и города.

Такие быстрые катастрофические явления всем понятны. Ведь атмосфера и гидросфера находятся в вечном движении, а изменения, которые происходят, видимы и хорошо знакомы человеку. Только движения земной коры бывают иногда неуправляемы. Ведь по отношению к атмосфере и гидросфере земная кора оказывается твердой, устойчивой и незыблемой. Но это ощущение кажущееся. Земная кора живет своей жизнью, по своим законам, которые пытаются разгадать геологи и геофизики.

Надо отметить, что незыблемость и прочность «земной тверди» — одно из самых распространенных и длительно существующих заблуждений человека. И это мнение укоренилось, несмотря

на то, что временами в древности люди становились свидетелями буйства земной коры, когда в течение нескольких минут неожиданно разрушались и уничтожались творения человека, не говоря уже о перемещениях крупных масс горных пород.

Долгое время эти «художества» приписывались божественному гневу или потусторонним темным силам. Постепенно люди стали анализировать природные явления и пытались найти правильные ответы на причины их возникновения. Ведь земная поверхность в определенных участках континентов вздымалась, колебалась, вибрировала, раскалывалась. От таких действий возникали глубокие трещины, протягивающиеся на многие километры. Под действием подземных сил гигантские пласты горных пород вспучиваются или, наоборот, проседают. В одних местах рушатся города и села, исчезают или возникают новые озера. В горах эти движения сопровождаются страшными по действию и масштабам обвалами и камнепадами. Не остаются в стороне моря и океаны. Во время перемещения морского дна возникают высокие и труднопредсказуемые волны цунами.

Эта грозная геологическая сила названа землетрясением. Причем глагол «трястись» весьма правдоподобно описывает, что происходит с земной поверхностью. Она как бы вздымается, вибрирует, колеблется и, наконец, не выдержав, начинает раскалываться, покрываясь сетью мелких и крупных трещин. Такие действия продолжаются несколько десятков секунд, реже несколько минут, но влекут за собой катастрофические последствия и человеческие жертвы. Сила землетрясений бывает разной. Слабые колебания могут не ощущаться человеком, другие, более сильные, беспокоят людей, и под их действием в домах начинают раскачиваться люстры. Такой силы землетрясения не приносят какого-либо ущерба. Тем более, что многие из них определяются только точными приборами. Но самые сильные землетрясения несут с собой разрушения и гибель.

Каждый, кто хоть раз пережил даже не очень сильное землетрясение, на всю жизнь запомнил панический ужас, который

охватывает людей при этом геологическом явлении. Ведь сама земля, на которой мы стоим и перемещаемся, строим дома и дороги, вдруг взрывается, проседает и ускользает из-под ног, а из глубины доносится все нарастающий грохот. Выдающийся немецкий естествоиспытатель Александр фон Гумбольдт, который немало путешествовал, в том числе и по России, и повидал многое, в своей книге так охарактеризовал стихию землетрясений: «С раннего детства мы привыкаем считать незыблемой почву, на которой стоим... Но когда вдруг она начинает колебаться, перед нами неожиданно выступают таинственные неведомые силы природы, движущие землю. Одно мгновение разбивает иллюзию всей прежней жизни...» Перед такой силой стихии человек чувствует себя маленьким и полностью беспомощным.

Но вот более полное описание ощущений и впечатлений от одной из сильнейших катастроф нашего века, от землетрясения, происшедшего 27 марта 1964 г., сделанное американским журналистом и опубликованное в книге «Геологические стихии»: «...Я выбежал на улицу и увидел, что дом, в котором я жил, раскачивался из стороны в сторону, корчился и стонал. Бетонные блоки стен с визгом терлись друг о друга и вываливались наружу и внутрь квартир. Земля вспучивалась, высокие деревья падали как подкошенные... Я устремился к тому месту, где, как мне казалось, буду находиться в безопасности, но увидел, что за мной гонится открытая трещина с рваными краями. Куски земли непонятной формы двигались вверх и вниз, наклоняясь под всевозможными углами. Полуразрушенный дом вдруг быстро пополз на меня. Я начал перелезать через забор, но забор неожиданно провалился сквозь землю вместе со мной. Глыбы земли поднялись и начали расти, словно уродливые грибы с огромными шляпками. Подо мной открылась новая трещина, и я рухнул в нее. Со всех сторон падали куски кирпича, обломки досок, груды камней... Когда все кончилось, я выбрался на поверхность и увидел вокруг странный угловатый ландшафт, который напоминал мне первозданный хаос».

«Ожила, восстала мертвая материя и, торжествуя в слепой и глупой силе своей, жестоко мстит человеку за его победы над нею, хочет навсегда испугать его и обессилить непокорный враждебный дух — пятую стихию, самую великую, наиболее богатую творчеством...» — так Максим Горький описал свои впечатления о Мессинском землетрясении (Южная Италия), которое произошло в 1908 г. Во время этого землетрясения погибло более 30 тыс. человек.

Одному из авторов не раз приходилось становиться свидетелем землетрясений. Ни одна из этих встреч не была, к счастью, таким сильным стихийным бедствием, как описанная американским журналистом. Но каждое из этих событий оставило свои неизгладимые впечатления. Даже небольшие по силам толчки, когда колебалась почва под ногами, выводили из привычного ритма. «Во время землетрясения силой около 4—5 баллов на Байкале, которое произошло ночью, какая-то неведомая сила подбросила меня на кровати, и я проснулся от ощущения полета, но быстро пришел в себя, после того как оказался на полу. Находясь в спальном мешке, долго раздумывал и потешался над собой из-за нерасторопности и странного положения. Но последовал новый толчок, и на моих глазах на почве стали разбегаться трещины. Утром более крупные трещины я обнаружил и на стенах одноэтажного домика, в котором провел ночь».

Более сильные впечатления сохранились от отголоска Спитакского землетрясения 1988 г. Я находился примерно в 100 км от Спитака в городе Рустави, куда приехал прочесть лекции. Не успел я выйти из машины и пройти несколько метров, как почувствовал странный дискомфорт. Меня покачивало, а деревья и здания как бы колебались, и кроме того, странная дымка находилась в воздухе. Первая мысль — о собственном здоровье. Неужели так происходит с людьми в предынсульном состоянии? Чтобы не упасть, делаю два шага и прислоняюсь к дереву. Вдруг новый, более сильный толчок, и меня начинает покачивать вместе с деревом. Из машины выскакивает водитель, который кричит, что

машина почему-то все сильнее раскачивается. И только тут осеняет мысль, что это очень сильное землетрясение. Последовал новый сильный толчок, и вижу, что из близлежащих домов с ужасом выскакивают люди. Как оказалось, все три толчка последовали друг за другом с интервалом 40—50 секунд. Как только толчки прекратились, тяжело было входить в помещение. Но надо было как-то успокоить людей. Пришлось рассказывать о землетрясениях и причинах их возникновения. Но при этом внимательно следить за люстрой. Она все время покачивалась, так как происходили толчки все более слабеющие. Это придавало надежду, что новые, очень сильные толчки вряд ли последуют. Тем более, что амплитуда покачивания не увеличивалась. Спустя несколько часов мы узнали, что страшное по своей силе и разрушительным последствиям землетрясение случилось в Армении, а его эпицентр находился в г. Спитаке. Через несколько дней я побывал на месте землетрясения и увидел все его трагические последствия».

Землетрясения являются наиболее грозными природными катастрофами. Они превосходят все остальные стихийные бедствия по числу жертв, размерам ущерба и площади охваченных территорий. Как и в прошлом, сегодня более половины всего человечества живет в сейсмически активных областях, т.е. в районах, где систематически происходят разрушительные землетрясения. Поэтому очень важно знать, как вести себя во время землетрясения, какие предусмотреть меры защиты от них и как преодолеть психологический фактор. Ведь психический синдром боязни землетрясений очень велик, и он устойчиво сохраняется весьма длительное время. Особенно сильное воздействие на психику людей оказывает тот факт, что землетрясения зарождаются в недрах земли, процесс этот протекает незаметно, но неожиданно, словно луч света или молния, толчок достигает земной поверхности и буквально за считанные секунды оставляет за собой опустошенные участки и десятки и сотни, а порой и тысячи погибших.



Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 г.
Разрушение зданий в г. Ленинакане.

Фото А.М. Мелетьева



Разрушенный жилой дом
(г. Спитак, Армения, 1988).

Фото А. М. Мелентьева

По некоторым неуточненным данным, за время с начала цивилизации на Земле от землетрясений погибло более 150 млн. человек. Количество землетрясений, которые в той или иной мере были зафиксированы за исторический период, составляет около 4,5 млн. Но год на год не приходится: землетрясения в течение года могут быть частыми, но число жертв бывает не слишком велико. Но в иные годы, число жертв превосходит все мыслимые величины. Таким страшным в истории человечества был год 1976-й г. Он был даже назван «годом катастрофических землетрясений». Число жертв в этом году превысило 0,5 млн. человек. Последующие годы не были столь обильны на катастрофические землетрясения. В 1977 г. погибло 2800 человек, в 1979-м — 1480, а вот в 1980-м — уже 30 тыс. человек. В последующие годы число жертв вновь уменьшилось, но опять резко возросло в 1988 г., когда только во время землетрясения в Армении погибло 25 тыс. человек.

Казалось бы, что Европа не очень сейсмоопасный район по сравнению с Японией, Ираном или Турцией, но за 25 лет — с 1953-го по 1978 г. — только в Европе погибло 35 тыс. человек. Приведенные данные показывают, насколько сильны землетрясения и какие пагубные последствия они имеют. Именно потому очень важно правильно и своевременно прогнозировать землетрясения, а также знать что надо делать во время этого трагического события.

Авторы постараются показать, как должны вести себя люди во время землетрясения. Для этого надо обладать элементарными знаниями о причинах возникновения землетрясений, особенностях их развития и о психологической подготовке людей, живущих в сейсмоопасных зонах.



ЛЕГЕНДЫ, МИФЫ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТЬ О КРУПНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРАСЕНИЯХ

ЛЕГЕНДЫ И МИФЫ О ДРЕВНИХ ЗЕМЛЕТРАСЕНИЯХ

Несмотря на религиозное, культурное и бытовое отличие, в мифологии разных народов наблюдается определенное сходство в представлениях о причинах возникновения землетрясений. Все они считали, что землетрясения возникают от движения какого-то реально существующего или мифического животного, гигантского по своим размерам и скрытно живущего в глубинах Земли. У древних индусов это был слон, у даяков Суматры — огромный вол. Древние японцы считали, что землетрясение производит сом, который, перемещаясь, сотрясает землю. (Японцы считали, что им покровительствует добрый бог, который держит под надзором сома, а не то земля бы тряслась непрерывно. Однако временами бдительность доброго духа утрачивалась, и тогда сом сотворял свое недоброе дело, принося смерть жителям Страны восходящего солнца).

Хорошо знали землетрясения и детально описывали их античные естествоиспытатели и философы. Ведь Древняя Греция и Древний Рим находились в зоне сильнейших землетрясений.

Большие потрясения испытывали люди в эпоху палеолита и неолита, в бронзовом и железных веках. Первые поселения располагались, как известно, в долинах крупных рек в наиболее

приспособленных для жизни местностях Средиземноморья, Передней и Средней Азии, в Китае, Индии, Центральной Америки. Но первые зоны земледелия древних людей удивительно точно совпадают с поясами разломов. Именно эти районы оказались наиболее сейсмоопасными и одновременно в их пределах возникли ранние рабовладельческие государства. Да и позднее локализация древних поселений опять-таки была приурочена к зонам разломов. Почему?

Людей всегда привлекали плодородные земли на побережьях рек. А ведь реки свои русла пробивают по наиболее ослабленным местам, каковыми и являются зоны разломов. Здесь земная кора обладает повышенной трещиноватостью и велики ее деформации. В зонах разломов наблюдается магматическая и вулканическая деятельность, функционируют горячие источники. В этих зонах располагаются многие месторождения полезных ископаемых.

Итак, первые цивилизации возникли и развивались в долинах крупнейших речных систем мира: Тигра и Евфрата, Нила, Инда и Ганга, Хуанхэ и Янцзы. Положение этих систем во многом определялось глубинными разломами, и, следовательно, первые цивилизации как бы «нанизаны» на глубинные разломы. Привлекательность этих регионов дисгармонировала с опасностью, и совпадение людских поселений с глубинными разломами становилось роковым. Разломы периодически оживали, и вдоль них прокатывались волны землетрясений, которые нередко завершались катастрофами.

По другой гипотезе, изложенной в научно-популярной книге «Целебные свойства камней и металлов», Земля представляет собой своеобразное кристаллическое образование с гранями, узлами и связывающими их геоэнергетическими линиями. О кристаллическом строении Земли говорится во многих древних источниках. Археологами найдены предметы, изображающие структурно-кристаллическую модель Земли в виде 12 правильных пятиугольников и 20 треугольников. В узлах каркаса кристалла

Земли расположены центры мировой культуры и религии, места с уникальной фауной и флорой, крупнейшие месторождения полезных ископаемых. Сопоставляя эти гипотезы, можно сделать заключение, что они не противоречат, а дополняют друг друга, и подтверждений сказанному мы встретим еще немало.

Аристотель считал, что землетрясения вызывает горячий воздух, который воспламеняет находящиеся в недрах горючие вещества. Страбон, хотя и весьма точно подметил, что приморские территории, в частности Средиземноморье, чаще подвергаются землетрясениям, чем те, которые находятся внутри континентов, тем не менее полагал, что землетрясения исходят из недр, вырываются какими-то неведомыми силами. Согласно представлениям Фалеса Милетского, землетрясения вызываются водой. Он полагал, что как лодка качается на морских волнах, так и земная твердь колеблется на подземных водах. Даже такой популярный в древности естествоиспытатель, как Плиний Старший, не смог найти правильное объяснение причин землетрясений.

И в то же время древние ученые довольно подробно и точно описывали землетрясения, очевидцами которых им случалось быть. Исходя из собственного опыта, они также точно интерпретировали свидетельства очевидцев. Так, например, Платон высказал в свое время легенду об Атлантиде, которая оказалась очень близкой к истине. Он пишет, что существовавший огромный остров Атлантида вместе с творениями древней цивилизации только за одну ночь погрузился в морскую пучину. Виной этому было, по его мнению, одно из самых крупных в истории человечества землетрясений. (В тибетских, недоступных для простых смертных, пещерах, как сообщает один из посвященных лам, до сих пор сохранились пятиметровые позолоченные мумии представителей погибшей высокоразвитой человеческой цивилизации.)

Становясь свидетелями страшных, опустошительных землетрясений, люди создавали легенды и мифы. Предлагаем читателям некоторые отрывки из таких древних мифов. При этом отмечаем, что современными исследованиями установлено, что во

многих случаях в мифах содержатся данные, отражающие конкретные исторические события, происходившие в далекой древности на нашей планете.

“ **з мифа** «Зевс свергает Крона. Борьба богов-олимпийцев с титанами»: «...Ужасные, громадные, как горы, вышли они из недр Земли и ринулись в бой. Они отрывали от гор целые скалы и бросали их в титанов. Сотнями петели скалы навстречу титанам, когда они подступили к Олимпу. Стонала земля, грохот наполнил воздух, все кругом колебалось... Огонь охватил всю землю, моря кипели, дым и смрад заволокли все густой пеленой...»

“ **з мифа** «Борьба Зевса с Тифоном»: «...Бурное пламя клубилось вокруг Тифона, и земля колебалась под его тяжелыми шагами. Боги содрогнулись от ужаса. Но смело ринулся на него Зевс-громовержец, и загорелся бой... Земля и небесный свод потряслись до основания. Ярким пламенем вспыхнула опять земля, как и во время борьбы с титанами. Моря кипели от одного приближения Тифона... Зевс испепелил Тифону все его сто голов. Рухнул Тифон на землю, от тела его исходил такой жар, что плавилось все вокруг. Зевс поднял тело Тифона и низверг в мрачный Тартар, породивший его. Но и в Тартаре грозит еще Тифон богам и всему живому. Он вызывает бури и извержения ... часто колеблет Тифон землю...»

“ **з мифа** «Олимп»: «...Разгневадается великий Зевс, и страшно подымутся волосы на голове его, глаза загорятся нестерпимым блеском; взмахнет он своей десницей — удары грома раскатятся по всему небу, сверкнет пламенная молния, и сотрясется высокий Олимп...»

“ **з мифа** «Посейдон и божества моря»: «...Глубоко в пучине моря стоит чудесный дворец великого брата громовержца Зевса Посейдона... Когда же взмахнет Посейдон своим грозным трезубцем, тогда, словно горы, вздымаются морские волны, покрытые белыми гребнями пены, и бушует на море свирепая буря. Бьются тогда с шумом морские волны о прибрежные скалы и колеблют землю...»

“ **з мифа** «Царство мрачного Аида (Плутона)»¹: «...Над всеми приведениями и чудовищами властвует великая богиня Геке-та... Она посылает ужасы и тяжкие сны на Землю и губит людей... Ужасно царство Аида, и ненавистно оно людям...»

“ **з мифа** «Аполлон»: «...Мать его Латона ... скитаясь по все-му свету, наконец укрылась на Делосе, носившемся в те вре-мена по волнам бурного моря. Лишь только ступила Латона на Делос, как из морской пучины поднялись громадные столбы и остановили этот пустынный остров. Он стал неизбежно на том самом месте, где стоит и до сих пор. Кругом Делоса шумело море...»

“ **з мифа** «Борьба Аполлона с Пифоном и основание Дель-фийского оракула»: «...Быстро достиг Аполлон мрачного ущелья, жилища Пифона. Кругом высились скалы, уходя высо-ко в небо. Мрак царил в ущелье. По дну его стремительно нес-ся, седой от пены, горный поток, а над потоком клубились ту-маны. Выполз из своего логовища ужасный Пифон... Скалы и горы дрожали от тяжести его тела и сдвигались с места. Ярост-ный Пифон все предавал опустошению, смерть распространял он вокруг...»

“ **з мифа** «Афина-Паллада»: «...Грозно потрясла она своим сверкающим копьем. Воинственный клич ее раскатился дале-ко по небу, и до самого основания потрясся светлый Олимп...»

“ **з мифа** «Фазтон» (по поэме Овидия «Метаморфозы»): «...Пламя от близко опустившейся колесницы охватывает зем-лю. Гибнут большие, богатые города, гибнут целые племена. Горят горы, покрытые лесом: двуглавый Парнас, тенистый Ки-ферон, зеленый Геликон, горы Кавказа, Тмос, Ида, Пелион, Осса. Дым заволакивает все кругом. ...Вода в реках и ручьях закипает... Кипят Евфрат, Оронт (в Сирии), Агфит (на западе Пелопоннеса), Эврот (в Лаконии), Спарта и другие реки. От

¹ Подземные боги олицетворяли главным образом грозные силы природы; они много древнее богов-олимпийцев.

жара трескается земля, и луч солнца проникает в мрачное царство Аида. Моря начинают пересыхать...

Тогда поднялась великая богиня Гея-Земля и громко воскликнула: «О, величайший из богов, Зевс-Громовержец! ...неужели должно погибнуть все живое? Смотри! Атлас едва выдерживает тяжесть неба. Ведь небо и дворцы богов могут рухнуть. Неужели все вернется в первобытный Хаос? О, спаси от огня то, что еще осталось!»

Зевс услышал мольбу богини Геи, грозно взмахнул десницей, бросил свою сверкающую молнию и ее огнем потушил огонь».

“ **з мифа** «Прометей» (изложен по трагедии Эсхилла «Прикованный Прометей»): «...Непреклонным остался гордый титан. Разве могло что-нибудь утратить его сердце? Вдруг задрожала земля, все кругом потрясло, раздалась оглушительные раскаты грома и сверкнула нестерпимым светом молния. Забушевал неистово черный вихрь. Словно громады гор, поднялись на море пенистые валы. Заколебалась скала. Среди рева бури, среди грома и грохота землетрясения раздался ужасный вопль Прометея... Рухнула со страшным грохотом скала с прикованным к ней Прометеем в неизмеримую бездну...»

“ **з мифа** «Геракл на сужбе у Эврисфея»: «...Протянул Геракл Тесею руку и освободил его. Когда же он хотел освободить и Перифоя, то дрогнула земля...»

“ **з мифа** «Кекрон. Эрихтоний и Эрихтей»: «...Однажды Афина отлучилась из своего святилища на Акрополе, чтобы принести от Паллены гору, которую она решила поставить у Акрополя для его защиты... Страшно разгневалась Афина, бросила она гору и в мгновение ока явилась в свое святилище на Акрополе... Гора же, которую бросила Афина, так и осталась на том месте, где сообщила богине ворона о проступке дочерей Кекрона...»

“ **з мифа** «Симплегады» (Сталкивающиеся скалы)²: «...Быст-

² Находились, по представлению греков, при входе в Черное море.

ро несся «Арго» по волнам моря. Вдруг послышался впереди отдаленный шум. Все яснее и громче этот шум. Он похож на рев приближающейся бури, временами заглушаемый как бы раскатами грома. Вот показались и Симплегадские скалы. Герои видели, как расходятся и снова со страшным грохотом ударяются друг о друга скалы. Море вокруг них клокотало, брызги высоко взлетали при каждом столкновении скал. Когда же вновь расходились скалы, то волны меж ними неслись и кружились в неистовом водовороте... Вот поднялась еще волна, высокая, подобная горе; она обрушилась на Арго, и закружился он, как утлый челн. Гибель неминуема... Снова разошлись скалы и остановились, навеки недвижимые, по сторонам пролива...»

“ **з мифа** «Возвращение аргонавтов»: «...По пути от Крита к Греции герой Эфрем уронил комок земли, данный ему Тритоном, в море, и из этой глыбы образовался остров, названный аргонавтами Каллистой. Этот остров впоследствии заселили потомки Эфрема, и стал он называться «Ферой»³.

“ **з легенды** Маори «Нгаторо»: «...Вот почему, говорят старики, духи огня бушевали под землей и вырывались на свет в Роторуа и в других местах — они искали Нгаторо-и-Ранги. Это из-за него... боги огня до сих пор тешатся игрой под землей тонким слоем земной коры в Ао-Тео-Роа».

“ **з легенды** «Великан и кит»: «...Проходя мимо, он с презрением пнул ловушку ногой. Дерево распрямилось и с размаху ударило по холму с такой силой, что он раскололся на три части... Правду ли говорят люди?.. Возле залива Токомару стоят рядом три небольших холма, похожие на вершины треугольника».

“ **з легенды** «Странствующие горы»: «...Время шло, и между ними начались раздоры. Тогда молодые горы струнулись с места. Одни отправились на север, другие — на юг. Горы торпливо бежали ночью и останавливались, как только восходи-

³ Современный остров Анафи.

по солнцу.

...Тангариро в ярости прогнал Таранаки далеко на запад. Таранаки добежал до самого моря и оставил позади себя глубокое ущелье, по которому теперь течет река Уонганум...

...Он недолго задержался в Нгаере, а когда вновь тронулся в путь, на земле осталась большая впадина, которая потом превратилась в болото Нгаере.

На рассвете Таранаки достиг мыса, который вдавался глубоко в море, и остался там навсегда. Иногда он проливает слезы, вспоминая Пифанту, и тогда его окутывает туман. А иногда Тангариро вспоминает о дерзости своего далекого соперника, и тогда пламя гневом клоочет у него в груди и густое облако черного дыма повисает над его головой».

... **з легенды «Какепуку и Кева»:** «...На плоскогорье Ваина прежде не было пика Какепуку. Он пришел сюда с юга в надежде разыскать отца... Соперники призвали на помощь Руамоко⁴. На склонах обеих гор образовались кратеры, и потоки лавы выжгли все на своем пути. Целую ночь продолжалась жестокая битва. Яркое пламя, полыхавшее над вершинами гор, освещало окрестности, в раскаленном ночном воздухе носились тучи пепла. В конце концов Какепуку одолел врага и заставил его уйти далеко на запад...»

... **з легенды «Тутара — Кауикае»:** «... Они решили отправиться с ними на остров Факаари⁵, где из-под камней со свистом вырывается пар и при каждом шаге чувствуется, как Руамоко ворочается под матерью-землей, на тот самый остров, где нет ни капли воды и человеку нечем утолить жажду...»

Каждый приведенный выше отрывок из мифов и легенд мы легко могли бы связать с конкретными историческими катастрофами, но не будем этого делать, оставляя читателю возможность

⁴ Повелитель вулканов и подземного огня, бог землетрясений.

⁵ Факаари — остров Уайт в заливе Планти.

такого сопоставления и анализа.

От землетрясений погибает в среднем 20—30 тыс. человек в год. Такие цифры приводит в своей работе известный исследователь Гарун Тазиев. Для древних времен это огромные цифры, так как численность населения тогда была значительно ниже современной.

Напомним лишь несколько исторических событий, произошедших в глубокой древности. Так, между 300—2500 гг. до н.э. ужасный толчок потряс все Средиземноморье. Около 2 тыс. лет назад мощное землетрясение опустошило Аттику, а море, хлынувшее на сушу, погубило оставшихся в живых людей. Также внезапно, по-видимому в результате катастрофического землетрясения, исчезла процветающая минойская культура на острове Крит.

Если внимательно ознакомиться с историей Древней Греции, то можно найти множество рассказов о грандиозных сейсмических катастрофах. В среднем почти каждый год в этих районах наблюдается по одному катастрофическому землетрясению и бесчисленное количество толчков средней силы.

На Апеннинском полуострове в Италии в 1456 г. был разрушен город Неаполь и погибло свыше 30 тыс. человек. За 1783—1786 гг. в Калабрии от землетрясений погибло еще 60 тыс. человек, а в 1908 г. в Мессине и Калабрии — около 84 тыс. человек.

Трагична также история Пиренейского полуострова: траурные веи и разрушительные катастрофы приходятся на 1427, 1551, 1666, 1749, 1755, 1757, 1790, 1804, 1828, 1884, 1885 гг. В Лиссабоне в 1755 г. произошла самая сильная катастрофа за историческое время. Площадь, на которой ощущался толчок, составила 3 млн. кв. км. Особенно сильно ощущалось это явление в Испании, на севере Африки и юге Франции. Интенсивные колебания поверхности земли дошли до Италии, Швейцарии, Голландии, Германии, даже до Скандинавии и Ирландии. В озерах колебание поверхности воды наблюдалось за 2400 км от эпицентра толчка.

Внушительные землетрясения отмечались в Северной Африке и в Азии. Алжир, Турция, Сирия, Ливан, Иран, Ирак, Афга-

нистан, Пакистан пережили многочисленные катастрофы. Только в районе Стамбула со времен Римской империи насчитывается до 12 катастроф. Антиохия разрушалась 9 раз: в 342 г. погибло 40 тыс. человек, 565 г. — 30 тыс. человек. В 1017 г. в Малой Азии с лица земли было сметено 13 городов, в 1201 г. катастрофическое землетрясение опустошило весь Ближний Восток, унеся несколько сотен тысяч человеческих жизней.

Аналогичные катастрофы происходили в Индии, Китае, Японии, на Тихоокеанском побережье Северной и Южной Америки.

Около 95 % названных катастроф произошло в результате перемещения блоков коры по разломам, т.е. в результате тектонических землетрясений, самых мощных и разрушительных. Вулканические землетрясения, возникающие при извержениях вулканов, значительно уступают по силе тектоническим катастрофам.

В 1960 г. землетрясением в 10 баллов разрушен г. Агадир в Марокко, расположенный на трассе крупного Южно-Атласского разлома. Этот разлом проходит вдоль границы древнего щита Африки с молодыми, альпийского возраста, горами Атласса на севере Африки.

Самым разрушительным землетрясением на территории СССР можно считать Ашхабадское землетрясение 1948 г. В результате его погибло свыше 110 тыс. человек. Сейсмически опасными районами считаются Армения, Туркмения.

Многие трагические землетрясения в Японии обусловлены движениями блоков коры по глубинному разлому Нео, который пересекает остров Хонсю на две части — от Тихого океана до Японского моря. На линии разлома расположены города Фукуи, Кегоя, Гидои, неоднократно подвергавшиеся опустошительным землетрясениям.

Знаменитый Калифорнийский разлом Сан-Андреас активен многие десятки миллионов лет. По его линиям расположены города Лос-Анджелес, Сан-Франциско, испытывавшие многочисленные толчки и содрогания почвы, наиболее сильные из которых произошли в 1857 и в 1906 гг.

Примеры можно продолжать до бесконечности.

В заключение этого раздела приведем слова Г. Тазиева, который отмечает, что «строить города в таких местах — это почти то же самое, как строить свой дом частично на набережной, а частично на пришвартованном к ней плоту: если плот начнет двигаться — а рано или поздно он сдвинется, то положение дома станет весьма неприятным...»

ХРОНОЛОГИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Одно из первых землетрясений, зафиксированных в памяти людей как общечеловеческая катастрофа, произошло в Средиземноморье на острове Тир. Считается, что оно произошло около 1500 г. до н.э. Землетрясение сопровождалось очень сильным вулканическим извержением. (Некоторые исследователи полагают, что это землетрясение могло привести к гибели Атлантиды, но, разумеется, только при том условии, если Атлантида существовала и располагалась именно в Средиземноморье.) Надо отметить, что землетрясение — это, пожалуй, именно тот процесс, который мог вызвать эффект, соответствующий описанному Платоном. Здесь совпадают не только даты, но и скорости развития катастрофы, ее интенсивность и глубина погружения Атлантиды. Однако, как свидетельствуют современные исследования по Атлантиде, она погибла не в результате действия одного, пусть и весьма сильного землетрясения, а скорее совокупного воздействия сильного извержения вулкана и землетрясения, вернее серии землетрясений.

В мире существуют области, бесконечно терзаемые землетрясениями, но и имеются такие районы, которые землетрясения обходят стороной. Причина такого непонятого на первый взгляд парадокса заключается в различном геологическом строении

территорий (подробнее об этом несколько позднее).

В историческое время наиболее частые и сильные землетрясения происходили в Средиземноморье. Это не только Италия, Греция и Турция, но и многочисленные крупные и мелкие острова и архипелаги островов, расположенные в северо-восточной части Средиземного моря.

Знакомясь с историей Средиземноморья, мы часто сталкиваемся с рассказами о страшных землетрясениях. Около 2 тыс. лет назад мощное землетрясение опустошило Аттику. В среднем почти каждый год в пределах Древней Греции, Древнего Рима и других стран Средиземноморья происходило по одному катастрофическому землетрясению и множество трудно поддающихся учету небольших по силе толчков.

Наиболее древние сведения о землетрясениях сохранились в китайских письменных источниках, насчитывающих около 3 тыс. лет. В греческих, римских, персидских и арабских письменных документах содержится множество сведений о древних землетрясениях. Ценным источником может служить и Библия.

Библейская область, расположенная недалеко от реки Иордан между Мертвым морем и окрестностями города Иерихона, неоднократно подвергалась землетрясениям. Даже сравнительно недавно, 11 июля 1927 г., здесь произошло сильное землетрясение, эпицентр которого находился поблизости от города Иерихона. Во время раскопок археологи установили, что поселения и находящиеся в них древние святыни неоднократно подвергались разрушениям и вновь восстанавливались.

Но самое интересное в том, что библейский рассказ о разрушении Иерихона, по свидетельству археологов, соответствует действительности. По библейской версии, стены Иерихона обрушились от звука труб (вот откуда происходит крылатое выражение «иерихонская труба»). Археологические изыскания показали, что все стены зданий этого города упали в одном направлении. Если бы это были стены, защищающие город от нападения врагов, то при ударе осадных орудий они бы упали вовнутрь. Однако все

стены были разрушены одним ударом и упали в южном направлении. Точно так же от землетрясения были разрушены грешные города Содом и Гоморра.

Древние сведения о землетрясениях в Месопотамии записаны на глиняных табличках, которые датируются 2000 г. до н.э. В них рассказано о сильной катастрофе, весьма похожей по степени и характеру своего разрушения на землетрясение. Однако точное местоположение этого катастрофического явления неизвестно. Скорее всего, речь может идти о населенном пункте, который находился к северу от современного города Масула.

Интересные сведения приводит археолог профессор Н.Н. Амбрейсиз. По его данным, в городе Таксиле в Северном Пакистане неожиданно резко ухудшилось качество монет и их чеканка. Примерно в это же время, а это было около 25 г. н.э., вдруг изменилась техника строительства. Дома стали строить на более прочных фундаментах, которые углублялись в землю до 5 м. Из этих фактов профессор заключил, что после сильного землетрясения было повреждено оборудование монетного двора и сильно пострадал персонал, а строители, чтобы в дальнейшем обезопасить себя и своих близких, стали возводить здания на прочных и стабильных фундаментах. В древних манускриптах много свидетельств о сильных землетрясениях, которые происходили на территории современной Турции, на островах Родос и Кипр, и в Восточном Средиземноморье. Например, сведения о том, что в одно и то же время по всей Сирии и Анатолии неожиданно изменилась техника строительства общественных и жилых зданий — одно из таких свидетельств.

Римский естествоиспытатель Плиний Старший, погибший во время извержения вулкана Везувия в 79 г. н.э., в своем сочинении «Естественная история» приводит подробные сведения о землетрясениях. В частности, он отмечает, что Рим испытал сильное землетрясение в последний год правления Нерона. Наиболее сильное землетрясение произошло в период правления Тиберия, когда на некоторых территориях Малой Азии только за од-

ну ночь было разрушено до основания 12 городов. Во времена Пунических войн, которые происходили между Римом и Карфагеном за господство в Средиземноморье, эта область сотрясалась 57 раз. Самое сильное землетрясение произошло во время битвы у Тразименского озера. В своих сочинениях Плиний Старший затрагивал вопросы безопасности при землетрясениях, рассматривал причины и давал рекомендации. Он считал, что опасаться надо жителям приморских областей, которые подвержены не только землетрясениям, но и крупным наводнениям. Он обратил внимание, что землетрясения не затрагивали ни Галлию, ни Египет. (Эти территории страдали от других природных явлений: первая — от холодов, а Египет — от невероятной, изнуряющей жары.) Он заметил, что землетрясения чаще всего происходили ночью, а наиболее сильные толчки случались под утро. Согласно архивным материалам позднего периода Римской империи, города, пострадавшие от землетрясений, получали финансовую помощь или на время освобождались от уплаты налогов.

Как свидетельствуют исторические данные, сейсмические области с наиболее разрушительными землетрясениями располагались в пределах наиболее густонаселенных регионов мира. Это территория современной Палестины, Сирии, Северного Ирака, Пакистана. Однако это вовсе не означает, что землетрясения в других регионах не происходили. Они также случались и действовали с определенной периодичностью, но так как происходили в безлюдных или малонаселенных местностях, то результатами их действия и тем более свидетельскими описаниями мы не располагаем.

Работая в библейских местах и проводя раскопки в районах возникновения и развития человеческих цивилизаций, многие археологи пришли к выводу, что землетрясения часто становились причиной упадка и гибели цивилизаций. В частности, совместное действие землетрясений, вулканических извержений и цунами считается причиной гибели мощной минойской цивилизации. Но все-таки нельзя приписывать крупнейшие исторические перемены действию только природных катастроф, даже очень крупных. В истории человечества известны многочисленные фак-

ты, когда полностью сметенные с лица земли города вновь воссоздавались и продолжали существовать. Так, например, произошло с древним городом Турции — Антиохией. Ныне это знаменитый курорт Анталия. Город Антиохия был построен в красивейшем месте на берегу залива. В 115 г. н.э. произошло разрушительное землетрясение. От городских построек практически ничего не осталось. Но поскольку город имел выгодное стратегическое положение, он был заново отстроен на том же месте. В 458 г. снова произошло разрушительное землетрясение, однако разрушенный город вновь был восстановлен. В период третьего землетрясения особенно сильно пострадала та часть города, где селились знать и купечество. Погибло около 200 тыс. человек. Однако даже такое трагическое событие не остановило строителей и руководителей города. Город зажил своей прежней жизнью. Но того, что не смогло совершить тройное землетрясение, завершили завоеватели. В 540 г. город практически полностью уничтожили персы, и только спустя несколько столетий он был вновь восстановлен.

Казалось бы, Русская равнина — одна из стабильных областей мира. Но все-таки благодаря своему сейсмически опасному соседству с активными территориями время от времени и она подвержена воздействию землетрясений. Лишь немногие из них были достаточно сильными и нашли отражение в русских летописях. Так, например, летописцы отметили землетрясение в Киеве, которое произошло в 1091 г.: «...земля стукну, яко мнози слышаша». Упоминаются в летописях другие землетрясения, которые ощущались в Киеве в 1107, 1122, 1170 и 1196 гг. Самое сильное из перечисленных землетрясений было в 1196 г. В «Воскресенской летописи» отмечается: «...потрясся земля во всей земле Киевской, в Киеве же церкви каменные и деревянные колебасуся и вси люди от страху не можаху стояти, но падающе ниц трепещуще от страха». В прошлые века отголоски землетрясений, происходившие в Карпатах, докатывались до Древней Руси. Одно из таких землетрясений произошло в мае 1230 г. О нем так сказано в Никоновой летописи: «...Того же лета потрясся земля Ростов-

ская, и Суздальская, и Владимирская в самую обедню, також и в Киеве, и Переяславле и Новгороде, и по всей русской земле потрясся, и церкви расседашся в пещере каменная».

Другое землетрясение, случившееся в 1446 г. в Карпатах, ощущалось в Москве и вызвало большой испуг жителей: «...В 6 час ночи тая потрясся град Москва, Кремль и Посад весь, и храми поколашися; людям же спящим в то время и не слышае вси; мнози же не спавше и слышавше, то мнози скорби беша, и живота отчаявшися.» Русские летописи упоминают землетрясение, произошедшее в Нижнем Новгороде в 1596 г.: «Июня 18 день, 3 часа ночи случилось это землетрясение». О силе и мощности подземных толчков можно судить по словам очевидцев: «... вверх и вниз по Волге на версту появились щели великие. Под старым городом вверх по Оке была слобода. Оползла гора сверху и засыпала 150 дворов с людьми и скотом...» Это землетрясение причинило большой ущерб Печерскому монастырю: «Монастырь стоял на большой горе. И поначалу гора осыпаться лесом. И поначалу быти шум великий и треск по лесу. И обвалилась та гора в Волге-реке, а в Волге учинились бугры великие».

Среди всех известных в истории человечества землетрясений выделяются несколько самых грандиозных. И среди них одно из первых мест по силе и трагичности занимает землетрясение 23 января 1556 г. в провинции Шанси (Китай). Это была самая страшная из всех сейсмических катастроф. Эпицентр землетрясения располагался в городе Сиань, расположенном на берегах реки Хуанхэ. Здесь выровненные участки долины, сложенные рыхлыми осадками, чередуются с низкими холмами, сложенными тонким лессовым материалом. Во время землетрясения, по рассказам очевидцев, целые кварталы городов погружались в рыхлый грунт, который после прорыва вод реки становился разжиженным. Тысячи и тысячи жилищ, вырытых в рыхлых лессовых холмах, в считанные минуты становились могилами. Несколько подземных толчков стихии произошло в 5 часов утра, большинство семей находилось еще в домах. Общее число жертв достигло 830 тыс. человек.

Другое крупное землетрясение произошло в 1692 г. на Ямайке. Вот как описана в книге И.Б. Литинецкого эта трагедия: «У юго-восточной оконечности острова Ямайка, где возвышаются Голубые горы, есть большая защищенная бухта. В нее вдается длинная песчаная коса Палисейдоус. За этой косой располагается прекрасная естественная гавань Кингстон-Харбор, на берегу которой вырос город Кингстон — столица и главный порт Ямайки. Это сегодня. Но в недалеком прошлом порт находился не на месте Кингстона. Более ранним поселением был город Порт-Ройал, который располагался как раз на конце косы Палисейдоус, протянувшейся на 13 км. Здесь находилась прекрасная гавань, значение которой в XVII в. было очень велико.

Это обстоятельство было связано с тем, что Порт-Ройал стал главным пристанищем пиратского мира в Карибском море. Его еще называли столицей Генри Моргана — знаменитого флибустьера. Хотя Порт-Ройал был построен на песке и гравии, там находилось два хорошо укрепленных на глубоком фундаменте форта, церковь, магазины и склады. Многие здания были деревянными и теснились на берегу гавани. Город был торговым центром огромного района, и жизнь в нем буквально кипела. Но однажды вестью, торговле и разгулу пришел конец.

Трагедия произошла 7 июня 1692 г. Порт-Ройал спал, когда началось землетрясение. Подземный толчок огромной силы потряс город. Затем последовало еще два сильных толчка. По рассказам современников, вздымалась и разбухала земля, качались, разрушались и рассыпались дома. Сначала звенели колокола, но затем замолкли колокола церкви святого Павла. Обрушилась колокольня, и превратились в груды обломков сама церковь и кирпичные здания. Огромные трещины возникли в земле. В гавани вздымались чудовищные волны. Многие корабли перевернулись, а некоторые были выброшены на берег. Самая большая волна образовалась, когда море отступало из гавани. Она очень быстро возвратилась назад и с грохотом обрушилась на город. Он был накрыт массой пенящейся воды в одно мгновение. За три минуты $\frac{9}{10}$ территории города погрузилось в морскую пучину.

Порт-Ройал исчез навсегда с лица земли. В момент катастрофы погибло свыше 2 тысяч человек. Но этим не завершилась трагедия города. Вслед за катастрофой на уцелевшей части вспыхнула эпидемия чумы, которая в течение месяца унесла еще 3 тыс. человеческих жизней».

Прошло 45 лет, и новая величайшая катастрофа потрясла мир. 11 сентября 1737 г. землетрясение в Калькутте (Индия) унесло жизни 300 тыс. человек.

Самая страшная трагедия в Европе произошла 1 ноября 1755 г. Своими пагубными последствиями подземная буря потрясла жителей континентальной Европы. В День Всех Святых землетрясением была разрушена часть города Лиссабона. Судя по тому, какие беды принесло это землетрясение и как, по словам очевидцев, развивались события, считается, что это было самое сильное в мире землетрясение за всю историю человечества. Несколько вольное описание этой трагедии мы находим в сочинении Вольтера «Кандид», но более правдивое и точное — в трудах крупнейшего геолога XIX в. Чарльза Лайеля. Надо заметить, что Лиссабон, как и вся Португалия, в общем-то привык к землетрясениям. Они здесь происходили довольно часто и не раз разрушали здания в городах. «Никаких признаков надвигающейся катастрофы не было. Землетрясение началось в 9 часов утра в прекрасную солнечную погоду, когда раздался звук, напоминающий подземный гром. С ним совпал первый из трех главных толчков, который продолжался чуть более шести минут. Примерно через час после главного толчка море отступило, обнажив приливно-отливную полосу. Спустя некоторое время водные массы высотой до 17 м обрушились на берег и затопили весь нижний город. Суда, стоящие на рейде, были подхвачены волной и заброшены на несколько километров в город. Люди, которые, ища спасения, расположились на пляжах, были сметены этой и последующими волнами. Волны цунами завершили катастрофу. Оставшиеся в живых пытались покинуть разрушенный город. Они переправлялись через реку Тахо. В 11 часов, когда более сотни человек собрались на берегу реки, над набережной пронеслась

волна. Находившиеся в это время в лодках люди видели, как волна скрыла набережную и людей. Когда вода отступила, от массивной каменной набережной не осталось и следа. Набережную поглотила трещина в земле. Специалисты считают, что набережная полностью погрузилась в песчаный грунт».

Разрушение Лиссабона было ужасным. Многие районы города превратились в груды развалин. Сотни, тысячи людей, находившихся в то время в храмах, поскольку это был День Всех Святых и время первой мессы, погибли под обломками разрушенных храмов. Все, что уцелело в первые минуты катастрофы, уничтожили пожары и цунами. В тот год в городе насчитывалось около 230 тыс. жителей. Во время катастрофы погибло не менее 60—70 тыс. человек.

Эпицентр Лиссабонского землетрясения находился в открытом море, в 100 км от города. Полагают, что радиус действия этой катастрофы превысил 1500 км. Толчки ощущались на площади от Азорских островов до Италии и от Великобритании до берегов Северной Африки. Как свидетельствуют очевидцы, сейши, т.е. колебания воды в заливе или озере во время землетрясения, наблюдались даже в Норвегии и Швеции, т.е. на расстоянии 3500 км от эпицентра.

Прошло всего около 30 лет, и 5 февраля 1783 г. сильный удар подземной стихии потряс Калабрию. Очевидцы этого сильного землетрясения, пронесшегося в Италии, рассказывали: «Жизнь текла своим чередом. Люди были заняты своими повседневными делами, и никто не мог предполагать, какая может наступить трагедия. Беда же неумолимо приближалась. Неожиданно раздался мощный подземный удар. Ужас охватил население Калабрии. Всего двух минут оказалось достаточно, чтобы огромную плодородную местность превратить в груды развалин. Земля поднималась и опускалась, она колебалась, напоминая волнение на море. Огромные здания рушились с шумом и грохотом. Большие деревья, точно охваченные бурей, то наклонялись к земле, касаясь ее верхушками, то неожиданно поднимались вверх. Из мостовых взлетали в воздух камни. Падая, они раскалывались на мелкие кусочки, поливая все и всех каменным дождем.

Казалось, что трагедия завершилась. Но прошло всего семь недель, и новый удар стихии раздался 26 марта. Все, что уцелело от первого удара, разрушилось. Цепочка гор, обрамляющая красивейшие долины Калабрии, не выдержала удара стихии. Множество скал рухнуло в долины, на роскошные места, усаженные оливковыми деревьями. Сорвавшиеся горные утесы засыпали цветущие сады, раскинувшиеся вдоль морского побережья. Две довольно высокие горы, расположенные по обе стороны долины, сдвинулись со своего основания и со страшным гулом переместились, преградив течение реки грудой обломков. Образовалась большая запруда, которая быстро наполнилась водой. Огромные волны затопили множество зданий на побережье. Море бушевало в течение нескольких минут страшнее любого сильнейшего урагана. Многие люди, пытаясь спастись, бросились на корабли. Однако бушующее море поглотило их всех в своей пучине». Все-го в результате двух подземных толчков погибло более 50 тыс. жителей Калабрии.

Созданные в начале XX в. сейсмические станции, расположенные во многих районах мира, стали вести систематические наблюдения за колебаниями земли. Начиная с 1903 г., документация землетрясений уже не стала ограничиваться рассказами очевидцев, где фиксировались субъективные ощущения и визуальные наблюдения. Стала собираться объективная информация, основанная на инструментальных наблюдениях, началась систематизация причин разрушений.

Одно из самых известнейших и памятных землетрясений произошло 18 апреля 1906 г. в городе Сан-Франциско, расположенном в штате Калифорния, США. Город на берегу Тихого океана, у пролива Золотые Ворота представлял собою конгломерат старых и новых зданий, возведенных без учета воздействия каких-либо стихийных бедствий. После трех толчков, продолжавшихся всего 40 с, многие районы Сан-Франциско были стерты с лица земли. Из разрушенных газопроводов ринулся газ, оголенные электропровода стали причиной грандиозного пожара. Гигантскому пламени трудно было противопоставить что-либо, тем

более, что магистральные водопроводы и насосные станции были выведены из строя. Попытки погасить пламя с помощью направленного огня или взрывов динамита ни к чему не привели. Город поыхал около трех суток, и в огне пожараща было уничтожено около 500 кварталов.

Отголоски землетрясения ощущались на значительном расстоянии. На север толчки докатились вплоть до штата Орегон, на юге — до города Лос-Анджелес. А ведь расстояние между ними составляет ни много, ни мало 1170 км. Как свидетельствуют инструментальные данные, землетрясение охватило площадь порядка 1 млн. кв. км.

Год 1906-й был богат на землетрясения. По крайней мере произошло шесть сильнейших землетрясений. Одно из них случилось 17 августа на Алеутских островах, другое — в Чили, третье — на границе Колумбии и Эквадора. Последнее землетрясение считается самым сильным из инструментально зарегистрированных в XX в., но, к счастью, оно произошло в малонаселенной местности.

28 декабря 1908 г. сильнейшая подземная буря обрушилась на итальянский город Мессину. Под руинами погибло 120 тыс. человек. А.М. Горький, в то время живший в Южной Италии, так описал катастрофу: «В 5 часов 20 минут земля вздрогнула; ее первая судорога длилась почти десять секунд: треск и скрип оконных рам, дверных колод, звон стекла, грохот падающих лестниц разбудили спящих; люди вскочили, ощущая всем телом эти подземные толчки... Качались стены, срываясь, падали потолки, посуда, картины, зеркала; изгибался пол, мебель тряслась, двигаясь по комнате, опрокидывались шкафы, подпрыгивали столы... Как бумажный, разрывался потолок, сыпалась штукатурка... В темноте все качалось, падало, с треском проваливаясь в какие-то вдруг открывшиеся пропасти... Земля тихо гудела, стонала, горбилась под ногами и волновалась, образуя глубокие трещины, как будто в глубине проснулся и ворочался дремавший огромный червь; слепой, он ползет там в темноте, изгибаются его мускулы и рвут кору земли, сбрасывая с нее здания на людей и животных. Вздвогнув и пошатываясь, здания наклонялись, по их белым

стенам змеились трещины, и стены рассыпались, заваливая узкие улицы и людей среди них тяжелыми грудями острых кусков камня... Подземный гул, грохот камней, визг дерева заглушают вопли о помощи, крики безумия, стоны раненых... Люди и камни смешиваются в кучи, и все чаще, все сильнее дрожат дома, церкви, их режет под основание какая-то невидимая коса — ничто не может устоять под ее гигантскими взмахами... Земля волнуется, как море, сбрасывая с груди своей дворцы, лачуги, храмы, казармы, тюрьмы, школы, с каждым содроганием уничтожая сотни и тысячи женщин, детей, богатых и бедных, неграмотных и ученых, верующих в Бога и отрицающих его...

Все море качалось, как огромная чаша, готовая опрокинуться на остатки города... Кажется, что вот сейчас вся смятенная масса его выплеснется на землю до последней волны и капли...

Поднялась к небу волна высотой невероятной, закрыла грудью поподину неба и, качая белым хребтом, согнулась, переломилась, упала на берег и страшной тяжестью своею покрыла трупы, здания, обломки, раздавила, задушила живых и, не удержавшись на берегу, хлынула назад, увлекая за собой схваченное...»

При этом десятибалльном мессинском землетрясении пострадали также города Реджио, Сан-Джовани и многие селения Сицилии.

Двадцатые и тридцатые годы оказались трагичными для городов Китая и Японии. В декабре 1920 г. и в декабре 1932 г. от двух землетрясений в провинции Ганьсю погибло 250 тыс. человек. Но самое страшное землетрясение произошло в Японии 1 сентября 1923 г. Оно известно под названием Токийского, хотя кроме города Токио охватило город Иокогаму. В Японии его называют Великое землетрясение Канто — по имени одноименной провинции. Эпицентр землетрясения находился в 80 км к юго-западу от Токио, возле острова Осима в заливе Сугами. Всего за несколько секунд мощнейший подземный удар полностью разрушил 254 тыс. домов. Остальное довершили пожары, так как

легкие домики из дерева, фанеры и бумаги горели, как порох. Значительная часть домов, расположенных на берегу залива, была смыта гигантской волной цунами. Высота волны превышала 10—12 м. Это землетрясение унесло жизни 143 тыс. человек и оставило без крова 3,5 млн. человек.

После Великого землетрясения Канто место действия подземных бурь переместилось в Средиземноморско-Гималайский пояс, охватило часть Южной Америки и Северо-Западную Африку. В городе Кветта (Пакистан) от землетрясения, случившегося 31 мая 1935 г., погибло 60 тыс. человек. В городе Чильян (Чили) подземная буря 24 января 1939 г. унесла около 30 тыс. жизней.

На территории бывшего Советского Союза самым разрушительным было землетрясение, случившееся в 1948 г. Мощный подземный гул разбудил в 3 часа ночи с 5 на 6 октября жителей Ашхабада (Ашгабад), столицы Туркмении. От сейсмических толчков на землю рухнули старинные храмы, гробницы и древние крепости. Как карточные, разваливались саманные дома и здания, построенные из кирпича. В течение считанных минут был разрушен практически весь город. Под руинами погибло свыше 110 тыс. человек. Информация о количестве человеческих жертв была впервые официально опубликована лишь в начале 90-х годов в газете «Правда».

В мае 1960 г. катастрофа произошла в Чили. Эпицентр землетрясения располагался на юге полуострова Араука. Сразу вслед за главным толчком последовала серия более мелких, второстепенных толчков (они называются афтершоками). Они, как и главный толчок, ощущались на всей территории Чили и прилегающих государств. Землетрясение разрушило город Консепсьон, крупнейшие промышленные центры — Пуэрто-Монт и Осорно. Погибло несколько тысяч человек, а десятки тысяч лишилось крова. Возникшее вследствие землетрясения мощное цунами смыло порт Анкунд, располагавшийся на острове Чилоэ. Воздействию этого цунами подверглось все Тихоокеанское побережье Северной и Южной Америки. Его отголоски в виде высо-

кой волны докатились даже до Японии. Подземные толчки, дошедшие до Японии, вызвали повреждение портовых сооружений.

Прошло всего четыре года, и средства массовой информации сообщили миру о новой трагедии. В марте 1964 г. сильнейшее землетрясение охватило Аляску. Эпицентр его находился в заливе Принс-Вильям, примерно посередине между городами Анкоридж и Валдиа. Разрушениями была охвачена территория площадью более 65 тыс. км². Отмечались крупные смещения почвы и расколы земной коры. Так, например, у острова Кадьяк, расположенного почти в 800 км к юго-западу от эпицентра землетрясения, участок дна Тихого океана в результате подземного толчка переместился под континентальный массив на несколько десятков метров. Результатом перемещения морского дна стали огромные океанские волны и родившееся цунами. Гребни первых волн обрушились на берега полуострова Кенаи всего через 19 минут после начала землетрясения, а на остров Кадьяк — через 34 минуты после первого подземного толчка. Высокие волны слизывали с побережья постройки и людей. Они опустошили приморские поселки вдоль побережья Аляски. Но наиболее пострадал город Анкоридж, расположенный на расстоянии 130 км от эпицентра. Большой ущерб был нанесен портовым городом Валдиз и Сьюард. Жертв, по сравнению с другими районами, было немного, что связано с малочисленностью населения Аляски, но и в этом случае прямой ущерб оценивался в 300 млн. долл. Если бы такой силы землетрясение произошло в густонаселенном районе, то оно по количеству жертв превосходило бы все известные в исторические времена землетрясения.

Примерно такой же силы стихийное бедствие произошло 31 мая 1970 г. в Перу и охватило несколько густонаселенных районов. Как это бывало и раньше, до начала катастрофы никаких признаков приближающейся беды в Перу не наблюдалось. Она разразилась внезапно. Эпицентр находился в 25 км к западу от порта Чимботе с населением в 120 тыс. человек. После первого же толчка все дома, построенные из кирпича-сырца по традиционной технологии, были разрушены до основания. В результате

разжижения грунтов здания, возведенные на слабом фундаменте, получили большие повреждения. Одна характерная особенность этого землетрясения — сравнительно небольшое число жертв. Как только началось землетрясение, люди успели выбежать из разрушающихся домов на улицу. Погибли в Чимботе 500 человек. Но на расстоянии 50 км от побережья, уже в материковой части Перу в густонаселенной долине Уайлас число погибших составило десятки тысяч человек.

В городе Уарасе почти за 30 секунд были разрушены почти все здания, а из 20-тысячного населения половина погибла. От действия землетрясения была нарушена устойчивость склонов долины Уайлас. С крутых склонов сошли десятки оползней, накрывших дома и сады, расположившиеся на террасах. Землетрясение вызвало сход снежных лавин. Наиболее сильной была лавина, которая возникла на склоне крутой горы Невадос-Уаскаран. Сила и скорость этой лавины были настолько велики, что глыбы камней до 5—6 м в поперечнике были подброшены в воздух снежным потоком и падали в сотнях метров позади потока. Один из языков лавины перевалил через горную гряду высотой около 150 м и устремился к расположенному внизу городу Юнгай. Всего через 2 минуты лавина достигла города. Высота лавины, состоящей из смеси снега, грязи, обломков камней и деревьев, была выше всех зданий в городе. От живописного города с красивой площадью и собором в центре его остались лишь стены. Из 18 тыс. жителей города погибли 15 тыс. человек. Накрыв город, лавина не остановилась, а помчалась дальше и прошла вниз по долине еще 12 км. На всем своем пути лавина продолжала уничтожать селения. В общей сложности во время Перуанского землетрясения погибло около 70 тыс. человек, 50 тыс. было ранено и около 1 млн. жителей осталось без крова.

Год 1976-й, пожалуй, был самым трагическим в истории землетрясений. Недаром его иногда называют годом губительных катастроф. В том году на земле произошло 162 сильных землетрясения, из них 12 крупных и 3 гигантских.

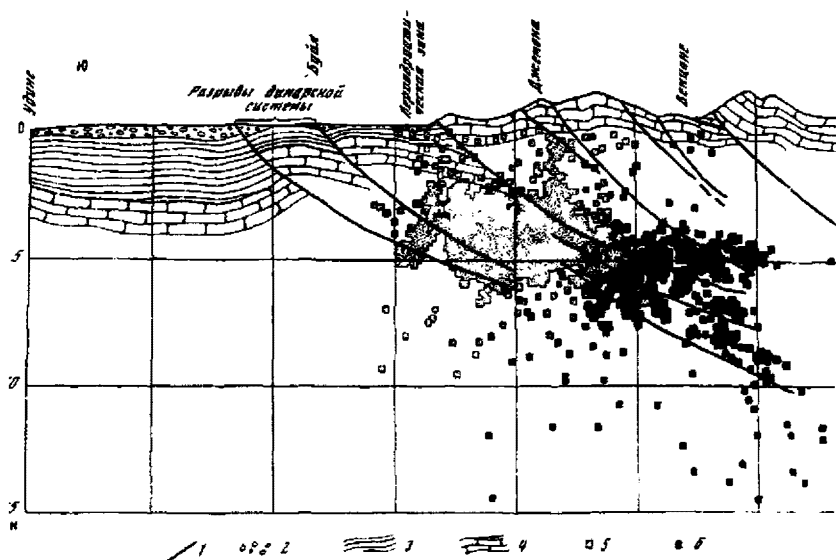
Начало трагической череде положило землетрясение, происшедшее 4 февраля в Гватемале. На столицу этого государства город Гватемалу стихия обрушилась в 3 часа 30 минут местного времени. Очаг землетрясения находился всего на глубине 10 км. После каждого толчка в нарастающем темпе возникали все новые и новые оползни, которые спускались по склонам оврагов, окружающих город. Горизонтальные смещения почвы достигали 3 м, а ширина трещин нередко приближалась к 10 м. От действия подземной стихии пострадала территория площадью 10 тыс. км². От этого землетрясения и оползней пострадали как столица, так и десятки городов и поселков центральной части Гватемалы. Погибло 22 тыс. человек, а ранено около 70 тыс. Более 1 млн, а это почти пятая часть населения страны, оказалось без крова, одежды и пищи. Землетрясения спровоцировали деятельность вулканов как в самой Гватемале, так и вдоль Тихоокеанского побережья.

Прошло три месяца, и в ночь на 7 мая сильнейшая подземная буря обрушилась на Северо-Восточную Италию, где располагались Фриули, Венеция и Джулия. Эпицентр землетрясения находился в 100 км к северо-западу от Триеста, в районе небольшого городка Толмемеццо. Всего произошло 87 толчков. Результат стихии — тысячи убитых и раненых и 150 тыс., лишившихся крова. Большие убытки понесло и сельское хозяйство Италии. От этого землетрясения пострадали некоторые страны Европы, хотя в значительно меньшей степени. Сильный толчок ощущался в Берлине, в западных районах Польши и в югославском городе Сараево. Подземные толчки чувствовались в южных районах Германии. Пострадали магистральные газопроводы, водопроводы, другие коммуникации и некоторые промышленные здания.

Летом подземная катастрофа перекинулась на Азию. 28 июля страшная катастрофа обрушилась на один из самых густонаселенных районов Китая — на провинции Тяньшань-Фэннань, расположенные в 150 км к юго-востоку от Пекина. В 3 часа 42 минуты по местному времени неожиданно огромная яркая вспышка на небе осветила все вокруг на площади более 300 км². Десятки

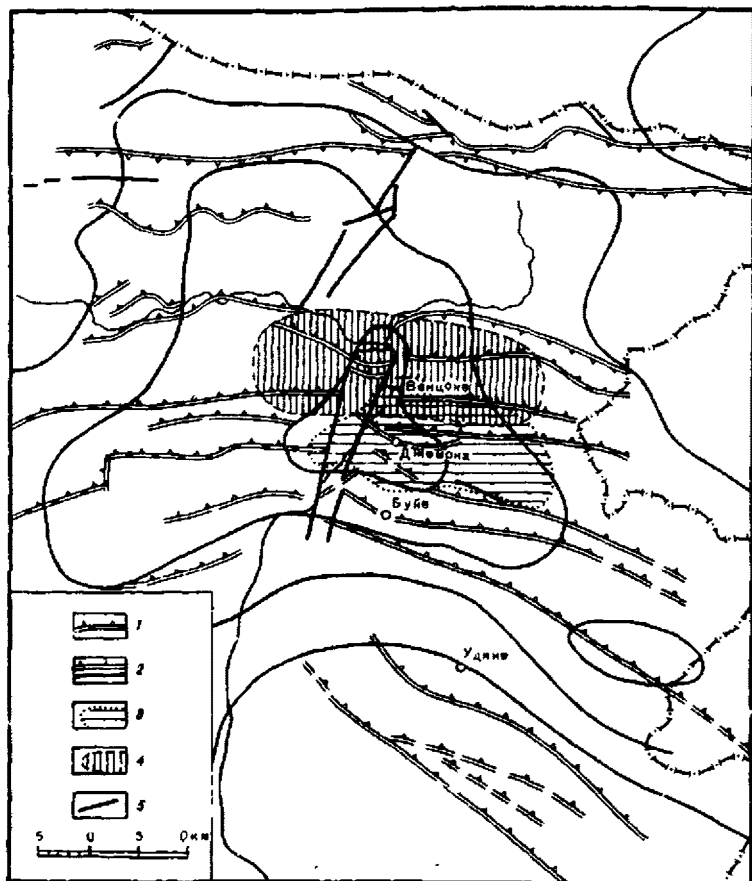
миллионов людей были разбужены не только этой вспышкой, но и сильнейшим подземным гулом. Земля на глазах раскалывалась, вздувалась и ходила волнами. От толчков рушились здания и промышленные постройки. В подземных выработках проваливались штольни и штреки.

Но дело этим не завершилось. Один за другим следовали все новые и новые подземные толчки. Открывались новые трещины, поглощавшие полуразвалившиеся здания и людей. Землетрясение продолжалось около 4 суток. Было зарегистрировано 110 толчков.



Распределение афтершоков землетрясения 6 мая и 15 сентября 1976 г. в области Фриули (Италия, 1976):

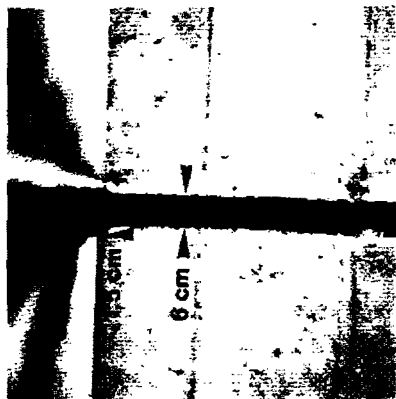
- 1 — линии главных надвигов и взбросов;
- 2 — четвертичные отложения;
- 3 — третичные отложения;
- 4 — мезозойские и более древние отложения;
- 5 — афтершоки с 10 по 14 мая 1976 г.;
- 6 — афтершоки с 30 сентября по 10 октября 1976 г.



Сейсмическая карта района землетрясений в области Фриули:

- 1 — главные надвиги;
- 2 — прочие выбросы;
- 3 — область афтершоков 10—14 мая 1976 г.;
- 4 — область афтершоков 30 сентября — 6 октября 1976 г.;
- 5 — поперечные разрывы

Город Таньшань, оказавшийся в эпицентре, полностью превратился в руины. А это был индустриальный центр с полутора-миллионным населением. Сильно пострадал промышленный город Тяньцзинь, расположенный в 70 км к юго-западу от Таньшаня.



Разрушение автострады в области Урине-Гарния-Тарвидио

От этого землетрясения погибло около 700 тыс. человек, а было ранено более 1,5 млн. человек.

Год губительных катастроф завершился землетрясением 24 ноября в высокогорной части Турции, недалеко от границы с бывшим Советским Союзом. Стихия уничтожила город Мурадие, почти полностью разрушила 200 деревень. Афтершоки затрудняли проведение спасательных работ. Усугубляли ситуацию удаленность района, высокогорье, низкие температуры и обилие снега.

Закончился 1976 год и многим стало казаться, что природа взяла перерыв. Ожидалось, что должно наступить какое-то затишье, которое, может быть, продлится несколько десятилетий. Но оказалось совсем наоборот. Начиная с 1976 г., подземная стихия постепенно набирала обороты и охватывала территории, хорошо обжитые людьми. Землетрясения происходили в густонаселенных районах Румынии, Албании, Индии, Пакистана, Индонезии, Перу, Турции, Италии, Ирана, Греции, Средней Азии и Кавказа, Мексики, Югославии, США, Канады, Чили.

Еще со времен Римской империи было известно, что территория современной Румынии подвержена землетрясениям. За историческое время их произошло множество, но ни одно не было разрушительным. Землетрясения концентрировались в области Вранча, расположенной в 100 км к западу от Бухареста. Произошедшее здесь землетрясение в 1940 г. ощущалось в Бухаресте. Столица Румынии росла. Число жителей превысило 2 млн человек, увеличилось количество многоэтажных зданий, но все они строились с учетом возможных землетрясений. 4 марта 1977 г. во Вранче произошло землетрясение, очаг которого находился на глубине около 100 км. Во время этого землетрясения современные дома устояли, но кирпичные здания старой постройки пострадали, а некоторые были разрушены. Главным образом разрушались блочные дома. Число жертв этого землетрясения достигло 10 тыс. человек. Отголосок его достиг Москвы (в верхних этажах высотных домов качались люстры). После землетрясения Бухарест был перестроен. Здания конструировались таким образом, чтобы выдержать землетрясения значительной силы.

В 1978 г. произошло землетрясение в Германии. 3 сентября сотрясениями была охвачена земля Баден-Вюртемберг. Это умеренной силы землетрясение ощущалось в Чехословакии. О жертвах сообщений не поступало, но известно, что количество раненых составило несколько десятков человек.

15 апреля 1979 г. землетрясение с эпицентром под дном Адриатического моря затронуло туристическую часть Далмации и, в частности, югославский город Дубровник. Это было мелкофокусное землетрясение. Очаг его располагался на глубине всего 20 км. Сильнее всего пострадала узкая прибрежная полоса между Герцеговиной и Ульцио. Был разрушен город Котор. Землетрясение произошло в выходной день, и, вероятно, поэтому жертв было немного. Погибли 157 человек, ранены 1300. Но ущерб был огромный.

Очень сильное землетрясение потрясло Мексику в 1985 г. Землетрясения в этой стране — явление не редкое. Но на памяти жителей и человечества такого сильного действия подземной бури Мексика еще не испытывала. Трехсотмильная полоса Тихоокеанского побережья Мексики всегда считалась одним из красивейших мест мира. На протяжении от Мансанильо до Акапулько тянутся небольшие деревушки и курортные поселения. Эпицентр же землетрясения находился как раз напротив этих мест, в 350 км к юго-западу от города Акапулько в открытом море.

Первый удар стихия нанесла 19 сентября 1985 г. Сильнейшие разрушения произошли в городе Ласаро Карденас, в ряде населенных пунктов штата Халиско, но больше всего пострадала столица — город Мехико. Это крупный промышленный центр с населением более 17 млн человек. За первым ударом последовала целая серия более мелких толчков, завершившая разрушение. Продолжались эти толчки довольно долго. В результате буйства стихии превращались в груды развалин целые жилые кварталы. Расположенные в центре города дома-небоскребы, отели, банки, офисы падали, подобно игрушечным домикам. Рухнула и погребла под собой все вокруг стометровая телевизионная башня. Возникшее в результате обрушения многочисленных зданий гигантское облако серой цементной пыли на некоторое время за-

крыло солнце. Из разрушенных газопроводов вырывались столбы пламени, произошло несколько сильных взрывов на газовых коммуникациях. Начали гореть уцелевшие жилые здания, гостиницы, магазины. Вышли из строя водопровод, канализация, линия электропередач. Были прерваны телефонная и телеграфная связь. Радиосвязь долго не функционировала. Под грудями развалин были погребены сотни и тысячи людей.

Новые толчки последовали на следующий день, 20 сентября. Они довершили разрушение и затруднили спасательные работы. Спустя 10 дней, 30 сентября, в Мехико произошло третье крупное землетрясение. Всего за 11 суток было зарегистрировано 70 толчков. Но беды многострадального Мехико на этом не закончились. 10 октября на город обрушились ливневые дожди с градом. Земля оказалась покрытой слоем града, толщина которого достигала в некоторых районах города 70 см. Прошла волна наводнений и оползней. И снова, 21 октября, произошел подземный удар. Небольшие толчки с перерывами продолжались до 29 октября.

Неспокойным был и 1986 год. Землетрясения произошли в Мексике, в районе Алеутских островов, на юге Азербайджана в предгорьях Талышских гор, дважды — в Таджикистане, на Курильских островах, в Венесуэле, в Тибете, в Молдавии.

В 1988 г. 7 декабря произошло землетрясение в Армении. Эпицентр его находился недалеко от города Спитака. Сила Спитакского землетрясения составляла 10 баллов. Средства массовой информации называли это землетрясение беспрецедентным для Армении. Но многие ученые, например профессор А.А. Никонов, приводят убедительные доводы о том, что в истории Армении бывали землетрясения, подобные по силе Спитакскому. Древняя столица Армении Двин, располагавшаяся в Араратской долине, примерно в 120 км от Спитака, разрушалась несколько раз в IX в. После землетрясения 893 г. столицу пришлось перенести на Карское плоскогорье в долину реки Ахурян. Но и новая столица просуществовала недолго. Пережив разрушения во время внутренних войн, а позднее и полчищ Чингизхана, она была разрушена землетрясением в 1319 г.



Трехэтажное школьное здание после землетрясения.
Справа — руины школьной гимназии (1988 г., Армения, г. Спитак)



Последствия землетрясения в г. Спитак (1988 г.).



Разбор завалов после разрушительного землетрясения в г. Спитак (1988 г.)

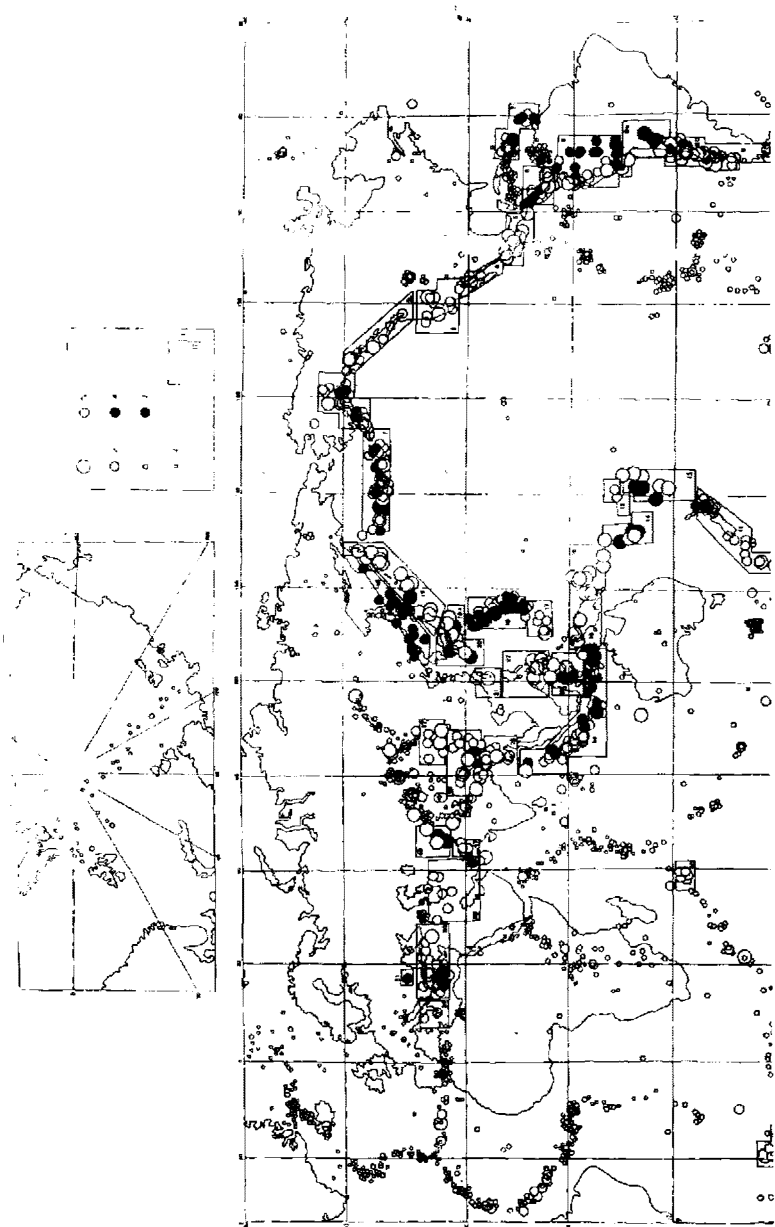


Разрушения после землетрясения (г. Слитак, 1988 г.)

ГЕОГРАФИЯ ЗЕМЛЕТРАСЕНИЙ

Хронология землетрясений, приведенная выше, конечно, неполная. Ведь представлены сведения о наиболее значительных по силе землетрясениях, принесших большие разрушения и жертвы. Но даже это дает представление о географии землетрясений. Как видим, география подземной стихии очень широка.

Землетрясения охватывают как будто все участки земной поверхности. Случаются они в далеких просторах океанов, высоко в горах и на выровненной поверхности стабильных участков земной коры — платформах. Даже в районе Северного моря и в Скандинавии время от времени бушуют подземные бури. Случаются, но очень слабые, землетрясения и в центре Европейской



Эпицентры землетрясений земного шара за период с 1904 по 1980 гт.

части России, и даже в Сибири. Не обходит подземная стихия и Австралию, хотя от областей активной сейсмической деятельности этот материк отстоит далеко.

Многие полагают, что Антарктида свободна от землетрясений. Думается, что это мнение ошибочно. Ведь существуют же на Антарктиде молодые горы и действующие вулканы. А ведь именно с ними часто связаны землетрясения. Действительно, за время инструментальных наблюдений не было зафиксировано ни одного землетрясения на этом далеком материке. Но как быть с прошлым? Отголоски землетрясений докатывались и до Антарктиды, возможно, они оставили там свои следы среди ледового безмолвия. Однако увидеть их сегодня не представляется возможным.

Если нанести на географическую карту нашей планеты очаги землетрясений, то можно увидеть несколько причудливый узор. Так своеобразно и загадочно располагаются области, подверженные подземной стихии. Но если объединить области, в которых случаются землетрясения, между собой, то можно увидеть, что они концентрируются в пределах трех крупных регионов. *Первый* — Тихоокеанский «огненный пояс» — охватывает западное Тихоокеанское побережье Северной и Южной Америки и Аляску, далее протягивается к Австралии, проходит через Индокитай, Восточное побережье Китая, захватывает Японию и Курильские острова и заканчивается Камчаткой.

Второй регион — Средиземноморско-Гималайский. Он охватывает страны Средиземноморья (Испанию, Португалию, Марокко и Тунис, Иран, Сирию, Израиль и Палестину, страны Передней и Центральной Азии (горные области Копет-Даг, Памир, Тянь-Шань, Куэнь-Лунь, Тибет, Гималаи), Алтай и Саяны, Прибайкалье и Забайкалье, страны Юго-Восточной Азии и далее соединяется с Тихоокеанским поясом.

Третий регион располагается в центральной части Атлантического и Индийского океанов. Он концентрируется над территориями, занятыми срединноокеанскими хребтами — Атлантическим и Индийским. В этих местах располагаются активные под-

водные горные области большой протяженности. Эти хребты соединяются друг с другом и рассечены множеством активно действующих разломов. Срединный хребет Индийского океана с юга обходит Австралию и соединяется с другим хребтом, носящим название Восточно-Тихоокеанского поднятия. Оно протягивается на Восток к Центральной Америке и затем к Калифорнийскому заливу.

В перечисленных трех поясах геологическая обстановка часто бывает беспокойной, а особенно она активна в пределах глобальной системы подводных хребтов. В этом поясе часто происходят извержения вулканов, а землетрясения, возникающие вдоль хребтов, весьма многочисленны. На небольшой площади в течение короткого времени проходят сотни, а иногда и тысячи мелких толчков. Но большинство из них отмечают только приборы. Ведь происходят они в открытом океане, и лишь их отголоски в виде волн цунами ощущаются на континентах и островах.

Сравнивая сейсмическую активность в пределах указанных регионов, надо заметить, что самым активным является Тихоокеанский. Здесь одновременно с землетрясениями практически ежедневно происходят извержения вулканов. Недаром этот пояс носит и другое название — Тихоокеанский огненный пояс. Согласно расчетам сейсмологов, из всей ежегодно высвобождающейся на земном шаре энергии при землетрясениях — а это от 10^{25} до 10^{26} эрг — на долю Тихоокеанского огненного пояса приходится более 75%. Из всех крупных зафиксированных в этих районах землетрясений $2/3$ случается именно в этом поясе.

В Средиземноморско-Гималайском регионе общее число землетрясений существенно меньше, чем в Тихоокеанском. Да и суммарная энергия составляет не более 20%. Но ввиду того, что Средиземноморско-Гималайский пояс самый густонаселенный регион мира, то и число жертв, и ущерб здесь несравненно выше.

Несмотря на то что землетрясения в центральных районах океанов происходят очень часто, доля сейсмической энергии, выделяемая в этом поясе, не превышает 7%. Это связано с их незначительной силой и мощностью.

ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРАСЕНИЙ

Люди по-разному ощущают землетрясения. Одни уверяют, что никак их не чувствуют, но оказывается, что они живут в местностях, где никогда не случается землетрясений. Другие живут в местностях, где землетрясения настолько часты, что на них просто не обращают внимания. Ведь слабые толчки часто можно принять за сотрясения от близко проезжающего грузовика, но от сильных может произойти смещение почвы или разрушение построек.

Еще в XVIII в. Джон Митчелл пришел к выводу, что сотрясения земной поверхности происходят вследствие прохождения через земную толщу упругих волн. Далее он сделал очень интересный вывод о том, что если проследить обратный путь прохождения упругих волн до места их появления, то можно обнаружить источник возмущения.

Началом сейсмологии считается появление в 1862 г. красочного иллюстрированного двухтомника под названием «Великое неаполитанское землетрясение 1857 года: основные принципы сейсмических наблюдений». В этой книге ирландский инженер Р. Маллет поместил составленную им карту пораженной территории. Она была разделена на четыре зоны, которые различались по степени поражения. По сути дела, это была первая классификация землетрясений. В дальнейшем было составлено большое количество карт с разным подходом и принципами построения. Причем все они основаны на визуальных наблюдениях и ощуще-

ниях. Стандартизировать их и составить единый принцип сначала было очень трудно, так как имелось несколько критериев для обозначения землетрясения одной интенсивности. Например, европейцу трудно определить, может ли ощущаемый им толчок опрокинуть каменный фонарь, фигурирующий в японских шкалах. Точно так же понятие «крепко стоящее строение» по-разному понимается в городах Европы и Северной Америки и в сельских районах Турции и Ирана.

Шкала интенсивности землетрясений ничего общего с инструментальными наблюдениями не имеет. Она позволяет свидетелю обобщить свои ощущения и наблюдения и сравнить их с другими. Надо иметь в виду, что практически невозможно рассредоточить приборы, следящие за землетрясениями, по всей площади земли. На выполнение этой задачи не хватит приборов, да и прочесть и оценить все записи практически невозможно. Связь между местоположением толчка, определяемым сейсмологом на станции, с его последствиями можно установить только путем сравнения наблюдений на местности и анализа ощущений свидетелей.

После сбора сообщений о подземном толчке оценивается и наносится на карту интенсивность сотрясений. Затем проводятся линии, соединяющие территории с землетрясениями одной интенсивности. Эти линии называются *изосейстами*.

Если бы Земля имела повсеместно одинаковое геологическое строение, то и энергия, распространяемая от очага землетрясения, равномерно бы распределялась по всем направлениям от эпицентра. *Эпицентр* — область на земной поверхности, расположенная непосредственно над очагом. В таком случае изосейсты представляли бы концентрические окружности, равномерно удаленные от эпицентра. Чаще бывает наоборот. От очага землетрясения изосейсты вследствие разной плотности и типа грунтов расходятся в виде эллипсов или изогнутых линий.

ЗАПИСЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Сейсмические волны регистрируются с помощью приборов, называемых *сейсмографами*. Сегодня это сложные электронные устройства, позволяющие улавливать самые слабые колебания земной поверхности.

Первые устройства, регистрирующие подземные толчки, были сконструированы китайским ученым Чжан Хэном в 132 г. н.э. Он использовал тогда уже хорошо известный факт, что при колебаниях земной поверхности масса, до того как начать колебаться, из-за своей инертности остается в покое. Его сейсмоскоп представлял собой сосуд с четырьмя головами дракона, которые были ориентированы по сторонам света. В пасти каждого дракона находился металлический шарик, связанный с вертикальным маятником. При более или менее сильном землетрясении шарик вываливался из пасти дракона и падал. Таким образом, можно было определить направление толчка, но не его силу.

Сейсмографы, регистрирующие землетрясения, были изобретены в конце прошлого века. Во время колебаний земной поверхности *некая* значительная масса начинает отставать в своем движении, и ее относительное смещение можно записать на бумаге, намотанной на барабан, специальным пером. Записываются как вертикальные, так и горизонтальные колебания земной поверхности, в зависимости от того, как ориентированы приборы.

В современных сейсмографах механическую энергию заменил электрический импульс, который определенным образом может быть усилен. Записанная на бумажной ленте кривая линия называется *сейсмограммой*. На ней видны слегка волнистые линии. Но вдруг размах волны увеличивается. Это означает, что произошло землетрясение. Наибольшее значение при изучении землетрясений имеют два вида волн, которым были присвоены буквенные обозначения — Р и S. Эти буквы означают *первичные* (primary) и *вторичные* (secondary) волны, по порядку их прихода к

прибору. Иногда для удобства их называют *толчок* (push) и *сотрясение* (shake). Физики их называют соответственно *продольными* и *поперечными*, или волнами сжатия и сдвига.

Продольная, или P-волна — это волна типа звуковой, имеющая максимальную скорость. При ее прохождении каждая частица породы перемещается вперед и назад вдоль направления волны. Следовательно, среда при прохождении P-волн испытывает ряд сжатий и разрежений.

При прохождении поперечной, или S-волны, частицы перемещаются перпендикулярно направлению, в котором распространяются волны. Это напоминает собой то, что происходит с веревкой, которую привязали за один конец и дергают за другой.

Скорость распространения этих волн неодинакова. P-волны проходят со скоростью около 8 км/с, а S-волны — лишь около 4,5 км/с. Это означает, что от эпицентра к наблюдателю первой приходит P-волна, а S-волна запаздывает. Чем дальше находится регистратор от очага землетрясения, тем больше будет интервал времени между приходом этих волн. Если распознать их на записи и измерить временной интервал между их приходами, то легко установить расстояние от регистратора до очага. Но надо знать скорость прохождения волн на разных участках и глубинах земной коры, а также учитывать поверхностные волны. Таким образом, каждый раз в записи сейсмографов необходимо вносить определенные поправки.

По этим записям рассчитывают не только расстояние от эпицентра, глубину очага, магнитуду и интенсивность толчка, но и определяют механизм подвижки при землетрясении и ряд других параметров. Но чтобы даже определить эпицентр, не говоря о других данных, полученных на одной сейсмостанции, все равно этих данных явно недостаточно. Необходимо воспользоваться сведениями с других сейсмостанций, причем не только одного государства. По международным соглашениям в общую систему объединено более 100 станций в разных государствах. Эти станции оснащены сейсмографами Вуда-Андерсена либо подобными

им приборами, а все записи сейсмографов приведены к среднему гринвичскому времени.

Разница между крайними положениями отклонения волны от оси (т.е. от нулевого положения) называется размахом колебаний или *амплитудой*. Когда сейсмограф настроен на определенную чувствительность, большие амплитуды свидетельствуют о более сильном землетрясении. Горизонтальное расстояние от одного пика волн до следующего — это *длина волны*. Число волн за единицу времени — это *частота*, которая измеряется в герцах. Обычно при землетрясениях частота варьирует между 1 и 20 Гц.

ВЕЛИЧИНА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Землетрясения бывают разными. Одни сильными, другие слабыми. Это хорошо видно по тем следам, которые они оставили на земной поверхности. Но каким образом можно сравнивать их между собой? Как выразить схожесть в силе и энергии землетрясений, оставивших в силу разных геологических условий различные по степени разрушения? Необходимость простого и объективного определения величины землетрясений, при которой можно было бы легко вычислить силу и некоторые другие параметры и свободно сравнивать их между собой, весьма велика. Такого рода шкала была предложена японским ученым Вадати в 1931 г. В 1935 г. ее усовершенствовал американский ученый, сейсмолог из Калифорнии Ч. Рихтер. С тех пор эта шкала носит его имя — шкала Рихтера. Объективной мерой величины землетрясений была выбрана магнитуда, которая обозначается прописной буквой *M*. Для того чтобы вычислить магнитуду, необходимо знать несколько величин, в том числе глубину очага, расстояние от эпицентра до пункта наблюдений и иметь очень чувствительную аппаратуру.

Ч. Рихтер совместно с геофизиком Б. Гутенбергом так определил *магнитуду*: эта величина представляет собой десятичный логарифм максимальной амплитуды сейсмической волны (в тысячных долях миллиметра), записанной стандартным сейсмографом на расстоянии 100 км от эпицентра землетрясения. Хотя в этом определении не уточняется, какие из существующих волн надо принимать в расчет, стало общепринятым измерять максимальную амплитуду продольных волн. Это связано с тем, что данные волны не испытывают на себе влияния глубины очага землетрясения. Эта величина обозначается символом m . Землетрясения, очаг которых располагается вблизи поверхности, зачастую характеризуются поверхностными волнами, а величина землетрясения обозначается символом M . Как показали многочисленные сравнительные данные, между этими двумя величинами при одном и том же землетрясении существует значительная разница. Например, землетрясение на Аляске, случившееся в 1964 г., которое было одним из сильнейших, имело M , равную 8,6, а m при этом составляло всего 6,5. Оказывается, ни одно из приведенных значений не тождественно предложенному Рихтером значению. Существует ряд дополнительных коэффициентов, с помощью которых определяют m из M или вычисляют M Рихтера по значениям той и другой.

Шкала Рихтера теоретически не имеет ни верхнего, ни нижнего предела. Предполагается, что верхним пределом может быть только величина прочности пород земной коры. Чувствительные приборы регистрируют толчки с магнитудой 1,2, в то время как люди начинают ощущать толчки только с магнитудой 3 и даже 4. Наиболее сильные землетрясения, происшедшие в историческое время, имели магнитуду 8,9 или 9.

Обычному человеку трудно представить, как может выглядеть землетрясение с магнитудой 5 или 6. Некоторое представление можно получить, внимательно рассмотрев таблицу, в которой сравнивается шкала Рихтера с характеристикой землетрясения.

Сравнение магнитуды землетрясений с ее субъективным проявлением

М	Характеристика землетрясения
0—1,5	Наиболее слабые землетрясения, которые могут быть зарегистрированы только чувствительными приборами
2,5—3,0	Ощущается вблизи эпицентра. Ежегодно в мире регистрируются около сотни тысяч подобных землетрясений
4,5	Вблизи эпицентра могут наблюдаться небольшие повреждения зданий
5	Энергия одного землетрясения приблизительно соответствует энергии одной атомной бомбы
6	В ограниченной области может вызвать большие разрушения и нанести ущерб. Ежегодно на земном шаре таких землетрясений может быть несколько десятков
7	Землетрясения такой магнитуды считаются уже сильными
8	Такой магнитуды землетрясение было в Сан-Франциско в 1906 г.
8,4	Землетрясение на Аляске в 1964 г. и в Ассаме в 1950 г.
8,6	Энергия такого землетрясения в 3 млн. раз превышает энергию одной атомной бомбы
8,9	Лиссабонское землетрясение 1755 г.

Интенсивность землетрясений представляет собой меру величины сотрясения грунта. Она определяется степенью разрушения построенных сооружений, характером изменения земной поверхности и ощущениями, которые испытывают люди во время землетрясений. Интенсивность землетрясений измеряется баллами.

Сегодня существует несколько шкал интенсивности.

- Первая шкала была предложена в 1883—1884 гг. М. Росси и Ф. Форелем. Эта шкала иногда используется при характеристике современных землетрясений. Она состоит из десяти подразделений, градаций или баллов от I до X.

- В 1902 г. была разработана более совершенная 12-балльная шкала, в дальнейшем видоизмененная с учетом особенностей построек, сооруженных в Калифорнии. Она названа шкалой интенсивности Меркалли, по имени итальянского вулканолога. Этой шкалой в настоящее время широко пользуются сейсмологи США и ряда других стран.

- Следующая шкала была разработана в 1954 г. итальянским картографом Я. Гастальди, и ею пользовались достаточно длительное время.

- В Японии, где условия существенно отличаются от калифорнийских, применяется иная шкала интенсивности землетрясений.

- В нашей стране и некоторых европейских странах пользуются для оценки подземных толчков 12-балльной международной шкалой интенсивности землетрясений (MSK—64). Она названа по начальным буквам фамилий ее авторов (Медведев—Шионхойер—Карник).

Землетрясения подразделяются на слабые — от 1 до 4 баллов, сильные — от 5 до 7 баллов и сильнейшие — более 8 баллов, (они сопровождаются большими разрушениями).

ОДИН БАЛЛ. Людьюи такое землетрясение не ощущается, за исключением единичных наблюдателей, находящихся в особо чувствительных местах и занимающих определенные положения. Толчки регистрируются только специальными сейсмографами.

ДВА БАЛЛА. Землетрясение очень слабое. Колебание почвы ощущается немногими людьми, находящимися в покое, главным образом в самых верхних этажах зданий, расположенных в непосредственной близости от эпицентра.

ТРИ БАЛЛА. Землетрясение слабое. Колебания ощущаются в помещениях, главным образом в верхних этажах высотных зданий. Во время этого землетрясения раскачиваются подвешенные предметы, особенно люстры, скрипят и приходят в движение раскрытые двери. Стоящие автомобили начинают слегка раскачиваться на рессорах. Некоторые люди способны оценить длительность сотрясения.

ЧЕТЫРЕ БАЛЛА. Умеренное землетрясение. Оно ощущается многими людьми и особенно теми, кто находится в помещении. Лишь немногие люди могут почувствовать такое землетрясение на открытом воздухе, и только те, кто в данное время находится в покое. Некоторые люди ночью от такого землетрясения пробуждаются. В момент землетрясения раскачиваются подвешенные предметы, дребезжат стекла, хлопают двери, звенит посуда, трещат деревянные стены, карнизы и перекрытия. Заметно покачиваются на рессорах стоящие автомашины.

ПЯТЬ БАЛЛОВ. Ощутимое землетрясение. Оно чувствуется всеми людьми, где бы они ни находились. Просыпаются все спящие. Двери раскачиваются на петлях и открываются самопроизвольно, стучат ставни, захлопываются и открываются окна. Жидкость в сосудах раскачивается и иногда переливается через край. Бьется часть посуды, трескаются оконные стекла, местами в штукатурке появляются трещины, опрокидывается мебель. Маятниковые часы останавливаются. Иногда раскачиваются телеграфные столбы, опорные мачты, деревья и все высокие предметы.

ШЕСТЬ БАЛЛОВ. Сильное землетрясение. Ощущается всеми людьми. Многие люди в испуге покидают помещение. В момент колебания почвы и после них походка становится неустойчивой. Бьются окна и стеклянная посуда. Отдельные предметы падают со стола. Падают картины. Приходит в движение и опрокидывается мебель. Появляются трещины на стенах в кирпичной кладке. Заметно сотрясаются деревья и кусты.

СЕМЬ БАЛЛОВ. Очень сильное землетрясение. Люди с трудом удерживаются на ногах. В испуге инстинктивно выбегают из помещений. Дрожат подвешенные предметы. Ломается мебель. Многие здания получают сильные повреждения. Печные трубы обламываются на уровне крыш. Обваливается штука-

турка, плохо уложенные кирпичи, камни, черепица, карнизы и неукрепленные специально паралеты. Появляются значительные трещины в грунте. Происходят оползни и обвалы на каменистых и глинистых склонах. Самопроизвольно звонят колокола. В реках и открытых водоемах мутнеет вода. Из бассейнов вода выплескивается. Повреждаются бетонные оросительные каналы.

ВОСЕМЬ БАЛЛОВ. Разрушительное землетрясение. Типовые здания получают значительные повреждения. Иногда частично разрушаются. Ветхие постройки разрушаются. Происходит отрыв панелей от каркасов. Покачиваются и падают печные и фабричные трубы, памятники, башни, колонны, водонапорные башни. Ломаются сваи. Обламываются ветви на деревьях, возникают трещины во влажном грунте и на крутых склонах.

ДЕВЯТЬ БАЛЛОВ. Опустошительное землетрясение. От действия такого землетрясения возникает паника. Дома разрушаются. Seriously повреждаются плотины и борта водохранилищ. Рвутся подземные трубопроводы. На земной поверхности появляются значительные трещины.

ДЕСЯТЬ БАЛЛОВ. Уничтожающее землетрясение. Большая часть построек разрушается до основания. Обрушиваются некоторые хорошо построенные деревянные здания и мосты. Серьезные повреждения получают дамбы, насыпи и плотины. На земной поверхности появляются многочисленные трещины, некоторые из них имеют ширину около 1 м. Возникают большие провалы и крупные оползни. Вода выплескивается из каналов, русел рек и из озер. Приходят в движение песчаные и глинистые грунты на пляжах и низменных участках. Слегка изгибаются рельсы на железных дорогах. Ломаются крупные ветви и стволы деревьев.

ОДИННАДЦАТЬ БАЛЛОВ. Катастрофическое землетрясение. Сохраняются только немногие, особо прочные каменные здания. Разрушаются плотины, насыпи, мосты. На поверхности земли появляются широкие трещины, уходящие глубоко в недра. Подземные трубопроводы полностью выходят из строя. Сильно вспучиваются рельсы на железных дорогах. На склонах возникают крупные оползни.

ДВЕНАДЦАТЬ БАЛЛОВ. Сильное катастрофическое землетрясение. Полное разрушение зданий и сооружений. До неузнаваемости изменяется ландшафт, смещаются скальные массивы, оползают склоны, возникают крупные провалы. Поверхность земли становится волнообразной. Образуются водопады, возникают новые озера, изменяются русла рек. Растительность и животные погибают под обвалами и осыпями. Обломки камней и предметов взмываются высоко в воздух.

Японцы, так сильно страдающие от землетрясений, создали свою собственную шкалу интенсивности. Она имеет семь баллов и разработана применительно к высокой сейсмичности Японских островов.

Ознакомление со шкалой интенсивности хотя и дает общее представление о характере землетрясения, но все-таки эта шкала основана на субъективных признаках, которые чувствуют или отмечают наблюдатели. Интенсивность представляет собой качественное понятие, так как отражает наблюдаемое воздействие землетрясения на поверхность земли в определенной точке.

Некоторые ученые предлагали сравнивать одно землетрясение с другим по числу жертв или по количеству разрушенных зданий и сооружений. Но ведь и этот критерий не дает полной характеристики землетрясения, поскольку зависит от многих факторов. Например, число жертв при одном и том же землетрясении будет варьировать в зависимости от плотности населения, устойчивости зданий и характера построек.

Большое значение имеют и такие факторы, как расстояние от эпицентра и положение самого очага землетрясения. Небольшое изменение глубины очага влечет за собой большие изменения и воздействие на поверхность. Поэтому **наиболее объективная оценка землетрясения состоит в определении его магнитуды.**

Наиболее часто в сообщениях средств массовой информации фигурирует шкала Рихтера. Прочтя сообщение, например,

«Вчера в Турции произошло землетрясение силой в 6 баллов по шкале Рихтера», не следует пытаться соотнести его с вышеназванной шкалой сейсмической интенсивности. Ведь она оценивает интенсивность сотрясений на поверхности земли. Сейсмолог и человек, разбирающийся в сейсмологии, никогда не скажет «сила землетрясения составляет 7 баллов по шкале Рихтера», так как сотрясения на поверхности, например, в горных областях, при этом могут достигать 10 баллов, если очаг неглубокий, и только 8 баллов, если он расположен глубоко и далеко от эпицентра. Соотношение между балльностью и магнитудой зависит от расстояния между очагом и точкой регистрации на поверхности земли. Чем меньше глубина очага, тем больше интенсивность сотрясения на поверхности при одной и той же магнитуде. Для того, чтобы лучше ориентироваться в сообщениях о землетрясениях, предлагается пользоваться таблицей, которую разработал профессор Н.В. Шебалин.

Магнитуда землетрясения по шкале Рихтера

Магнитуда землетрясения по шкале Рихтера	4,0		5,0		6,0		7,0		8,0	
Глубина очага землетрясения, км	3	5-10	5	10	10	20	15	30	25	40
Сила землетрясения в баллах по шкале MSK-64	VII	VI	VIII	VII	VIII	VII	IX	VIII	X	IX
					IX	VIII	X	IX	XI	X

ЭНЕРГИЯ И УСКОРЕНИЕ

Во время землетрясения высвобождается огромное количество энергии. Эту энергию можно рассчитать, зная его магнитуду, по формуле:

$$\log E = 11,5 M_s,$$

где E — энергия. Зная M , можно вычислить энергию любого землетрясения. С увеличением магнитуды быстро растет энергия. Одно землетрясение с $M = 7$ выделяет столько же энергии, сколько 30 землетрясений с $M = 6$ и 300 землетрясений с $M = 5$.

Известный чешский сейсмолог В. Карник подсчитал количество энергии, которое выделилось при землетрясениях в Европе за период с 1901-го по 1955 г. Наибольшее количество энергии выделилось в Восточной Турции, Центральной Турции, в Греции. Далее по убывающей следуют Испания, Италия, Германия и Англия.

Согласно расчетам, ежегодно на Земле во время землетрясений выделяется 10^{25} — 10^{26} эрг. Для сопоставления отметим, что при одном землетрясении с магнитудой 5,5 по шкале Рихтера выделяется энергия 10^{20} эрг. Во время землетрясения в Сан-Франциско в 1906 г. выделилось энергии 10^{24} эрг.

Ускорение является важной характеристикой землетрясения. Оно дает представление о том, с какой скоростью происходит сотрясение грунта. Для его измерения пользуются показаниями специальных приборов — акселерографов, которыми оснащены современные сейсмографы. Единицей ускорения, как известно, является сила тяжести g , равная 980 см/с. Землетрясения умеренной силы в нескольких десятках километров от источника обладают ускорением от 0,5 до 0,35 g . Ускорения в горизонтальном направлении всегда больше, чем в вертикальном. Например, максимально высокие из зарегистрированных горизонтальных ускорений составляют 1,15 g , а максимально высокие

вертикальные — всего 0,7g. Именно поэтому **наиболее опасными считаются горизонтальные толчки**. Среди всех известных наиболее крупных землетрясений исключением было Газлийское землетрясение в Узбекистане 17 мая 1976 г.: здесь было зарегистрировано вертикальное ускорение, равное 1,3g.

Ускорения, получаемые грунтом, передаются сооружениям, которые начинают раскачиваться и вследствие разной степени сопротивляемости разрушаться. Измерения показывают, что чем выше здание, тем более высокие ускорения оно получает. Так, на верхних этажах они всегда больше, чем на поверхности земли.

Высокая скорость колебаний обуславливает ряд необыкновенных явлений. Во время землетрясения в штате Ассам в Индии 12 мая 1897 г., согласно рассказам очевидцев, происходило следующее: в воздух взлетали камни, словно горох на барабанах, люди падали словно подкошенные, гранитный блок массой около 100 кг был подброшен в воздух на два метра.

Другой пример получаемого ускорения. Как показывают фотографии, сделанные во время землетрясения 20 декабря 1969 г. в Японии, мельничные жернова диаметром около 1 м были подброшены вверх на 20 см. Они долгое время подсакивали, как резиновые мячики.



ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ

Для того чтобы определить время и место возникновения будущего землетрясения, правильно оценить масштабы предстоящего стихийного бедствия, а значит, заблаговременно подготовиться к нему, надо знать причины землетрясений. Люди, испытавшие на себе весь ужас, порождаемый землетрясениями, и видевшие, какие огромные бедствия и неизмеримый ущерб наносят они, пытались понять причины, их порождавшие. Тщетность таких попыток, которые предпринимались многократно в прошлом, легко объясняется тем обстоятельством, что не было четкого представления о строении Земли и истории ее развития. Сегодня мы можем более или менее точно сказать об этом. Но чтобы прийти к современным знаниям, надо было в течение нескольких столетий изучать земную поверхность. В процессе такого изучения были выдвинуты и опровергнуты десятки и сотни самых различных гипотез. Фантастических и вполне реальных. Последние, казалось бы основанные на неопровержимых фактах, с течением времени отвергались, так как полученные новые данные противоречили господствующей парадигме. Гипотеза опровергалась, уходила на задний план и забывалась, уступая место новой, более изящной и точной.

Итак, прежде чем говорить о причинах возникновения землетрясений, остановимся на современных представлениях о строении Земли и о ее развитии со дня возникновения.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Что мы сегодня знаем о нашей планете? Много или мало? Достаточно ли наших знаний, чтобы судить о причинах землетрясений? Поверхность Земли изучена достаточно подробно. Человеку удалось с помощью глубоководных аппаратов обследовать дно Мирового океана. Даже пробурено несколько сотен скважин на морском дне. Но это ничтожно мало. В космос человек проник на десятки и сотни миллионов километров, тогда как самая глубокая скважина с огромными трудностями прошла сквозь горные породы чуть больше 12 км. Если сравнить с радиусом Земли, в среднем равным около 6378 км, то это меньше, чем булавочный укол. Причем надежд на то, что в ближайшее время удастся проникнуть на глубину более 20 км, весьма малы. Значит, необходимо познать внутреннее строение Земли иными, нетрадиционными методами. В этом нам помогает геофизика, а вернее та ее отрасль, которая называется *сейсмоикой*.

Сегодня мы знаем, что Земля представляет собой фигуру, называемую геоидом. Это некая воображаемая поверхность, по отношению к которой сила тяжести повсеместно направлена перпендикулярно. На площади акватории океанов геоид совпадает с поверхностью невозмущенной воды. *Параметры Земли* следующие:

экваториальный радиус составляет 6378,245 км, полярный радиус — 6356,863 км;

площадь земной поверхности составляет около 510 млн. км², ее объем — 1,083 (10¹²) км³, масса — 5,976 (10²⁷) г.

Мы с большой точностью определили скорость вращения Земли вокруг своей оси, скорость движения по орбите и среднюю плотность вещества планеты. Но как быть с глубокими недрами? Сегодня геологи хорошо изучили горные породы, выступающие на континентах, а это около 150 млн. км², изучают океанское и морское дно. Но коль недоступно визуальное изучение, надо каким-то образом, попытаться проникнуть в глубь Земли.

И тут свою положительную роль играют землетрясения. Да, именно землетрясения, которые приносят нам беды, стали служить методом познания земных недр. Во время землетрясений или искусственных взрывов внутри толщи горных пород возникают упругие волны, которые распространяются во все стороны от места своего образования. Если землетрясение было мощным, то эти волны способны пройти сквозь весь земной шар и выйти на поверхность, где их можно было бы зарегистрировать. Зная скорость распространения сейсмической волны, можно определить не только глубину землетрясения, его эпицентр, но и глубину залегания тех или иных пластов горных пород, от которых эти волны отразились. Такой метод позволяет прощупать весь земной шар, он назван *сейсмическим*.

В начале XX в. югославский геофизик Андрей Мохоровичич заметил, что на глубине около 50 км сейсмические волны определенного типа увеличивают свою скорость. Этот скачок в скорости происходил на границе раздела, которую нынче называют *границей Мохоровичича*, или коротко — *границей Моха*. Выше нее располагается земная кора, ниже — мантия. В сторону центра Земли скорость продольных волн постепенно нарастает, а на глубине 2900 км резко падает с 13,6 до 8,1 км/с, но затем вновь увеличивается в центральных частях планеты до 11,3 км/с. Граница, на которой отмечается падение скорости сейсмических волн, является границей между мантией и ядром Земли.

Таким образом, при изучении характера распространения сейсмических волн выяснилось, что земной шар — это не однородное тело, а состоит из земной коры, мантии и ядра. В дальнейшем удалось выяснить, что границ раздела сейсмических волн на самом деле больше, а сами волны бывают разными — продольными, поперечными и поверхностными. Все они распространяются по-разному и фиксируют разные границы.

Земная кора — твердая верхняя оболочка Земли. Ее мощность изменяется от 5—10 км под водами океанов, 35—40 км — в равнинных областях и до 50—75 км — в горных районах.

Наибольшей величины земная кора достигает под Андами и Гималаями.

Мантия Земли распространяется ниже земной коры до глубины 2900 км. Она подразделяется на две части: верхнюю мантию (слои В и С) на глубине 900—1000 км и нижнюю мантию — от 900—1000 до 2900 км. Сейсмическим методом в слое В установлен слой относительно менее плотных, как бы «размягченных» горных пород, называемый астеносферой (от греческого «астенос» — слабый). Этот слой располагается на разных глубинах: под континентами — от 80—120 до 200—250 км, под океанами — от 50—70 до 300—400 км.

Твердый надастеносферный слой мантии вместе с земной корой называется *литосферой*, т.е. каменной сферой.

Ядро Земли разделяется на внешнее ядро, простирающееся до глубин около 4980 км, переходный слой — в интервале глубин 4980—5120 км и внутреннее ядро, которое находится ниже 5120 км.

«Просвечивая» Землю в моменты землетрясений и искусственных взрывов и фиксируя прохождение волн на многих сейсмических станциях, размещенных по всему земному шару, с помощью метода сейсмической томографии удалось выяснить, что поверхность ядра не сферическая, на ней имеются «впадины» и «выступы», а само ядро несколько сплющено со стороны полюсов и немного холоднее в экваториальной части.

Одновременно с сейсмическим зондированием строение нашей планеты стали изучать с помощью анализа распределения силы тяжести. Оказалось, что измерение силы тяжести в разных точках — эффективный метод изучения. Давайте вспомним, что сила тяжести складывается из двух основных сил — силы притяжения всей Земли и силы, образующейся за счет вращения земного шара, т.е. центробежной силы. Если мы эти силы отнесем к единице массы, то получим ускорение силы тяжести.

Суть геофизического метода, называемого *гравиметрией*, состоит в том, что выявляется отклонение аномалии силы тяжес-

ти по отношению к ее нормальному значению, приведенному к поверхности геоида с введенными поправками. Эти аномалии возникают за счет масс горных пород, залегающих на глубине, плотность которых отличается от плотности окружающих пород.

Измеряется сила тяжести приборами, называемыми *гравиметрами*. Их действие основано на принципе качания маятника, растягивания пружинки с грузом и т.д. Аномалии силы тяжести измеряют на суше и в океанах. Там, где земная кора толще, аномалии силы тяжести меньше, так как слои с высокой плотностью, слагающие мантию, залегают глубже. И наоборот, в океанах, где земная кора тоньше, аномалии больше. Отсюда следует, что **кривая аномалий силы тяжести отражает форму поверхности Мохоровичича.**

Все мы знаем, что у Земли имеется *магнитное поле*. Северный и южный магнитные полюса не совпадают с географическими. Земля представляет собой как бы гигантский магнит с силовым полем вокруг. Геомагнитное поле дипольное. Магнитные явления были известны с давних пор, и их использовали путешественники и особенно, мореплаватели. Исследования показали, что магнитное поле Земли непостоянно. Оно меняется во времени. Поэтому стали различать суточные, годовые, вековые изменения и магнитные бури, которые длятся от нескольких часов до 3—4 суток и совпадают с солнечной активностью.

В каждой точке земной поверхности существует магнитное поле, измеряемое полным вектором напряженности. Он состоит из нескольких элементов, в том числе склонения, наклонения, горизонтальной составляющей и т.д.

Магнитное склонение определяется углом отклонения магнитной стрелки компаса от географического меридиана. Склонение может быть западным и восточным. Линии, соединяющие на карте точки с одинаковым склонением, называются *изогонами*. Магнитное наклонение определяется углом наклона магнитной стрелки к горизонту. Наибольшее наклонение наблюдается в районах магнитных полюсов. Линии, соединяющие на карте точки с одинаковым наклонением, называются *изоклинами*.

На общий фон главного магнитного поля оказывают влияние горные породы, содержащие ферромагнитные минералы, которые залегают в верхней части земной коры. Поэтому на земной поверхности возникают магнитные аномалии. Они дают возможность судить о составе горных пород, залегающих на глубине, поскольку разные магнитные породы намагничены в разной степени.

Сегодня установлено, что **остаточная намагниченность горных пород, содержащих ферромагнитные минералы, соответствует по своей ориентировке магнитному полю Земли, существовавшему в период их образования.** Исследования этой намагниченности показали, что магнитное поле Земли неоднократно менялось в ходе геологической истории: северный полюс становился южным, а южный — северным, т.е. происходили инверсии (от латинского «инверсио» — переворачивание) магнитного поля.

Миллионы и сотни миллионов лет назад, когда горные породы образовывались, например, во время извержения вулканов или из расплавленной магмы, а также на земной поверхности в результате деятельности различных экзогенных (внешних) процессов, то минералы, содержащие железо, однажды намагнитившись в ту далекую эпоху, сохранили до наших дней первичную намагниченность. Дело в том, что в природе происходили различные катаклизмы, горные породы разрушались, а их обломки переносились и заново осаждались. Главное, чтобы эти минералы не переплавлялись. И это несмотря на то, что после своего рождения горные породы с ферромагнитными минералами находились в изменчивом магнитном поле и даже в условиях многократной смены знаков намагниченности.

Это удивительное свойство сохранять в памяти магнитное поле далеких геологических эпох, несмотря на последующие магнитные бури и геологические катастрофы, позволяет геологам реконструировать магнитное поле геологического прошлого. Сделать это довольно просто. Надо вырезать ориентированный по

странам света (исходя из сегодняшнего дня) маленький кубик горной породы, содержащий ферромагнитные минералы, и затем с помощью магнитометра определить остаточную намагниченность. При этом можно определить не только интенсивность магнитного поля, но и знак намагниченности и направления магнитных полюсов. **Измерения остаточной намагниченности привели к крупным открытиям в изучении эволюции Земли. Была подтверждена и гипотеза о перемещении материков.** Но на этом мы остановимся несколько позже.

Наблюдения на рудниках и в шахтах, а также в буровых скважинах однозначно свидетельствуют о повышении температуры по мере удаления от поверхности Земли. Нарастание температуры на единицу глубины называется *геотермическим градиентом*, а интервал глубины в метрах, на котором температура повышается на один градус Цельсия, называется *геотермической ступенью*. Они различны в разных частях земного шара. Наибольшие значения приурочены к подвижным зонам океанов и континентов, а наименьшие — к наиболее устойчивым и древним участкам континентальной коры. Наибольший геотермический градиент, равный 150° на 1 км, зарегистрирован в штате Орегон (США). В Кольской скважине на глубине 11 км температура оказалась равной около 200°C .

Вещество литосферы находится в твердом кристаллическом состоянии, так как температура при существующих здесь давлениях не достигает точки плавления. Однако местами внутри земной коры сейсмологами отмечается наличие отдельных низкоскоростных линз, напоминающих собой астеносферный слой, с которым, вероятно, и связаны коровые магматические очаги. По сейсмическим данным, вещество мантии Земли, через которую проходят как продольные, так и поперечные сейсмические волны, находится в эффективно-твердом состоянии. При этом вещество нижней части слоя В и слоев С и Д, по-видимому, находится в кристаллическом состоянии, так как существующие в них давления препятствуют плавлению. И только в астеносфере с пониженными скоростями сейсмических волн температура приближается

к точке плавления. Предполагается, что вещество в астеносферном слое может находиться в аморфном стекловидном состоянии, а часть — даже в расплавленном.

Каково же состояние вещества в земном ядре? Естественно, что точно ответить на этот вопрос весьма сложно. Поскольку переход от мантии к ядру сопровождается резким снижением скорости продольных сейсмических волн, а поперечные волны, распространяющиеся только в твердой среде, в него не входят, большинство исследователей считают, что вещество внешнего ядра находится в жидком состоянии, а внутреннее ядро, по косвенным данным, считается твердым.

СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ, СОСТАВ МАНТИИ И ЯДРА

Земная кора состоит из различных типов горных пород — осадочных, магматических и метаморфических — залегающих выше границы Мохоровичича. Соотношение горных пород в составе земной коры изменяется в зависимости от рельефа Земли. В пределах континентов выделяются равнины и горные области, а в океанах — подводные окраины материков (шельф, простирающийся до глубины около 200 м, и континентальный склон — до глубины порядка 2,5—3 км, ложе океана с преобладающими глубинами 4—6 км, глубоководные желобы (до 10—11 км) и срединно-океанские хребты.

В начальные стадии геофизических исследований выделялись два главных типа земной коры — континентальный и океанский. В дальнейшем были установлены еще два переходных типа коры — субконтинентальный и субокеанский, которые свойственны областям перехода от континента к океану и для впадин окраинных и внутренних морей.

Континентальная кора имеет различную мощность. В пределах обширных внутриконтинентальных равнин она достигает толщины 35—40 км и увеличивается до 50—75 км в молодых горных сооружениях. В ее строении выделяются два слоя:

- осадочный, состоящий из осадочных горных пород;
- консолидированный, сложенный магматическими и метаморфическими породами. Последний обычно делится на два слоя: гранитный и базальтовый. Свое название гранитный слой получил в связи с тем, что он в основном состоит из гранитогнейсовых, сильно метаморфизованных пород. Кстати, именно такие породы выходят на земную поверхность в пределах кристаллических щитов, например, на Украинском, Балтийском, и Канадском щитах. Название базальтового слоя основано на сходстве скоростей сейсмических волн в этом слое со скоростями, характерными для такой широко распространенной горной породы, как базальт. Однако ввиду того, что аналогичные скорости наблюдаются и в метаморфических породах, подвергшихся метаморфизму высокой (гранулитовой) степени, этот слой иногда называют гранулитобазитовым (базит — это основная порода).

Скорость распространения сейсмических волн в осадочном слое составляет 3—5 км/с, в гранитогнейсовом — 5,5—6,5 км/с, в гранулитобазитовом — 6,6—7,2 (7,4) км/с.

Выделяющиеся в составе земной коры слои характеризуются переменчивыми мощностями. Мощность осадочного слоя колеблется от нуля, как например, на Алданском, Балтийском щитах, до 5 км в пределах континентальных равнин, и только в крупных прогибах, например Прикаспийском, мощность осадочного слоя превышает 8 км. В орогенных областях в предгорных и межгорных прогибах мощность этого слоя достигает 15—20 км.

Мощность гранитогнейсового слоя изменяется от 10 до 25 км, в зависимости от общей мощности земной коры. На равнинах она составляет примерно 15—20 км, в горных районах — 20—25 км. Гранулитобазитовый слой обладает изменчивой мощностью от 10 до 20 км на платформах и от 25 до 35 км в некоторых горных областях.

Состав *океанской* коры, характерной для ложа Мирового океана, резко отличается от континентального типа как по суммарной мощности, так и по составу. В нем отсутствует гранитогнейсовый слой. Мощность океанской коры колеблется от 5 до 10 км, в среднем составляя 6—7 км. Эта кора состоит из трех слоев:

- верхний слой рыхлых морских осадков, в редком случае превышает 1 км. Скорость распространения в нем сейсмических волн — менее 3 км/с;
- расположенный ниже второй слой характеризуется скоростью распространения сейсмических волн в пределах 4—4,4 км/с. Он имеет мощность от 1 до 1,5 км. По данным глубоководного бурения, он представлен базальтовыми лавами с подчиненными прослоями кремнистых и карбонатных пород;
- третий слой мощностью 3,5—5 км не пройден бурением. Скорость распространения сейсмических волн в нем равна 6,3—6,4 (7) км/с. По данным драгирования, он сложен основными (габбро) и частично ультраосновными (пироксениты) породами.

Глубоководные котловины окраинных и внутренних морей (южная часть Каспия, Черное, Средиземное, Охотское и ряд других морей) относятся к *субокеанскому* типу земной коры. Особенностью этого типа земной коры является наличие осадочных пород большой мощности — 4—10 км, а местами — 15—20 км, залегающих непосредственно на слое со скоростью сейсмических волн 6,0—6,4 км/с и мощностью около 5—10 км. Суммарная мощность субокеанской коры колеблется от 10 до 20 км, иногда достигая 25 км.

Для островных дуг, например Алеутской, Курильской и др., характерен *субконтинентальный* тип земной коры. По своему строению он близок к материковому типу, но имеет меньшую мощность, не превышая 20—30 км. Его особенность — нечеткое разделение коры на отдельные слои.

Теперь перейдем к более глубоким недрам Земли и попытаемся понять, из чего они состоят. Естественно, что за исключением слоя В или верхней мантии прямые данные отсутствуют.

Лишь в немногих местах имеются выходы пород, которые могут считаться глубинными. Кроме того, глубинные породы в виде отдельных включений находятся среди базальтовых лав вулканов, а также слагают алмазоносные кимберлитовые трубки взрыва. Важное значение для выяснения состава мантии играют экспериментальные исследования минералов и горных пород при высоких давлениях и температуре. Основываясь на комплексе прямых и экспериментальных данных, большинство исследователей склонны считать, что верхняя мантия состоит из ультраосновных магматических пород, в которых главными минералами являются оливин, пироксены и гранаты.

В слое С верхней мантии, его часто называют слоем Голицына, — области быстрого нарастания скоростей сейсмических волн и давления, происходят сильные фазовые, полиморфные превращения вещества. Здесь распадаются железистомагнезиальные силикаты на простые окислы, а некоторые простые окислы, как например кварц, переходят в иную модификацию с более плотной структурой.

Пока не полностью выяснены состав и физическая природа ядра Земли. Известно, что оно состоит из большого, эффективно-жидкого внешнего и малого твердого внутреннего ядер, что очень четко выделяется по сейсмическим данным. Ядро Земли имеет большую плотность и высокую металлическую электропроводность. Исходя из этого, с давних пор высказывается мысль о том, что ядро состоит из железа с примесью никеля. Эта мысль обосновывалась сходством с железными метеоритами, которые, как предполагалось, являются обломками расколовшейся планеты.

В свете современных данных плотность земного ядра на 10% ниже плотности железоникелевого сплава при температурах и давлениях, господствующих в ядре. На основании этого было высказано предположение, что кроме никелистого железа в ядре должны быть еще какие-то легкие элементы. Предполагается, что ими могут быть кремний или сера. В настоящее время многие исследователи склоняются к мысли, что ядро состоит в основном из

железа с примесью никеля и серы. Но вместе с тем не исключена возможность присутствия и других элементов, например, кислорода или кремния.

Однако существуют и другие точки зрения. Предполагается, что внешнее ядро состоит из оксида железа, которое подвергается не только плавлению, но и переходу в более плотную фазу. Такие фазовые переходы при очень высоких давлениях были установлены экспериментальным путем.

РОЖДЕНИЕ ПЛАНЕТЫ

Большую помощь в формировании гипотезы рождения Земли оказали, как это ни странно звучит, метеориты, пришельцы из далекого космоса. При изучении железных и каменных метеоритов, которые считаются осколками болидов, а возможно, и каких-то планет, у ученых появилась возможность узнать состав других планет и сравнить его с земным. Оказалось, что средний состав метеоритов близок к земному, а их возраст не превышает 4—5 млрд. лет.

Согласно гипотезе академика О.Ю. Шмидта, Солнечная система образовалась путем аккумуляции твердого вещества, рассеянного в космическом пространстве. В результате сгущения или гравитационного сжатия газового пылевого облака до состояния вещества звезд возрастает внутренняя температура облака и начинают действовать термоядерные реакции. Общим результатом этих реакций является превращение водорода в гелий, а сама реакция сопровождается выделением огромного количества энергии.

В неистовстве, буйном реве термоядерных реакций родилась новая звезда — наше Солнце — Протосолнце. Произошло

это около 6—7 млрд. лет назад. Вещество, выброшенное в космическое пространство во время термоядерных взрывов, образовало газовое плазменное облако, из которого в дальнейшем возникли планеты, кометы, астероиды и другие космические тела. За несколько сотен миллионов лет газообразное вещество протопланетного облака остыло и по мере охлаждения в нем появились пылеватые твердые частицы.

Согласно современным представлениям, первичная Земля была холодной и представляла собой беспорядочное скопление космического вещества. Под влиянием гравитационного уплотнения, нагреваясь от ударов многочисленных космических тел — метеоритов и астероидов, и в результате выделения тепла при распаде радиоактивных элементов земное вещество стало вновь разогреваться. В настоящее время все еще существуют разногласия о величине такого разогрева. Одни считают, что температура достигала десятков тысяч градусов, а другие — не более 1000°C.

Как же произошло выделение ядра и мантии Земли? Большинство исследователей склоняется к мысли, что это совершилось благодаря гравитации. Разогрев Протоземли способствовал дифференциации ее вещества, которая привела к расслоению Земли. В течение длительного времени внутри Земли скопилось около $2 \cdot 10^{32}$ эрг тепла. Это вызвало не только разогрев, но даже частичное расплавление земных недр. Во внутренних частях Земли концентрировались тяжелые элементы, а на периферии скапливались сравнительно легкие. Эти процессы повлекли за собой разделение земных недр на ядро и мантию. Вещество земного ядра состояло главным образом из железа, а мантия — из силикатов. В нижней мантии вещество в настоящее время находится в особенно плотном кристаллическом состоянии и имеет очень высокие температуры плавления.

Но возникает вопрос: каким образом осуществлялось перемещение легких и тяжелых веществ при гравитационной дифференциации? При расчетах необходимо учитывать, что мантийное

вещество ведет себя как твердое тело только при быстро меняющихся и действующих кратковременно нагрузках, а при длительных воздействиях вещество приобретает свойства жидкости. Мантия действует как гравитационный сепаратор, который доставляет к границе «ядро—мантия» свежее вещество. Тяжелые соединения железа остаются, а легкие возвращаются в верхние слои. Вещество к месту переработки доставляется так называемыми конвективными (convectiv — перенос) ячейками. По краям открытых ячеек осуществляется подъем, а в центре — опускание вещества. В закрытых ячейках вещество движется в противоположном направлении.

Сепарация вещества в недрах Земли протекает довольно медленно, и мантийный материал множество раз совершает полный кругооборот. Интересно, что каждый полный круг обращения мантийного вещества по времени совпадает с длительностью крупнейших геологических периодов. Отзвуками грандиозных явлений, продолжающихся в глубинах Земли, являются бурная вулканическая деятельность, сильнейшие землетрясения, горообразовательные процессы, поднятие суши и наступление моря (трансгрессии) и другие природные явления, наблюдаемые человеком.

Долгое время после своего рождения Земля была безжизненной и неуютной. Только лучи Солнца, космический холод и солнечный ветер господствовали на поверхности планеты. Из недр Земли извергались потоки лавы, растекаясь на многие сотни километров. Атмосферы не существовало, и это делало Землю очень уязвимой для обстрела из космоса метеоритами и космической пылью. Над планетой поднимались тучи пепла и различных газов. Водяные пары, углекислый газ, метан, пары сильных кислот и целый ряд газообразных соединений поступали из недр во время грандиозных извержений. Впервые свободный кислород появился на границе ядра и мантии, т.е. в том месте, где происходила сепарация и переработка вещества. Увлекаемый восходящими конвективными потоками, кислород постепенно уходил вверх и долгое время расходовался на окисление железа и его

соединений. Однако возрастающее количество железа скапливалось в ядре, а количество кислорода все увеличивалось, и легче становился его путь к поверхности. И вот наступило время, когда кислород стал поступать в приземное пространство...

ИСТОРИЯ АТМОСФЕРЫ И ГИДРОСФЕРЫ

Древняя атмосфера и гидросфера, конечно, не могли сохраниться в ископаемом состоянии. Но геологи имеют более или менее цельное представление об их составе, времени формирования и особенностях развития. Эти знания основываются на строгом сборе фактов, химическом составе горных пород и строении органических остатков, которые возникли и жили в определенных физико-географических условиях. Именно эти условия позволяют определить состав атмосферы и гидросферы.

Возникновение и эволюция атмосферы и гидросферы драматичны и привлекают внимание ученых главным образом потому, что только благодаря существованию этих оболочек на Земле родилось живое вещество. Атмосфера родилась в самые начальные стадии формирования земной коры, т.е. когда земная поверхность стала твердеть. Об условиях формирования атмосферы существует две группы гипотез. Одна группа рассматривает атмосферу как произведенную из того первичного материала, который остался на земной поверхности после образования земной коры, мантии и ядра. В других гипотезах предполагается, что атмосфера является вторичным образованием и возникла в процессе освобождения свободных газообразных химических элементов и соединений, извергавшихся из недр Земли.

Большинство ученых склоняются ко второй группе гипотез, так как в противном случае любая первичная атмосфера на са-

мых ранних стадиях была бы сразу утеряна Землей, ведь гравитационные силы ее в то время были очень слабыми.

Происхождение атмосферы. Атмосфера — воздушная оболочка Земли — простирается до высоты свыше 2000 км над поверхностью планеты. Возникла атмосфера на самой ранней стадии геологической истории Земли. Она была создана как геолого-космическими факторами, так и в результате жизнедеятельности организмов. В течение всей длительной геологической жизни, т.е. около 4 млрд. лет атмосфера пережила несколько глубоких перестроек, которые были установлены на основании палеогеографических реконструкций и геохимического изучения горных пород.

В момент формирования Земли из протопланетного облака все элементы будущей атмосферы находились в связанном виде в составе твердых веществ — в гидрооксидах, нитридах и нитратах, в оксидах металлов, в графитах и карбонатах.

Остальные газы за счет высоких температур и соответственно скорости их молекул рассеивались в космическое пространство еще на стадии образования планеты. В то время ультрафиолетовые лучи свободно достигали поверхности Земли. Под их воздействием происходило разложение воды и углекислого газа и образование свободных водорода и кислорода. Легкий водород улетучивался из атмосферы, а углерод вступал в химические соединения с горными породами. Развитие жизни на Земле и биогенные процессы способствовали образованию избытка кислорода, создавалась своеобразная кислородная «подушка», препятствующая проникновению ультрафиолетовых лучей ниже озонового слоя.

Ученые предполагают, что первозданная атмосфера молодой Земли, существовавшая около 4 млрд. лет назад, могла состоять из смеси инертных и благородных газов с небольшим добавлением пассивного азота. Последний мог возникнуть в результате привноса кометного вещества. В результате дегазации мантии и протекавших на земной поверхности активных процес-

сов выветривания в основном под действием солнечной радиации и солнечного ветра в атмосферу стали поступать пары воды, соединения углерода в виде CO_2 , CO , и CH_4 , аммиака, серы и ее соединений, сильных галогенных кислот — HCl , HF , HJ , а также борной кислоты, которые добавлялись к находившимся в атмосфере водороду, аргону и некоторым другим благородным газам. Эта первичная атмосфера сначала была чрезвычайно тонкой. Поэтому температура земной поверхности была близка к температуре лучистого равновесия.

Первичная атмосфера была не только тонкой, но и легкой и долго не могла окружать нашу планету. С течением времени, особенно после того, как затихали процессы дегазации в мантии, часть легких газов удалялась в космическое пространство.

Через некоторое время газовая оболочка стала состоять из углекислого газа, водяного пара, водорода и аммиака. Она создавала восстановительную среду и в такой обстановке могли существовать и развиваться только безъядерные организмы — прокариоты.

С течением времени газовый состав первичной атмосферы под влиянием процессов выветривания и жизнедеятельности цианобактерий стал трансформироваться. Именно благодаря жизнедеятельности этих организмов, обладавших процессами фотосинтеза, стал вырабатываться кислород, который расходовался сначала на окисление атмосферных газов, а затем и горных пород верхней части литосферы. При этом аммиачный азот, окислившийся до молекулярного состояния, стал интенсивно накапливаться в атмосфере. (На этом основании многие ученые предполагают, что значительная часть свободного азота является реликтовой и сохранилась с того далекого времени.) Метан и оксиды углерода окислялись до углекислого газа. Сера и сероводород окислялись до SO_2 и SO_3 , которые вследствие своей высокой подвижности и легкости быстро удалялись из атмосферы. Таким образом, постепенно в течение длительного времени, по крайней мере около 1 млрд лет, атмосфера из восстановительной

стала превращаться в окислительную. Такая смена сказалась на органической жизни. Прокариоты не выносили окислительной обстановки и ушли с земной поверхности, а вместо них стали царствовать эвкариоты — организмы с клеточным ядром. От них 1,5—2 млрд лет назад возникли многоклеточные формы.

Почему изменялась первичная атмосфера и откуда поступали ранее отсутствовавшие газы? *Углекислый газ* поступал в атмосферу в результате дегазации земной мантии, грандиозных вулканических извержений, а также от выветривания остывших и находившихся на земной поверхности горных пород. Но если бы весь углекислый газ, который выделился за всю историю Земли, сохранился бы в атмосфере, то его парциальное давление в настоящее время достигло бы 90 атмосфер, т. е. стало таким же, как сегодня на Венере. Однако на Земле происходил процесс захвата углекислого газа из атмосферы в гидросферу. Поступающий в гидросферу углекислый газ гидробионтами связывался и в огромных объемах осаждался на морском и океанском дне в виде карбонатов. В результате последующих процессов эти осажденные карбонаты преобразовывались в толщи известняков и доломитов.

Кислород в атмосферу поступал в основном, из трех источников. В течение длительного времени, начиная с момента возникновения Земли, кислород выделялся в процессе дегазации мантии и в основном расходовался на окислительные процессы. Другим источником свободного кислорода была фотодиссоциация паров воды под воздействием жесткого ультрафиолетового излучения. Появление свободного кислорода в атмосфере вызвало гибель прокариотных существ и им на смену пришли эвкариоты. В результате жизнедеятельности первых эвкариотов, а ими были сине-зеленые водоросли, которые весьма активно в результате фотосинтеза преобразовывали атмосферную углекислоту в кислород, в атмосфере концентрация свободного кислорода постепенно росла.

Однако еще долгое время свободный кислород расходовался на окисление. Так происходило в архее и на протяжении значи-

тельной части протерозоя. По крайней мере до 650—680 млн лет назад практически весь выделяющийся свободный кислород биогенного или мантийного происхождения расходовался на окисление двухвалентного железа, в весьма значительных количествах находившегося на земной поверхности, и серы, которой довольно много оставалось в атмосфере.

В середине позднего протерозоя концентрация кислорода в атмосфере достигла точки Юри и составила 0,01% от современного уровня. Только начиная с этого времени, кислород стал накапливаться в атмосфере, и, вероятно, в конце рифейского времени, т. е. около 650—700 млн лет назад, концентрация кислорода в атмосфере достигла точки Пастера (0,1% от современного уровня). Скорее всего с этого времени часть свободного кислорода в верхних слоях атмосферы стала переходить в озон.

Появление свободного кислорода в земной атмосфере стимулировало эволюцию жизни и привело к возникновению новых органических форм с более совершенным метаболизмом. С появлением бесскелетных многоклеточных форм в вендском периоде около 650 млн лет назад началось постепенное увеличение количества атмосферного кислорода. Ведь в это время анаэробный процесс брожения сменился энергетически более перспективным и прогрессивным кислородным метаболизмом.

После этого дальнейшее накопление кислорода в земной атмосфере происходило довольно быстро. Этому способствовало прогрессивное увеличение объема сине-зеленых и других водорослей. Определенная стабилизация содержания кислорода в атмосфере произошла с того момента, когда растения вышли на сушу, а это произошло примерно 450 млн лет назад. В течение всей палеозойской эры концентрация кислорода колебалась в довольно узких пределах, но никогда не выходила за рамки существования жизни. Полностью концентрация кислорода в атмосфере стабилизировалась после появления и расселения цветковых растений, а произошло это в середине мелового периода, т. е. около 100 млн лет назад.

Основная масса азота сформировалась на ранних стадиях развития Земли и была связана с появлением бактерий. Они захватывали и перерабатывали аммиак. Особенно усилились процессы выработки свободного азота с появлением наземных растений. Увеличение количества свободного азота, а затем и кислорода, происходило на фоне неуклонного падения концентрации атмосферной углекислоты. На рубеже криптозооя и фанерозоя, т. е. около 650 млн лет назад, содержание углекислого газа в атмосфере снизилось до десятых долей процента, а современного уровня оно достигло лишь совсем недавно — примерно 10—20 млн лет тому назад.

Состав и строение современной атмосферы. Состав атмосферы у земной поверхности (по объему) выглядит следующим образом: азота 78,08%, кислорода 20,95%, аргона — 0,93%, углекислого газа — 0,03%, неона — 0,0018% и пары воды (менее 0,1%), а оставшиеся 0,0082% приходятся на долю других газов.

Атмосфера разделяется на несколько слоев: тропосферу, стратосферу (гомосферу), мезосферу, ионосферу (термосферу) и экзосферу. Каждый из перечисленных слоев обладает специфическими физическими, геофизическими и геохимическими свойствами. Границы между перечисленными слоями нерезкие и в зависимости от широты местности располагаются на разных высотах.

Тропосфера — самый нижний слой атмосферы, прилегающий к земной поверхности. В ней сосредоточено около $\frac{4}{5}$ всей ее массы. Тропосфера простирается от 10 до 15 км, в среднем до высоты 12 км. Наибольшая ее толщина — на экваторе, средняя — в средних широтах и наименьшая — на полюсах. Содержит практически весь водяной пар. Температурный режим тропосферы определяется температурой поверхности Земли, при этом формируются основные процессы, связанные с изменением климата. Отделяется от следующего слоя — стратосферы так называемой *тропопаузой*. До этой границы, начиная с земной поверхности, температура непрерывно падает и на границе со

стратосферой достигает $-50, -60^{\circ}\text{C}$. Таким образом, температура в тропосфере в среднем на каждый километр высоты падает на 6°C . После достижения границы со стратосферой падение температуры прекращается и температура стабилизируется на уровне -60°C .

Тропосфера богата азотом и кислородом, насыщена парами воды и углекислотой. Здесь протекают важные процессы, влияющие на погоду. Образуются облака, т. е. зарождаются атмосферные осадки. Тропосфера очень подвижна. В ней непрерывно происходят перемещения — вертикальные и горизонтальные течения масс воздуха. Возникают и исчезают облака, образуются и перемещаются циклоны и антициклоны.

Стратосфера — слой от верхней границы тропосферы до высоты 80—85 км. В стратосфере практически прекращается падение температуры. Но если быть более точными, то поведение температуры в этом слое такое: с подъемом температура сначала падает (примерно до -80°), затем повышается до $-50 — 75^{\circ}$ на высоте 55—60 км, а далее опять понижается.

Граница с вышележащим слоем называется *стратопаузой*.

В следующем слое атмосферы — *мезосфере* — температура довольно быстро достигают отметок $-70 — 80^{\circ}\text{C}$. Мезосфера располагается на высоте 55—95 км и до настоящего времени слабо изучена.

Еще выше начинается *ионосфера* или термосфера. Это зона сильно разреженного и сильно нагретого воздуха, простирающаяся от верхней границы стратосферы до высоты 800 км. Еще на границе с мезосферой на так называемой *мезопаузе* температура вновь достигает положительной отметки и очень быстро растет. На высоте около 100 км она достигает $+80 — 100^{\circ}\text{C}$, а на высоте 400 км составляет уже 1200°C . Молекулы газов здесь сильно ионизированы космическим излучением, т. е. лишены верхних электронов и потому обладают положительным зарядом. Здесь также много свободных электронов. Этим объясняются особенности распространения радиоволн в ионосфере: как и всякий

сильно ионизированный газ, воздух в ней хорошо проводит электричество. Ионосфера обладает одним замечательным свойством. Она отражает радиоволны и тем самым дает возможность наладить радиосвязь на Земле.

Образование ионов на высоте от 80—85 км до 400 км происходит под действием ультрафиолетовой, рентгеновской и корпускулярной радиации Солнца. При усилении излучения Солнца заряженные частицы, попадающие в магнитное поле Земли, отклоняются в сторону высоких широт и вызывают полярные сияния — свечение газов атмосферы. Температура в ионосфере с подъемом вверх повышается и на высоте около 120 км равна примерно $+1500^{\circ}\text{C}$.

На высоте около 1000 км ионосфера переходит в экзосферу — внешний слой земной атмосферы от верхней границы ионосферы до 2000 км. Характерная особенность экзосферы — преобладание газов, находящихся в атомарном состоянии, и очень малая их плотность. Отсюда наиболее легкие газы земной атмосферы уходят в космическое пространство и рассеиваются. Температура в этом слое достигает $2000\text{—}3000^{\circ}\text{C}$, но газ настолько разрежен, что «почувствовать» столь высокие температуры практически невозможно.

Слои ионосферы и экзосферы объединяют иногда общим названием «гетеросфера».

Озоновый слой располагается между тропосферой и стратосферой. Его иногда называют озоновым экраном. Он обладает способностью поглощать наиболее энергично действующие на живые организмы ультрафиолетовые коротковолновые лучи Солнца. Здесь количество азота и кислорода уменьшается, а концентрации водорода, гелия и других легких газов, наоборот, увеличиваются. Именно этому свойству обязана современная высокоорганизованная жизнь на Земле. Озоновый слой как своеобразный экран защищает органический мир Земли от губительного воздействия ультрафиолетовых лучей. Под действием ультрафиолетового излучения часть молекулярного кислорода распадается на ато-

мы. Последние пристраиваются к оставшимся молекулам кислорода и образуют озон. Ведь озон в отличие от кислорода состоит не из двух, а из трех атомов кислорода. Озон образуется непрерывно, и на создание озонового экрана расходуется почти весь поток ультрафиолетовых лучей. Озон содержится в стратосфере на высоте от 15 до 55 км. Максимум его концентрации отмечается на высоте 17—25 км. Небольшая часть озона возникает в тропосфере во время грозных разрядов. Но в тропосфере довольно быстро озон разлагается и рассеивается.

В обычных условиях озон представляет собой газ с резким специфическим запахом. Это сильный яд, превосходящий по токсичности синильную кислоту. Он обладает мутагенными и канцерогенными свойствами, действует на кровь, а в смеси с кислородом взрывоопасен. Его присутствие в значительных количествах в тропосфере представляет особую экологическую опасность. Он может возникнуть в результате фотохимических реакций в воздухе, загрязненном антропогенными примесями и в первую очередь над крупными промышленными центрами.

Процесс взаимодействия одно- двух- и трехатомного кислорода с учетом процессов фотолиза был впервые описан английским физиком С. Чепменом в 1929 г. и получил название кислородного цикла или цикла Чепмена.

В атмосфере установлены определенные закономерности в распределении озона по времени суток, по широте местности и высоте. Как оказалось, концентрация озона возрастает во второй половине суток. Максимальных значений озон достигает весной, а осенью его концентрация падает до минимума.

Под воздействием различных причин как природного, так и антропогенного характера озоновый экран разрушается. Первые его частичная деградация была установлена во время наблюдений с полярных станций в Антарктиде в конце 80-х годов. Нарушение сплошного озонового экрана носит название «озоновых дыр». Озоновые дыры обнаружены над некоторыми районами Северного полушария, в частности, над Северной Европой,

Карелией, Якутией, Канадой и Аляской. Аномально низкие значения озона были зафиксированы над озерами Байкалом и Балхашем, над Полярным Уралом, Памиром и северо-востоком России.

В разложении озона, по современным представлениям, принимают участие кислород, водород, азот и галогены. В результате разложения озона на молекулярный и атомарный кислород на высоте 20—40 км теряется около 20% озона. До 60% озона теряется на высоте 15—25 км в результате взаимодействия водорода, метана и воды с атомарным кислородом. В последние десятилетия было установлено, что озон способен реагировать как с инертным азотом, так и с оксидами азота, а также с хлором.

Самое большое влияние на состояние озонового экрана оказывают водород, азот и хлор. Установлено, что только с 60-х годов XX в. атмосфера Земли потеряла почти 15% озона и скорость потери постоянно растет.

Возникновение озоновых дыр имеет определенную периодичность, локальное распространение, а их размеры составляют несколько миллионов квадратных километров. Через сравнительно короткие промежутки времени озоновые дыры исчезают, а уровень озона в них медленно восстанавливается.

Периодически возникающие озоновые дыры весьма негативно влияют на состояние органического мира Земли. Это связано с отрицательным воздействием ультрафиолетового излучения. Значительная доза ультрафиолетовой радиации воздействует на зрение, кожу и иммунную систему. У человека возникают ожоги кожи, учащаются случаи раковых заболеваний, заболевания глаз.

В последние десятилетия было обращено внимание на то, что разрушение озонового экрана связано не только с природными процессами, но и с техногенными факторами. Высказанные гипотезы могут быть объединены в три группы: метеорологическую, эндогенную и антропогенную.

Гипотезы *метеорологической* группы связывают образование озоновых дыр с естественными процессами формирования

озона. Его образование и разложение зависит от характера метеорологических процессов и перепадов температур, которые определяют направление и скорость воздушных потоков и воздействует на скорость и масштабность реакций кислородного, водородного и азотного циклов.

В основе *эндогенной* гипотезы лежит представление о взаимодействии водорода, метана и азота, выделяемых из недр Земли, в определенных местах с атмосферным озоном. Потоки этих газов вызваны процессами, которые протекают в земной мантии и на ее границе с ядром. Главными каналами, через которые поступают эти флюиды, являются рифтовые зоны, т. е. области срединно-океанских хребтов, максимально сближающиеся в Южном полушарии вблизи Антарктиды. Рифтовые зоны существуют и на континентах, в частности, в Восточной Африке и в районе Байкала.

Главная особенность флюидных газов состоит в том, что они очень легкие и при большом объеме очень быстро достигают стратосферы, охватывая значительную площадь.

Гипотезы *техногенной* группы основываются на роли техногенных фтор- и хлорсодержащих газов — фреонов в разрушении озонового слоя. Они широко используются в холодильной промышленности и в качестве распыляющих веществ в аэрозольных баллонах. (Авторы техногенно-фреоновой гипотезы в 1995 г. были удостоены Нобелевской премии.) Однако дальнейшие исследования в этой области показывают, что сторонники фреоновой гипотезы не учитывают возможности поступления в атмосферу озоноразрушающих газов из других источников. Дополнительным источником разрушения озонового слоя в Северном полушарии могут быть масштабные лесные пожары, во время которых так же, как и при вулканических извержениях, выделяются соединения хлора.

Распространение солнечной радиации. Изменение газового состава атмосферы, наличие облачности и ее толщины, прозрачность и наличие в ней тех или иных аэрозольных частиц воздействуют на погоду и климат нашей планеты. Жизнедеятель-

ность организмов, масштабность и скорость природных процессов, действующих на земной поверхности, определяются солнечной радиацией. Она дает 99,98% тепла, поступающего на земную поверхность (остальное дают недра Земли). Ежегодно это составляет $134 \cdot 10^{19}$ ккал. Такое количество тепла можно получить при одновременном сжигании 200 млрд. т каменного угля. Запасов водорода, который расходуется на Солнце в процессе термоядерных реакций, должно хватить по крайней мере на 10 млрд. лет, т. е. на время в два раза большее, чем существует наша планета.

Около $\frac{1}{3}$ общего количества солнечной энергии, поступающей на верхнюю границу атмосферы, отражается обратно в мировое пространство, 13% поглощается озоновым слоем, 7% поглощается остальной атмосферой и только 44% солнечной радиации достигает земной поверхности. Надо отметить, что суммарная солнечная радиация, достигающая Земли за сутки, равна энергии, которую человечество получило в результате сжигания всех видов топлива за последнее тысячелетие.

Количество и особенности распределения солнечной радиации на земной поверхности находятся в тесной зависимости от облачности и прозрачности атмосферы. На величину рассеянной радиации влияют высота Солнца над горизонтом, прозрачность атмосферы, содержание в ней водяного пара и пыли и общее количество атмосферной углекислоты.

Максимальное количество рассеянной радиации попадает в полярные районы. Чем ниже Солнце над горизонтом, тем меньше тепла поступает на данный участок местности. Большое значение имеет прозрачность атмосферы и облачность. Хорошо известно, что в пасмурный летний день обычно холоднее, чем в ясный, так как дневная облачность препятствует нагреванию земной поверхности.

Большую роль в распределении тепла играет запыленность атмосферы. Находящиеся в ней тонкодисперсные твердые частицы в виде пыли и пепла, влияющие на ее прозрачность отрицательно, сказываются на распределении солнечного тепла, ведь

большая часть солнечных лучей отражается от мелких частиц. Тонкодисперсные частицы попадают в атмосферу двумя путями. Это или лепел, выбрасываемый во время вулканических извержений, или пыль пустынь, поднимаемая сильными ветрами. Особенно много такой пыли в верхние слои атмосферы попадает во время сильных засух, когда она выносится мощными восходящими теплыми потоками воздуха и способна долгое время находиться в атмосфере. В процессе извержения крупных вулканов пепел выбрасывается на высоту несколько десятков километров и находится там годами. После извержения вулкана Эль Чичон в Мексике пыль достигла Европы и привела к понижению дневных летних температур.

Атмосфера содержит переменное количество водяных паров. В абсолютном исчислении по весу или по объему его количество колеблется от 2 до 5%. Водяной пар усиливает так называемый парниковый эффект, т.е. не дает тепловым потокам с земной поверхности уходить в космическое пространство. В возникающих в атмосфере облаках и туманах протекают своеобразные физико-химические процессы. Первоисточником водяного пара в атмосфере является поверхность Мирового океана. С нее ежегодно испаряется слой воды толщиной от 95 до 110 см. Часть влаги возвращается в океан после конденсации, другая воздушными потоками направляется в сторону материков. В областях с влажным климатом осадки увлажняют почвенный покров, создают запасы грунтовых вод, и таким образом атмосфера является аккумулятором влаги и резервуаром осадков. Облака и туманы, формирующиеся в атмосфере, обеспечивают влагой почвенный покров и тем самым играют определяющую роль в развитии животного и растительного мира.

Динамика атмосферы. Атмосферная влага распределяется на земной поверхности благодаря ее подвижности. Атмосфере присуща весьма сложная система ветров и распределения давления, которые непрерывно меняются. Их масштабы весьма разнообразны — от микрометеорологических размером в несколько сотен метров до глобальных в несколько десятков тысяч километ-

ров. Огромные атмосферные вихри участвуют в создании систем крупномасштабных воздушных течений и определяют общую циркуляцию атмосферы, а главное, что они являются источниками катастрофических атмосферных явлений.

Атмосферному давлению принадлежит основная роль в распределении погодных и климатических условий и в функционировании живого вещества на земной поверхности. В том случае, если атмосферное давление колеблется в небольших пределах и не выходит за определенные рамки, оно не играет решающей роли в самочувствии людей, поведении животных и не отражается на физиологических функциях растений. С изменением давления, как правило, связаны фронтальные явления, когда происходит смена циклонических явлений на антициклонические и изменение погоды.

Огромную роль атмосферное давление играет в формировании ветра. Благодаря действию ветра формируется рельеф земной поверхности. Ветер воздействует на животный и растительный мир, способен подавить рост растений и одновременно он способствует переносу семян. Велика роль ветра в формировании погодных и климатических условий. Он выступает в качестве регулятора морских течений и создает волнения на просторах Мирового океана.

Отличительной чертой тропосферы является атмосферная циркуляция. Она возникает в результате неравномерного нагревания земной поверхности, которое вызывает различия в атмосферном давлении. При возникновении разности давления воздух устремляется из областей с повышенным давлением в области пониженного давления.

В зависимости от скорости ветер производит на земной поверхности различные действия. При скорости 10 м/с он качает толстые ветви деревьев, поднимает и переносит пыль и мелкий песок. Со скоростью 20 м/с ветер ломает ветви деревьев, переносит песок и мелкий гравий. Когда скорость ветра достигает 30 м/с, а это называется бурей, ветер срывает крыши домов, вы-

рывает с корнем деревья, ломает столбы, передвигает гальку и переносит щебень, а ураганный ветер со скоростью 40 м/с разрушает дома, ломает и сносит линии электропередач, вырывает с корнем крупные деревья.

Большое негативное воздействие с катастрофическими последствиями оказывают шквалистые бури и смерчи — атмосферные вихри, возникающие в теплое время года на мощных атмосферных фронтах и имеющие скорость до 100 м/с. Шквалы — это горизонтальные вихри с ураганной скоростью ветра. Они часто сопровождаются мощными ливнями и грозами. Шквалы охватывают территории шириной до 50 км и проходят расстояния до 250 км. Одна шквальная буря в Москве и Подмосковье в 1998 г. повалила множество деревьев и разрушила крыши домов.

Смерчи, а их в Северной Америке называют торнадо, представляют собой мощные воронкообразные атмосферные вихри, часто связанные с грозовыми облаками. Смерчи имеют вид воронки, очень похожей на хобот слона. Это суживающиеся в середине столбы воздуха диаметром от нескольких десятков до сотен метров, спускающиеся с облаков или поднимающиеся с поверхности земли. Обладая сильной разреженностью и высокой скоростью вращения, смерчи проходят путь до нескольких сотен километров, втягивая в себя пыль, воду из открытых водоемов и различные предметы. Мощные смерчи обычно сопровождаются сильными грозами и дождями и обладают большой разрушительной силой.

Смерчи часто происходят в Европе, Японии, Австралии, США, а в России особенно часто бывают в Центрально-Черноземном районе, Московской, Ярославской, Нижегородской и Ивановской областях. Смерчи поднимают и перемещают автомобили и вагоны, разрушают дома и мосты. Ежегодно в США отмечается от 450 до 1500 смерчей. Это быстродействующие атмосферные катастрофические явления. Они формируются всего за 20—30 минут, и время их существования измеряется получасами. Поэтому заранее предсказать время и место возникновения смерчей практически невозможно.

Разрушительными, но действующими продолжительное время атмосферными вихрями являются *циклоны*. Они образуются в результате перепада давления, которое в определенных условиях способствует возникновению кругового движения воздушных потоков. Атмосферные вихри зарождаются вокруг мощных восходящих потоков влажного теплого воздуха и с большой скоростью вращаются по часовой стрелке в южном полушарии и против — в северном. Циклоны и тайфуны в отличие от смерчей зарождаются над океанами и производят свое разрушительное действие над материками. Основными разрушительными факторами служат сильные ветры, а также интенсивные осадки в виде снегопада, ливня и града и нагонные наводнения. Ветер со скоростью 19—30 м/с — это буря, 30—35 м/с — шторм и более 35 м/с — ураган.

Тропические циклоны — ураганы и тайфуны — имеют ширину в несколько сотен километров. Скорость ветра в центре таких циклонов превышает 35 м/с. Длятся циклоны от нескольких дней до нескольких недель, перемещаясь со скоростью от 50 до 200 км/ч. Циклоны в средних широтах имеют большой диаметр. Поперечный их размер составляет от тысячи до нескольких тысяч километров. В Северном полушарии они движутся с запада и сопровождаются градом и снегопадами. Причем каждый из них приводит к катастрофическим последствиям. По числу жертв и наносимому ущербу циклоны считаются самыми крупными после наводнений атмосферными стихийными явлениями. В густонаселенных районах Азии число жертв во время прохождения ураганов исчисляется многими тысячами. Например, в 1991 г. в Бангладеш во время урагана, который вызвал подъем морских волн на высоту 6 м, погибло 125 тыс. человек.

Как катастрофическое атмосферное явление классифицируются *грозы*. Они возникают при очень быстром поднятии теплого влажного воздуха. На границе тропических и субтропических поясов возникает до 100 гроз ежегодно, а в умеренном поясе число их не превышает 30. В России наиболее часто грозы происходят на территории Северного Кавказа.

Грозы обычно продолжаются менее одного часа. Особую опасность представляют сопровождающие грозы ливни, град, удары молний, лорывы ветра и вертикально направленные потоки воздуха. Опасность градобития определяется размерами градин. Самыми крупными были градины, выпавшие в Индии: вес каждой из них достигал 7 кг. Наиболее градоопасным районом считается Северный Кавказ. Во время града в июле 1992 г. в аэропорту Минеральные Воды, было повреждено 18 самолетов.

Опасным атмосферным явлением считаются *молнии*. Они убивают людей, скот, вызывают пожары, повреждают электро сеть и телеграфные провода. Ежегодно от гроз и их последствий гибнет в мире около 10 тыс. человек.

К допвременным атмосферным катастрофическим явлениям считаются *засухи, затяжные дожди и снегопады*.

Природа парникового эффекта. Некоторые газы, содержащиеся в атмосфере в весьма небольших количествах, и водяной пар обладают способностью пропускать солнечную радиацию и задерживать тепловые потоки, излучаемые нагретой земной поверхностью. В результате этого температура земной поверхности и приземной части атмосферы нагревается на значительно большую величину, чем если бы этот эффект отсутствовал. Данное физическое явление получило название «парникового эффекта». В настоящее время средняя температура приземной части воздуха составляет $+14^{\circ}\text{C}$, но если бы парниковый эффект отсутствовал, она составила бы -18°C . Таким образом парниковый эффект — один из главнейших факторов жизнеобеспечения на Земле.

Ведущую роль в создании парникового эффекта играет водяной пар, а также диоксид углерода — углекислый газ (CO_2), метан (CH_4), оксиды азота (особенно N_2O) и озон. Для определения роли каждого газа в создании термического режима земной поверхности необходимо рассматривать их во взаимодействии, а не каждый в отдельности. Наибольшим парниковым эффектом обладает водяной пар, причем с повышением температуры его

парниковый эффект усиливается. Но это продолжается только до определенного предела: когда водяного пара в атмосфере становится много, возникают мощные облака, которые препятствуют прохождению солнечных лучей к земной поверхности, и начинает действовать обратный процесс охлаждения земной поверхности, особенно в летнее время года. Газы в отличие от водяного пара таким свойством не обладают, и поэтому их высокие концентрации способствуют возрастанию температурного режима в приземных слоях воздуха. Еще одна особенность парниковых газов заключается в том, что они длительное время способны находиться в атмосфере, тогда как водяной пар часто из него удаляется, изливаясь на землю в виде атмосферных осадков. Концентрация углекислого газа в атмосфере в период с 1000-го по 1800 г. составляла 270—290 частей на миллион по объему. Затем она стала неуклонно расти с соответствующим ростом парникового эффекта. С 1958 г. начались постоянные инструментальные наблюдения за концентрацией CO_2 в атмосфере, его содержание составило уже 315, а в 1994 г. достигло 358 и продолжает увеличиваться. Существующие прогнозные расчеты показывают, что к концу XXI в. концентрация CO_2 в атмосфере достигнет 500 частей на миллион, но это произойдет только в том случае, если не наступит стабилизация в результате сокращения объема техногенных выбросов.

Основным источником поступления углекислого газа в атмосферу является сжигание горючих полезных ископаемых (угля, нефти и газа) для производства энергии, металлургической, целлюлозно-бумажной и цементной промышленности. В течение 100 лет, начиная с 1860 г., поступление антропогенной углекислоты возрастало в среднем на 0,4% ежегодно. Но с середины 60-х годов XX в. скорость поступления углекислоты в атмосферу увеличилась вдвое. И это несмотря на то, что часть углекислоты поглощается Мировым океаном, а другая перерабатывается растениями в процессе фотосинтеза. Это выразилось в усилении карбонатакопления и увеличении продуктивности растительного покрова, в увеличении органического вещества. Однако чем

больше органики производилось в процессе фотосинтеза, тем больше продуцировалось в атмосферу углекислоты, возникающей при его разложении.

Другим парниковым газом является метан. Его роль в парниковом эффекте составляет около 20% от общей величины. Он образуется в анаэробных условиях в болотах, в условиях сезонной и многолетней мерзлоты, на рисовых плантациях, свалках, в результате жизнедеятельности жвачных животных и термитов. Около 20% суммарного содержания метана в атмосфере выбрасывается во время разведки, добычи и переработки природного газа и нефти, при сжигании топлива. Как оказалось, антропогенная деятельность обеспечивает до 80% суммарной эмиссии метана в атмосферу. В атмосфере метан неустойчив. При взаимодействии его с ионом гидроксила (ОН) метан удаляется из тропосферы. Но несмотря на это, его содержание в тропосфере увеличилось примерно вдвое с конца XIX в. и ежегодно растет со скоростью около 0,8%.

Роль оксида азота (N_2O) в суммарном парниковом эффекте составляет всего 6%. Согласно наблюдениям, концентрация этого газа в настоящее время продолжает увеличиваться, хотя его антропогенные источники дают вдвое меньше природных. Источниками антропогенного оксида азота является сельское хозяйство, сжигание биомассы и промышленность, производящая азотсодержащие вещества. Усиление парникового эффекта связано с тем, что оксиды азота по своему потенциалу примерно в 300 раз превосходят углекислый газ, а его продолжительность жизни в атмосфере равна 120 годам. Два этих фактора компенсируют его невысокую концентрацию.

На парниковый эффект оказывают воздействие хлорфторуглероды, которые не имеют природных аналогов и синтезируются человеком. Обладая значительной продолжительностью жизни, они постепенно накапливаются в атмосфере. В связи с этим итоговая роль в парниковом эффекте этих соединений в настоящее время приближается к 10%.

Важнейшим парниковым газом является озон. Он влияет на распространение не только коротковолновой радиации (ультрафиолетовых лучей), но и на длинноволновой. Поэтому вертикальное распределение содержания озона, особенно на уровне тропоплаузы, обеспечивает итоговое направление и величину его вклада в радиационный баланс.

В атмосфере находятся аэрозоли, которые представляют собой твердые частицы размером от 10^{-3} до 10^{-1} микрон. Они возникают не только от ветровой эрозии почв, извержений вулканов, но и в результате деятельности человека (сжигание горючих ископаемых и биомассы).

Аэрозоли влияют на радиационный баланс Земли двояко: непосредственно через поглощение и рассеивание солнечной радиации и косвенно, так как действуют в качестве ядер конденсации. Благодаря им образуются и развиваются облака, влияющие, в свою очередь, на распределение радиационного баланса. Аэрозоли, в связи с тем что они снижают радиационный баланс, в определенной мере компенсируют антропогенный парниковый эффект. Однако в отличие от парниковых газов время нахождения аэрозолей в атмосфере не превышает нескольких дней. Поэтому радиационный эффект воздействия аэрозолей очень быстро меняется при загрязнении ими атмосферы, но также быстро исчезает по мере их выпадения.

В отличие от парниковых газов, которые оказывают глобальное воздействие на парниковый эффект, аэрозоли имеют четко выраженный локальный эффект. Географическое распространение антропогенных аэрозолей в основном совпадает с промышленными районами мира, и именно в этих регионах действует их охлаждающий эффект.

Извержения вулканов, несмотря на то что они являются существенным фактором образования высоких концентраций аэрозолей в атмосфере, представляют собой нерегулярный источник. После каждого крупного извержения из-за высоких концентраций аэрозольных частиц происходит заметное снижение температуры приземной части воздуха.

Катастрофическое извержение вулкана Тамбора в 1815 г. в Индонезии привело к заметному снижению температуры воздуха во всем мире. Извержение вулкана Пинатубо на Филиппинах в 1991 г., сопровождавшееся выбросом весьма значительного объема пепла, также оказало влияние на распределение температур приземной части воздуха во всем мире. Согласно мировым данным, наибольшее снижение произошло в 1992 г. и составило $-0,4$ — $-0,6^{\circ}\text{C}$. Такое понижение температуры в определенной мере компенсирует потепление в результате парникового эффекта, но вследствие кратковременного действия аэрозольного фактора парниковое потепление вновь достигает прежнего уровня.

Облака. Облака влияют на альбедо Земли, т. е. на средний коэффициент отражения солнечных лучей. Влияют они, и довольно значительно, на погоду. Перенос облаков ветрами над поверхностью Земли приводит, в частности, к насыщению континентов и отдельных участков суши водой, выпадению дождей, снега и града. Закрывая Землю, как одеялом, облака препятствуют попаданию на Землю вредной радиации, идущей от Солнца и из глубин космоса.

Посмотрим, какое определение облаку дается в толковом словаре В. Даля: «Облако — туман в высоте». Туман и облако — взвесь мелких капель воды и водяного пара. Если бы эти капли были неподвижны, то, будучи тяжелее воздуха, они непременно должны были по закону Ньютона упасть на землю. Но так как они в большинстве случаев находятся в движении, то возникает сила сопротивления, называемая силой Стокса, которая, уравновешивает силу тяжести капли и заставляет ее падать без ускорения, т.е. с постоянной скоростью. При ламинарном движении (не турбулентном) капелька весом в 100 микрометров падает со скоростью 1,2 м/с. Для очень маленьких частиц, размером в доли микрометра, составляющих легкие облака, характерно не падение капель, а хаотическое, подобное броуновскому, движение молекул. Обычно в облаках присутствуют капли самых разных размеров, которые в силу этого перемещаются, сталкиваются или объединяются. Образование, рост или испарение капель за-

висят в целом от влажности и температуры воздуха. При этом может происходить насыщение водяного пара, а при охлаждении его образующаяся влага конденсируется и может выпасть в виде дождя, снега или града. При этом происходит образование туманов и облаков. В зависимости от толщины облаков происходит или выпадение осадков, или их испарение.

Сравнение атмосферы со «слоеным пирогом» позволяет наглядно показать процессы, происходящие в атмосфере. Пары воды служат экраном для отражения инфракрасного теплового излучения с поверхности Земли. Тепловую энергию в космос отдают верхние слои тропосферы. Вода конденсируется и замерзает в облаках. На верхней границе облаков температура Земли равна -160°C . При этой температуре любой пар прозрачен для теплового излучения. Плотность водяного пара падает достаточно быстро с увеличением высоты. Поэтому верхняя граница облаков проходит там, где даже насыщенный водяной пар пропускает в космос тепловое излучение. При перемещении вниз по облаку температура внутри него растет и, следовательно, возрастает концентрация паров. На некоторой нижней точке высоты капельки воды интенсивно испаряются и водность облака приближается к нулевой отметке. Нижняя граница облака определяется точкой росы, где концентрация влаги нижней границы равна концентрации насыщенного пара.

Формы облаков зависят от механизма их образования. Наиболее мощные облачные системы возникают на границах раздела воздушных масс, вовлекаемых в циклонические движения. Такие границы называют *атмосферными фронтами*.

Виды облаков.

Слоистые облака образуются при охлаждении воздушных масс с небольшой скоростью перемещения. Это происходит преимущественно ночью при отдаче теплового излучения верхней частью атмосферы в космос. Также их образование происходит при движении теплых влажных масс воздуха над холодной «подушкой» (холодной поверхностью Земли, или холодным воздуш-

ным слоем). Примером слоистых облаков служит туман. Характеризуются слоистые облака мелким, морозящим дождем ввиду малой их толщины.

Кучевые и высокослоистые облака образуются в результате конвекции сил влажного воздуха. При подъеме воздух охлаждается по диабате и на некоторой высоте становится насыщенным влагой. Это — нижняя граница кучевых облаков (на высотах от 2 до 6 км). Через почти неподвижную нижнюю границу продолжается подъем воздуха и в самом облаке. Он постоянно при этом охлаждается и начинает конденсировать влагу. У верхней границы охлажденный и практически обезвоженный воздух растекается по сторонам и как бы окутывает облако. По форме кучевые облака напоминают белых барашков среди безоблачных промежутков. Верхняя часть таких облаков представляет собой покров из кристалликов льда. Сильная конвекция приводит к образованию грозового кучевого облака, располагающегося обычно на высоте от 7 до 10 км. Чуть больше высота этих облаков на экваторе — от 12 до 15 км.

Смешанные и перистые облака состоят из кристалликов льда. Они образуются в быстрых турбулентных ветровых потоках и располагаются на большой высоте (выше 6 км).

Образование облаков вызывается как конденсацией капель и кристаллов, так и различными химическими реакциями. В целом облака являются отражением земной погоды. Преимущественно более мощная облачность наблюдается в местах с пониженным давлением у поверхности Земли. В этих местах воздух закручивается кориолисовыми силами в «кольца змеи», а воздух, поднимаясь вверх и охлаждаясь, образует из присутствующей в атмосфере влаги облака. В верхних частях циклона давление атмосферного воздуха обычно выше средних величин, свойственных для данных высот. Воздух здесь расходится от центра циклона. Области повышенного атмосферного давления у поверхности земли обычно соответствуют месторасположению антициклонов, в районе которых наблюдается обычно ясное и безоблачное не-

бо. Так как количество циклонов и антициклонов по всей Земле примерно одинаковое на определенный момент времени, то облаками покрыто постоянно примерно около половины поверхности Земли.

Атмосферное электричество. На Землю ежегодно поступает солнечная энергия, эквивалентная 50 трлн. тонн топлива, что в несколько тысяч раз больше, чем потребляет человечество. Величина солнечной энергии на поверхности Земли составляет примерно 600—1000 ватт, а с учетом суточно-годовых колебаний и облачности — 150—250 ватт на 1 м².

Солнечная энергия является также источником ветровой энергии, за счет которой теоретически можно сэкономить от 40 до 80 млрд. тонн условного топлива в год. Это объясняется средней мощностью ветрового потока по планете, которая составляет более 500 кВт/км² площади планеты.

ДРЕЙФ МАТЕРИКОВ

События, которые происходят в литосфере, прямо или косвенно, быстро или медленно, но отражаются на земной поверхности. Изменение газового или температурного равновесия выражается в прорыве расплавленных масс горных пород. Одни из них не в состоянии достигнуть земной поверхности и застывают в глубине, а другие по многочисленным трещинам достигают земной поверхности и изливаются. А вот сейсмические явления, как правило, всегда становятся достоянием поверхности Земли. Но распространяются сейсмические волны по литосфере по-разному, что связано с неоднородностью ее строения.

Мы уже отмечали неоднородное строение земной коры и знаем, что выделяются два главных и два переходных типа зем-

ной коры. Но ведь литосфера и в горизонтальном направлении неоднородна. Океаны и моря сменяются равнинами, существуют возвышенности, горные массивы и цепи горных хребтов. Да и дно океана также неоднородно. Абиссальные равнины, глубоководные желоба, отдельные горы и протяженные цепи подводных гор — срединно-океанские хребты. Но это рельеф. А ведь и геологическое строение различается. Существуют стабильные участки земной коры — щиты и платформы, но есть еще и орогенные области, т.е. области, испытавшие складчатые деформации, в результате которых выросли горные хребты и горные массивы.

Однако земная поверхность разделяется на ряд так называемых *литосферных плит*. Что же это такое? Мы отмечали, что литосферная оболочка состоит из земной коры и охлажденной раскристаллизованной части верхней мантии. Снизу она подстигается горячим, частично расплавленным веществом астеносферы. За счет остывания и полной раскристаллизации вещества астеносферы, подобно льду, как это происходит во время замерзания воды в реках и озерах, образуются своеобразные плиты, получившие название литосферных плит. Мы знаем, что обычный лед легче воды и поэтому он всегда плавает на ее поверхности. А вот литосферные плиты, состоящие из кристаллических силикатов, тяжелее своего расплава, находятся на поверхности вязкой, более тяжелой мантии и поддерживаются непрерывно поднимающимися вверх горячими потоками.

В настоящее время на земной поверхности выделяется семь крупных литосферных плит: Евро-Азиатская, Африканская, Индо-Австралийская, Северо-Американская, Южно-Американская, Антарктическая и Тихоокеанская. Кроме них выделяются еще ряд более мелких по размерам плит, в частности, плита Наска, Аравийская, Филиппинская и др.

Долгое время считалось, что дно океанов представляет собой огромную чашу и глубина его постепенно увеличивается к центральной части. При промерах дна Мирового океана, осуществленных в XIX в. во время знаменитой экспедиции английского судна «Челенджер», выяснилось, что в центральной части Атлан-

тического океана глубина не такая уж большая. Тогда предположили, что в центре Атлантики находится подводный вал. Одни ученые видели в нем остаток сухопутного «моста», некогда соединявшего Европу и Америку. По этому мосту, думали они, время от времени совершали далекие переходы представители органического мира, и, дескать, поэтому континентальная фауна Северной Америки так похожа на Европейскую. Другие считали, что вал — это часть погрузившегося в пучину океана древнего материка — Атлантиды. В XIX в. были проведены и первые океанские исследования в России под руководством адмирала С. Макарова на корабле «Витязь».

Последующие исследования дна Мирового океана привели к новым открытиям. Были обнаружены подводные хребты, открыты впадины и поднятия, кряжи, возвышенности и отдельные подводные горы. С каждым годом карта дна Мирового океана дополнялась новыми хребтами и горами. Все сложнее становилась картина рельефа. Но эти изменения строения дна Мирового океана первое время не вызывало особых эмоций у геологов. Продолжала господствовать гипотеза о неподвижности материков, и обнаруженные неровности легко объяснялись с точки зрения господствующей гипотезы как остатки континентов, некогда опустившихся в океанскую пучину. Но так продолжалось недолго...

На этом месте прервем повествование о литосфере и вспомним о гипотезе дрейфа материков. Она имеет самое непосредственное отношение к проблеме сейсмичности.

Еще в середине прошлого века ученый А. Снайдерг-Пеллигрини высказал мысль о возможности перемещения материков. Некоторое время спустя аналогичные идеи высказывали русский ученый-самоучка Е. Быханов и английский ученый Ф. Тейлор. Представления о движении были настолько наивными, что всерьез никем не принимались.

Но вот в самом начале XX в. немецкий геофизик А. Вегенер представил мировому научному сообществу свою «еретическую» идею о дрейфе материков. Первым и наиболее простым, но очень убедительным аргументом в пользу дрейфа материков было

сходство очертаний береговых линий материков по обе стороны Атлантического океана. Определенное сходство подчеркивалось для материков, окружавших Индийский океан. А. Вегенер блестяще доказал, что 200 млн. лет назад все материки были сгруппированы в единый гигантский сверхматерик, который им был назван Пангеей, т.е. Всеобщей Землей. Этот суперконтинент состоял из огромного материка Лавразии, в который были объединены нынешняя Европа, Азия, но без Индии, и Северная Америка. В южном полушарии находился другой материк — Гондвана, состоящий из Южной Америки, Африки, Индии, Австралии и Антарктиды. Находившийся между ними океан прекратил свое существование, и возникла единая Пангея.

В дальнейшем Пангея стала распадаться. В ее теле возникли крупные расколы земной коры. Большие блоки земной коры расходились, и в образовавшиеся впадины проникли воды Мирового океана. Возник Атлантический океан, и стал постепенно расширяться Индийский.

Выступления Вегенера на научных конференциях вызывали бурю восторга. Каждый факт аргументировался геологическими и палеонтологическими данными. Гипотеза Вегенера, благодаря простоте и наглядности предложенной модели движения материков, а главное, убедительности приводимых в ее защиту фактических данных, быстро завоевала широкую известность среди геологов.

За первым успехом мобилистской гипотезы, уже после трагической гибели Вегенера во льдах Гренландии в 1930 г., началось быстрое охлаждение к ней «здравомыслящих» геологов. Начало этому положили геофизики, которые показали, что центробежная сила на 2—3 порядка меньше той величины, которая необходима для преодоления прочности земной коры и смещения континентальных массивов.

Следующий удар нанесли геологи. Они стали приводить множество аргументированных доказательств того, что наиболее существенный процесс образования континентальной коры, происходивший в островных дугах, имел явно глубинную природу и не

может быть связан с внешними силами. А ведь именно действием внешних сил объясняли мобилисты механизм перемещения материков.

Открытые геофизиками зоны глубокофокусных, расположенных на глубинах около 600 км очагов землетрясений, находившихся под островными дугами, первоначально трактовались ими как расколы твердой и прочной мантии. Следовательно, в таком случае не может быть и речи о каких-либо перемещениях блоков континентальной коры относительно мантии.

Критические аргументы против предложенных Вегенером и его ранними последователями явно неудачных моделей механизма дрейфа были настолько убедительными, что к началу 40-х годов гипотеза дрейфа материков растеряла почти всех своих сторонников. В 50-е годы абсолютному большинству геологов уже казалось, что эта гипотеза должна рассматриваться как один из многих «пустоцветов» в науке, представляющих только историческое значение. Надо отметить, что неприятие в 50-е и в начале 60-х годов мобилистской концепции абсолютным большинством геологов было настолько сильным, что каждый ее сторонник рассматривался как «еретик». Сторонников мобилизма в середине XX в. можно было пересчитать по пальцам.

Однако новые факты по геологии дна Мирового океана заставили по-новому взглянуть на строение земной коры. Вновь вспомнилась гипотеза дрейфа материков. Но возрождение ее состоялось в научном мире уже на новой основе.

В начале 60-х годов американское судно «Вима» совершало челночные рейсы и непрерывно прощупывало эхолотами дно Атлантического океана. Эти работы проводились в связи с прокладкой межконтинентального телефонного кабеля. С каждым разом все детальнее вырисовывались контуры гигантской горной системы шириной около 1 тыс. км, которая почти посередине протянулась через весь Атлантический океан. Эта горная область никак не была похожа на Атлантический вал, как это предполагалось ранее, и была названа Срединно-Атлантическим хребтом. Этот хребет морфологически напоминает горы на суше. Но оказалось,

что вершины и склоны хребта рассекаются множеством гряд. Некоторые участки Срединно-Атлантического хребта выступают на поверхность в виде архипелагов островов. Такими, в частности, являются Азорские острова, остров Ян-Майен, Исландия и др.

В дальнейшем был обнаружен Аравийско-Индийский хребет, а затем и другие. Все они были объединены в единую глобальную систему срединно-океанских хребтов. Оказалось, что на дне Мирового океана существует именно глобальная система таких хребтов, общая протяженность которых превышает 60 тыс. км. Дальнейшие исследования показали, что в центральных частях срединно-океанских хребтов располагаются узкие и протяженные глубокие долины. Они были названы рифтами, что дословно означает трещину. Склоны рифтов круты и обрывисты и очень напоминают шрамы на лице нашей планеты.

К этому времени были составлены карты, с нанесенными на них эпицентрами землетрясений. Сопоставив эти карты с расположением рифтов, ученые были поражены: оказалось, что **практически все известные эпицентры землетрясений располагались в узкой полосе рифтов**. При проведении специальных работ в пределах океанских рифтов стали поступать следующим образом: на карту наносились эпицентры землетрясений, и по ним проводилось предполагаемое положение рифта, а затем детально изучался данный район. Исследования показали, что земная кора в области рифтов очень тонкая. В самих рифтах нет осадочных пород. Они находятся только на склонах срединно-океанских хребтов. Сквозь рифтовую долину на поверхность дна поступает расплавленное вещество мантии, и каждая порция такого вещества вызывает землетрясение.

Очаги землетрясений, приуроченные к рифтовым зонам, находятся на глубине около 20 км. Но в пределах островных дуг они располагаются на глубине 200—700 км. Когда эти глубокофокусные землетрясения были нанесены на специальные профили, то оказалось, что все они располагаются на наклонной плоскости, круто уходящей в недра. Такие области сейчас называются *зонами Заварицкого-Беньофа*.

НОВАЯ ГЛОБАЛЬНАЯ ТЕКТОНИКА

Американский геофизик Г. Хесс высказал предположение, что под литосферой существует некий гигантский «подъемник». Он доставляет в рифтовую зону расплавленные базальты, которые, внедряясь и охлаждаясь в центре срединно-океанских хребтов, заставляют их раздвигаться. На противоположных сторонах у островных дуг в зоне Заварицкого-Беньофа блоки земной коры медленно погружаются в недра. Значит, в рифтовых зонах происходит *раздвижение* (спрединг) земной коры, а в зонах Заварицкого-Беньофа — субдукция (подвиг).

Много нового и интересного внесли исследования магнитологов. Изучая намагниченность пород срединно-океанских хребтов, они обратили внимание на то, что по обе стороны от рифтовой долины располагаются линейно вытянутые магнитные линии, параллельные друг другу. Затем оказалось, что существуют полосы, намагниченные по-разному. Одни имеют такую полярность, как и в современную эпоху, а другие — обратную, т.е. по ним Северный полюс оказывается на месте Южного. Затем было установлено, что каждая полосовая магнитная аномалия имеет свой возраст, была составлена карта возраста дна Мирового океана. Оказалось, что по мере удаления от оси срединно-океанского хребта осадки и полосовые магнитные аномалии стареют; и самые древние (в возрасте около 150 млн лет) были обнаружены недалеко от современных континентов. Кроме того, выяснилось, что полосовые магнитные аномалии протягиваются не единой сплошной линией вдоль срединно-океанских хребтов, а часто бывают разорванными и смещенными относительно друг друга.

Рассматривая литосферные плиты, обратим внимание на их границы. Установлено три типа границ: дивергентные, конвергентные и трансформные разломы.

- *Дивергентные*, т.е. расходящиеся границы литосферных плит, — это рифтовые системы срединно-океанских хребтов.

Рассматривая картину рифтовых хребтов, хорошо видно сложное строение Срединно-Атлантического хребта, высокое положение границы Мохоровичича и подъем расплавленного вещества астеносферы. Этим областям свойственно среднее значение плотности для всей Земли. Литосфера под рифтовыми трещинами аномально тонкая — всего несколько километров. Приближение кровли астеносферы служит причиной подъема глыбовых горных сооружений. Выявлена связь между глубиной кровли астеносферы и высотой срединно-океанских хребтов. Чем ближе астеносфера, тем выше поднят над абиссальной глубиной соответствующий участок срединно-океанского хребта. Есть одна важная особенность. В океанских рифтовых долинах в геологическом смысле непрерывно происходило внедрение базальтового вещества.

Природа срединно-океанских хребтов и расположенных на их вершинах осевых рифтовых трещин сложна и своеобразна. Раздвижение краев литосферных плит приводит к внедрению в непрерывно образующуюся осевую трещину все новых и новых порций мантийного вещества, которое изливается на дне в виде так называемых толеитовых океанских базальтов. Застывая, базальты как бы запечатывают рифтовую трещину, пока новое внедрение не приведет к ее разрыву в самом тонком месте. Каждая новая порция мантийного материала заставляет раскалываться и отодвигаться все дальше и дальше от оси хребта блоки океанической земной коры. Океаническая кора непрерывно растет.

Как оказалось, рифтовые трещины имеются не только в океанах. Они есть и на континентах. К ним относятся территории Великих Африканских озер и район озера Байкала.

Рассмотрим модель строения Байкальской рифтовой зоны. Рифтовая трещина на Байкале имеет глубину около 2 км. На ее дне слой осадочных образований достигает 6—7 км (напомним, что в океанских рифтах осадков нет). Следовательно, глубина фундамента в этих континентальных трещинах достигает почти 10 км. Континентальные рифты развиваются в пределах обширного, сравнительно пологого свода. Астеносфера располагается глубже, чем в срединно-океанских хребтах, но все-таки сравни-

тельно близкое ее расположение приводит к образованию пологой области, которая, поднимаясь, разбивается трещинами. В эти трещины внедряется расплавленный материал.

Континентальные рифты — это еще не граница литосферных плит. Это прообразы будущих срединно-океанских хребтов. Должны пройти десятки миллионов лет, чтобы на месте континентального рифта возникли (в результате термического расширения, разломов и подъема к поверхности расплавленного мантийного вещества) зачатки океанского хребта. Происходит полный разрыв материковой литосферы вдоль главных рифтовых трещин. Края двух половинок ранее единого континента раздвигаются, и образующиеся между ними впадины и трещины заполняются мантийным веществом. Начинается процесс формирования океанской коры и молодой океанской впадины. В таком положении находится Красноморский рифт. Через миллионы лет края Африканской и Аравийской плит разойдутся так широко, что на месте Красного моря возникнет новый океан.

• Другая граница литосферных плит носит название *конвергентной*. Здесь в условиях сжатия происходит асимметричное погружение края одной литосферной плиты под другую. Каждый край, напозающий или погружающийся, может быть представлен океанской или континентальной литосферой. Отсюда следует значительное разнообразие геоморфологического, геологического и геофизического проявления конвергентных краев плит. Конвергентные края маркируются сопряженными между собой положительными (приподнятыми) и отрицательными (опущенными) морфоструктурами. Если конвергентная граница проходит между двумя краями океанской литосферы, развиваются островные дуги с их характерными морфоструктурами — океанским валом, глубоководным желобом, невулканической и вулканической грядами. Когда океанская литосфера пододвигается под континентальную, то на дне океана, как правило, образуются вал и глубоководный желоб, а со стороны материка развивается активная континентальная окраина. Примером ее может служить Андийская континентальная окраина. Последовательное пододвигание

океанской литосферы вызвало возникновение разломов на континенте, перемещение по ним блоков и образование горных сооружений и сопряженных с ними впадин.

При столкновении и пододвигании материковых краев литосферных плит образуются сопряженные между собой предгорный (краевой) прогиб и горная гряда. Оказывается, что глубоководные желоба не только похожи на предгорные прогибы, но и переходят друг в друга. Так, глубоководный Яванский желоб продолжается на континент в виде Бирманского и Предгималайского краевых прогибов.

А куда исчезает плита, пододвинутая под другую? Она достигает мантии, где царят высокая температура и давление. Наиболее легкоплавкие ее компоненты, расплавляясь, вновь поднимаются на поверхность в областях вулканической активности, в рифтовых зонах срединно-океанских хребтов. Тяжелые компоненты утонувшей плиты медленно погружаются в мантию и могут даже со временем достигнуть границы ядра. Значит, на нашей планете действует гигантский конвейер. Твердое вещество доставляется на глубину, расплавляется, сортируется по плотности. Часть его опускается еще ниже, а другая — более легкая — поднимается и изливается на земной поверхности.

• Третьим типом границ литосферных плит являются *трансформные разломы*. На дивергентных границах происходит симметричное образование новой океанской литосферы, на конвергентных в условиях сжатия происходит асимметричное погружение края одной литосферной плиты под край другой. Этот тип границ в настоящее время прослеживается в районе глубоководных желобов, сопряженных с островными дугами, предгорными, краевыми прогибами и горными сооружениями. Каждый из перечисленных типов границ может быть прерван трансформными разломами.

Описывая строение срединно-океанских хребтов и положение на них полосовых магнитных аномалий, мы отмечали, что они бывают часто разорванными и смещенными относительно друг друга. Происходит перемещение не только осадков, но и рассе-

ченых трансформными разломами фрагментов срединно-океанских хребтов и рифтовых трещин. По трансформным разломам блоки земной коры смещаются в горизонтальном направлении — эти смещения геологии называют *сдвигами*. Горизонтальные перемещения вдоль трансформных разломов в конечном счете вызывают крупные перемещения гигантских литосферных плит.

После того как было обосновано строение литосферы и доказана природа движения литосферных плит, необходимо было рассчитать теоретически и подтвердить экспериментальным путем скорость их перемещения. Математической основой для расчета кинематической картины движения литосферных плит послужила теорема Эйлера. Базируясь на предположении об относительной жесткости каждой плиты, ученые определили скорости перемещения литосферных плит. Теоретически рассчитаны скорости перемещения (раздвижение и сжатие плит). Оказалось, что скорость спрединга между Евро-Азиатской плитой меняется от 0,5 до 5 см/год, а в рифтовой трещине Восточно-Тихоокеанского поднятия достигает 18 см/год. Скорости сближения плит изменяются от 0,5 см/год в районе Гибралтара до 6 см/год в районе Памира и Гималаев.

Недавно теоретические расчеты удалось проверить наблюдениями со спутников. На лазерных установках со средней погрешностью до 1 см были определены скорости перемещения плит: Северо-Американская и Евро-Азиатская плиты удаляются одна от другой со скоростью около 5 см/год, а Австралия «уплывает» от Антарктиды со скоростью 14—18 см/год.



СЕЙСМИЧЕСКИЕ ПОЯСА ЗЕМЛИ

Рассказывая о географии землетрясений, мы отмечали, что эпицентры их располагаются удивительным образом. В одних регионах о землетрясениях знают только понаслышке, в других они беспокоят людей чуть ли не ежемесячно, а в некоторых районах человеку просто опасно находиться, так как он довольно часто становится свидетелем разрушительных землетрясений. Чтобы понять, почему происходят землетрясения и как их предсказывать, попытаемся ответить на вопрос: как происходят землетрясения?

КАК ПРОИСХОДЯТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ?

Говоря о мобилизме, о значительных перемещениях крупных и сравнительно мелких литосферных плит, мы не затронули проблемы вертикальных перемещений. Они ведь тоже существуют и приводят к значительным изменениям земной поверхности. То, что мы видим в форме разнообразных ландшафтов, — это конечный результат сложного взаимодействия многократных горизонтальных перемещений и вертикальных движений, к тому же осложненных эрозионной деятельностью. Оставим на время в стороне общую связь землетрясений с гео-

логическим развитием отдельных территорий и геофизическим состоянием Земли и посмотрим, каким образом медленное накопление тектонических сил переходит во внезапный сейсмический разрыв.

Земная кора неоднородна, и эта ее неоднородность лишней раз подчеркивается разрывами. Когда горные породы по обе стороны от разрыва смещены настолько, что отдельные слои уже не соответствуют друг другу, геологи такой разрыв, существующий в природе в виде трещины, называют *разломом*. Разлом может образоваться под действием сжимающих, растягивающих или сдвигающих усилий. Каждое из них приводит к смещениям толщ горных пород определенного вида, и по ним проводятся соответствующие классификации.

Разломы разделяют на виды в зависимости от направления относительного смещения слоев, которые называются *крыльями разлома*.

- Если плоскость смещения не вертикальна, крыло, под которое наклонена эта плоскость, называют *висячим*, а противоположное — *лежащим*.

Если плоскость разлома вертикальна или если она наклонена и относительно опущенным оказывается висячее крыло, разлом называется *сбросом*. Если висячее крыло оказалось поднятым относительно лежащего, разлом именуется *взбросом*. Сбросы считаются результатом растяжения, а взбросы — результатом сдвливания слоев.

- Аналогичный взбросу разлом, но с плоскостью смещения, наклоненной под углом менее 45° , называется *надвигом*.

При взбросах, и особенно при надвигах, висячее крыло не только приподнято относительно лежащего, но и перекрывает его на тем большем горизонтальном расстоянии, чем меньше угол наклона сместителя. Иначе говоря, висячее крыло испытывает определенное горизонтальное перемещение. При этом происходит удвоение геологических напластований по вертикали, а первоначально занятая ими площадь сокращается. Так, например,

при сбросе образуются зияющие трещины, а площадь, занимаемая слоями, возрастает.

Особенно велик размер горизонтальных перемещений при образовании надвигов с почти горизонтальной, иногда волнистой поверхностью, которые называются *тектоническими покровами*, или *шарьяжами*. Горизонтальное перекрытие одних пластов другими в результате образования шарьяжей может достигать десятков, а иногда и сотен километров. Надвиги и шарьяжи характерны для горных систем, например, для Карпат, Кавказа, Урала, Тянь-Шаня, и образуются в условиях горизонтального сжатия. На более поздней стадии развития горных систем надвиги и шарьяжи осложняются сбросами и сдвигами. Сдвиги отличаются от сбросов тем, что разделенные ими блоки испытывают по вертикальной плоскости сместителя не поднятия или опускания, а перемещения в горизонтальном направлении. Сдвиг называется правым, если крыло, противоположное от наблюдателя, испытало смещение вправо, и левым, если произошло смещение влево. Сдвиги, как и надвиги, образуются в условиях сжатия и нередко сочетаются с надвигами, играя при этом роль их боковых ограничителей.

Общее смещение по разлому обычно происходит в несколько этапов, а силы, вызывающие смещение, продолжают действовать в течение долгого времени. Однако так может продолжаться не всегда. Действие этих сил передается в другое место, может оказаться прерванным, а затем вновь возобновиться. Иногда эти силы могут изменить направление действия.

Тектонические разрывы, в частности сбросы, часто встречаются группами. Сочетание сбросов, наклоненных или падающих навстречу друг другу или вертикальных с опусканием промежуточного блока, приводит к образованию структуры, именуемой *грабеном*. Противоположная форма, когда промежуточная часть приподнята и ограничена падающими от него сбросами, называется *горстом*. Классическим примером крупных грабенов является грабен озера Байкала или системы грабенов, частично заня-

тых озерами в Восточной Африке. По сути дела, протягивающиеся на тысячи километров шириной и глубиной в несколько километров рифты являются не чем иным, как крупными грабенами.

Уже давно замечено, что землетрясения тесно связаны с разломами. В начале XX в. была выдвинута гипотеза о том, что разломы являются следствием землетрясений. Она основывалась на непосредственном наблюдении сбросовых нарушений на земной поверхности.

Однако систематические наблюдения при изучении крупных и глубоко расположенных разломов показали, что справедлива как раз обратная зависимость. Во многих частях земной коры действуют ориентированные силы, вызывающие медленную упругую деформацию горных пород. Существующие напряжения постепенно нарастают и в конце концов превышают возможный предел, который могут выдержать пласты горных пород. Они немедленно разрушаются, и происходит смещение вдоль возникшей трещины. Это продолжается до тех пор, пока напряжение не уменьшится и не исчезнет полностью. Вследствие таких внезапных движений и выделения энергии возникают ударные волны, вызывающие землетрясение. Такое объяснение возникновения землетрясений получило название *теории упругого восстановления или упругой отдачи*.

Нельзя сказать, что эта теория была воспринята однозначно. Она не избежала критики. Так, в 1927 г. двое японских наблюдателей сообщили, что при землетрясении в Танго след появился только после того, как их дома были уже разрушены. На этом основании некоторые японские сейсмологи стали утверждать, что образование разломов — это не причина землетрясения, а их следствие. Однако давайте вспомним, что механические разрушения такого рода должны развиваться из некоторой наиболее слабой точки. Эта точка является очагом землетрясения, и обычно она находится на значительной глубине. Скорость, с которой разрыв может распространяться от очага, меньше скорости сейсмических волн. Поэтому максимальное сотрясение будет, по-ви-

димому, предшествовать появлению дислокаций на земной поверхности. Если только высвобождение основной энергии происходит не в ограниченной области и не в сравнительно короткий отрезок времени, сейсмограмма будет иметь значительно более сложный вид, чем упорядоченная последовательность колебаний.

Афтершоки, сопровождающие землетрясение и обычно регистрируемые не там, где произошел главный толчок, вызваны переносом деформации на прилегающие массы горных пород. Каждое движение приводит к новым подвижкам, пока не прекратится действие сил, ставших причиной деформаций. Афтершоки — это серия последовательных толчков после главного удара. Число их может превышать несколько сотен и продолжаться в течение относительно продолжительного времени, но интенсивность их постепенно ослабевает и сходит на нет.

О медленном нарастании деформации в породах свидетельствует также постепенное движение блоков земной коры вдоль разломов, не зависящее от внезапных разрывов и землетрясений. Во время крупного землетрясения в Сан-Франциско в 1906 г. дно Тихого океана переместилось примерно на 6 м к северу относительно Американского континента. Но затем, как показали наблюдения, в течение последующих 50 лет без всяких ощутимых землетрясений оно переместилось вдоль существующего разлома немногим более чем на 3 м. Причем это движение продолжается и ныне. Здания и тротуары в городках, расположенных в южной части Калифорнии, медленно расходятся в стороны, но все-таки время от времени напряжения здесь нарастают и случаются землетрясения, сопровождаемые значительными перемещениями почвы.

Теория упругой отдачи дает удовлетворительное объяснение деформаций, наблюдаемых на земной поверхности, но мало что говорит об условиях в очаге, который даже в случае самых неглубоких землетрясений находится на глубине нескольких километров. Ведь надо иметь в виду, что на глубине около 5 км давле-

ние и температура настолько высоки, что под действием силы горные породы не разрушаются, а подвергаются пластической деформации. Однако при просачивании воды трение вдоль трещин уменьшается и становятся возможными внезапные подвижки. Следовательно, приток воды приводит к тому, что трещины в породе расширяются с увеличением напряжения. Это объяснение получило название *теории источника расширения*.

Вместе с тем многие мелкие разломы, располагающиеся вблизи земной поверхности, особенно в слоях, сложенных рыхлыми горными породами, действительно образовались в результате землетрясений. Они вызваны оседанием отложений под действием ударной волны. Такие разломы представляют собой исключения из общего правила, утверждающего, что большинство землетрясений является следствием образования разломов.

В мире имеется несколько районов, где землетрясения происходят на глубине до 700 км. На такой глубине давление и температура очень высоки. Рост давления существенным образом влияет на силу трения: оно увеличивает их и тем самым предотвращает большие перемещения по разломам. В то же время рост температуры облегчает деформации, и они из упругих становятся пластичными. Если породы недостаточно жесткие, то в них не может накопиться энергия упругого напряжения, достаточная для преодоления силы трения. Следовательно, образование разломов в результате обычного хрупкого растрескивания, по-видимому, может происходить только при самых неглубоких землетрясениях.

По оценкам некоторых сейсмологов, на глубине 600—700 км сила трения должна в 1 тыс. раз превосходить прочность породы. Это заставляет сделать определенные оговорки относительно глубокофокусных землетрясений, не похожих на упругие деформации при неглубоких землетрясениях. Это означает, что должна существовать разница между такими землетрясениями. Но тогда возникает вопрос: почему два различных по типу землетрясения

оставляют после себя одинаковые записи и происходят в одних и тех же районах мира?

Подобные сомнения еще больше усилились после того, как были совершены открытия в Калифорнии, на родине теории отдачи. В 1948 г. виноградарь построил винодельню, укрепленную бетоном. Через несколько лет начали трескаться стены на противоположных сторонах дома. Со временем трещины расширялись, а бетонные плиты, из которых был сделан пол, сместились. Самое важное заключалось в том, что винодельня располагалась как раз на разломе Сан-Андреас, знаменитом тем, что вдоль него совершаются все известные в Калифорнии землетрясения и вдоль которого происходит смещение литосферных плит. Но здание было построено так, что одна его часть находилась на одной стороне разлома, а другая — на противоположной. Хотя в течение всего этого времени, пока появлялись трещины на стенах винодельни, не произошло ни одного землетрясения, которое могло повредить здание. И, конечно, не было землетрясения, которое могло бы вызвать видимый разрыв в земной коре. Но факт оставался фактом. Противоположные стороны разлома медленно раздвигались со средней скоростью примерно 1—2 см в год. В таких экстремальных условиях ни одно здание не могло бы выстоять. На винодельню были установлены сейсмографы и приборы для измерения величины и скорости смещений.

Надо отметить, что подобные явления медленного смещения обнаружены и в других районах, где существовали так называемые «живые разломы». Полученные, хотя и немногочисленные, данные о медленном смещении блоков земной коры вдоль «живых» разломов поколебали корректность теории упругой отдачи. И к этому вопросу мы еще раз вернемся в главе о прогнозе сейсмических событий.

ГДЕ ПРОИСХОДЯТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ?

Существуют на Земле районы, в которых землетрясения происходят очень часто, где не проходит недели, чтобы земля не пучилась и не вздрагивала. Но имеются довольно обширные районы, жители которых никогда не испытывали чувства дискомфорта от того, что у них привычная почва уходит из-под ног, а в домах раскачиваются люстры и гремит посуда в шкафах. Такими районами, где редко бывают землетрясения, являются наиболее устойчивые участки земной поверхности — щиты и платформы. В Москве землетрясения крайне редки, и до нее доносятся лишь отголоски. Точно так же мало знают о землетрясениях жители Лондона. В отличие от японцев или новозеландцев, они не испытывали землетрясений до февраля 1750 г.

Этот случай подробно описан в книге новозеландского ученого-сейсмолога Дж. Эйби. «Первая тревога появилась у жителей Лондона сразу же после толчка. Она усилилась после второго толчка, который произошел четырьмя неделями позже. Неудивительно, что в ближайшее воскресенье церкви были переполнены и большинство проповедников воспользовались недавним «божественным» предостережением для своих прихожан. В их числе был и член Королевского общества, доктор медицины, преподобный Уильям Стакли».

Стакли считал, что причиной землетрясений является электричество, о котором в то время было много разговоров. Свои идеи он изложил в Королевском обществе в трех работах, сделавших его имя известным в области сейсмологии. Поиски естественных причин землетрясений, однако, не помешали Стакли быть уверенным в том, что в конечном счете землетрясения являются делом рук Божьих. В своих проповедях в церквях он неоднократно подчеркивал, что не на голые скалы и пустынные берега направлен карающий жезл Бога, а на города и села со всеми их обитателями, многие из которых могли прогневать его.

Надо отметить, что в XIX в. было предпринято много попыток систематизировать землетрясения и даже составить их каталог. И несмотря на то что первые сейсмографы появились позже, к моменту их широкого использования была составлена общая схема сейсмических поясов Земли. Причем ученые подметили существование тесной связи этих поясов с расположением молодых горных сооружений.

Перечни разрушительных землетрясений, несмотря на беды, которые они наносят жителям Земли, все-таки играют положительную роль, так как способствуют изучению сейсмичности. Но ведь землетрясения случаются и в тех районах, где отсутствуют населенные пункты, и в тех местах, которые редко посещаются человеком. Благо существуют специальные наблюдательные станции, приборы которых фиксируют практически каждое землетрясение.

В существующих классификациях землетрясения разделяются по степени нанесенного ими ущерба. Иногда они сравниваются по количеству жертв. Причина частых сообщений о крупномасштабных несчастных случаях, поступающих из Южной Америки, Северной Африки, Ближнего Востока, не столько в большом числе и силе землетрясений в этих районах, сколько в скоплении населения, живущего в жилищах, сооруженных из бутового камня и сырцового кирпича. Такие глинобитные постройки могут быть разрушены и довольно слабым землетрясением.

Английские сейсмологи Г. Гутенберг и К. Рихтер в 1965 г. опубликовали книгу «Сейсмичность Земли», в которой поместили карты с эпицентрами всех землетрясений, происшедших почти за 50 лет, вплоть до 1954 г. Эти карты знакомы всем сейсмологам. Хотя в целом карты эпицентров недостаточно точны и фрагментарны, но по ним все-таки можно судить об относительной активности основных сейсмических районов. Главное же упущение составителей этих карт заключается в том, что не были показаны землетрясения, связанные со срединно-океанскими хребтами. Однако это не упущение указанных выше авторов,

а упущение всей геологической науки. Ведь в середине 50-х годов никто не знал о существовании этих громадных подводных хребтов. Сейсмичность срединно-океанских хребтов довольно значительная.

Как следует из вышесказанного, пояса сейсмической активности, к которым приурочена большая часть землетрясений, располагаются на границах устойчивых областей или на границах литосферных плит. Внутри них землетрясения редки и сегодня мало где происходят. Но вот в древности, в далеком геологическом прошлом их активность была сродни современным поясам сейсмической активности.

Самый активный сейсмический пояс тянется вдоль большей части Тихоокеанского побережья. На Тихоокеанский пояс приходится почти $\frac{2}{3}$ крупнейших землетрясений. Зона протягивается вдоль границ нескольких литосферных плит, а живущие здесь люди к землетрясениям относятся как к вполне привычным явлениям.

На юге Филиппин с ним соединяется второй огромный сейсмический пояс, который проходит через Индонезию, Бирму, Гималаи и далее в Средиземное море. Его называют Средиземно-морским или Альпийско-Гималайским поясом. Если внимательно изучить эти пояса, то можно выявить существование большого количества разрывов и разломов. Максимальная глубина активности, взаимное расположение эпицентров глубоких и приповерхностных землетрясений, а также геологические и геофизические особенности территорий очень быстро меняются. Это можно заметить, сравнивая между собой крупномасштабные карты, а вот на мелкомасштабных все детали быстро сливаются, и создается впечатление непрерывности. Но даже такая непрерывность очень хорошо увязывается с реальной тектонической жизнью и структурой этих регионов.

По сравнению с Тихоокеанским и Альпийско-Гималайским поясами сейсмическая активность срединно-океанских хребтов не столь велика. Землетрясения здесь случаются не так уж часто, и сила их не велика.

На Земле есть регионы, где землетрясений никогда не бывает или они происходят крайне редко. Это обширные океанские бассейны, где отсутствуют срединно-океанские хребты и континентальные щиты с прилегающими к ним владинами, заполненными мощными толщами осадочных пород. Последние называются платформами и нередко пересекаются или, вернее, пересекаются зонами тектонической активности. В этой системе разломов, раскалывающих земную кору, в понижениях которых они имеют форму грабенов, нередко располагаются системы озерных бассейнов. Такими, в частности, являются Восточно-Африканский рифт, протянувшийся на многие сотни километров; на юге древней Сибирской платформы располагается Байкальская система рифтов. В них в недалеком прошлом, а в некоторых частях и ныне, происходили вулканические извержения и землетрясения. Аналогична им серия разломов, пересекающих Южную Австралию от залива Спенсера до озера Эйр. Это области современного рифтообразования, и вполне вероятно, что через несколько миллионов лет они превратятся в океанские бассейны.

Как считают сейсмологи, единственным районом земного шара, где отсутствуют землетрясения, является Антарктида. Это своего рода сейсмологическая загадка. Ведь в Антарктиде есть и молодые горные сооружения, и действующие вулканы. Существуют и области тектонической активности. Скорее всего, имеются и системы разломов. Но почему же, если присутствуют все атрибуты землетрясений, как на других континентах, самих землетрясений все-таки нет? Может быть, какую-то роль играет наличие ледникового щита? Ведь лед представляет собой тело, обладающее весьма большими пластическими деформациями, а на других континентах его нет. Так ли это или иначе, покажут будущие исследования.

Но почему же столь своеобразно располагаются пояса сейсмической активности? Ответ на этот вопрос дает гипотеза дрейфа материков, которая сегодня настолько глубоко обоснована и разработана, что получила название теории литосферных плит, или новой глобальной тектоники. Согласно этой теории, верхние

слои Земли ведут себя как твердые, хорошо пригнанные друг к другу литосферные плиты, которые сидят на теле Земли как незакрепленные наклепки и обладают потенциальной возможностью перемещаться. Об их толщине до сих пор ученые спорят. Но надо признать, что их толщина должна быть гораздо больше, чем толщина земной коры. Иначе бы они не выдержали горизонтальных перемещений и давлений без разрушения. С другой стороны, вряд ли они могут захватить какую-то часть слабого слоя астеносферы, по которому скользят. Таким образом, толщина литосферных плит вряд ли превышает 100 км. Но главное для наших рассуждений заключается в том, что границы литосферных плит проходят вдоль срединно-океанских хребтов и по активным окраинам континентов, т.е. они совпадают с поясами активности.

Еще одна существенная особенность литосферных плит: они не спаяны и никогда в древности не были спаяны в единое целое. На их границах могут происходить три различных явления. Одни плиты могут раздвигаться, другие — сдвигаться, а третьи — скользить одна относительно другой. И все эти явления сопровождаются землетрясениями и извержениями вулканов.

В пределах срединно-океанских хребтов литосферные плиты раздвигаются силами, возникающими за счет тепловой конвекции, существующей в мантии Земли. Здесь происходит, как говорят геологи, спрединг литосферных плит. Восходящие потоки извергают лаву, которая постоянно накапливается на границах плит, а это происходит в рифтовых долинах. Эти лавы способствуют образованию новых пород океанского ложа. Застывая, каждая порция магматических «подушечных» лав увеличивается в объеме и тем самым заставляет перемещаться на некоторые расстояния литосферные плиты.

Конвекция тесным образом связана с циркуляцией вещества. Восходящие потоки горячего, расплавленного вещества обязательно должны уравниваться нисходящими потоками уже остывшего вещества. Такие нисходящие потоки располагаются на так называемых активных окраинах континентов и вблизи

глубоких океанских желобов. Теоретические представления подтверждаются прямыми измерениями тепловых потоков.

На месте столкновения двух сходящихся литосферных плит — эти области носят название областей *субдукции* — происходит два разных явления. В том случае, если размеры, а значит, и масса литосферных плит близки друг к другу, то они при столкновении начинают громоздиться, наваливаться одна на другую. На этом месте возникает горная цепь. Она тем шире и выше, чем дальше происходит столкновение и чем больше литосферные плиты. В результате такого столкновения появились горные области.

Длительное время Индостанская плита находилась в Южном полушарии вблизи Африканского материка, но затем около 100 млн лет назад начала двигаться в северном направлении. Индостанская плита пересекла экватор и приблизилась к Евро-Азиатской плите. В том месте, где произошло столкновение этих плит, стали громоздиться горы и, наконец, возникли Гималаи.

Точно таким же образом, но значительно позднее, возникли горные цепи, простиравшиеся от Альп до Гималаев. В палеозойскую эру возникли от столкновения литосферных плит и от так называемого закрытия океанов, которые существовали между плитами, величайшие на Земле горные сооружения Урал, Тянь-Шань, горные системы на севере Европы, Аппалачи и др.

Если одна литосферная плита намного толще и мощнее другой, т.е. разница в массе весьма велика, то при продолжающемся движении более легкая плита «подныривает» под более массивную. В этом районе существует нисходящий поток: океанское дно затягивается вниз, под наступающую литосферную плиту, где возникает подводная впадина. Но континентальный материал, состоящий из более легких пород, не может погружаться и надвигаться поверху. Образуется зона субдукции или подвига, в которую вещество океанского дна погружается до тех пор, пока не расплавится от повышения температуры и не перейдет в мантию.

Существование нисходящих потоков вещества проявляется по-разному. Ввиду того, что океанское дно холоднее и плотнее

континентальных горных пород, оно создает аномалию силы тяжести и оказывает сильное влияние на землетрясения, волны от которых проходят через него. Это хорошо заметно на сейсмограммах. Это вещество поглощает энергию происходящих в нем глубоководных землетрясений, придавая изосейстам весьма характерный рисунок. Глубоководные землетрясения происходят только в районах нисходящих потоков вещества. Это в основном касается зон Заварицкого-Беньофа.

Наиболее простая картина наблюдается в срединно-океанских хребтах. Вблизи оси хребта происходят неглубокие землетрясения. Вдоль нее обычно проходят центральный рифт или впадина. Здесь действуют подводные вулканы, извергающие жидкую базальтовую лаву, которая, остывая, образует магнитные полосы на океанском дне. По мере удаления от оси хребта возраст вулканов увеличивается.

Неглубокие землетрясения происходят на островных дугах, а глубокие толчки находятся в опускающемся блоке литосферы. Так как крупные дугообразные системы сосредоточены на многих окраинах Тихого океана, этот регион является самым сейсмоактивным. Для примера остановимся на Алеутских островах. С внешней выпуклой стороны этой крупной островной дуги проходит глубокая океанская впадина, которая ограничивает узкую, но активную зону неглубоких землетрясений. Сила тяжести здесь меньше нормальной.

Наряду с островными дугами сильные землетрясения происходят на небольших островах, которые являют собой выход на поверхность хребтов океанского дна. Примером такого выхода может служить южный берег острова Суматры. Здесь сила тяжести становится нормальной и продолжает возрастать. Глубина очага землетрясений в таких районах достигает порядка 50—100 км.

Далее в сторону материка от островных дуг, которые сложены вулканическими образованиями и на которых и в современное время располагаются действующие вулканы, проходит вторичная дуга. Она также сложена вулканическими породами,

но более древними, чем вулканы первичной дуги. Здесь находятся и древние потухшие вулканы. Землетрясения происходят на глубине около 200 км. Далее располагается мелкое море, после которого начинается сам материк. Сейсмичность дальше от побережья уже может и не прослеживаться. Но если она и существует, то глубина очагов землетрясений постепенно возрастает и достигает максимальной глубины 700 км.

Если сравнить число землетрясений, происходивших на разных глубинах, то окажется, что около $\frac{2}{3}$ из них являются неглубокими и только 5% произошли на глубине более 450 км. Но на такой глубине рождаются лишь немногие землетрясения, и, например, в Новой Зеландии, на Камчатке и в Южной Америке такие землетрясения вовсе не известны.

Большая часть всех толчков с глубокими очагами происходит вокруг Тихого океана или вблизи его берегов. Самый глубокий из известных толчков произошел на глубине около 720 км под морем Флорес. Исключением из этого правила стало землетрясение, которое произошло в 1954 г. вблизи Гибралтарского пролива. Глубина толчка составляла 640 км. В остальных районах вне Тихого океана глубина землетрясений не превышает 100 км. Хотя и здесь имеются исключения: например, землетрясения в районе города Вранча в Румынии и серия землетрясений в районе Гиндукуша имели очаги толчков на глубине около 220 км.



ЗЕМЛЕТРАСЕНИЯ, ОКЕАНЫ, ВУЛКАНЫ

Наша планета никогда не бывает в спокойствии. Ежесекундно с ней что-то происходит. То в одном месте произойдет землетрясение, то в другом начнется извержение вулкана, то стремительно перемещаются ураганы и тайфуны, то циклоны сменяются антициклонами, наводнения сменяются засухами, снеголады переходят в дождь. Никогда не прекращается и внутренняя жизнь планеты. По земной коре ежеминутно прокатываются волны, которые регистрируются чувствительными приборами. И главной заслугой наблюдателя считается умение быстро отличить сейсмическую природу пробежавшей волны от несейсмической. Слабые колебания, которые фиксируются чувствительными приборами, называются *микросейсмами*.

Некоторые микросейсмы, особенно с коротким периодом, возникают в результате деятельности человека. Давно замечено, что если сейсмическая станция располагается вблизи крупного промышленного центра, то микросейсмы резко затухают или даже полностью исчезают в ночное время. Оказалось, что это связано с работой промышленных предприятий и с интенсивным движением автотранспорта. Но от таких помех можно избавиться, если разместить наблюдательную станцию вдали от городов в спокойных местах.

Кроме того, обратили внимание и на иные микросейсмы, которые, как оказалось, имеют чисто природное происхождение. Чем дальше мы удаляемся от морского побережья, тем меньшее

колебание испытывает почва и тем слабее микросейсмы. Установлено, что микроколебания вызываются волновым воздействием на берега. Особенно сильно колеблется побережье с крутыми берегами, на которые с большой силой обрушивается морской прибой. А вот во время штормов прибрежные скалы просто «качаются» от воздействия волн. Наблюдения показали, что волны прибоя, разбивающиеся о берег, постоянно генерируют волны в земле, которые регистрируются как микросейсмы.

Как пишут некоторые авторы, еще во время Второй мировой войны на островах Карибского моря стали устанавливать сеть сейсмографов, которые должны были фиксировать резкие перемены погоды. Их работа была основана на регистрации волновых колебаний. Было обнаружено, что источник волн располагается в центре интенсивных метеорологических явлений, в частности, тропических циклонов. Это означало, что с помощью сейсмографов можно было следить за движением штормов.

Однако, несмотря на достигнутые положительные результаты, сейсмографы, способные регистрировать микросейсмы, не вошли в тот стандартный комплект приборов, которые необходимы для слежения и прогноза погоды. С помощью сейсмографов исследуются штормы в ряде регионов, но особенно интенсивно — в Северной Атлантике. В ряде стран исследуют зарождение и прохождение тайфунов, но все-таки более передовая и совершенная техника в виде радаров и спутников оттеснила на второй план сейсмологические исследования в предсказании штормов, тайфунов и ураганов.

Микросейсмы в основном представляют собой смесь поверхностных волн различного характера, но основной источник их связан со штормами в океанах и больших озерах. По мере удаления от берега в глубь континента интенсивность волн убывает довольно незначительно. Они регистрируются даже станциями, расположенными в центральных районах Северо-Американского континента и в Средней Азии.

Как отмечает в своей книге Дж. Эйби, после того, как метеорологи проявили пренебрежение к микросейсмам и не стали

высказывать интереса к возможностям прогнозировать штормовые волны с помощью сейсмографов, сейсмологам не оставалось ничего, как рассматривать микросейсмы в качестве определенных помех, от которых необходимо как-то избавляться. В значительной степени они мешают при работе сейсмостанций, расположенных в прибрежных зонах. Но даже и в удаленных областях, например на некоторых полярных станциях, нет-нет да и могут возникнуть микросейсмы как отголоски проходящих штормов.

Но сейсмические и морские волны связывает одно примечательное явление, которое к тому же имеет огромные катастрофические последствия. Это *цунами*, т.е. сейсмические волны на море и в океанах, которые порождаются сильными подводными землетрясениями. Иногда цунами называют приливными волнами, но они не имеют ничего общего с приливами. Они совершенно иного происхождения. Японское слово «цунами» дословно означает «волны в гавани». Они были названы так потому, что самые трагичные последствия эти сейсмические волны имели в узких эстуариях, когда огромные, высотой в несколько десятков метров волны со страшной силой обрушивались на побережье и выносили в море целые поселки с людьми и животными.

Надо отметить, что механизм образования цунами до конца не выяснен. Действительно, в результате подводного сдвига, поднятия или опускания морского дна и особенно при обрушении многотонных глыб резонанс передается толще воды и начинается стремительное движение волны по морской акватории. Но, как отмечают ряд исследователей, волны могут возникнуть и из-за того, что эпицентр землетрясения может находиться не только в море, но и далеко на суше. Скорее всего, морские волны могут возникать и в результате прохождения волн через мелководный шельф и даже через континентальный склон.

Землетрясения рождают волны и в замкнутых водоемах. Вода в озерах или в полузамкнутом морском заливе движется с определенной амплитудой, и частота перемещения волн зависит от размеров и глубины бассейна. В том случае, когда частота перемещения волн в замкнутом бассейне совпадает с частотой

сейсмических волн, происходит резонанс и движение волн существенно усиливается. Такие колебания волн называются *сейшми*. Кстати, сейши возникают не только в результате землетрясений, но и вызываются сильными ветрами.

Крупные сейши возникли после катастрофического Лиссабонского землетрясения в 1755 г. Сейши были замечены не только во Франции и Италии, но и в Голландии, Швейцарии, Англии и даже в Норвегии, т.е. на расстоянии почти в 2800 км. После землетрясения в Ассаме, которое произошло в 1950 г., колебания в водоемах были зарегистрированы в Англии и даже в Скандинавии. Вот какое огромное расстояние прошла сейсмическая волна от Индии до Скандинавии. Известен случай, когда сейш, порожденный землетрясением на Алеутских островах, возник в Техасе.

Цунами нередко несут страшные по своим последствиям разрушения. На вид вполне безобидная волна, встреченная в открытом море, при достижении берега оказывается разрушительной. Корабли в глубоководных районах, встречающие цунами, порой не обращают на них внимание, даже если их высота достигает нескольких метров, так как при этом расстояния между гребнями волн бывают довольно большими. Скорость их перемещения зависит от глубины. Достигнув мелководья, волна резко замедляется, ее фронт вздымается и со страшной силой разбивается о берег, при этом даже волны высотой всего в 1—2 метра способны повредить пришвартованные у причала суда, ударить их о дно, если они стоят на мелководье, разрушить прибрежные постройки, дамбы, насыпи, набережные, дороги.

Главное и неприятное в цунами состоит в том, что, зародившись в одном месте, они стремительно проходят несколько тысяч километров, почти не уменьшаясь в размерах. Известно, что цунами, возникшие от землетрясений в Южной Америке, доставляли много неприятностей жителям Новой Зеландии, Японии и Гавай. К тому же Гавайи нередко испытывают пришествие цунами из Японии и от Алеутских островов.

Цунами в Тихом океане возникают довольно часто и представляют серьезную опасность для стран, располагающихся по

его берегам. Создана специальная служба предупреждения цунами. Координирующий центр находится на Гавайях. Сюда стекаются все данные с сейсмических станций и океанологических наблюдений. В том случае, если станции зарегистрировали землетрясения, способные породить цунами, они немедленно извещают эту службу. На Гавайях определяют эпицентр, и если землетрясение оказалось подводным, то сообщают ближайшим к эпицентру океанографическим судам и рекомендуют наблюдать за отклонениями уровня моря от нормы. Хотя скорость цунами достаточно велика и может превышать 600 км/ч, тем не менее удается определить время прихода в тот или иной район, вероятную высоту волны, предупредить суда и население прибрежных территорий. В большинстве случаев, если опасность от цунами велика, специальные службы успевают организовать эвакуацию населения.

Как мы отмечали выше, на побережье Гавайских островов цунами чаще всего приходят от Алеутских островов. Предупреждения об их приходе поступают со станций, расположенных на Аляске и Тихоокеанском побережье Канады. У нас в стране подобная система работает на Сахалине и Камчатке.

Пожалуй, самая большая сейсмическая морская волна была зарегистрирована в бухте Литуя на Аляске в 1958 г. Сильное землетрясение сдвинуло здесь огромную массу пород, оползень обрушился в бухту, выплеснув на уступ противоположного берега волну. Эта волна забросила стволы деревьев на высоту более 500 м. Другая волна разбилась на дальнем берегу на высоте 290 м. Утонули два рыбацких судна, и было уничтожено 10 кв.км пса. Известны и другие гигантские волны, порожденные оползнями, но без участия землетрясений. Рекорд для обычного цунами, рожденного в просторах океана, держит волна, обрушившаяся на южную оконечность Камчатки в 1737 г. и разбившаяся на высоте 70 м.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ЦУНАМИ. ПРОГНОЗ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Точное определение цунами звучит так: это длинные волны катастрофического характера, возникающие в результате тектонических перемещений на дне Мирового океана. Волны цунами настолько длинны, что они не могут восприниматься зрительно. Длина их составляет от 150 до 300 км. Высота составляет всего несколько десятков сантиметров. Вот поэтому-то такие волны в открытом океане заметить весьма сложно. Но, дойдя до мелководья, высота волны увеличивается, и она превращается в высокую движущуюся стену. Скорость ее замедляется, и она, подобно гигантскому валу, накатывается на сушу. Средняя скорость цунами колеблется между 400 и 500 км/ч, а максимальная скорость цунами составляет 1000 км/ч.

- Чем сильнее подводное землетрясение, тем больше вероятность возникновения цунами. Известно, что землетрясения с магнитудой больше 7,3 практически всегда вызывают цунами. Вычислено, что при магнитуде 7,2 цунами возникают только в 67% случаев, при магнитуде 6,9—6,7 — в 17%, а при 5,8—6,2 — всего в 1,4%.

- Как сейчас выяснено, другим источником цунами могут быть вулканические извержения. Ведь они дают тот же подводный эффект, что и землетрясения. Подводные излияния передают волны на поверхность. При сильных вулканических взрывах образуются кальдеры, которые моментально заливаются водой, и в результате такого перепада на поверхности возникает высокая и длинная волна.

- Третьей причиной возникновения цунами являются оползни. Примером цунами от оползня была волна, возникшая в бухте Литуя, описанная выше.

Существует *шкала интенсивности цунами*. В связи с тем что японцы в силу своего географического положения знакомы с цу-

нами лучше других, они и создали свою шкалу. Причем эта шкала сравнима с интенсивностью землетрясений. Наибольшей популярностью пользуется шкала для цунами, составленная английским сейсмологом Н. Амбрейсизом.

I — цунами очень слабое. Волна отмечается специальными приборами, измеряющими высоту уровня моря — мареографами.

II — слабое цунами, может затопить плоское побережье. Его замечают только те, кто знает море.

III — цунами средней величины, отмечается всеми. Плоские побережья затопляются, легкие суда могут быть выброшены на берег. В воронкообразных устьях рек течение может временно измениться на обратное. Портовые сооружения могут подвергнуться небольшому ущербу.

IV — сильное цунами. Побережье затоплено, прибрежные постройки и сооружения повреждены. Крупные парусные суда и небольшие моторные лодки оказываются выброшены на сушу, а затем снова смыты в море. Берега засорены обломками и мусором.

V — очень сильное цунами. Приморские территории затоплены. Волноломы и молы сильно повреждены. Более крупные суда выброшены на берег. Ущерб велик и во внутренних частях побережья. В устьях рек высокие штормовые нагоны. Сильный шум волн, человеческие жертвы.

VI — катастрофическое цунами. Полное опустошение побережья и приморских территорий. Суша затоплена на значительном пространстве вглубь от берега моря. Самые крупные суда повреждены. Много жертв.

Сегодня очевидно, что свыше 99% волн цунами зарождается от подводных землетрясений. Они возникают в глубоководных океанских желобах. Наиболее частыми источниками волн цунами становятся Японский, Алеутский, Курило-Камчатский и Перуанско-Чилийский глубоководные желоба. В наибольшей степени действию цунами подвергаются противоположащие, близко распо-

ложенные к этим желобам материковые побережья. За последние 1500 лет на Японию четырежды обрушивались цунами высотой волны более 30 м. А вот более мелкомасштабные цунами с высотой волны до 7—8 м в Японии случаются не реже одного раза за 15 лет. Землетрясения, возникшие в Курило-Камчатском желобе, несколько раз приводили к затоплению Курильских островов и побережья Камчатки.

Побережье Чили подвержено воздействию цунами, которые рождаются в Перуанско-Чилийском желобе. Но некоторые наиболее крупные приходят и с противоположной стороны Тихого океана.

В отличие от стран, расположенных на побережье Тихого океана, Европу не столь часто посещают цунами. Самые сильные из них интенсивностью в III—IV балла случаются в Эгейском, Ионическом и реже в Адриатическом морях в западной части Средиземного моря. Сравнительно недавно, в 1979 г., произошло землетрясение в Лигурийском море, и на побережье Французской Ривьеры обрушилась волна высотой в 3 м. Были затоплены пляжи в Ницце, и несколько человек были смыты волной в море. Цунами возникают и в Атлантическом океане, и тогда они могут захватить побережье Португалии, Испании и противоположного Африканского побережья Марокко и особенно острова Зеленого мыса.

Самым сильным за всю историю цивилизации, вероятно, были волны цунами, возникшие после извержения вулкана Кракатау. Это извержение сопровождалось сильными землетрясениями, а количество жертв достигло 36 тыс. человек. Извержение Кракатау произошло в Индонезии в 1883 г. Само по себе оно было грандиозным. Возникла волна высотой около 40 м, которая за несколько минут достигла берегов Явы и Суматры. Эта волна легко подхватила голландский военный катер и выбросила его на расстоянии 3,5 км от берега. Волна цунами прокатилась практически по всем океанам. Она была даже зафиксирована в Панаме, а ведь до этого государства от самого вулкана расстояние составляет более 18 тыс. км.

Некоторые авторы считают, что самой крупной в истории человечества была волна цунами, которая возникла в 1500 г. до н.э. в связи с извержением вулкана на острове Тир. Этот вулкан носит название Санторин, и нередко так называют и этот остров. Расположен остров Тир в Эгейском море. Греческие ученые, изучавшие геологические последствия извержения вулкана Санторин, пришли к выводу, что возникшие после извержения волны цунами вызвали гибель минойской цивилизации на острове Крит. После опубликования этой гипотезы многие сочли, что найдена древняя цивилизация, существовавшая на Средиземноморье — знаменитая Атлантида. Некоторые ученые увидели в возникновении цунами причину гибели других средиземноморских цивилизаций. Однако вскоре были получены иные данные, и потому поиски остатков древней Атлантиды продолжаются.

Сравнительный анализ размеров кальдер Кракатау и Санторина дало основание сейсмологам и геологам прийти к выводу, что тирская волна могла достигать как минимум в высоту около 100 м. Скорость ее была такой, что она за полчаса могла достигнуть берегов Крита, Греции и всего за один час докатиться до берегов Египта.

Какое же воздействие оказывает цунами на побережье? Эти волны, достигающие в высоту до 30 м и более, выбрасывают на берег морские суда и засыпают их илом до верхушек мачт. Но одно из лучших описаний принадлежит перу нашего соотечественника С.П. Крашенинникова. В 1775 г. он стал свидетелем катастрофы, которая произошла на побережье Камчатки. Он обратил внимание, что перед приходом главной волны море отступило так далеко, что в одночасье обнажилось скалистое дно, которого прежде никто не видел. После этого волна накрыла обнаженное дно и обрушилась на побережье с огромной силой. Высота волны достигала 70 м.

В. Даниельсон описал цунами, которое произошло в 1972 г. и затопило островок Питкерн. Как он пишет, «это и оба последующих наводнения были вызваны подводными землетрясениями в

500—600 морских милях к северу от острова. Когда волны достигли острова, они имели высоту 15—20 м. Приблизительно через 20 минут после того, как из залива исчезла вся вода, пришел первый предвестник наводнения — мощный серый «водяной ковер», который постепенно расстирался по пустому до тех пор заливу, а затем подступил к самым высоким вбитым сваям. Когда этот «ковер» с громовым грохотом отступил, мы увидели надвигающуюся волну. Она приближалась, как стена, и росла. Больше, чем раскаты грома, что доносились от приближающейся волны, страх нагонял сам вид водоворота перед ней, в котором крутились целые обломки скал и тяжелые стволы деревьев, словно это были спички. Как этот мощный водопад среди моря, эта гигантская в 20 и более метров высотой стена, с грохочущей, добела иссеченной пенной короной, могла удерживаться прямо, как стена? Затем она обрушилась на берег и потрясла основание острова, словно землетрясение. Кровли, деревья, две лодки волна унесла с собой. Все это продолжалось несколько минут, и тем не менее залив после этого выглядел словно после битвы».

Жители Курильских островов довольно часто испытывают действие цунами. В ноябре 1952 г. сильно пострадал город Северокурильск, расположенный на острове Парамушир. Рано утром люди были разбужены сильными толчками. Поскольку землетрясения здесь в диковинку, люди особенно не испугались и вернулись ко сну. Однако только немногие обратили внимание на то, что море вдруг отступило на расстояние почти 500 м от крутого скалистого берега. Прошло всего полчаса, как со стороны океана послышался нарастающий гул. Очень мало людей увидели в нем опасность, но для предупреждения оставалось слишком мало времени. Город быстро накрыла волна. В это же время с корабля, который стоял на якоре недалеко от города, он стал невидимым. Кругом было море, и перепуганный капитан радировал, что остров Парамушир неожиданно провалился в море. Однако это была волна, которая прокатилась по острову. Но часть вины за разрушения надо отнести на действие воздушной волны, которую гнало перед собой цунами. Разреженный воздух выламывал две-

ри домов, ломал окна и сбрасывал небольшие постройки. На пути движущейся волны встала крутая сопка. Волна ударилась об нее и откатилась назад. Но через 15 минут на город обрушилась новая волна, столь же высокая. По тому, какие разрушения она принесла на удаленные участки от побережья, можно прийти к выводу, что ее высота составляла 10 м. Эта волна схлынула. Затем с большими интервалами на остров накатилось еще несколько волн. Но высота их была сравнительно небольшой — всего 5 м. Спустя пять часов на остров накатила еще одна волна, но ее высота была около 3 м. Надо сказать, что зрелище после ухода волн было просто ужасным. Вся та часть города, которая находилась на высоте до 50 м от уровня воды, была полностью уничтожена. Да и жертвы были большими. Многие жители пропали без вести. Они, скорее всего, были унесены отхлынувшими волнами в открытое море.

Существующие описания цунами, которые настолько подробны, что дают полное представление об этом явлении, позволяют заключить, что **перед приходом главной волны наблюдается сильный отлив, обнажаются ранее не доступные наблюдателю участки морского дна, находящиеся на большой глубине.** Спустя 15—20 минут либо с **большим интервалом времени на побережье обрушивается главная волна**, которая надвигается, подобно водяному валу. Там, где она входит через узкие горловины залива, ее высота увеличивается. Такая волна — а их может быть и несколько — забрасывает на значительные расстояния от берега различные тяжелые предметы, в том числе и корабли, разрушает береговые сооружения, дома. К разрушающим факторам относится и воздушная волна — сжатый воздух, — которая движется перед волной цунами.

В начале данной главы мы обратили внимание читателей на существование специальной службы предупреждения, центр которой располагается в Гонолулу на Гавайских островах. Там обрабатываются данные 31 сейсмической станции и около 50 мареографических постов. Предупреждения одвигающихся цунами должны быть переданы незамедлительно, так как времени для

эвакуации населения всегда недостаточно. Действительно, интервал времени от момента регистрации землетрясения до прихода волн к берегам Японии, Курильских островов, Камчатки или Чили может быть довольно коротким — всего 15—20 минут. Поэтому предупреждения должны передаваться немедленно. Несколько облегчается обстановка, если речь будет идти об удаленных эпицентрах и о цунами, которые способны перейти океан. В этом случае на предупреждение и эвакуацию остается несколько часов.

В мае 1960 г. в Чили произошло подряд несколько землетрясений. Их очаги располагались под дном Перуанско-Чилийского желоба. Самый сильный толчок имел магнитуду 8,3. Волны цунами достигли Чилийского побережья спустя 3,5 часа после землетрясения. От эпицентра волна распространилась в противоположную сторону от Чили, в сторону Гавайев. Служба в Гонолулу незамедлительно передала такое сообщение (цитируется по книге З. Кукала «Природные катастрофы»): «Передается предупреждение о цунами. Сильное землетрясение в Чили породило волну, которая распространяется по Тихому океану во всех направлениях. По расчетам, она достигнет Гавайских островов в полночь по местному времени, а еще через 30 минут — острова Оаху. Разрушительные действия будут продолжаться не менее нескольких часов. Первый накат ожидается на южную часть Гавайев. Ожидаемое время прихода волны на другие острова Тихого океана: Таити — 2,30, остров Пасхи — 4,00, Самоа — 5,00, Фиджи — 6,00, Джонстон — 7,00, Мидуэй — 8,30».

Но даже несмотря на такое серьезное предупреждение, в Чили и на Гавайских островах погиб 61 человек, а ранено было 282 человека. Большой ущерб нанесли волны Японии. Они имели там высоту в 4,2 м и унесли жизни 205 людей. Было уничтожено полностью 1233 дома, разрушено наполовину 2576 домов, 30 тыс. затоплено, 977 снесено, разрушен 291 общественный объект и 2776 портовых сооружений. Погибло 7624 рыболовецких судна.

Надо сказать, что Международная служба предупреждения о цунами при каждом более или менее сильном землетрясении передает предупреждение о возникновении цунами. Но не всегда такие предупреждения оказываются верными или просто не подтверждаются. Несмотря на необходимость предупреждения и ту огромную спасательную миссию, которую несут такие предупреждения, нередко они имеют и отрицательную роль. Люди в силу своей психической восприимчивости привыкают к необоснованным сигналам тревоги и постепенно теряют доверие к важным сообщениям. Так, в частности, и произошло во время Чилийского землетрясения в 1960 г. Столь большое количество погибших на Гавайях и в Японии было вызвано тем, что многие люди просто не поверили предупреждениям и не стали соответствующим образом действовать в экстремальной обстановке.

ВУЛКАНЫ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Извержения вулканов довольно часто в сознании людей ассоциируются с землетрясениями. В общем-то это верно: Эта близость подтверждается одинаковым расположением сейсмических поясов и областей вулканической активности. Но все-таки вулканы и землетрясения — это разные проявления одних и тех же геологических процессов, которые происходят в недрах Земли.

Рассказывая о строении Земли, мы отмечали, что ее внутренняя часть сильно разогрета. Но это не значит, что под земной поверхностью или под земной корой залегает сплошной слой расплавленной магмы, которая в любой момент как только найдет подходящее русло, готова излиться на поверхность. Несмотря на высокие температуры, расплавлению всех пород препятствует

огромное давление вышележащих толщ. Однако в природе существуют определенные участки, где такой прорыв расплавленной массы на земную поверхность все-таки может произойти. Циркулирующие непрерывно конвекционные потоки в мантии создают определенные участки расплавленных пород под океанскими хребтами, т.е. в области спрединга. В области субдукции поверхностный материал, увлекаемый в океанских впадинах и у краев континента до глубины около 700 км, плавится. Образуется расплав, который является нечем иным, как магмой. Она передвигается по трещинам вдоль ослабленных зон в земной коре. В том случае, когда магма не изливается на поверхность Земли, а застывает на глубине, образуя значительной величины купол, — это называется *интрузией*. Магма, внедрившаяся на некоторое расстояние по трещине или по поверхностям напластования, затвердевает. В этом случае образуются *дайки* и *силлы*. При благоприятных условиях, если передвигавшаяся по трещинам расплавленная магма, не встречая сопротивления, достигает земной поверхности, может образоваться вулкан.

На земном шаре известно около 1000 вулканов. Их можно считать активными. Разделение вулканов на действующие, дремлющие и потухшие, которое предлагается в школьных учебниках по географии, весьма относительно. Нередко действующие вулканы надолго замолкают, и, наоборот, считавшиеся долгое время потухшими, вулканы неожиданно оживают и приносят огромные беды населению.

Свою деятельность вулканы начинают с предупреждающих дрожаний, гула и прорывов газов через трещины. Вокруг жерла вулкана вулканические шлаки, пемза и пепел нагромождаются, образуя конусообразную возвышенность. Вулканы возникают не только в горах, но и на открытом месте. Такой случай произошел на глазах мексиканского крестьянина, работавшего в поле. Все окрестные фермеры знали о существовании небольшой ямы на выгоне, которая очень мешала и всегда засыпалась землей. Но каждый раз она появлялась вновь и вновь. В один прекрасный день в 1943 г. яму разорвала трещина, из нее стал подниматься

столб дыма и сероватого пепла. Спустя сутки из ямы показалась лава и плавающий на ней шлак. На глазах у изумленных жителей из ямы стал вырастать купол. Возник конус вулкана высотой около 50 м. Через месяц конус достиг края деревни, до которой было около 3 км. А еще через три месяца деревня была полностью уничтожена и лава покрыла площадь в 25 кв.км. Через два года высота конуса достигла 500 м. Но после этого извержение пошло на убыль, и спустя 9 лет после первого выброса оно прекратилось. Вулкан затих. Надолго ли?

Разрушительная сила вулканов в значительной степени зависит от состава лавы, которую он извергает. Жидкая лава быстро изливается, заполняя собой обширные пространства. Вязкая лава с трудом проходит через трещины, нередко застывая, заполняет жерло вулкана, под ней начинают скапливаться газы, давление увеличивается, а под его воздействием вязкая пробка в жерле вулкана разрывается, и вулкан от взрыва раскалывается.

Гавайский тип извержения вулкана отличается тем, что жидкая базальтовая лава изливается, образуя невысокие шлаковые купола вокруг вулканического жерла. Более вязкая базальтовая лава фонтанирует на поверхность, и каждый выброс сопровождается небольшими взрывами. *Вулканический тип* извержения, носящий название по имени горы Вулкна, расположенной на Липарийских островах, что вблизи побережья Италии, характеризуется еще более вязкой лавой, которая состоит из расплавленных пород кислого состава. Она имеет тенденцию затвердевать внутри жерла вулкана. Вулканы с таким составом лавы обычно выбрасывают облака тонкого пепла, которые разносятся ветром на значительные расстояния. Наконец, самый опасный тип извержения носит название *пелейского*. Свое имя он получил от вулкана Мон-Пеле на острове Мартиника. В 1902 г. здесь произошло катастрофическое извержение, которое уничтожило город Сен-Пьер. Вулканы подобного типа выбрасывают в атмосферу так называемые палящие тучи. Они состоят из облаков газа и раскаленного твердого пылеватого материала. Более крупные куски пепла в виде раскаленных потоков устремляются

вниз по склону. Лава таких вулканов вследствие своей большой вязкости не способна преодолеть жерло вулкана и, застывая, закрывает его наподобие прочной пробки. Однако так долго продолжаться не может. Снизу эту пробку подпирают раскаленные массы вещества и газы. Как только давление газов повышается, пробка с силой выдавливается и выбрасывается со взрывом в атмосферу. Над вулканом поднимается столб пепла и газа, насыщенный обломками породы от разрываемой пробки. Такие извержения, сопровождаемые сильными взрывами, представляют большую опасность для людей.

В промежутках между извержениями многие кратеры вулканов заполняются водой, стекающей со склонов и попадающей в кратер из глубинных источников. Вода нередко бывает сильно минерализованной, образуются кратерные озера. Пепел, который слагает стенки кратера, легко размывается водой, и под давлением кратерной воды образуются потоки. При избытке воды или незадолго до начала извержения бурные потоки воды, несущие пепел, камни и грязь, смешанную со снегом, устремляются вниз по склону вулкана с большой скоростью. Их называют *лаха-рами* или вулканическими грязевыми потоками. Они нередко накрывают целые населенные пункты, шоссе и железные дороги.

Сильные извержения вулканов сопровождаются взрывами, которые вызывают образование упругих волн. Они регистрируются сейсмографами и воспринимаются в качестве землетрясений. Хотя, как видно, их происхождение совершенно иное, чем землетрясений, которые были описаны ранее.

Большинство взрывов происходит внутри кратеров или даже в жерлах вулканов. Иногда толчки возникают в результате перемещения магмы, в недрах. Но все-таки надо отметить, что по сравнению с тектоническими перемещениями, которые приводят к возникновению крупномасштабных землетрясений, сейсмические толчки, вызванные вулканической деятельностью, менее интенсивны по разрушительным последствиям. Это связано с тем,

что основная масса энергии взрыва направлена в атмосферу и расходуется на образование звуковой волны и атмосферных возмущений. Но и они могут послужить причиной разрушений.

Когда воздушная волна от сильного взрывного извержения повреждает здание, такое разрушение может быть расценено как землетрясение. От вулканических извержений звуковые волны распространяются на очень большие расстояния. Например, взрыв при извержении вулкана Кракатау в 1883 г. был слышен от Шри-Ланки и Северного Таиланда до центральных районов Австралии.

Землетрясения, связанные с вулканами и взрывами в кратерах, происходят только в тот период, когда вулканы проявляют определенную активность. Перед началом действия сейсмографы, расположенные вблизи вулкана, начинают фиксировать определенные колебания. Они известны под общим названием *вулканическое дрожание*. По мере роста активности вулкана амплитуда колебаний увеличивается. Когда извержение достигнет максимума, колебания становятся менее регулярными и иногда даже прекращаются вовсе, но затем вновь возобновляются. Вызвано это отдачей порции энергии в атмосферу.

Гавайские вулканологи высказали предположение, что дрожание вулкана и окрестных территорий вызвано стремительным движением расплавленной лавы по подводящему каналу. Наблюдается вибрация горных пород как в чреве вулкана, так и на стенках кратера. Она происходит и при потере магмой газов и превращении ее в лаву в подземных подводящих каналах. В результате в жерле устанавливаются ритмические колебания.



ОРАКУЛЫ ЗЕМЛЕТРАСЕНИЙ

На первый взгляд землетрясение, как и любое другое стихийное бедствие, неожиданно обрушивается на человечество. Но в природе неожиданностей не бывает. Во всем действует определенная закономерность, но познать ее людям не всегда удается. Поэтому с каждым природным явлением приходится долго «общаться», детально изучая его особенности. Городской житель, попадая на природу, просто теряется. Он не знает, казалось бы, элементарных вещей, с точки зрения привычного к этим местам человека. В отличие от городского жителя охотник знает повадки зверей, особенности природных явлений, и это помогает ему выжить. Все это основано как на собственном опыте общения с природой, так и на опыте многих поколений. Бывалый человек по едва заметным приметам задолго может определить время наступления ненастья, грядущие изменения погоды и заранее к этому подготовиться.

Сегодня по отношению к природным стихийным бедствиям человечество находится в положении человека, мало знакомого с природными признаками этих страшных катастроф. По сравнению с ним животный и растительный мир более подготовлен к развитию стихий и может предчувствовать грядущие перемены. В связи с огромными приспособительными способностями — а это основное свойство, необходимое для выживания — животные и растения выработали определенную реакцию на те или иные катастрофические явления. Ведь все стихийные явления

хотя и происходят одновременно, но подготавливаются довольно длительное время. Не подлежит сомнению, что землетрясения, как и другие природные явления, могут как-то оповещать, сигнализировать о своем наступлении. Вот эти-то сигналы и улавливают живые существа.

ЖИВЫЕ ПРЕДСКАЗАТЕЛИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Люди, проживающие в сейсмически активных районах, давно обратили внимание на весьма беспокойное поведение многих животных перед наступлением землетрясения. То кролики незадолго до первого подземного толчка вдруг стали биться головой о различные предметы, то цыплята внезапно стали взлетать на деревья с криками и хлопаньем крыльев, то свиньи выясняли отношения между собой, вступая в драки, то собаки крайне нервозно вели себя, без всяких причин бешено лая по ночам, отказываясь возвращаться в свои жилища, нападая даже на своих хозяев, то коровы в какой-то момент начинали тревожно мычать и становились крайне агрессивными. Такое поведение животных наблюдалось всегда перед сильными толчками. Но при каждом новом сообщении это выглядело довольно неправдоподобно, и обычно оно забывалось до наступления новой трагедии.

Прогнозированию сейсмических процессов и явлений на основе поведения животных посвящено довольно много публикаций. Наиболее полная сводка этих данных дана в работах ученого и журналиста И.Б. Литинецкого. В настоящей книге мы приводим в основном сведения, заимствованные из его работ, и показываем возможность нового направления науки — бионики, которая помогает прогнозировать сложные сейсмические процессы и явления.

Трудно анализировать факты необычного поведения животных перед подземной бурей. Мало ли какими конкретными причинами может быть вызвано это поведение. Ведь живой организм не бесстрастный прибор в металлической оболочке, улавливающий только одни какие-то колебания и не реагирующий на другие, без эмоций и нервного напряжения. Но имеются неопровержимые доказательства, что в ряде случаев животные, ощущая сейсмические явления, становятся пугливыми и начинают вести себя беспокойно. По данным Литинецкого, в настоящее время известно около 70 видов животных, которые зарекомендовали себя в качестве хороших прогнозистов землетрясений. Их даже можно назвать «живыми сейсмографами».

Литинецкий на основе анализа собранных сведений выделил два основных поведенческих типа реакций животных на приближающееся землетрясение. *Первый* — изменение общей эмоциональной реактивности животного, не сопровождающееся целенаправленным поведением. При этом отмечается возникновение у животных неясной тревоги, беспокойства. Это выражается в повышении двигательной активности, вставании дыбом шерсти, дрожи, вое, мычании и издании других звуковых сигналов. Как отмечается, такое беспокойство проявляется или же при землетрясениях со сравнительно небольшой магнитудой, или же в районах, удаленных от эпицентра, или за довольно большое время до начала землетрясения. Такое поведение животных возникает при действии слабых раздражителей, которые воспринимаются ими как признаки надвигающейся опасности.

Второй тип поведенческих реакций связан с возникновением целенаправленного поведения. Оно обладает характерными признаками реакций, возникающих при появлении реальной опасности. У домашних животных возникает желание быстро уйти из помещения, а дикие животные немедленно покидают норы и начинают мигрировать из района будущего землетрясения.

Способность животных предчувствовать назревающее землетрясение — одно из самых загадочных проявлений природы.

И оно пока никак не поддается достоверному и полному описанию. Тем не менее существует множество весьма интересных фактов поведения животных задолго до начала землетрясения. Мы приведем их, заимствуя из книги Литинецкого.

Одно из самых древних дошедших до нас сообщений о необычном поведении животных перед землетрясением содержится в греческих летописях. Оно относится к событию, которое произошло в 328 г. до н. э. За несколько дней до наступления сильной подземной бури, которая до основания разрушила город Геликос, ласки, кроты и ехидны, по свидетельству очевидцев, вышли из нор и обратились в бегство.

Аналогичные свидетельства приводятся и в древних рукописях Китая, где указано на беспокойное поведение животных перед землетрясением. Жители некоторых провинций Китая, наиболее часто подверженных действию землетрясений, по целому ряду народных примет, в том числе и по аномальному поведению животных, узнавали о приближении подземных бурь. Согласно одной из летописей, население провинции Нинся в 1739 г. ожидало начала землетрясения на основе следующих признаков: вода в колодцах помутнела, раздавался подземный гром, собаки собирались в стаи и начинали выть. Жители не ошиблись — собаки-прорицатели не подвели.

Много сведений о поведении животных в преддверии землетрясений собрано в Японии. Японцы большое внимание стали обращать на поведение рыб по двум причинам. С одной стороны, преобладающее большинство землетрясений происходило в Японии или в пределах омывающих ее морей. С другой стороны, известно, что японцы издревле занимаются промыслом и поэтому им хорошо знакомы поведение и повадки рыб. Заслуженным вниманием в качестве настоящего «рыбного сейсмографа» среди японцев пользуется зубатка — рыба из семейства морских окунеобразных. Обычно зубатки обитают в расщелинах скал или на песчаных отмелях. Перед землетрясениями зубатки собираются в стаи, быстро всплывают на поверхность воды и тем самым невольно заставляют обратить на себя внимание. Причем поведение стаи и отдельных особей выражает беспокойство. В Японии говорят: если зубатки начи-

нают проявлять активность, следует ожидать землетрясения. Популярность этой рыбы как предвестницы землетрясения настолько велика, что многие японцы специально держат зубаток в домашних аквариумах и даже в ваннах и внимательно следят за их поведением.

Глубокая убежденность японцев и вера в способности зубаток предсказывать землетрясения побудила ученых провести специальные исследования. Все поставленные эксперименты показали, что эта рыба действительно за несколько часов до подземного толчка начинает проявлять беспокойство, реагирует даже на не очень сильное землетрясение, когда находится вблизи эпицентра. Однако по мере удаления от эпицентра реакция рыбы заметно утихает, становится слабой, несмотря на достаточно ощутимые толчки.

Хорошими прогнозистами землетрясений являются отдельные виды глубоководных морских рыб, которые в обычных условиях не покидают своего места обитания. Но совершенно иное наблюдается перед землетрясением. Бельгийский ихтиолог в 1923 г. у самого пляжа вблизи японской столицы обнаружил резвящуюся на мелководье «усатую треску». Спустя всего два дня после этого Токио и Иокогама были разрушены сильнейшим землетрясением.

В 1932 г. накануне большого землетрясения на северо-востоке Хонсю неожиданно у самых берегов появились большие стаи японского угря. А эта рыба обычно обитает на глубине 500 м. Прошел всего один год, и рыбак увидел необычную рыбу, а это была представительница тех видов, которые обитают на глубине более 1 тыс. м. Он поймал этого угря в районе города Одувараи и принес ее известному японскому ихтиологу профессору Токийского университета Ясуо Суэхиро. В тот же день сильный подземный толчок потряс тихоокеанское побережье Японии, и это землетрясение унесло жизни 3 тыс. человек.

Профессор Ясуо Суэхиро изучил исторические записи и легенды и, опросив тысячи очевидцев, собрал большое число фактов поведения обитателей морских глубин накануне крупных

землетрясений. Эти сведения были изложены им в книге «Рыбы и землетрясения». Он также высказал предположение о том, что по изменению поведения глубоководных рыб можно точно определять наступление стихийных бедствий.

Надо сказать, что профессор сам до конца не был уверен в правильности своего предположения. Он сомневался даже и в момент выхода своей книги и даже посмеивался над своим заблуждением. Однако последующие события заставили его окончательно отбросить все сомнения. 11 ноября 1963 г. жители острова Ниидзима, расположенного к югу от Токио, поймали «морское чудовище». Рыбакам была неведома рыба длиной около 6 м. Она была типичным обитателем глубоководья. Журналисты связались с Суэхиро и предложили отправиться на место поимки неизвестной рыбы на вертолете и прокомментировать необычную находку. Услышав это, профессор в шутку ответил, что комментарии не нужны. Надо ждать землетрясения. И оно действительно произошло спустя два дня.

После такого совпадения ученый пришел к твердому и окончательному убеждению, что по поведению глубоководных обитателей можно прогнозировать наступление землетрясения. Значит, надо всесторонне изучать их поведение, и это окажет большую помощь сейсмологам. В 1964 г. Суэхиро обратился к мировой общественности с просьбой сообщать ему о всех наблюдениях необычного поведения обитателей морских глубин. На это предложение откликнулись многие ученые-ихтиологи и просто любители. Сведения о поведении морских жителей стали стекаться в Японию. На их основании были сделаны весьма любопытные заключения. Оказалось, что отдельные виды рыб и некоторых морских животных каким-то пока непонятным образом чувствуют приближение землетрясения за несколько дней, недель и даже месяцев до первого подземного толчка. Одни уходят от берегов к середине рек или в открытое море. Другие группы действуют совершенно наоборот. Они близко подходят к побережью, тем самым принося большие уловы рыбакам. Но бывает,

что косяки рыб уходят от привычного местообитания и тем самым лишают рыбаков привычного улова. В одном из документов в префектуре Айти в Японии, датированном 1891 г., говорилось, что незадолго до землетрясения в Ноби, магнитуда которого равнялась 7,9, многие рыбы, зарывавшиеся в ил, за 3—4 дня до землетрясения выбросились на сушу.

В 1896 г., за три месяца до землетрясения с магнитудой в 7,1, в провинции Санрику стали в изобилии повиться угорь и тунец. По рассказам очевидцев, перед землетрясением 1923 г. в Канто, расположенном вблизи Токио, за три месяца вырос улов карасей. Перед главным толчком недалеко от эпицентра вдоль морского побережья префектуры Канагава появилось много сардин. Некоторые из них даже поднимались вверх по рекам. За два дня до землетрясения на берег стало выползать большое количество крабов. Сообщалось также о необычных миграциях рыб в озере Яманака к северу от горы Фудзияма.

Перед землетрясением 1939 г. с магнитудой в 7,0 на полуострове Ога на берегу Японского моря появились тунцы весом около 15 кг, которые прежде никогда не подходили к берегу. Имеется много сообщений о том, что в ряде мест вблизи эпицентра к берегу подошло множество осьминогов, казавшихся опьяненными. Обычно в этих местах осьминоги никогда раньше не появлялись.

Но не всегда перед сильными землетрясениями регистрируются крупные скопления тех или иных водных обитателей. Нередко случается и так, что в преддверии землетрясения из водоемов неожиданно исчезают их постоянные жители. Возможно, наделенные очень чувствительными датчиками, они уходят подальше от беды. Так, например, было замечено, что перед землетрясением 1896 г. в северо-восточной Японии в Санрику не было поймано ни трески, ни акул. В апреле 1975 г. перед подземной бурей в Опте (центральная часть японского острова Хонсю) стаи сомов, обитающих на мелководье, спустились вниз по течению и погибли в морской воде, не перенеся высокой солености воды.

Но не только чувствительными приборами природа наделила морских обитателей. Она не забыла наградить сейсмопрогностическими способностями птиц, причем как диких, так и домашних. Известно, например, что почти за сутки до землетрясения на Камчатке, происшедшего 23 августа 1972 г., магнитуда которого равнялась 8,4, сильное беспокойство начали проявлять все обитающие на этом полуострове птицы и за несколько часов до начала землетрясения все они неожиданно исчезли.

Особенно хорошо чувствуют приближение землетрясения ласточки. Они, по свидетельству многих очевидцев, оставляют свои гнезда и в панике влетают в жилище человека, но чаще всего улетают далеко прочь от эпицентра и не показываются еще длительное время. Очень своеобразно ведут себя воробьи. Перед началом сейсмических событий они собираются в стаи, возбужденно чирикают, залетают через открытые окна в дома, а то и вовсе исчезают из селений. Признаки возбуждения выказывают и вороны. Аномально ведут себя аисты.

Весьма чувствительны к позывным подземной стихии голуби. Многие люди, пережившие землетрясения, обратили внимание на их поведение. В их рассказах они стали главными персонажами. По японским источникам, голуби, гнездившиеся на колокольнях буддийского храма, оказавшегося в центре землетрясения, накануне улетели в неизвестном направлении. Почти сходная картина была замечена ташкентскими голубеводами перед землетрясением 1966 г. В одном месте за 5 минут до первого толчка голуби отчаянно бились на чердаке, стараясь сразу все вылететь в узкое открытое окно. В другом случае четыре десятка голубей разных пород с шумом покинули голубятню и, полетав в темноте, уселись на крыше. Перед началом каждого следующего толчка стая непременно взлетала в воздух.

Очень интересные наблюдения приводят в отношении голубей жители алжирского города Шлеф, пострадавшего от землетрясения в 1980 г. До этой катастрофы голуби населяли все районы города, жили практически на всех улицах. Но землетрясение не застало голубей врасплох. Они загодя покинули места обита-

ния и улетели куда-то далеко. Только спустя месяц птицы возвратились в город.

Очень интересно реагируют на приближение землетрясения домашние птицы. Утки выбирают из воды на берег, спят в непривычных для них местах. Гуси возбуждаются, вытянув вперед шею, и, наклонившись к земле, принимают позу атаки: раскрывают крылья, пытаются взлететь, громко гогочут, отказываются идти в загоны. Заметно выражают свое беспокойство куры. Приблизительно за десять дней до землетрясения 1855 г. в Эндо (так назывался в прошлом веке г. Токио) куры и петухи вблизи эпицентра стали беспокойными и отказывались заходить в курятники. Примерно за час до землетрясения 1896 г. в Рикюя (Япония) в эпицентральной области кукарекали петухи и кудахтали куры. Боязливо вели себя куры перед землетрясением 27 сентября 1972 г. в Кантинге (Китай). Замечено, что чувствительность петухов к назревающим сейсмическим действиям выше, чем у кур.

Большие сейсмопрогностические особенности проявляются у наземных животных, особенно у собак. Как свидетельствуют сообщения о землетрясении, происшедшем 4 января 1911 г. в северных отрогах Тянь-Шаня, за три недели до катастрофы (магнитуда землетрясения составляла 8,2) собаки на расстоянии 100—110 км от эпицентра начинали проявлять необычайное беспокойство.

Как известно, за первые три десятилетия XX в. Крым пережил три крупные сейсмические катастрофы. В 1902—1903, 1907—1908, но особенно яростный и долгий натиск стихии произошел в 1927—1931 гг. И почти перед каждым толчком, а их было около сотни, собаки даже на некотором удалении от эпицентра начинали жалобно выть и лаять.

По многочисленным свидетельствам сельских и городских жителей Японии, Италии, Турции, Перу, Чили и других стран, собаки перед афтершоками отказывались от еды, с воем и лаем покидали свои конуры или лежки, хватали щенков, убегали с ними в открытые места либо где-то прятались, а после землетрясения подолгу не возвращались к своим хозяевам.

У некоторых собак очень сильно развита чувствительность к назревающим сейсмическим событиям. Их в этом отношении можно даже назвать долгосрочными прогнозистами. Например, в Орвиле (штат Калифорния, США) в 1975 г. одна собака стала проявлять беспокойство: она скулила за полтора месяца до катастрофы. Другая собака в Палермо (остров Сицилия) начала проявлять сильную нервозность за четыре месяца до землетрясения.

Но бывает и другая реакция у собак. Перед землетрясением на некоторых из них находит апатия. Они длительное время пребывают в состоянии полного безразличия. Снижается их психическая активность. В глазах видна печаль и мольба о помощи. Другие же, наоборот, становятся агрессивными, злыми, мечутся по квартире, бросаются к дверям, чтобы вырваться наружу, но, спасаясь от гибели, при этом не забывают о своих хозяевах.

Немало ашхабадцев и ташкентцев считают, что своим спасением они обязаны именно собакам. «В тот вечер, — рассказывает жительница Ашхабада Любовь Гриц, — я легла спать на террасе. За час до катастрофы мой шпиц начал беспокоиться, кидаться к забору. Собака разбудила меня. Она забилась под кровать, скулила. Потом вылезла из своего укрытия, начала лизать мне лицо. Наконец схватила меня за одежду и попыталась стащить с кровати. Я подумала, что кто-то ходит возле калитки. Встала и открыла ее. Шпиц бросился на улицу. Но тут же вернулся, чтобы схватить меня за халат и потащить в сторону от дома. Я вышла на тротуар. В это время дрогнула земля...»

Другой ашхабадец — владелец овчарки — в ту роковую ночь был разбужен своим верным другом. За несколько минут до толчка овчарка открыла дверь в комнату и стащила со спавшего человека одеяло. Хозяин на это не отреагировал. Тогда пес вскочил на кровать и стал выть и кусать своему хозяину ноги, потом бросился к двери. Хозяин — за овчаркой. Через несколько секунд, уже во дворе, он увидел, как разваливается за его спиной дом.

Во время ашхабадского землетрясения, которое произошло в 3 часа ночи в июне 1948 г., почти аналогичный случай произо-

шел с хозяином другой овчарки. О ее поведении рассказал журналист В. Песков. «В поезде сосед по купе достал семейные фотографии. Среди портретов я увидел снимок овчарки. «Почти как человек дорога мне эта собака, — сказал сосед. — Мы с женой работали в Ашхабаде. В ту роковую ночь поздно вернулись домой. Спать не сразу легли. Я копался в бумагах. Жена читала. Дочка спала в коляске. Вдруг — чего не бывало ни разу — собака рванулась с места и, схватив девочку за рубашку, кинулась в дверь. Сбесилась! Я — за ружье. Выскочил с женой. И тут же сзади все рухнуло...»

Чутко реагируют на приближение подземной бури кошки. В преддверии землетрясения эти обычно спокойные, порой даже ленивые, грациозные животные преображаются. Одни в состоянии сильного возбуждения становятся просто неистовыми, беспорядочно мечутся по комнатам, скребут когтями двери, пытаются всеми силами вырваться из дома. У других шерсть становится дыбом, они выгибаются, трусливо дрожат, громко мяукают. Третьи, если они имеют котят, спешно переносят их в другое место и прячутся вместе с ними по разным закоулкам. Наконец, четвертые, вероятно самые чувствительные, просто без звука покидают свои жилища за несколько суток до наступления землетрясения. Они возвращаются к своим хозяевам только тогда, когда проходят афтершоки.

Чувствуют приближение землетрясения и лошади. Перед наступлением стихии они обычно нервничают, перестают жевать сено, становятся боязливыми, громко ржут, храпят, срываются с привязи, лягаются, встают на дыбы. Находясь в загонах или конюшнях, ломают заборы, изгороди, крушат двери и стараются вырваться на свободу. Как только они вырываются из загонов, сразу же убегают. Так вели себя лошади во время землетрясений на Байкале, в Карпатах, Крыму, Ашхабаде и других сейсмоопасных районах.

Беспокойно ведут себя перед наступлением подземной бури ослы. Они сильнее обычного неистово кричат, некоторые, как бы теряя равновесие, перед толчками падают на землю. Нередки

случаи, когда своим аномальным поведением ослы намного раньше других животных предупреждали своих хозяев о наступлении землетрясения.

По наблюдениям сельских жителей, работников животноводческих ферм, ветеринарных врачей и зоотехников, необычное поведение крупного и мелкого рогатого скота может предупредить о наступлении землетрясения. Обычно спокойные домашние животные перед назревающей подземной бурей неожиданно отказываются от кормов, ведут себя возбужденно, очень часто и громко без причины мычат. Удои молока в этот момент резко снижаются. Одни выскакивают из хлева, бросаются на землю, катаются по ней, преждевременно телятся. Другие бесцельно бегают по пастбищу или стремительно покидают его.

Надежными живыми «прогнозистами» землетрясений считаются свиньи, овцы, козы и кролики. Все они, как свидетельствуют многочисленные данные из разных источников и различных сейсмоопасных регионов, дают достоверные сведения о приближающемся землетрясении. Свиньи, подобно лошадям и коровам, при приближении стихийного бедствия ведут себя тревожно. Они отказываются от еды, беспокойно толкуются в загонах, стремясь выйти из них, упорно отказываются возвращаться в свинарники, а те, которые находятся там, наоборот, пытаются во что бы то ни стало вырваться наружу. Нередко свиньи становятся агрессивными, затевают драки. Многие отмечают, что признаки аномального поведения свиней резко усиливаются за два часа до наступления землетрясения. Тем не менее известны случаи, когда свиньи стали проявлять беспокойство за неделю до катастрофы.

Довольно чутко реагируют на приближение землетрясения овцы. Тихие, спокойные и инертные животные перед приближением подземной стихии начинают высказывать признаки беспокойства. Они неожиданно перестают слушаться пастухов, не обращают внимания на действия собак, боязливо озираются, отказываются идти в кошары, собираются группами или, наоборот, разбегаются по всему пастбищу.

ПОВЕДЕНИЕ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ

Дикие животные весьма чувствительны к тем незримым сигналам, которые предшествуют подземным бурям. Многочисленные свидетельства биологов, охотников, лесничих, работников зоопарков и заповедников, расположенных в сейсмоопасных районах, дают веские основания считать, что поведению диких животных в преддверии опасностей можно доверять.

Олени перед подземными толчками неожиданно ложатся на землю, а затем также быстро вскакивают и стремительно удаляются.

Большую бдительность проявляют медведи. Известен случай, когда за две недели до землетрясения с магнитудой 8,5 балла, происшедшего на острове Кодиак в США, большой медведь, почувствовав наступление беды, неожиданно проснулся от спячки и спешно покинул свою уютную берлогу. Точно так же действуют камчатские медведи, которые заблаговременно покидают обжитые места и уходят в более безопасные. Причем уходили не бодрствующие медведи и не в разгар летнего сезона, а мирно спавшие в своих берлогах. И это были не единичные случаи, а массовый уход. Значит, тревожный сигнал, поступивший из недр, заставил их проснуться и немедленно покинуть опасную территорию.

Дикие животные, находясь в клетках и вольерах, своеобразно реагируют на назревающие сейсмические события. Сотрудники зоопарка в городе Скопле, который подвергся в 1963 г. разрушительному землетрясению, свидетельствуют, что никогда ранее им не приходилось слышать такого жуткого концерта с душераздирающими криками животных, который происходил в ночь накануне катастрофического разрушения этого македонского города. Первой, за 4—6 часов до начала землетрясения, признаки беспокойства стала проявлять австралийская собака динго. К ее завыванию присоединился сенбернар, а затем к ним добавились голо-

са десятков других зверей. Громко выла гиена, жалобно стонал слон, высоко поднимая хобот. Далее в жуткий ночной концерт вступили птицы. В клетках металась тигр, лев, леопард. Испуганный бегемот выскочил из воды и совершил невероятный прыжок, он ухитрился перепрыгнуть через стену высотой 170 см.

Взволнованные непонятым поведением животных служители зоопарка всеми силами пытались успокоить их. Тщетно. Через некоторое время неожиданно, будто по чьей-то команде, звери разом прекратили крики, замолкли и скрылись в глубине своих клеток. Они притаились в темноте и со страхом стали ожидать наступления рокового часа. Удивление служителей сменилось страхом. По рассказам очевидцев, из-за панического страха им захотелось бежать прочь. Но было уже поздно. Из-под земли доносился нарастающий гул. Земля заходила ходуном. Первый подземный толчок раздался в 5 часов утра 26 июля 1963 г. Затем последовал второй, и город Скопле разом превратился в груды развалин. Погибли 1070 человек, 2900 были ранены, десятки тысяч жителей остались без крова над головой.

Прошло несколько лет, и новому натиску подземной стихии подвергся город Сараево в Югославии. И опять служители местного зоопарка стали свидетелями восприимчивости животных к позывным стихии. Среди ночи был вызван директор зоопарка. Причиной срочного вызова послужило беспокойное поведение львов и медведей в клетках. В течение нескольких часов они не находили места и как обезумевшие металась в вольерах. Служители сначала подумали, что это признаки неизвестного отравления или массового бешенства. А между тем в 7 ч 21 мин. в 150 км от Сараево произошло опустошительное землетрясение. Перед самым землетрясением, как и в Скопле, усталые, выбившиеся из сил и отчаявшиеся хищники разом залегли в дальних уголках клеток и замолкли, со страхом ожидая надвигающейся беды. Некоторые даже стали дремать. Так что никакой речи о бешенстве идти не могло. Скорее всего, четко сработали биосейсмографы, которыми наделила природа медведей, львов, тигров и других диких животных.

Интересные сведения о поведении животных, содержащихся в дрезденском зоопарке, дают его служители. Перед самым землетрясением, которое произошло 6 марта 1972 г., слон стал возбужденно перемещаться в своем помещении, усиленно размахивая хвостом. Антилопы пытались перепрыгнуть через высокое ограждение. Многие птицы — попугаи, цапли, гуси стали беспокойно летать и кричать в странной тревоге.

Чувствительны к наступлению землетрясений отдельные виды обезьян. Орангутанги за несколько часов до землетрясения небольшой силы впадали в бешенство. Другие обезьяны за несколько дней до наступления землетрясения начинали проявлять беспокойство. Согласно данным ученых Стенфордского университета в Калифорнии, наиболее чувствительны к сейсмическим событиям шимпанзе. В этом они убедились, проводя серии экспериментов недалеко от самого беспокойного разлома современной земной коры Сан-Андреас. Происходящие самые неуловимые слабые толчки приводили шимпанзе в сильное волнение. Животные проявляли сильную нервозность, соскакивали с деревьев и большую часть времени проводили на земле.

Много интересных сведений приводится в литературе о поведении перед землетрясениями крыс и мышей. Все они свидетельствуют о незаурядных сейсмопрогностических способностях этих животных. Эти типичные ночные грызуны, обычно всегда осторожные перед подземной бурей, резко преображаются, быстро покидают свои подземные норы и собираются на открытом месте. Они быстро бегают, пищат, иногда бросаются друг на друга, собираются в стаи и, ни на кого не обращая внимания, бродят по населенным пунктам, появляются в тех местах, где их никогда не видели. И только спустя две-три недели после землетрясения возвращаются назад.

Многочисленные примеры подобного поведения приводят японские сейсмологи в своих публикациях. Известный японский геофизик Т. Рикитакэ в своей книге «Предсказание землетрясений» рассказывает, что в городе Нагоя на острове Хонсю в XIX в.

существовал ресторан под названием «Крысиный дом». Название полностью соответствовало содержанию. Дом был заполнен крысами, которые, не боясь никого, спокойно разгуливали по нему. Однако накануне нобийского землетрясения, которое произошло 28 октября 1891 г. в 30—40 км от города, все крысы неожиданно покинули этот гостеприимный для них дом.

За несколько дней до подземной катастрофы в Канто, которая произошла в 1923 г., внезапно все крысы из гостиниц и жилых домов исчезли. Такого рода сообщения стали поступать из городов и деревень северо-восточной Японии. И там действительно произошло землетрясение, сопровождаемое цунами.

Не раз замечали жители Китая аномальное поведение крыс. Как правило, в городах и деревнях это происходило незадолго до землетрясения. В частности, необычное поведение крыс было замечено перед синайским землетрясением в 1966 г. Оно произошло в провинции Хэнбэй в 300 км от Пекина.

Как показывают специальные наблюдения, крысы способны очень рано, чуть ли не за месяц, уловить сигналы землетрясения. Причем эпицентр такого землетрясения может находиться в 100 км и более.

Очень чутко реагируют на землетрясения сурки. Эти животные из семейства беличьих довольно широко распространены в Европе, Азии и Северной Америке. Имеются многочисленные записи очевидцев, что эти весьма осторожные зверьки в одних случаях, примерно за 12 часов до подземной бури, покидали свои норы и в паническом страхе метались по поверхности. В других случаях случалось непредвиденное. За несколько месяцев до залегания в спячку, но перед землетрясением, сурки вдруг неожиданно бросали все свои запасы, подготовленные на зиму, покидали обжитые места и в массовом количестве мигрировали от эпицентра будущего бедствия.

Как отмечает Литинецкий, такая высокая чувствительность сурков может быть объяснена накопленным жизненным опытом многих поколений. Большая часть сурков является эндемиками

гор и предгорий. Они не раз подвергались губительному воздействию подземных толчков. Но на каком-то этапе они научились улавливать малейшие сотрясения почвы и стали связывать это с надвигающейся опасностью подземной катастрофы. Затем в процессе длительного эволюционного развития их органы чувств обрели способность воспринимать весь комплекс геофизических явлений, предшествующих землетрясениям. Поэтому прогнозам сурков, зная их высокую чувствительность, можно верить и считать их достаточно надежными.

Довольно чувствительны к землетрясениям пресмыкающиеся. Они также реагируют как предвестники своим аномальным поведением. Так, например, еще в XIX в. знаменитый естествоиспытатель А. фон Гумбольдт, путешествуя по реке Ориноко в Южной Америке, лично видел и не раз слышал от местных жителей, как перед землетрясением обычно молчаливые аллигаторы с пронзительными звуками покидали воду, выползали на берег реки и оставались там до прекращения толчков. Так же необычно вели себя перед землетрясением водяные черепахи. Как и аллигаторы, они незадолго до землетрясения выползали на берег.

Особое место занимают змеи. Они, как оказалось, очень чувствительны к первичным позывным подземной стихии. Их исключительная способность соответствующим образом реагировать на землетрясения была очень высоко оценена в древности, в частности, народами Древней Месопотамии. Сегодня эти животные слывут хорошими оракулами в Мексике. Там их оберегают и даже покровительствуют. В Японии вера людей в змеиные прогнозы настолько велика, что японцы говорят, если змеи вдруг выползают и покидают норы, то это верный признак наступления землетрясения. И такое заключение никогда не подводило наблюдательных людей. Имеются неопровержимые свидетельства того, что перед ашхабадским землетрясением 5 октября 1948 г. змеи и ящерицы ушли из нор. Выползали из своих нор и длительное время находились на поверхности земли змеи перед землетрясением в Италии, на Кубе и в Калифорнии.

Как оказалось, о наступлении землетрясения сообщают своим поведением многие насекомые. Хорошими прогнозистами являются муравьи. И это их умение было замечено еще в далеком прошлом. Перед землетрясением муравьи покидают свои муравейники. Незадолго до землетрясения воздух бывает насыщен многими летающими муравьями. Так, например, произошло в Японии перед землетрясением 1891 г. и за несколько часов до катастрофы в Неаполе в 1908 г. Свидетельство жительницы Ашхабада об их поведении оказалось весьма интересным. Оказывается, за несколько часов до катастрофы она неожиданно обнаружила, как муравьи, захватив куколок, начинали спешно покидать свои жилища. Массовые переселения предпринимали муравьи и перед повторными толчками.

О приближении землетрясения сигнализирует и поведение саранчи. За несколько часов до землетрясения стаи саранчи начинали совершать массовые перелеты. Предвестниками землетрясений являются и стрекозы, которые, подобно саранче, собираются в стаи и совершают массовые перелеты.

По-видимому, определенными способностями обладают морские беспозвоночные, живущие на дне моря. На это указывают многие сообщения японских рыбаков и ученых, наблюдавших уход каракатиц (головногие моллюски) в глубины моря за несколько месяцев до наступления землетрясения. Но наблюдать такие перемещения обитателей морского дна случается не каждому.

Таким образом, многочисленные наблюдения за животными, насекомыми, птицами, обитателями моря свидетельствуют, что животные своим поведением могут предупреждать о наступлении землетрясений. Они предупреждают как о континентальных землетрясениях, так и о землетрясениях, эпицентр которых находится в море, а интенсивность их от 4—5 баллов и выше. Необычное поведение животных, обладающих сейсмопрогностическими данными, проявляется при разной глубине очага землетрясения: от поверхностных до глубины около 150 км. Причем расстояние от эпицентра может превышать сотни километров. Чем больше маг-

нитуда землетрясения и чем ближе к эпицентру располагаются животные, тем раньше и тем интенсивнее проявляется их аномальное поведение.

ТАЙНЫ БИОНИКИ

Умение животных предугадывать наступающее землетрясение — огромный дар природы. Поэтому биологи, биофизики, физиологи, зоопсихологи вместе с представителями других областей знания тщательным образом исследуют поведение млекопитающих, птиц, пресмыкающихся, земноводных, рыб, насекомых перед землетрясениями. Наблюдения ведутся в различных сейсмоопасных районах и лабораториях, где ставятся эксперименты. В качестве раздражителей могут применяться различные физические воздействия: вариации электромагнитных полей, ультразвук и инфразвук, микросейсмическая активность земной коры, выделение газов из трещин, колебание уровня грунтовых вод, изменение давления воздуха, аномалии гравитационного поля, всевозможные проявления в виде перемещений земной коры, а именно: провалы, поднятия, опускания, наклоны и т.д. Из всех перечисленных физических явлений в первую очередь ученые стали обращать внимание на степень воздействия на живые организмы *электрических и магнитных полей*. Еще в 30-е годы XX в. группа японских ученых обратила внимание на поведение зубаток, особенно чувствительных к электрическому току. При этом была обнаружена положительная корреляция между изменением электрического тока, поведением зубаток и землетрясениями. Точно так же была выявлена четкая реакция рыбы морской кот на электричество и вибрацию. Было экспериментально доказано, что морской кот реагирует на звуки и перед землетрясением проявляет отчетливые признаки беспокойства за 6—8 часов до того, как сейсмографы начинают регистрировать подзем-

ные толчки. Последующие исследования со всей очевидностью показали, что морской кот обладает удивительными сейсмопрогностическими свойствами. Эта рыба имеет высокую тактильную способность, острый слух, обоняние и зрение. Исследования показали, что некоторые рыбы обладают электрическими органами. Ими владеют, в частности, электрический угорь, гимнарх, электрический скат, электрический сом и другие.

О том, как рыбы узнают о наступлении землетрясения, пишет французский ученый Л. Жерарден в своей книге «Бионика». «Это объясняется отнюдь не сверхъестественными способностями рыб. Известно, что в земной оболочке циркулируют так называемые «теллурические токи» и накануне землетрясений в них наблюдаются возмущения. А эти рыбки, как и многие другие виды рыб, имеют органы, чувствительные к очень слабым электрическим колебаниям...»

В последнее время развивается *магнитобиология* — научное направление, изучающее воздействие колебаний напряженности магнитного поля Земли на различные организмы. А ведь изменение магнитного поля того или иного участка Земли в определенной степени связано с сейсмическими явлениями. Но для того, чтобы научно обосновать сейсмпрогностическое направление магнитобионики, необходимо доказать и выяснить механизм влияния изменения магнитного поля Земли на живые организмы. Однако до сих пор ни у одного животного не обнаружено специальных магнитных рецепторов. Одни исследователи считают, что воздействие магнитного поля на поведение животного воспринимается либо непосредственно нервными клетками, либо электрическими рецепторами. Вероятно, в тканях мозга ряда животных, например почтовых голубей, имеются магнитные кристаллы. Они же находятся в брюшине пчел. Воздействуя на эти кристаллы, вариации магнитного поля предупреждают животное об опасности.

Но имеются и другие источники, сигнализирующие о предстоящем землетрясении. Одним из таких сигналов является из-

менение глубинности подземных вод. При повышении уровня подземных вод — а это нередко происходит в преддверии подземных бурь создается угроза для животных, обитающих в норах. Ящерицы, змеи, крысы, мыши задолго до появления воды покидают обжитые жилища.

Предполагается, что некоторые животные способны улавливать весьма незначительные сотрясения почвы — *микросейсмическую активность*. Некоторых насекомых природа наделила органами, позволяющими воспринимать ничтожно слабые механические перемещения. Было доказано, что кузнечик из семейства теттигония очень восприимчив к слабейшим колебаниям почвы. И органы, которыми он чувствует эти колебания, находятся у него в ногах. Как показали исследования, приборы, которыми он наделен, способны воспринимать колебания почвы, амплитуда которых равна половине диаметра атома водорода. Это означает, что если произойдет землетрясение где-нибудь в Тихом океане с интенсивностью 5—6 баллов, то колебания почвы в Москве, вызванные этим землетрясением, будут зафиксированы кузнечиком.

Но не только кузнечики чувствительны к вибрациям. Их слабые проявления хорошо фиксируются пауками, жуками-вертячками. Последние обитают в огромных количествах на поверхности воды в тихих речках и озерах. Стремительно перемещаясь по поверхности воды, они никогда не сталкиваются друг с другом, так как хорошо воспринимают колебания, вызываемые своими собратьями. Но стоит в воду попасть другому насекомому, то сразу от его барахтанья возникают колебания совершенно иного характера, и к нему устремляются жучки-вертячки.

Весьма незначительные колебания почвы, обычно не замечаемые другими крупными животными, хорошо воспринимаются змеями. Как полагают бионики, слабые вибрации змеи улавливают всем своим телом.

У многих животных высоко развито обоняние, которое играет важную роль в их жизни. Одни из них воспринимают наличие

в воздухе весьма ничтожные количества вещества — всего несколько молекул. Некоторые ученые полагают, что просачивающиеся из трещин с глубин Земли радон, гелий, аргон и ряд других газов хорошо улавливаются и анализируются животными с высоко развитым обонянием. А ведь аргон и целый ряд других газов выделяются из глубин Земли перед землетрясением.

Как полагают бионики, немаловажную роль в сейсмопрогностической деятельности некоторых животных играют звуки, предшествующие или сопровождающие землетрясения. Звуки в ультра- и инфрарадиопозонах не воспринимаются органами слуха человека. Звуковые волны разных частот несут неодинаковую степень энергии и по-разному затухают в толще горных пород. Чем выше энергия подземных бурь, тем больший процент ее приходится на волны высоких — ультра- и гиперзвуковых частот. Гиперзвуковые колебания быстро поглощаются и почти не достигают поверхности. А вот ультразвуковые колебания хорошо проявляются как под, так и над землей. Прогнозное значение этих звуков заключается в том, что задолго до начала землетрясения их постоянно генерируют сейсмические очаги.

Природа наделила высокой чувствительностью к ультразвуковым колебаниям таких животных, как дельфинов, летучих мышей, некоторых насекомых. Высока чувствительность к этим колебаниям у кошек, собак, крыс, хомяков, ящериц. Это помогает им чувствовать звуки недр, чутко реагировать на ультразвуковые колебания, которые со временем могут довести до раскола горные породы.

Некоторые животные реагируют на звуки низких частот. Например, свиньи. По-видимому, этим можно объяснить аномальное поведение этих животных перед землетрясениями.

Может показаться странным, но и человеческий организм определенным образом способен реагировать на землетрясение задолго до его проявления. Человек может улавливать некоторые сигналы, которые посылаются пробуждающейся земной корой. Сейчас доказано, что человеческий организм воспринимает предшествующие землетрясениям интенсивные инфразвуковые

колебания, и произвольно им овладевает чувство тревоги и панического страха.

Известный американский физик-экспериментатор Р. Вуд в 1920 г. провел весьма интересный опыт. В театре он установил толстую трубу. Когда она заработала, никто из сидящих в зрительном зале не услышал ее звука, но все почувствовали появившееся чувство тревоги. Участники эксперимента единодушно отметили, что у них появилось такое состояние, что вот-вот должно разразиться землетрясение. От инфразвука, издаваемого трубой, в зале стали дрожать стекла, зазвенели подвески на канделябрах. Ужас постепенно овладевал не только зрителями, но и людьми, находившимися неподалеку от театра.

Советский ученый Я. Бирфельд в 1966 г. провел анализ кардиограмм жителей Ташкента, сделанных до подземных толчков и вскоре после того, как они закончились. Выяснилось, что за несколько часов до наступления подземной стихии у людей наблюдались определенные сдвиги автоколебаний сердца и дыхания.

Проведя исследования, болгарские ученые пришли к интересным выводам. По их данным, наиболее чувствительны к инфразвукам повышенной интенсивности, идущим от внутренних слоев земной коры, люди, страдающие заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Накануне землетрясения у них учащается пульс, повышается артериальное давление, начинаются головные боли, повышается утомляемость, ослабляется работа зрительного и слухового аппарата.

Точно так же, как существуют люди, улавливающие изменение погоды и способные намного раньше и точнее их ощущать, известны люди, обладающие даром сейсмопрогнозирования. Так, например, в 1965 г. перед сильным толчком житель югославского города Баня-Лука, бывший сейсмологом, на свой страх и риск обратился при содействии властей к населению с призывом покинуть дома. Все вняли призыву сейсмопрогнозиста. Всего через 20 минут сильнейший толчок до основания разрушил город. Но ни один человек не пострадал.

Очень точно предсказал землетрясение в Лос-Анджелесе 19 ноября 1976 г. геолог-любитель Генри Минтура. Даже в древних летописях зафиксированы подобные случаи, но им просто не верили. Например, Плиний Старший рассказывал, что древнегреческий философ Анаксимен Милетский, живший в VI в. до н.э., предсказал угрожающее Спарте землетрясение. И действительно, вскоре произошло землетрясение, разрушившее город. Точно так же предупредил своих сограждан о приближении землетрясения один из учеников Пифагора.

И ОРАКУЛЫ МОГУТ ОШИБАТЬСЯ

Итак, животные перед подземной стихией необычно ведут себя, и их поведение предупреждает нас о надвигающейся опасности. Но невольно возникает вопрос: всегда ли животные адекватно реагируют на предстоящее землетрясение и всегда ли аномальное поведение животных предшествует зреющему землетрясению? Как свидетельствуют объективные данные примерно за последние 200 лет, из всех случившихся сильных землетрясений, а их было более сотни, только перед 30 из них животные вели себя необычно. Но что это? Неточная работа биопредвестника? Наше невнимание к поведению животных? Или недостаток письменных свидетельств?

Скорее всего, это недостаток сведений. Ведь не все они могут быть зафиксированы. Многие просто не доходят до ученых и пропадают. Но только ли это недостаток сведений? Группа американских ученых специально опросила местных жителей сразу же после двух землетрясений. Они произошли на Западе США с интервалом в полгода, имели близкие характеристики и затронули одинаковое по площади пространство. Несмотря на то что методика опроса была единой, были получены совершенно разные результаты. В одном случае положительные ответы об аномаль-

ном поведении животных перед землетрясением дали 34% опрошенных, а в другом — всего 3%. Как показали исследования, реакция животных на готовящееся землетрясение была различной. Это, по мнению ученых, может говорить о несовершенстве животных как прогнозистов землетрясений. Отсюда следует вывод, что поведение животных перед землетрясением не может считаться безошибочным и надежным предвестником. Все сейсмологи считают, что ни одно из многих десятков подробно изученных предвестниковых явлений не дает 100-процентного прогноза. Это связано с тем, что виновны не животные, а недра. Земные недра посылают нередко ложные тревоги, которые воспринимаются животными как истинные, или маскируют подготовку подземных бурь. И те, и другие воспринимаются животными однозначно, и, наблюдая за ними, мы делаем ошибки при анализе поведения.

Известный сейсмолог А.А. Никонов правильно ставит целый ряд вопросов, на которые нет надежных ответов. Как далеко от эпицентра будущего землетрясения в зависимости от его энергии животные могут проявлять явное беспокойство? Почему в одних случаях беспокоятся отдельные особи, а в других аномальное поведение животных приобретает массовый характер? Зависят ли расстояние и время упреждения животными грядущих событий от степени организованности организма, среды его обитания? Если животные проявляют перед землетрясением несколько фаз необычной активности (угнетения), то как определить, когда это следует рассматривать как предвестник долгосредне- или краткосрочный? Как отличить действительно предвестниковую активность животных от ложных тревог?

Подобных вопросов набирается не один десяток. Не в этом суть. Надо ответить на вопрос: с какими физическими явлениями в зоне предстоящего землетрясения связано аномальное поведение животных? Но ответить на поставленный вопрос действительно очень трудно. Его ищут ученые в течение долгих лет. Намечено несколько десятков причин. А их надо тщательно проверять, изучать, уточнять, используя как полевые натурные

исследования, так и проводя экспериментальные наблюдения в лабораториях.

Жители сейсмоопасных районов должны обращать внимание на поведение животных. От их внимательности и точности зависит возможность участия в решении проблемы предсказания землетрясений. Но надо помнить, что предсказывать землетрясения не могут все, кто имеет животных, а только те, кто не только внимательно за ними наблюдает, но и каждый раз подвергает тщательному анализу любое необычное поведение животного. Все животные из нашего окружения должны стать объектом наблюдения. Чем дольше и внимательнее ведется наблюдение за животными, тем легче обнаружить аномалии в их поведении. Необходимо тщательно задокументировать любое аномальное поведение даже одного животного. Большую помощь в анализе окажет быстрый обмен сведениями с другими наблюдателями. Причем чем больше наблюдателей участвуют в прогнозе, тем точнее он будет.

Особенно большие возможности наблюдать за поведением животных имеют пастухи, работники животноводческих ферм, биологических станций, питомников, заказников, зоопарков. Том Трудов Первой национальной конференции США по аномальному поведению животных перед землетрясениями открывается большой фотографией. На читателя смотрит разъяренная, с оскаленной пастью обезьяна. Подпись под фотографией гласит: «Почему я могу предсказать землетрясения, а Национальный центр по исследованию землетрясений не может?»



ЧЕЛОВЕК ВОЗБУЖДАЕТ ЗЕМЛЕТРАСЕНИЕ

За многие годы наблюдений были выделены так называемые сейсмоопасные районы. Контуры этих районов помечены на картах, и о них мы говорили в предыдущих главах. Но, к изумлению многих, землетрясения вдруг стали возникать далеко за границами сейсмоопасных районов. А это, как вы понимаете, нарушает логику сейсмопрогнозирования. Так в чем же дело? Оказалось, что в возникновении таких землетрясений повинен человек, вернее его хозяйственная деятельность.

РУКОТВОРНЫЕ МОРЯ И ЗЕМЛЕТРАСЕНИЯ

1 августа 1975 г. в обеденное время жители небольшого городка Оровилл (общее число жителей его не превышало 20 тыс. человек) в Северной Калифорнии испытали 7-балльный подземный толчок. На него вряд ли кто-нибудь обратил бы внимание, если бы не одно обстоятельство. В Калифорнии ежегодно происходит около 300 землетрясений, почва трясется почти ежедневно. К этим явлениям уже привыкли. А это землетрясение магнитудой всего 5,7—6 и вовсе не должно было привлечь никакого внимания. Обычное, заурядное землетрясение. Да и жертв

было не так уж много. Погибли 12 человек. А ущерб, нанесенный этим подземным толчком, составил всего 6 млн. долларов. Это ни в какое сравнение не идет с другими землетрясениями. Но почему же обеспокоились сейсмологи? Встревожились инженеры и почти все жители городка? Многие из них неожиданно объединились и возбудили судебное дело к департаменту водных ресурсов Калифорнии. Казалось бы, какая может быть связь между землетрясением и департаментом водных ресурсов? Оказалось — самая простая.

Дело в том, что приблизительно за семь лет до этого землетрясения вблизи Оровилла была возведена самая высокая в США дамба. Ее высота составляла 235 м. За плотиной возникло огромное водохранилище. Общий объем его составлял 4,4 км³. Жители Оровилла весьма длительное время, почти на протяжении 35 лет, не знавшие землетрясения, связали между собой два события — заполнение водохранилища и необычайно возросшую сейсмическую активность.

Как отмечает в своей книге А.А. Никонов, вопрос о том, естественным или спровоцированным было Оровиллское землетрясение, до сих пор остается открытым и служит предметом исследований и дискуссий. Действительно, ведь можно обнаружить много территорий, где после длительного сейсмического молчания без всякого вмешательства человека вновь пробуждалась активность. Проходили десятки и сотни лет полного молчания после разрушительного землетрясения. А затем все начиналось сначала.

Эпицентр Оровиллского землетрясения находился в 11 км от плотины. Само землетрясение произошло спустя шесть лет после заполнения водохранилища, а очаг его был расположен на глубине 8 км. Землетрясение сопровождалось оживлением старого разлома, края которого вертикально сместились, как это бывает при естественных землетрясениях. Но не давали покоя другие сейсмологические характеристики, совершенно отличные от всех известных землетрясений в Калифорнии. Сейсмическими стан-

циями Калифорнии было отмечено, что сразу же после заполнения водохранилища в его районе начались слабые толчки. Именно в течение четырех месяцев, предшествующих землетрясению, подъем воды происходил с наибольшей скоростью и на наибольшую величину, чем за все годы. Максимальный уровень был достигнут 24 июня, а 28 июня началась первая серия подземных толчков.

Но для того чтобы дать вполне определенный ответ на связь между заполнением водохранилища и землетрясением, необходимо было провести длительные исследовательские работы. Взаимное расположение очага землетрясения и центра нагрузки водной массы таково, что, по расчетам специалистов, нет оснований считать непосредственное влияние веса накопленной воды на напряженность горных пород дна водохранилища. Вероятно, под напором воды изменилось давление в трещинах горных пород. Ответить на такой вопрос однозначно не представляется возможным. Поэтому прямую связь между водохранилищем и землетрясением в конкретном случае усмотреть затруднительно. Но это вовсе не означает, что такая связь в природе существовать не может.

Полтора-два десятка лет назад вопрос о связи землетрясений с хозяйственной деятельностью человека вряд ли мог возникнуть. Считалось, что такого явления вообще не должно быть. Сегодня ученым хорошо известна *сейсмичность, вызванная деятельностью человека*. Ее называли *наведенной* или *возбужденной*. И первые сведения об этом стали появляться в тридцатые годы XX столетия.

Первым известным случаем связи землетрясения с заполнением водохранилища считают землетрясение 1931 г. на реке Марафон в Греции. По той же причине эта местность испытала два разрушительных землетрясения в 1938 г.

В 1935 г. на границе штатов Невада и Аризона в США было закончено строительство крупнейшей по тем временам арочной плотины Гувер на реке Колорадо. Началось заполнение крупного

водохранилища Мид. Примерно год спустя после начала заполнения, когда уровень воды поднялся на 100 м, в районе водохранилища начались подземные толчки. Их в этом районе никак не ожидали, и поэтому не были установлены соответствующие сейсмографы. Первые три сейсмографа установили только в 1937 г., а в 1940 г. в связи с участвовавшими толчками сеть сейсмических наблюдений пришлось срочно расширять. Только за десять лет — с 1937-го по 1947 г. — число подземных толчков достигло нескольких тысяч. Глубина абсолютного большинства из них не превышала 6—8 км. В мае 1939 г. водохранилище практически было заполнено и общий объем воды составлял 35 млрд. км³. В результате произошло сильнейшее землетрясение, подвергшее в шоковое состояние ученых и жителей. Оно отмечалось огромным количеством выделившейся энергии.

Наблюдения показали, что существовала тесная связь между выделением сейсмической энергии и пиками водной нагрузки в 1938—1949 гг. Но далее произошло следующее. Начиная с 1951 г., колебания уровня воды в водохранилище Мид стали уменьшаться благодаря постройке выше по течению реки Колорадо других плотин. В последние годы в районе плотины отмечаются только очень слабые землетрясения — микроземлетрясения. И это связано с уменьшением водной нагрузки на дно водохранилища. На других строящихся водохранилищах американцы стали заблаговременно устанавливать сейсмографы. Собранные сведения однозначно свидетельствовали, что в районе 10 из 68 построенных водохранилищ была зарегистрирована возбужденная сейсмичность.

На полуострове Индостан в его платформенной части было построено 12 крупных искусственных водоемов. В 1961 г. на реке Койна было закончено сооружение плотины высотой 103 м и началось заполнение водохранилища, объем которого составлял 2780 м³. Ничто не предвещало опасности, тем более сейсмической. Водохранилище располагается в платформенной части Индостана, которая сложена кристаллическими породами, и здесь никогда не было землетрясений. В ночь с 10 на 11 декабря 1977 г.

произошло 8—9-балльное землетрясение. Оно унесло жизни 180 человек, оставило ранеными более 2000 людей и нанесло огромный материальный ущерб. Сама плотина была сильно повреждена. Эпицентр землетрясения располагался в 3—5 км южнее плотины, а подземные толчки охватили область Индостанской платформы радиусом около 700 км. Само водохранилище имело в длину 50 км при ширине около 5 км.

Это землетрясение однозначно относится к типу возбужденных, и оно заставило сейсмологов по-иному взглянуть на проблему сейсмичности. Тщательному анализу были подвергнуты все имеющиеся материалы о возбужденной сейсмичности. К середине 60-х годов были известны сильные землетрясения, происшедшие у плотины Синьфенкан в Китае в 1962 г., у плотины водохранилища Кариба по реке Замбези в 1963 г., у плотины Кремаста в Греции в 1966 г. В шести случаях землетрясения по интенсивности превышали 5 баллов, а еще в 12 оказались лишь не намного меньше. Но кроме них были отмечены десятки и сотни слабых толчков, вызванных заполнением водохранилищ во многих странах — во Франции, Испании, Швейцарии, Италии, Югославии, Алжире, Бразилии, Японии, Австралии и других регионах.

Вот еще примеры подобного рода. В Африке на реке Замбези в 1959 г. было создано крупнейшее в мире водохранилище объемом 160,3 км³. Ранее этот район считался сейсмически не активным. За время заполнения водохранилища было зарегистрировано более 2000 сейсмических толчков. Особенно сильные толчки были отмечены в окрестностях гидроузла и водохранилища через 35 дней после его заполнения. Магнитуда составляла 6 единиц, что примерно соответствует интенсивности землетрясения в 9 баллов. Как было отмечено, число толчков и их интенсивность зависели от колебаний уровня воды в водохранилище как в период его заполнения, так и в течение первых трех лет эксплуатации сооружений.

В Греции на реке Ахелос возведена плотина Кремаста высотой 163 м. Объем водохранилища составлял 4,7 км³. Чаша его

располагается в сейсмически активном районе. Недалеко проходит крупный тектонический разлом в форме сброса. С июня 1965 г. по январь 1966 г., пока заполнялось водохранилище, были зарегистрированы небольшие толчки. А 5 февраля 1966 г., когда вода поднялась на 120 м, произошло землетрясение силой более 9 баллов с человеческими жертвами и значительными разрушениями. Около 500 зданий было полностью разрушено, а 21 500 строений получили повреждения. Довольно сильные толчки продолжались до конца 1966 г. Эпицентры всех землетрясений находились в районе водохранилища.

Впоследствии ученые стали обобщать все известные данные о техногенных землетрясениях, возникающих во время заполнения водохранилищ. Как свидетельствует анализ, проведенный Никоновым, землетрясения концентрируются вдоль существующих разломов, причем эпицентры их располагаются на расстоянии 10—15 км от водохранилища. Активность усиливается особенно явно после подъема уровня воды выше 100 м. **В большинстве случаев вызванные землетрясения связаны не столько с высотой уровня воды, сколько со скоростью и величиной перепада уровня в водохранилище.** При одном и том же давлении столба воды вероятность толчков тем больше, чем большую площадь занимает водохранилище. Периметры усиления и ослабления возбужденной сейсмичности могут продолжаться несколько лет.

Достаточно подробно возбужденная сейсмичность изучена на реке Вахш, в Таджикистане, в окрестностях Нурекского гидроузла. Надо отметить, что Таджикистан — одна из самых сейсмоактивных республик Средней Азии, и местные землетрясения изучены достаточно подробно. Это тем более было необходимо, так как проводились специальные изыскательские работы под постройки плотин, нужно было выбрать наиболее безопасные с точки зрения сейсмичности места. Эти исследования и специальные наблюдения дали возможность выделить природную и возбужденную сейсмичность. Ко времени заполнения водохранилища в 1972 г. исследователи располагали серией детальных

наблюдений, которые с перерывами продолжались более 15 лет. Такими данными тогда не располагал ни один исследовательский коллектив мира. Было отмечено, что количество землетрясений стало увеличиваться с 1967 г., и максимальное их число было зарегистрировано в 1972 г. После этого число толчков и их сила стали убывать. Было замечено, что в 1972 и 1973 гг. очаги землетрясений стали приближаться к поверхности, хотя и до того они были неглубокими. При этом землетрясения стали группироваться под водохранилищем вблизи плотины, а по мере заполнения водохранилища стали несколько смещаться, как бы следуя за перемещением центра нагрузки столба воды.

Второй этап интенсивного заполнения, как пишет А. Никонов, начался в июле—августе 1976 г. И снова возросло число толчков. Таким образом, в районе Нурекского водохранилища усиление сейсмической активности произошло в связи с его заполнением. Ныне в районе водохранилища слабые толчки продолжаются.

В горах Тянь-Шаня на реке Нарын сооружена плотина Токтогульской ГЭС. Она строилась в 60-е годы. Высота плотины составляет 215 м. Наблюдения начались за 11 лет до заполнения водохранилища. Изучена сейсмичность на площади 150x120 км, на участке водохранилища 40x70 км и в непосредственной близости от плотины. Это позволило увидеть, что на фоне общего снижения уровня сейсмической активности в районе по мере заполнения водохранилища почти в 4 раза увеличилось число слабых землетрясений, вызванных действием столба воды. Как и в случае с Нурекским гидроузлом, эпицентры этих землетрясений стали смещаться к плотине и в конце концов сосредоточились вдоль русла Нарына и проходившего вблизи него крупного тектонического разлома.

Близкие результаты были получены и при наблюдениях на реке Ингури в Грузии. Здесь была построена арочная плотина высотой 270 м. Естественный уровень сейсмичности в этом районе низкий. Вспышки сейсмической активности начались в апреле—мае 1976 г. Это был первый период заполнения водохрани-

лица. Вероятно, происходила разрядка тектонических напряжений в земной коре под действием рождающегося водохранилища. В дальнейшем, как только менялся уровень воды в водохранилище, с отставанием в 1,5—2 месяца следовала серия слабых толчков. Их эпицентры располагались в основном в центральной части водохранилища.

Надо отметить, что заполнение далеко не каждого крупного водохранилища сопровождается усилением сейсмической активности и чревато сейсмическими событиями. Нет землетрясений в окрестностях Куйбышевского, Цимлянского, Красноярского, Братского и целого ряда других водохранилищ. Никакой сейсмической активности не отмечалось после заполнения водохранилищ Бхакра в Индии, где высота плотины составляет 225 м, Даниэль Джонсон в Канаде (214 м), Глен Каньон в Швейцарии (284 м) и других. Однако нельзя сделать однозначный вывод, что в этих сейсмически весьма слабых регионах не могут в будущем произойти землетрясения. Все зависит от целого ряда факторов, в том числе и от наличия оживших тектонических разломов.

Специалистов, изучающих наведенные землетрясения, особенно интересует вопрос: не могут ли эти землетрясения быть более интенсивными, чем естественные, характерные для данной местности? Ведь плотины всегда проектируются с учетом местного уровня сейсмичности. Например, каменно-земляная плотина, как Нурекская, или массивная бетонная, как Токтогульская, которые возводятся в областях сейсмической активности, считаются сейсмостойкими и способны выдержать землетрясения интенсивностью 9—10 баллов.

Большинство исследователей пришли к выводу, что при техногенных землетрясениях происходит лишь разрядка тектонических напряжений, которые были под дном водохранилища до вмешательства человека. Инженерная деятельность в данном случае играет роль «спускового механизма», освобождающего накопленную энергию. Причем в подавляющем большинстве случаев разрядка происходит небольшими порциями, что предотвращает

сильные землетрясения. Но, как показывают трагические примеры, так бывает не всегда.

Как замечено, возбужденная сейсмическая активность проявляется не только в горных местностях, но и в стабильных платформенных участках. Землетрясения чаще возникают вдоль существующих тектонических разломов, причем их эпицентры располагаются не далее 10—15 км от водохранилищ. Сейсмическая активность особенно явно усиливается после того, как уровень воды в водохранилище поднимется выше, чем на 100 м. При этом опасны быстрые перепады уровня воды в водохранилище. Толчков бывает тем больше, чем обширнее водохранилище. Повышенная сейсмическая активность в районе искусственного водохранилища наблюдается обычно в течение нескольких лет, а потом нормализуется.

СПРОВОЦИРОВАННЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Более 100 лет назад известный французский ученый Элизе Реклю говорил о возможности искусственных землетрясений. Но только в наши дни проблема спровоцированных землетрясений возникла и стала именоваться «возбужденной сейсмичностью». Говоря об искусственных землетрясениях, Реклю имел в виду разного рода взрывы при инженерных работах, во время добычи полезных ископаемых и в военных целях.

В процессе добычи полезных ископаемых человек производит разномасштабные взрывы. Ведь для того, чтобы добраться до руды, необходимо поднять на поверхность земли массу пустой породы, надо построить карьер или шахту. И в том, и в другом случае, как и при строительстве тоннелей, надо провести взрывные работы. Это значит, что масса горных пород при проведении

взрывных работ испытывает напряженность, которая в определенной степени накапливается и в какой-то момент разряжается в виде землетрясения.

Но кроме таких микроземлетрясений происходят и другие. Когда в рудниках и шахтах вскрываются пласты горных пород, находящиеся под давлением, они попадают в иные термодинамические условия и разряжаются. Происходят так называемые «горные удары». Именно они представляют одну из самых серьезных опасностей в рудниках и шахтах. Это не что иное, как разновидность возбужденной сейсмичности. «Горные удары» можно считать своего рода микроземлетрясениями, которые опасны не как волновые колебания в горных породах сами по себе, а как причины внезапных повреждений и разрушений подземных горных выработок и коммуникаций. Однако, учитывая огромные размеры подземных выработок, действие горного давления на поверхности вполне может быть сродни землетрясению. Так, в частности, было на Кольском полуострове, где ведутся широкомасштабные разработки апатитов. Несколько лет назад здесь произошел сдвиг пластов, который ощущался как землетрясение и был зафиксирован сейсмографами в виде 6-балльного землетрясения.

В Рурском каменноугольном бассейне на Северо-Германской равнине и в Симплонском туннеле в Альпах уже в конце XIX в. отмечали настоящие сотрясения с крупными выбросами пластов под землей, качанием зданий и появлением трещин на поверхности земли. Серия толчков отмечена в 1974 г. в подземных известняковых штольнях в окрестностях Нью-Йорка. «Горный удар» в одной из шахт Донбасса ощущался как землетрясение в радиусе 6 км.

Возбужденные толчки возникают при разработке нефтяных и газовых месторождений. На одном нефтяном месторождении вблизи Лос-Анджелеса в Калифорнии в связи с откачкой нефти и изменением подземного давления и напряжений возникли небольшие толчки, которые отмечались многократно. Подобное яв-

ление наблюдалось и на многих нефтяных месторождениях на Северном Кавказе. Один из таких возбужденных подземных толчков произошел в 1971 г. вблизи города Грозного. Он имел на поверхности эффект землетрясения силой 7 баллов.

В 60-е годы ученые установили, что закачивание жидкости в скважины, которое широко практикуется в процессе разведочно-го и эксплуатационного бурения, чревато усилением сейсмичности. Это было обнаружено случайно в штате Колорадо в США. В скважину глубиной около 4 км стали закачивать жидкие отходы особых производств. Внутри скважины сильно изменилось давление, и напряженность пластов разрядилась в виде серии мелких землетрясений. Это явление было многократно проверено на серии экспериментальных закачек и получило полное подтверждение.

Надо отметить, что максимальная магнитуда таких возбужденных толчков составила 5,4 при глубине 4—5 км. А это, как оказалось, соответствует параметрам известного Ташкентского землетрясения, разрушившего город в 1966 г.

Отсюда следует, как правильно отмечает Никонов, что проблема возбужденных землетрясений в результате закачивания жидкости в недра Земли не должна казаться локальной. Ведь в разных странах именно таким путем стремятся решить проблему захоронения отходов, в том числе и радиоактивных, и создают подземные газовые хранилища.

Нельзя обойти молчанием и проблему ядерных взрывов. Сейчас известно, что каждый из восьми сильных подземных ядерных взрывов на полигоне в штате Невада в США, мощностью от 0,1 до 1,2 мегатонны, соответствовал землетрясению магнитудой 5—6. Доказано, что оживление земных недр обычно происходит в эпицентральных зонах существующих разломов. Установлено, что смещение вдоль разломов во время взрывов измеряется десятками сантиметров, т.е. происходят точно так же, как и во время обычных землетрясений. При взрыве в 1968 г. в штате Невада на глубине 1400 м поверхностные разломы активизиро-

вались на расстоянии немного более 5 км от эпицентра взрыва. Надо заметить, что ядерные подземные взрывы спровоцировали серию последующих подземных толчков. Иными словами, после подземных ядерных взрывов возникают серии афтершоков с энергией, меньшей энергии взрыва, но достаточно большой, которая проявляется в виде толчков на расстоянии в десятки километров от эпицентра. Взрывы служат «спусковым механизмом» для сейсмической разрядки за долгие тысячелетия напряжения в земных недрах.



ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: МИФЫ, ЛЕГЕНДЫ, ГИПОТЕЗЫ, РЕАЛЬНОСТЬ

Существует огромное количество современных публикаций о землетрясениях. Одни из них посвящены только катастрофическим последствиям, в других приводится подробный анализ размещения очагов и обосновывается их происхождение, в третьих даны рекомендации по безопасности, в четвертых излагаются и обосновываются принципы прогноза землетрясений и расчета интенсивности. Авторам данной книги хотелось бы обратить внимание на особенности этих стихийных бедствий и изложить некоторые стандартные и нестандартные подходы к решению проблемы долгосрочного и краткосрочного прогноза подземных бурь.

Возможны ли в принципе точные долгосрочные и краткосрочные прогнозы? В качестве ответа напомним читателям несколько интересных сообщений, промелькнувших в прессе. И дополнительно расскажем о нынешнем состоянии исследований в области долгосрочного и краткосрочного прогноза. А выводы предоставим делать читателям.

Проблема предсказания землетрясений остается сложной и актуальной. Поиски ведутся в самых различных направлениях, и мнения исследователей о путях решения этой проблемы далеко не однозначны. Несмотря на то, что прогноз землетрясений привлекает ученых разных специальностей и в них очень заинтересована общественность, решение этой проблемы будет найдено не скоро. Сегодня существует несколько путей решения проб-

лемы прогноза и десятки, если не сотни, различных методов, и тем не менее точность многих прогнозов недостаточно высока. Идет активная разработка новых способов прогнозирования, усовершенствование и проверка различных испытанных и экспериментально проверенных методов прогноза.

Давно и хорошо известна принципиальная основа прогноза землетрясений: перед землетрясением меняются механические, электрические и физические свойства горных пород, изменяются физико-химические особенности подземных вод, иными становятся реакции животных. Различного рода геофизические аномалии охватывают значительные площади, и, следовательно, они могут быть зафиксированы современной аппаратурой. Это аномалии сейсмического характера, момент изменения скорости распространения упругих волн, аномалии электрического и магнитного полей, изменение наклона и деформации земной поверхности, изменение гидрологического и газохимического режима. Именно их вариации служат признаками землетрясений. В настоящее время, кроме живых оракулов, известно более 300 предвестников землетрясений. Из них 10—15 достаточно хорошо изучены, а только на нескольких основываются прогнозы.

Прогноз землетрясений может считаться *полным*, если заблаговременно предсказываются три главных элемента будущего стихийного бедствия: место его протекания, интенсивность (магнитуда) и время предстоящего толчка. Прогноз считается *верным* и обоснованным в том случае, когда все три предсказанных элемента подтвердились. Однако из всех известных прогнозов полностью подтверждаются весьма немногие, и точность прогноза вряд ли превышает 10—15%. Это вызвано именно трудностями прогноза.

На первый взгляд что может быть проще того, чтобы предсказать землетрясение, если под рукой имеются карты сейсмического районирования. Подобные карты появляются в результате длительного сбора информации по прошлым землетрясениям изучаемого региона и тщательного их анализа. Однако даже са-

мая надежная и точная карта сейсмического районирования — не панацея от всех бед. В лучшем случае по ней можно оценить возможную интенсивность землетрясений, вычислить среднюю частоту их повторяемости, наметить какую-то наиболее вероятную зону проявления. И только. Определить точное место и, главное, время возникновения землетрясения такая карта не поможет. Карта сейсмического районирования, какой бы точной и детальной она ни была, не в состоянии обеспечить прогноз землетрясения. Она лишь содержит отдельные элементы прогноза.

К прогнозу времени землетрясений скептически относятся и ведущие сейсмологи. Сложности вызывает определение места и интенсивности будущих подземных бурь. Как отмечает один из ведущих сейсмологов нашей страны, профессор А. Никонов, «...до сих пор не разработаны принципиальные возможности и конкретные способы предвидения землетрясений в любой части сейсмически опасного региона с заданной точностью места и интенсивностью в заданный отрезок времени. Поэтому долгое время идеальной будет, по-видимому, такая схема: в пределах сейсмического региона определяется некая достаточно обширная область, где в течение нескольких лет или десятилетий можно ожидать крупное сейсмическое событие. Последующими исследованиями область ожидаемого события сужается, уточняется возможная сила толчка или его энергетическая характеристика — магнитуда — и опасный период времени. На следующей стадии разработок определяется место предстоящего толчка, а время ожидания события сокращается до нескольких дней и часов». Как видим, процесс прогноза — весьма трудоемкая операция, и нередко во время обработки сейсмических данных прогноз запаздывает, землетрясение опережает прогноз.

Прогноз подтвердился только однажды. Первоначально были определены примерное место события и магнитуда (интенсивность). Традиционным сейсмографическим методом измерения активности магнитного поля Земли в провинции Ляолин в 1974 г. удалось установить, что землетрясение может ожидаться в 1975 г. Но назвать точное время никто не смог. Тогда решили обратиться

ся к населению с просьбой фиксировать необычное поведение животных и растений. Вместе с тем людям было объяснено, зачем это нужно и куда направлять сообщения об аномальном поведении. Точно определить время катастрофы помогла сейсмическая бионика.

После обращения к населению было выпущено множество красочных плакатов, буклетов и брошюр, из которых жители провинции Ляопин могли узнать, как реагируют различные животные на приближающуюся катастрофу. Как отмечает Литинецкий, на этих картинках были изображены свиньи, в ужасе выбегающие из свинарников и в страхе перепрыгивающие через заборы; лошади, встающие на дыбы и не подчиняющиеся человеку; рыбы, выскакивающие из воды; крысы, покидающие жилища и разбегающиеся врассыпную. Проведены были и специальные подготовительные работы по спасению людей, попавших в катастрофу. Было подготовлено 100 тысяч добровольцев для борьбы с последствиями землетрясения и более 20 тысяч групп наблюдателей, созданы специальные отряды для эвакуации населения во время кризисной ситуации.

Некоторое время все было спокойно. Но уже в начале 1975 г. стали поступать сведения о необычном поведении животных. Сначала это были разрозненные и единичные сообщения. Но с каждым днем число их росло и вскоре уже превышало тысячу сообщений в день.

Несмотря на зимний период, стали вдруг просыпаться змеи, выползать из нор и замерзать на снегу. Стали днем покидать свои норы крысы. Кошки и куры стали исчезать непонятно куда, утки и гуси, охваченные ужасом, с трудом взлетали на крыши домов и деревья. Свиньи перестали есть. Лошади рвались из конюшен, разбивая стойла. Коровы затевали непонятную возню, активно бодали друг друга. Похоже, что тем самым они пытались подтолкнуть друг друга к выходу из коровника.

Количество сообщений нарастало с каждым днем. Это вынудило 4 февраля 1975 г. в 11 ч. штаб по кризисной ситуации объя-

вить тревогу в южной части провинции и предупредить население о приближении землетрясения. Все жители южной части Ляолин были размещены во временных лагерях, расположенных в открытой местности. Землетрясение с магнитудой 7,3 произошло 4 февраля в 19 ч 36 мин в ожидаемом районе, где проживало более 1 млн. человек. Около 90% зданий в эпицентре и более половины в удаленных от него местах было разрушено. Если бы не было предупреждения и своевременной эвакуации населения, подземная буря могла бы забрать жизни многих тысяч людей и погубить множество животных. Благодаря принятым мерам предосторожности погибло всего несколько человек.

Однако это пока только единственный подтвердившийся прогноз, предсказанный усилиями ученых разных направлений. Но, как известно, «одна ласточка весны не делает». Так уже было суждено, но через 4 года в Китае вновь произошло землетрясение. Оно не было никем предсказано и оказалось самым ужасающим по числу жертв.

Существуют нестандартные гипотезы прогноза землетрясений.

В № 1 газеты «Совершенно секретно» за 1996 г. было опубликовано интервью обозревателя газеты Б. Сопельняка с кандидатом геолого-минералогических наук И. Н. Яницким. Главная суть сообщения Яницкого состояла в следующем: «Авария на Чернобыльской АЭС произошла не по вине «нарушения порядка и режима эксплуатации, допущенных персоналом энергоблока», как записано в официальном отчете Международной организации по использованию атомной энергии, а в результате произошедшего 26 апреля 1986 г. в районе расположения станции землетрясения. Главный сейсмический удар произошел за 20 секунд до взрыва реактора, в 1 ч 24 мин 00 с. Информация о предстоящем «медленном» землетрясении поступила за месяц до события. Дали ее ученые Новосибирского Академгородка в виде заметки о предстоящей трагедии, напечатанной в местной газете. Авторы эту информацию слегка зашифровали, так как ясно представляли, что в чистом виде информацию в печать не пропустят. С одной стороны, была помещена фотография атомного взрыва, а с другой, точно на

месте фотографии, надпись: "Украина, Чернобыль". Те люди, кому надо было принимать решение, сообщения "не заметили". Уже после, когда работала правительственная комиссия, физик-сейсмолог из Нальчика М. П. Четаев, составив докладную записку, пытался донести ее до руководства комиссии. В ней были изложены выводы, которые не вписывались в традиционные представления. Его настойчивость привела к тому, что им занялись "товарищи" из соответствующих организаций. Запуганный ими, М. П. Четаев вернулся в Нальчик и не выступал вплоть до перестроечного времени. Наступившая демократия вернула решимость. С сохранившимися документами поехал в Москву и ... пропал. Мы, отмечает И.Н. Яницкий, ждали этого сейсмолога от Бога год, но и сегодня не знаем, где он и что с ним!?»

Далее излагается версия событий в представлении Яницкого и его коллег. Земля составлена из крупных блоков: из кубов, октаэдров, тетраэдров. Они подвижны относительно друг друга и, в свою очередь, состоят из относительно более мелких, но тоже подвижных плит. Плиты «спаяны» между собой разломами, не видимыми на поверхности. Спайка блоков по разломам выполнена породами менее плотными, но преимущественно в этих породах зарождается большинство месторождений полезных ископаемых. Поиски таких разломов очень актуальны именно с этих позиций. Так, например, были найдены месторождения урана в подобных разломах, а индикатором стали выходы гелия. В результате появилось новое направление в геологии — гелиеметрия. На карте новейшей тектоники СССР, составленной 20 лет назад, ни один из этих разломов не нанесен. Многие атомные станции, химические комбинаты, хранилища жидких радиоактивных отходов и многие другие промышленные объекты строились на таких разломах.

Расплата наступила скоро. За примерами далеко ходить не надо. В сентябре 1983 г. прорвало дамбу плотины, которая соединяла два хранилища отходов Стебниковского калийного комбината. Жгучий рассол хлористо-фтористых соединений хлынул в Днестр. Общий объем этого страшного яда составлял 4 млн. м³. 25 января 1985 г. рухнуло гигантское куполообраз-

ное здание диаметром 236 и высотой 114 м в районе Истры, в котором располагался высоковольтный испытательный стенд.

К числу наиболее тектонически активных относятся зоны в районах Калининской, Белоярской, Игналинской, Курской, Ленинградской, Костромской, Запорожской и Ровенской АЭС. Под Ульяновском на таком разломе размещено хранилище жидких радиоактивных отходов.

А Чернобыльская АЭС расположена в районе целого узла подобных разломов. Первое предупреждение было связано с аварией на первом блоке этой станции в 1982 г. с выбросом радиоактивных отходов на промзону и город Припять. А признаки активизации подземных процессов в районе Чернобыльской АЭС появились еще 10 апреля 1986 г. И произошедшее землетрясение было зафиксировано тремя сверхсекретными станциями, которые расположены треугольником в поселках Глушковичи, Норинск и Подлубы, примерно в 100 км от Чернобыля. А сейсмограммы этих записей были случайно обнаружены только в 1994 г. в одном из архивов Алма-Аты сотрудниками Института физики Земли. Уже 25 апреля Норинская станция фиксировала усиление микросейсмических и электромагнитных воздействий. 26 апреля свечение над четвертым блоком достигло высоты 700 м. Одновременно с этим самописцы в Глушковичах и Подлубах также начали фиксировать сейсмическую активность. И наконец, последовал основной толчок, в результате которого реактор взорвался. Специалисты из МАГАТЭ ничего не знали ни о сеймостанциях, ни об их показаниях. Лишь после обнаружения в архивах записей экспертная комиссия подписала заключение о том, что причиной аварии на Чернобыльской АЭС было землетрясение. Очаг располагался на глубине 1 км, а в воздух было выброшено огромное количество плазменной энергии. Произошел так называемый солитоновый выброс.

Сказанное свидетельствует по крайней мере о двух факторах, которые всегда необходимо учитывать при строительстве крупных объектов, тем более тех, которые потенциально опасны во время эксплуатации. Во-первых, следует пересмотреть концепцию строительства на малоисследованных с точки зрения

расположения разломов территориях и заняться картографированием мест расположения разломов. Во-вторых, зная, что построенные объекты повышенной опасности, особенно АЭС и плотины ГЭС, располагаются или непосредственно на разломах, или вблизи них, в обязательном порядке установить наблюдения за сейсмичностью, построив и оснастив соответствующим образом сейсмостанции.

Группой научных сотрудников под руководством Яницкого с 1976 г. по настоящее время накоплены длинные ряды статистических наблюдений и графического материала по измерению лазерным информометром напряженности так называемых электромагнитных слоев Земли, подготовлены карты различных масштабов активных разломов для территории Москвы, Московской области и сопредельных районов. Материалы позволяют по-новому подойти к проблеме прогнозирования стихийных бедствий и представляют, несомненно, интерес для специалистов-сейсмологов.

В газете «Риск» № 14 (приложение к газете «Поиск» № 7 за 1996 г.) опубликована статья сотрудника Института экспериментальной геофизики Объединенного института физики Земли РАН А. Белякова, в которой он высказывает новую концепцию прогноза землетрясений, с которой ниже мы хотим кратко ознакомить читателей.

Спрогнозировать будущее землетрясение — это значит указать координаты эпицентра, время и силу возможной подземной бури. Задача, над которой работают мощные коллективы институтских ученых всех стран мира, энтузиасты, прорицатели, астрологи, астрономы и т.д. Работают давно и практически безуспешно. Это подтверждается целой серией катастрофических землетрясений, произошедших совсем в недалеком прошлом: в Армении (Спитак), на Сахалине (Нефтегорск), в США (Лос-Анджелес), в Японии (Коба) и т.д. Успехи в предсказании и этих землетрясений — практически нулевые.

В связи с этим читателям будет небезынтересно узнать еще об одной точке зрения на эту проблему. Недальновидность неко-

торых руководителей, наделенных властью и правами принятия решений при выборе места размещения будущих объектов производственного назначения, приводит иногда к самым непредсказуемым отрицательным последствиям. Так, к примеру, о неправильном подходе при строительстве некоторых атомных станций мы уже говорили выше. И к чему это приводило и может еще привести в будущем, тоже. Неправильный выбор места под строительство технических зданий и сооружений опасен сам по себе. Опасность неоднократно увеличивается вторичными проявлениями, если в местах расположения объектов экологически неблагоприятная обстановка. Таким образом, если объекты уже возведены и заранее известно место события, возникает проблема, как избежать или хотя бы уменьшить возможные трагические последствия для жизни и здоровья людей?

И ответ напрашивается сам собой: во-первых, необходимо уметь определять время предполагаемого события. Чтобы определить момент события, необходимо иметь набор информативных прогностических признаков: показания сейсмографов, уровень звуковых подземных сигналов, их аномальные отклонения от фоновых значений, уровень и состав выходящих из Земли газов и т. д. Во-вторых, зная время события, вовремя вывести людей из опасных помещений, перевести предприятия на режим повышенной защиты.

Подземные звуковые сигналы можно измерять в скважинах, на поверхности земли, на дне морей и океанов, в трещинах и в тектонических разломах, т. е. в наиболее активных зонах земли. В таких зонах при нарушении сплошности глубинных горных пород возникают аномальные отклонения от обычных фоновых значений. Акустическое излучение в наиболее сейсмоактивных зонах создает фоновый звук, который сопровождает как смещение блоков горных пород, так и естественное восстановление нарушенной целостности за счет внутренних давлений и электрохимических реакций. По модели Джильберта-Рейда, значительное выделение внутриземной энергии происходит при уменьшении

напряжения в земной коре. Подземные звуки всегда сопутствуют и, вероятно, предшествуют всем сейсмическим событиям.

Изучая звуковой диапазон колебаний при землетрясениях, профессор из Японии Т. Рикитакэ высказал предположение о возможности прогнозирования будущих землетрясений по результатам своих исследований. Но используемые приборы оказались непригодными для этих целей. В результате его сообщение не вызвало большого резонанса среди специалистов-сейсмологов. Поэтому до сих пор существующие прогностические полигоны не оснащены системами измерения подземного звука.

Первые описания измерений фонового звука из недр Земли сделаны в начале века в Италии. Они приведены в книге Д.Г. Говарда «Приливы и родственные им явления в Солнечной системе». Он отмечает, что эти шумы становятся «невыносимо громкими», особенно за полчаса до значительного землетрясения.

Что же мы имеем сегодня в этой области исследований? В Институте физики Земли создали прибор — *геофон* с магнитоупругим, кристаллическим сенсором. Он позволяет измерять подземный фоновый звук на недоступном ранее уровне. Главная цель использования разработанного прибора — обнаружить на ранней стадии возникновение сейсмической опасности. Сейсмоакустические исследования — далеко не новое направление в морской и инженерной сейсмологии. В качестве измерительных преобразователей использовались приборы, измерявшие скорость смещения либо в частотном диапазоне до 200 Гц, либо ускорение в ультразвуковом диапазоне частот более 20 кГц. Но контроль фонового звука в земной коре этими приборами оказывался неэффективным. Исследования с помощью геофона выявили наиболее информативную начальную часть звукового диапазона частот — от 20 до 2000 Гц. Выбранные экспериментально пределы звукового диапазона позволили надежно регистрировать характер изменения очень слабого подземного звука в достаточно широкой полосе частот. Приборы доведены до промышленной стадии производства, могут быть изготовлены по заказу либо воспроизведены по чертежам автора, сотрудника Института

экспериментальной геофизики Объединенного института физики Земли РАН А. Беликова.

Регистрация подземных звуков может быть использована как надежный оперативный предвестник катастрофических землетрясений и горных ударов. Обработка и анализ полученной информации квалифицированными акустиками и сейсмологами позволят выработать новые подходы к решению проблемы краткосрочного прогноза землетрясений. Трансляция сигнала о подземном фоновом звуке местной УКВ-радиостанцией предоставляет возможность каждому, в том числе и неспециалисту, на доступном им уровне изучать и прогнозировать развитие событий. В результате можно создать нетрадиционные системы контроля, привлечь любознательных людей к выработке коллективного суждения о сейсмической обстановке.

Использование современного оборудования, уже разработанного во многих отраслях известными фирмами для приема, обработки и визуализации звуковых сигналов в реальном времени, совместно с новыми геофонами может быть с успехом использовано в сейсмологических исследованиях для объективного фиксирования малейших изменений характера подземного звука перед землетрясениями. Следующий этап — автоматизация процесса распознавания развития критической ситуации.

Использование геофона наиболее эффективно для контроля фонового подземного звука в сочетании с другими методами контроля подготовки землетрясения в структуре комплексных центров по прогнозу землетрясений. При накоплении положительного опыта возможно использование предложенного метода в других сейсмоопасных районах. Для этого в измерительной системе охраняемого города предусматривается наличие или создание одной или нескольких скважин (глубиной от 1000 до 5000 м). В скважины на бронированном кабеле опускается зонд с установленным в нем сенсором. В специальном подъемнике устанавливается анализирующая аппаратура, соединенная с центральным пунктом контроля каналом цифровой связи. Оборудование центрального пункта, как минимум, включает источник бес-

перебойного питания и персональный компьютер. Работа находится в стадии экспериментальных исследований и нуждается в объединении усилий заинтересованных организаций, компаний и фирм.

И еще один пример, основанный на публикации в одной из киргизских газет статьи О. Дядюченко «Миллион долларов за прогноз, или Предсказание землетрясений становится возможным». Эта статья представляла собой интервью с директором Института сейсмологии Академии наук Кыргызстана Ф.Н. Юдахиным. Ниже мы излагаем краткое резюме этой интересной для нас и, по-видимому, для всех читателей беседы.

Один из первых вопросов звучал так: «Что у нас есть нового в прогнозировании землетрясений»? Ответ Феликса Николаевича сводится кратко к следующему.

Завершено строительство десяти сейсмологических станций вокруг Чуйской долины. Их система аналогична греческой системе VAN. Эта система с центром управления в Институте сейсмологии составляет Бишкекский прогностический полигон. Работа системы дает информацию о сейсмической ситуации в Чуйской долине — наиболее опасном в сейсмическом отношении районе Кыргызстана.

Станции оснащены современным оборудованием, откуда информация поступает на два мощных компьютера, установленных в институте. Это дает возможность следить за сейсмической обстановкой на обширной территории полигона в масштабе реального времени. А землетрясений в Кыргызстане и вблизи его границ бывает до 3 000 в год.

Своевременное получение сейсмической информации особенно важно, так как на сегодня имеется пока всего несколько удачных предсказаний, в том числе сделанные за 5 ч до события китайскими коллегами в городе Хайчене в 1975 г. И это предсказание удалось только потому, что в этом районе были установлены сейсмические станции и внимательно изучались все предвестники.

В рамках межправительственного соглашения в области охраны окружающей среды между СССР и США есть проект совместных сейсмологических наблюдений и взаимного обмена данными. Первый шаг в выполнении проекта — установка с помощью американской стороны сейсмологических станций, следящих за ядерными взрывами как на нашей территории, так и на территории США. У нас на полигоне установлена одна такая станция.

Убедившись, что наши ученые выполняют детально все пункты соглашения и принимая во внимание, что Тянь-Шань — одна из более активных сейсмических зон, американские коллеги вложили свыше 1 млн. долларов, оснастив полигон самой лучшей в мире аппаратурой.

А в сейсмологии, особенно в области прогнозирования землетрясений, очень важно не только своевременно иметь информацию, но и сведения о составе и строении геологической среды, в которой возникают очаги землетрясений. В очагах сильных землетрясений строение земной коры в разных частях земного шара имеет очень много сходных черт. Обмен знаниями поможет сделать прогноз более точным и своевременным.

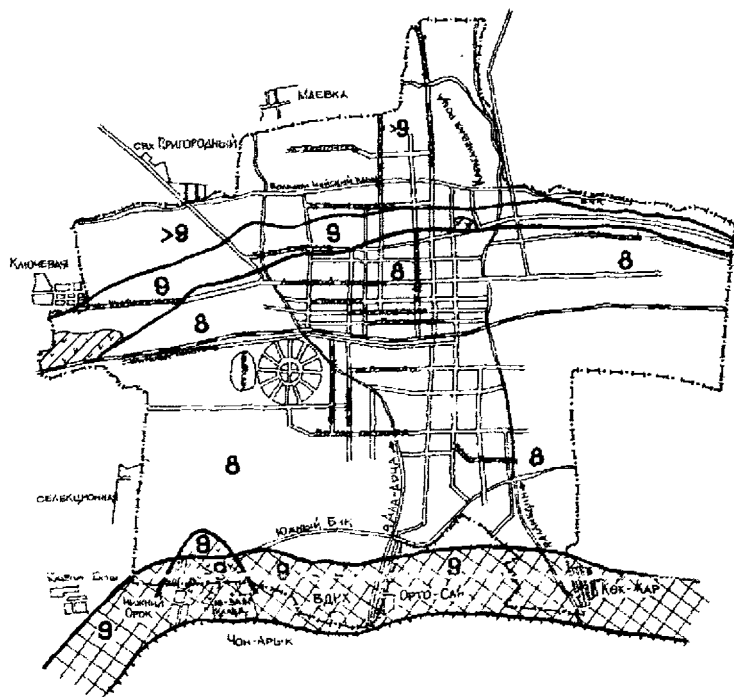
На этих же принципах мы сотрудничаем и с китайскими сейсмологами, обмениваясь данными сейсмологических, гидрохимических и гидродинамических станций. А у китайских коллег собрана статистика по землетрясениям почти за 3 000 лет. И там сейсмология поставлена на уровень государственной службы.

Во главе всей сейсмологической службы в Китае стоит Государственное сейсмологическое бюро (министерство), директор (руководитель) которого является членом правительства. Каждый район или область имеет подобное бюро или управление. Крупные китайские предприятия за свой счет строят и обслуживают сейсмические или геофизические станции.

Долгое отсутствие крупных землетрясений в Бишкеке и Чуйской долине стало для сейсмологов одним из предвестников будущего крупного землетрясения. Наши горы вокруг Бишкека

СХЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТА

комплексного сейсмического микрорайонирования г. Бишкека



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

	микрорайон с сейсмичностью 8 баллов		участки с прогнозируемой сейсмичностью более 9 баллов
	микрорайон с сейсмичностью 9 баллов		участки распространения просадочных грунтов (II тип)
	микрорайон с сейсмичностью более 9 баллов		сейсмоопасный Исык-Атинский разлом
	микрорайон с сейсмичностью 9 баллов, расположенный в зоне влияния сейсмоопасного Исык-Атинского разлома. Строительство не рекомендуется.		граница города по генплану

хранят следы сильнейших 10-балльных сотрясений земной коры. Пример: Кеминский район (1911 г.) — 11-балльное землетрясение. Его следы до сих пор видны на склонах Кунгей-Алатао. Все сейсмостанции планеты зафиксировали это событие. Другой пример: 1938 г. — район Боомского ущелья — землетрясение 8—9 баллов.

А в 30 км от столицы Кыргызстана есть урочище Чон-Курчак, где в районе горнолыжных баз, проходит очень опасный в сейсмическом отношении Чон-Курчакский разлом.

В Институте сейсмологии разработана новая карта сейсмического районирования города Бишкека (см. рисунок на стр. 194), сделанная на основе инструментальных и инженерно-геологических данных, подтвержденных толчками.

На карте показана по районам столицы максимальная сила возможных землетрясений — от 8 баллов и выше. И любое строительство в городе ведется с учетом рекомендаций сейсмологов.

Такова истинная ситуация у нас в республике в области прогноза крупнейших землетрясений.

А.Ф. Черняев сообщает, что после публикации в некоторых газетах о взрыве в районе поселка Венева его знакомая С.В. Тарасова из города Кемерово стала вдруг получать информацию о возможности мощного землетрясения в США в штате Калифорния 28—29 декабря или в штате Невада 17 января 1994 г. Была даже определена точка на карте предполагаемого места события: залив Монтерей, в районе города Санта-Крус. Вероятная причина — пустоты под разломом Сан-Андреас в Калифорнии, которые являются накопителями выходящих из Земли газов — гелия и эфира. Газы через полости в земной коре просачиваются в атмосферу. При недостаточности фильтрации повышается подземное давление. Одновременно идет фильтрация газов со дна океанов. При наступлении критического давления может произойти землетрясение мощностью до 8 баллов. Признаки землетрясения:

в океане на расстоянии 40 км южнее города Санта-Крус на глубине 30 м и более появилась радиоактивность и повысилась содержание тяжелой воды;

на высоте 10—15 м над водой на расстоянии 20 км и более в океане образовалась гелиевая прослойка;

в указанной области выделяющиеся газы образовали несколько воронок диаметром от 1 до 3 м;

погода в радиусе 50 км становится непредсказуемой. Атмосферное давление падает, особенно на небольших высотах;

спутники могут фиксировать изменение прозрачности атмосферы;

появляются магнитные аномалии, нарушается радиосвязь, разрастаются трещины в грунте, в ночное время появляется легкое неоновое свечение над трещинами».

Письмом было предупреждено посольство США. Землетрясение с магнитудой 6,8 произошло 17 января севернее Лос-Анджелеса. Число погибших — около 50 человек. Материальные потери составили почти 10 млрд. долларов. Ни один сейсмограф США не послал предупреждения о бедствии. После события начали на все лады комментировать этот факт. Произошла небольшая погрешность в определении срока наступления события. В чем причина? Оказалось, что при составлении прогнозов не учитывалось, что Земля — составная часть Солнечной системы и повышение активности Солнца влияет на внутриземные процессы. Много работ опубликовано на эту тему. В качестве примера приведем докторскую диссертацию работе А.Д. Сытинского, защищенную в 1993 г. в Астрономическом институте МГУ. Часть ее была посвящена, в частности, статистическим закономерностям взаимосвязи солнечных процессов с активностью земных недр, многим исследователям удалось выявить корреляционную связь между хромосферными вспышками на солнце и землетрясениями. Механизм взаимосвязи пока до конца не понятен, но возможно, процессы на Солнце вызывают изменение гравитационного поля Земли?

Возникает вопрос: какова же скорость движения гравитационных волн? Согласно теории относительности, она должна быть постоянной и равняться скорости света. Следовательно, связь с

земными процессами должна была наблюдаться примерно через 8 минут. Совпадения не наблюдалось ни во времени, ни в количестве вспышек на Солнце и количестве землетрясений. Количество вспышек значительно превышало количество земных событий. Следовательно, можно предположить, что скорость движения гравитационной волны намного меньше скорости света. Это позволяет сделать вывод, что скорость света не абсолютна и коррелирует с напряжением гравиполя в той области пространства, по которой она движется. Таким образом, у поверхности Солнца она будет равна орбитальной скорости Солнца (427 км/сек), у поверхности Земли — орбитальной скорости Земли (около 30 км/сек). Возникла гипотеза о «комках» эфира, выбрасываемых из Солнца, диаметром до 50 км, достигающих поверхности Земли через 22 дня и вызывающих локальные землетрясения. Астрономы констатировали, что вспышки на Солнце зачастую сопровождаются выбросами в космос некоторого количества полупрозрачного вещества (квантами) с различной скоростью (100, 200 км/сек и более). Они дают им названия типа «сгустков», «плазмоидов», «магнитных бомб». И если скорость выброса «плазмоидов» выше орбитальной, то их падение на тела Солнечной системы может проявиться в виде землетрясений, магнитных бурь и других катаклизмов.

На основе высказанных гипотетических соображений А.Ф. Черняев по перечню землетрясений за 1989 г. с магнитудой больше 6 и используя информацию о хромосферных вспышках за прошлые годы (из ежемесячника «Солнечные данные» Пулковской обсерватории) составил таблицу корреляции вспышек и землетрясений по 37—38-му градусу западной долготы. Данные таблицы показывают, что корреляция высокая. В другой таблице 1989 г. показана корреляция вспышек и землетрясений на 22-м градусе западной долготы.

Черняев делает вывод, что «хромосферные вспышки на Солнце в районе 22-го и 37-го градуса западной долготы сопровождаются землетрясениями с магнитудой от 5,5 единиц и более» и что этот предвестник может быть использован для крат-

косрочного прогноза времени возникновения землетрясения (за сутки и менее). Черняев весьма достоверно объясняет причины несостоявшегося прогноза на 28 декабря 1993 г.

Работая над проблемой цикличности палеоклиматов, Н.А. Ясаманов и другие авторы обратили внимание на связь событий прошлого с космическими и галактическими процессами. Исследуя некоторые статистические закономерности временных рядов, Ю.В. Волков и еще ряд исследователей выявили взаимосвязь событий на Земле с изменчивостью гравитационного поля Солнечной системы. Исследуя циклические закономерности изменения температуры, М.Д. Рукин и В.В. Кузьмин пришли к выводу о взаимосвязи изменения погоды на Земле (в прошлом, настоящем и будущем) с изменением циклов солнечной активности. Л.Я. Коц создал математическую модель, позволяющую проследить связь парных конфигураций (типа Земля — Луна, Земля — Солнце и т.д.) расположения планет и их спутников с понижением или повышением температуры на Земле и высказал идею о возможном влиянии этих расположений на сейсмические события. Мы надеемся использовать эту идею в исследованиях по проблеме взаимосвязи природных событий с космическими и галактическими процессами. О некоторых из этих закономерностях и связях говорили и другие авторы, участники состоявшейся в 1997 г. в МГУ международной конференции, посвященной памяти выдающегося ученого-космиста Л.А. Чижевского.

Объединив усилия, авторы работы обсуждают и представляют фрагменты собственных состоявшихся прогнозов сейсмических событий на Земле. Например, нами было предсказано, что 1 мая 1997 г. в Иране произойдет землетрясение. Произошло оно 10 мая.

В ноябре-декабре 1996 г. авторами (совместно с Ю.В. Волковым) была подготовлена и сдана в печать работа: «Землетрясения. Особенности размещения и проблемы прогноза». Не вдаваясь в подробности (публикация вышла в январе 1997 г. в журнале «Геоинформатика», № 6, М, 1996), отметим, что в ней обзорно рассмотрены некоторые нетрадиционные подходы к решению проблемы краткосрочного и долгосрочного прогноза землетрясе-

ний и даны авторские рекомендации по возможным путям повышения эффективности подобных прогнозов. Перед выходом публикации было подготовлено информационное письмо-предупреждение о возможном катастрофическом землетрясении или на территории России, или на территории сопредельных с ней стран, которое должно было состояться ориентировочно в I или II декадах апреля 1997 г. Письмо было передано директору Объединенного института физики Земли (Москва, февраль 1997 г., ОИФЗ им. О.Ю. Шмидта), а копия — в лабораторию сейсмодиагностики того же института. В статье и письме не указывалось точное место прогнозируемого события, но такой цели авторы перед собой и не ставили, так как не являются профессиональными специалистами в области прогнозной и общей сейсмологии. Следует отметить, что предложенная методика в принципе позволяет определять ориентировочно и координаты (долготу и широту) предполагаемого события. Не имея ни аппаратной базы, ни поддержки и заинтересованности (в настоящее время) ведущих специалистов в этой области, авторы считают преждевременными определения точных координат предполагаемого ими события и оставляют за собой право дать теоретическое решение этой проблемы в своих будущих работах.

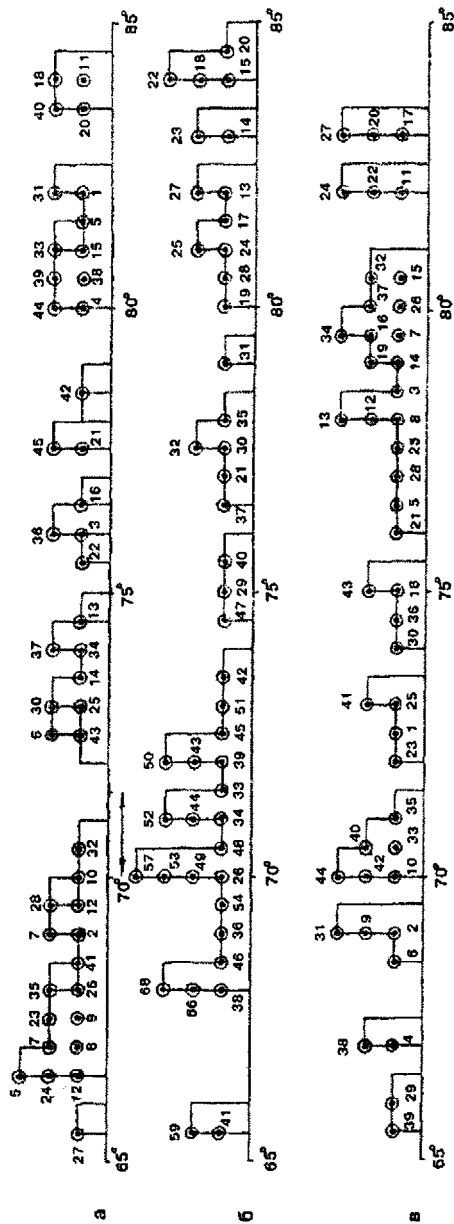
В Известиях АН СССР, в журнале «Физика Земли», № 3 за 1991 г. была опубликована статья Ю.В. Волкова по проблеме исследования статистических свойств временного ряда сильных землетрясений. В результате проведенных статистических исследований временного ряда максимальных (ежегодных) землетрясений по отношению к многолетнему среднему, случайному и трем методическим прогнозам обнаружены признаки зависимости между значением моментов времени максимальных землетрясений и моментов экстремумов короткопериодных вариаций гравитационного поля в Солнечной системе. Это не противоречит высказанным выше дискуссионным гипотетическим соображениям. Геофизические процессы, приводящие к сильным сейсмическим толчкам, пока не поддаются надежному и точному прогнозированию. Неоднократно высказывались мнения о при-

чинной обусловленности землетрясений активными процессами на Солнце, что должно вести к возможности их предсказания. Прогноз осложняется тем, что геомагнитные возмущения запаздывают примерно на двое суток по отношению к сейсмическим событиям. Связь землетрясений с приливами в земной коре достоверно установить не удастся. Представления, что земные процессы могут активно влиять на солнечные, кажутся явно абсурдными. Остается только одна причина: влияние гравитационного поля и его вариаций в Солнечной системе на земные процессы.

Рассмотрим некоторые упрощенные модели сейсмического процесса для изучения статистических свойств временного ряда сильных землетрясений и попытаемся использовать полученные выводы для прогнозирования будущих событий. Отметим три типа существующих прогнозов, имеющих двойное применение: а) инерционный, б) многолетний средний и в) случайный. Идеи каждого названного прогноза опробованы, и результаты по ним опубликованы. Прогнозирование будущих событий должно быть эффективнее трех вышеперечисленных.

Проведены статистическое моделирование сейсмического процесса во времени и пространстве по методу статистических испытаний и сравнение полученных статистических характеристик с оценками математических ожиданий и эмпирическими данными по солнечной активности, взятыми из работы, а также сравнение с данными теоретических расчетов короткопериодных вариаций гравитационного поля в Солнечной системе.

Наш прогноз (в соавторстве с Ю.В. Волковым) был сделан на основе использования методики анализа изменений индексов гравитационного поля Солнечной системы. Коротко о сути используемой методики прогноза. Методами статистического моделирования и графически установлена довольно сильная корреляционная связь между экстремумами индексов вариации гравитационного поля Солнечной системы и максимальными землетрясениями в каждом году на интервале 1904—1997 гг.



Гистограммы распределения землетрясений

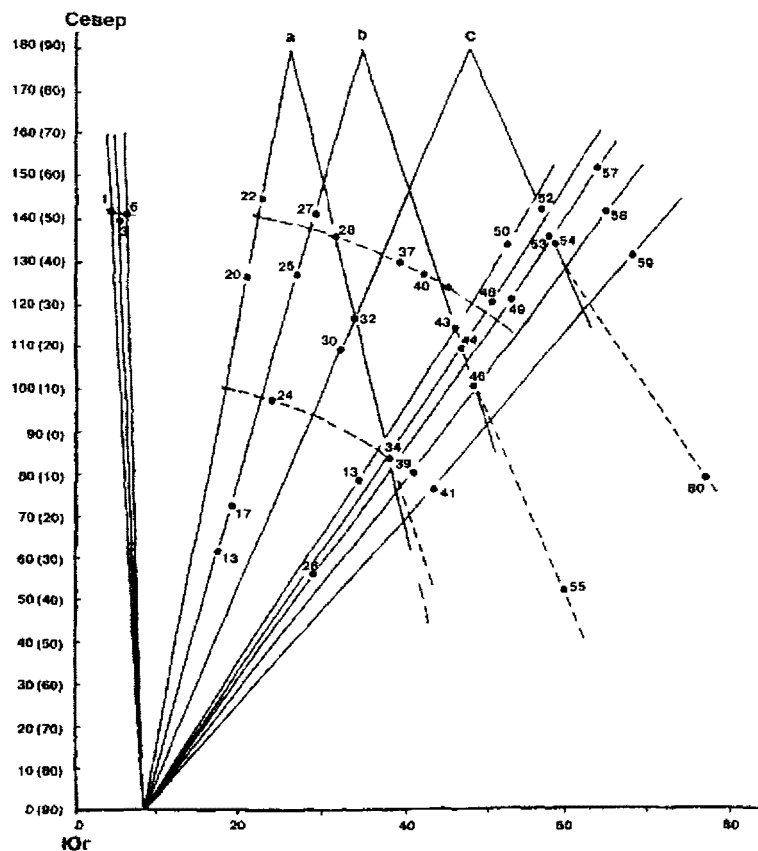
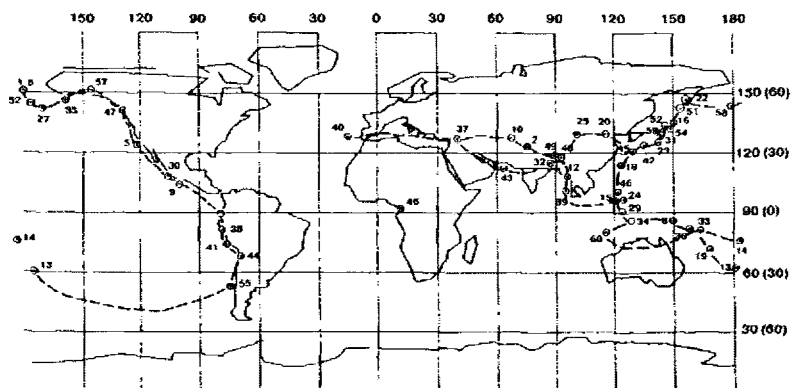


Диаграмма распределения землетрясений (по К. Моги):
 Вверно-лучевое распределение сильных землетрясений (1904—1984 гг.)

Изучение графиков показало, что в изменении их формы из года в год наблюдаются некоторые закономерности: пики одинакового типа появляются через интервалы 3, 6, 11, 22, 77 лет (сдвигаясь несколько внутри годов). В последовательностях прослеживается эволюция пиков, которые могут постепенно изменять форму и величину, например, возрастать до некоторого пика, а затем уменьшаться. Анализируя динамику эволюции пиков до



Распределение сильных землетрясений (за период с 1904-го по 1984 г.) по методике К. Моги

прогнозируемого года, обнаруживаем закономерное изменение параметров землетрясений, приходящихся на определенные места пиков, и, в частности, их географические координаты (см. стрелки на графиках, отмечающие моменты сильных землетрясений). Это позволяет распознавать форшоки землетрясений из каталога за годы, предшествующие прогнозируемому.

При определении координат могут возникнуть трудности из-за неправильно выбранных временных интервалов. Они могут быть обойдены или выбором следующего временного интервала, или использованием их совокупности в комплексе. Результаты математической оценки погрешности прогноза более подробно приводятся в работе.

Главная степень новизны используемой методики заключается в ее необычности. Традиционно считается, что гравитационные влияния триггерного характера (спусковые) возможны только в случае воздействия приливных сил. А нетрадиционное и новое в предложенном подходе состоит в том, что сила сейсмических событий сопоставлена с релятивистскими компонентами

гравитационного поля в первом постньютоновском приближении. Для этого берем разложение ньютоновского потенциала и пользуемся первыми членами разложения. Эффективные возможности такого выбора заключены в необычном характере действия на земные массы этой компоненты. В отличие от ньютоновского приложения действие этой силы длительное время может быть однонаправленным. И в этом главное ее отличие и достоинство, что и подтверждено состоявшимся прогнозом сильной природной катастрофы в начале мая 1997 г.

Состоявшееся сильное землетрясение 10 мая 1997 г. в Иране (максимальный удар пришелся на первую декаду мая) и последовавшее за ним землетрясение в Японии (13 мая 1997 г.) подтвердили правильность нашего подхода к прогнозу землетрясений и повышению его эффективности. После главного толчка в Иране зарегистрировано еще не менее 150 подземных толчков до 5,5 балла по шкале Рихтера. Стихия унесла в северо-восточной провинции Хорасан жизни 2400 (по последним сообщениям — около 4000) человек, число раненых превысило 6 тыс. человек. Особенно пострадали города Казн и Биржанд, где сила подземных ударов достигла 7,1 балла. Разрушено 200 селений, материальный ущерб составил (по оценкам иранского МВД) около 150 млн. долларов. Япония, намеревавшаяся предоставить Ирану помощь на сумму 850 тыс. долларов, через три дня сама оказалась в подобной ситуации. А все сейсмологические службы прогноза — полный молчок: ни одного предупреждения об опасности.

Проанализировав причину сдвига нашего прогноза на 10—15 дней ранее события, мы пришли к выводу, что не до конца использовали возможности используемой методики.

Проведенные исследования и первые полученные реальные результаты прогнозов, подтвержденные событиями в Иране и Японии и слабыми предварительными толчками в третьей декаде апреля, практически никем кроме нас не отмеченные, позволяют использовать предлагаемую методику в комплексе с другими геофизическими и биологическими методами для повышения эф-

фективности как краткосрочных, так и долгосрочных прогнозов землетрясений.

Для повышения эффективности используемых методик предполагается привлечь данные каталога солнечной активности и статистические материалы положения парных конфигураций планет. Объединение этих данных с материалами наших исследований позволит продолжить поиск новых путей решения этой важнейшей и наитруднейшей задачи.

Необходимо сказать несколько слов о системе краткосрочного прогнозирования землетрясений VAN, разработанной греческими и российскими учеными.

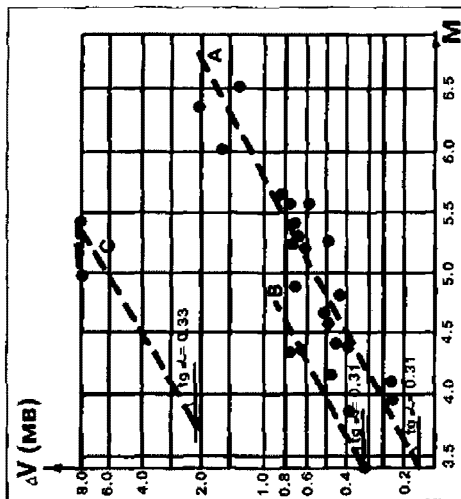
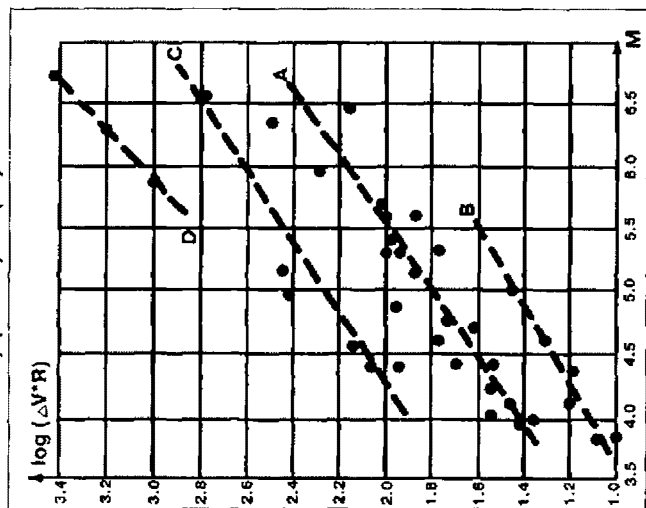
Длительное время предполагалось достичь успехов в прогнозировании, используя различные сейсмогеологические сигналы. В последнее время стратегию выработки краткосрочного прогнозирования некоторые ученые видят в применении весьма широкого спектра самых различных по типу, но не всегда надежных сигналов: сейсмических, геомагнитных, гравиметрических, геомагнитных, электротеллурических, гидрогеохимических, гидрогеодинамических, геотермических, геодезических и наклонно-деформационных, биологических и т.д.

В настоящее время появилась возможность надежного краткосрочного прогнозирования за счет использования прежде всего электротеллурических сигналов, когда накапливается информация об изменении напряженности электрического поля в земной коре перед землетрясениями.

При многократном измерении интенсивности тока (J_{rel}) на нескольких станциях по двум линиям (З-В; С-Ю) показано: напряжение (ΔV) и интенсивность тока (J_{rel}) изменяются по закону обратной пропорциональности от эпицентрального расстояния (r). Выведенная закономерность позволяет в отдельных районах Греции для некоторых станций определять эпицентральные расстояния с погрешностью от нескольких десятков до 100 км.

В Греции проводятся статистические наблюдения за аномальными изменениями параметров электротеллурического поля Земли перед землетрясением.

Эмпирические зависимости зависимости аномальных изменений сигналов от магнитуды (М)

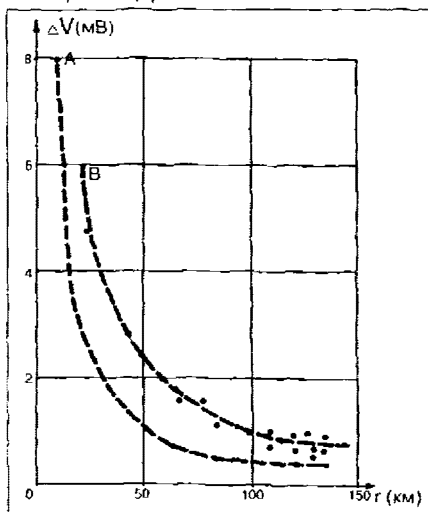
а) $\Delta V = f(M)$ б) $(\Delta V^*R) = f(M)$ 

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

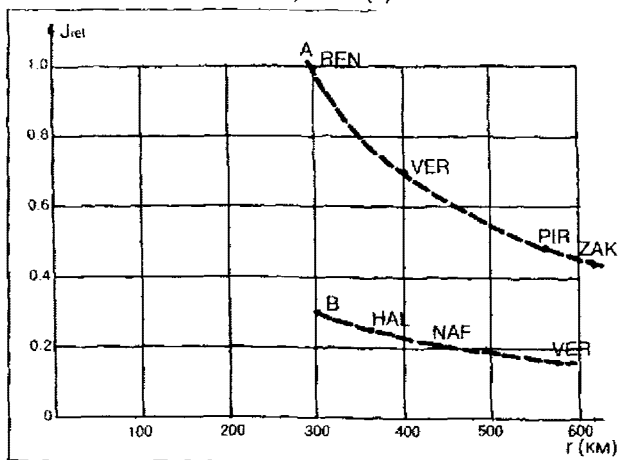
- а) ΔV (мВ)
- А - сигналы от станции PIR
(в 120 км, район Керфалини)
- В - - - - - (в 50-60 км, район
калларита)
- С - - - - - (в 10+/-5 км, район
станции)
- - результаты исследований
- б) (ΔV^*R)
- А - сигналы от станции PIR; L=50 м
- В - - - - - ASS; L=50 м
- С - - - - - VOL; L=400 м
- Д - - - - - GLV; L=50 м
- Д - длина измерительной линии (В-3)

ЭМПИРИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ АНОМАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ОТ ЭПИЦЕНТРАЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ

а) $\Delta V = f(r)$



б) $J_{rel} = f(r)$



а)

A - сигналы при $M = 4 \sim 0,2$

B - сигналы при $M = 4,7 - 5,0$

L - 50 м

● - результаты экспериментов;

REN, ... NAF, ... - измерительные станции

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

б)

A - сигналы при $M = 6,5$ (Дарданелы)

B - сигналы при $M = 4,5$ ($37,8^{\circ}\text{C}$; $27,7^{\circ}\text{B}$)

L - длина измерительной линии (В·З)

Всплески сигналов происходят за 6—115 часов и продолжаются от 1 до 1,5 час.

Установлены функциональные зависимости между напряжением (ΔV), магнитудой (M), расстоянием до эпицентра (r) и интенсивностью тока (J_{rel}). Продолжительность сигналов (τ) с магнитудой не коррелируется.

Выведенные закономерности — не универсальны. Могут служить методическим материалом при использовании системы VAN в других сейсмоактивных районах мира.

Эпицентры прогнозируемых событий определяются графически: строятся апполианские окружности; места их пересечения — предполагаемые эпицентры. Центры окружностей обычно расположены на продолжениях линий, соединяющих пары станций, точность определения эпицентра повышается при фиксировании сигналов от большего числа пар станций ($n/2$), где n — число пар станций.

ПРЕДСКАЗЫВАЮТСЯ: время, эпицентр и магнитуда ожидаемых слабых, средних и катастрофических событий.

Греческие ученые П.Варотсос, К. Алексоноулос, К. Нотикос использовали (1981—1989 гг.) установленную Г.А. Соболевым и другими советскими исследователями (1975 г.) связь аномалий электротеллурического поля с землетрясениями для создания метода краткосрочного прогноза на территории Греции.

БАЗОВАЯ ОСНОВА СИСТЕМЫ — сеть измерительных станций, регистрирующая предшествующие землетрясениям электрические сигналы естественного электротеллурического поля Земли, телеметрическая связь и центр обработки информации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗА В ГРЕЦИИ: определение магнитуды с точностью до десятых долей, эпицентра — до десятков километров, времени — до десятков часов с надежностью 80—100%.

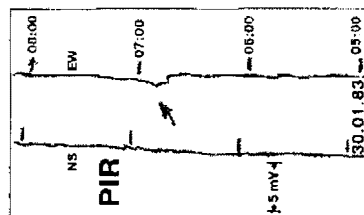
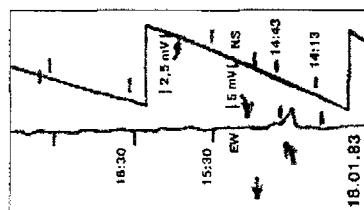
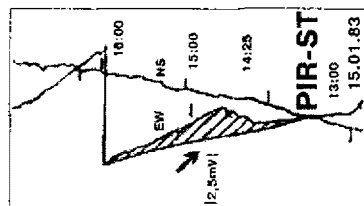
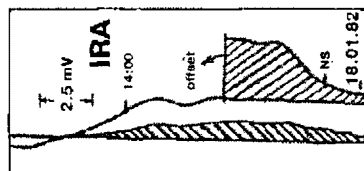
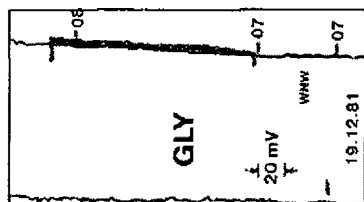
ИСПОЛЬЗУЕТСЯ С 1988 г.: в Японии (С. Уеда) — установлено 20 станций, во Франции (Г.Тазиев) — 5 станций.

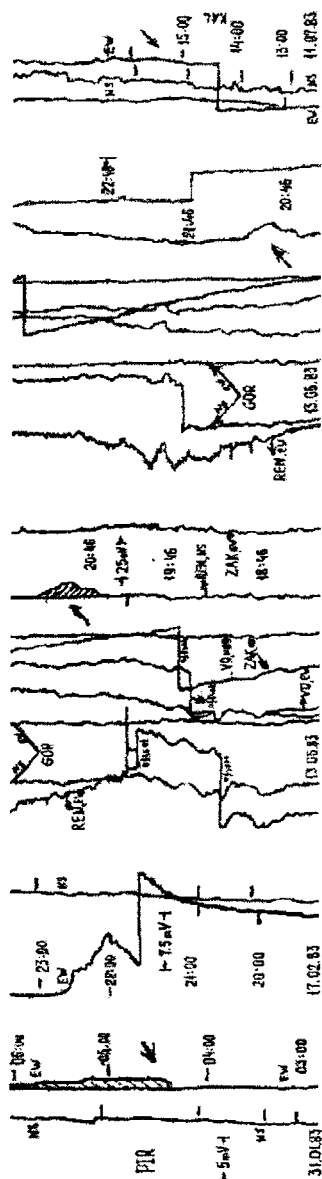
ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СССР: в Южном Казахстане, Киргизии, на Кавказе и других сейсмоактивных районах.

ЗАТРАТЫ НА УСТАНОВКУ: минимальные в пределах 5—10 тыс. рублей на одну станцию.

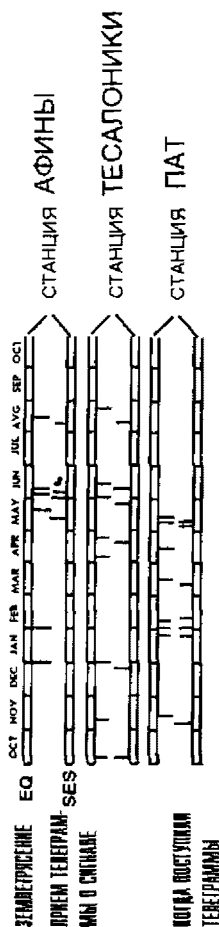
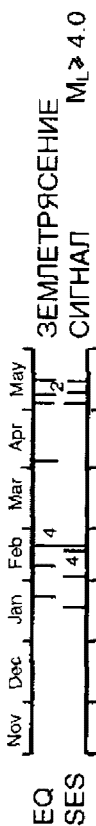
РЕГИСТРАЦИЯ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Автоматически на сейсмологических диаграммах фиксируются непрерывная запись сигналов естественного электрического поля и метки времени. Запись ведется в системе прямоугольных координат: по вертикали — время (часы, мин.), по горизонтали — разность потенциалов между измерительными электродами (мВ). При обработке записей на суточных отрезках диаграмм проставляются: дата (день, месяц, год), горизонтальный масштаб, обозначения измерительных линий (С-Ю, З-В) и станций. Выделяются участки начала и «пиков» аномального изменения разности потенциалов.





На хронограммах фиксируются: верхняя линия — время происхождения землетрясения (событие)
нижняя линия — время приема телеграммы об аномальном изменении сигнала SES



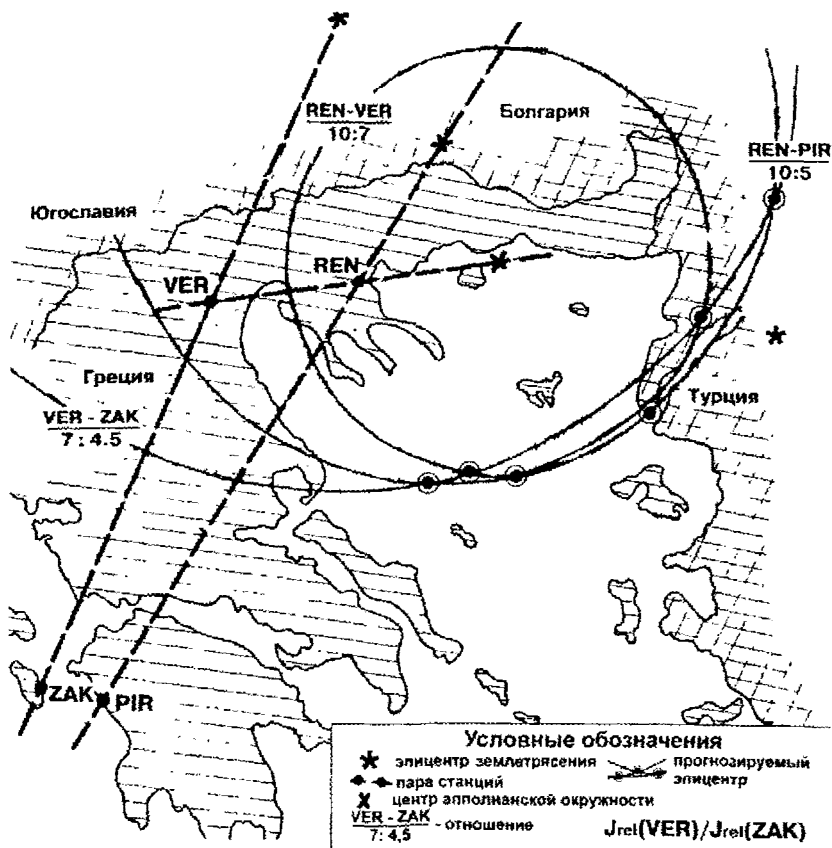
ОБРАБОТКА СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ И СЕРИИ ХРОНОГРАММ

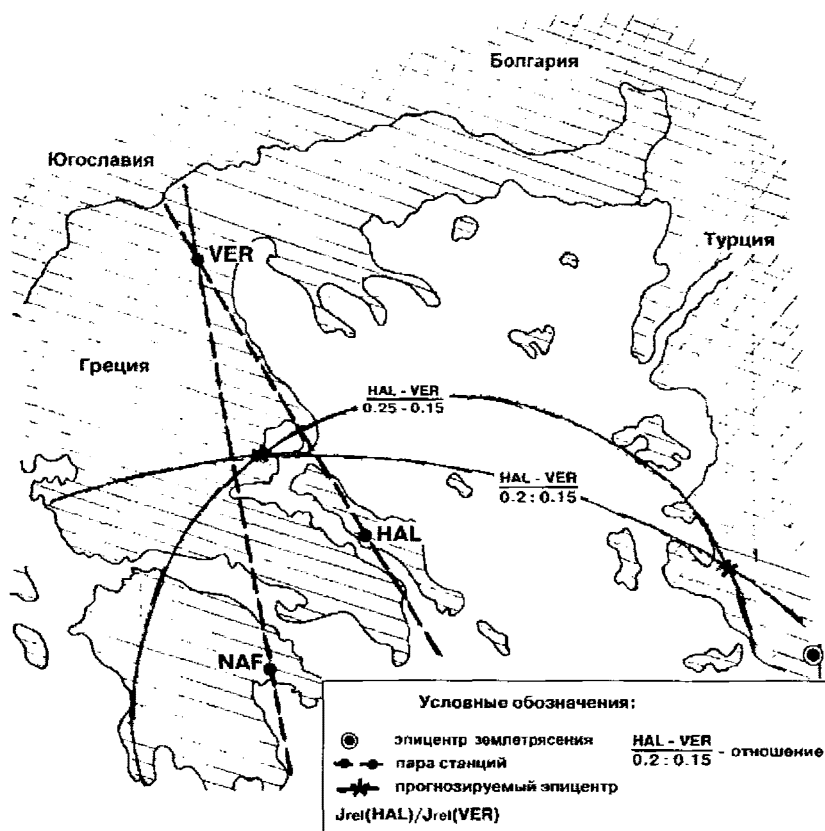
№№ диа- грамм	Индекс стан- ции	Время и дата начала аномального изменения			Время и дата прогнозируемого (последовавшего) землетрясения			Время опере- жения собы- тий	Маг- ни- туда (м)	Рас- сто- яние от эпи- центра до станции (ч)	Линия записи	Бли- жай- шие линии				
		часы	мин.	день	месяц	год	часы						мин.	день	месяц	год
1	GLY	07	48	19	12	1981	14	11	19	01	1981	6,23	6,8	160	3-С-3	20
2	IRA	13	06	18	01	1982	19	27	18	01	1982	6,21	6,8	500	С-Ю	100
3	PIR	14	22	15	01	1983	12	41	17	01	1983	46,19	6,5	120	В-3	50
4	PIR	14	30	18	01	1983	00	02	19	01	1983	10,32	6,0	120	В-3	50
5	PIR	06	45	30	01	1983	17	06	30	01	1983	10,21	4,3	60	В-3	50
6	PIR	04	27	31	01	1983	15	27	31	01	1983	11,00	5,7	120	В-3	50
7	PIR	20	50	17	02	1983	05	45	20	02	1983	56,55	4,8	10±5	В-3	50
8	REN	20	46	13	06	1983	04	40	14	06	1983	7,54	4,3	40	С-Ю	30
9	REN	20	46	13	06	1983	04	40	14	06	1983	7,54	4,3	40	С-Ю	30
10	KAL	15	15	11	07	1983	02	55	14	07	1983	59,40	5,8	150	В-3	200

Анализ диаграмм позволяет определять:

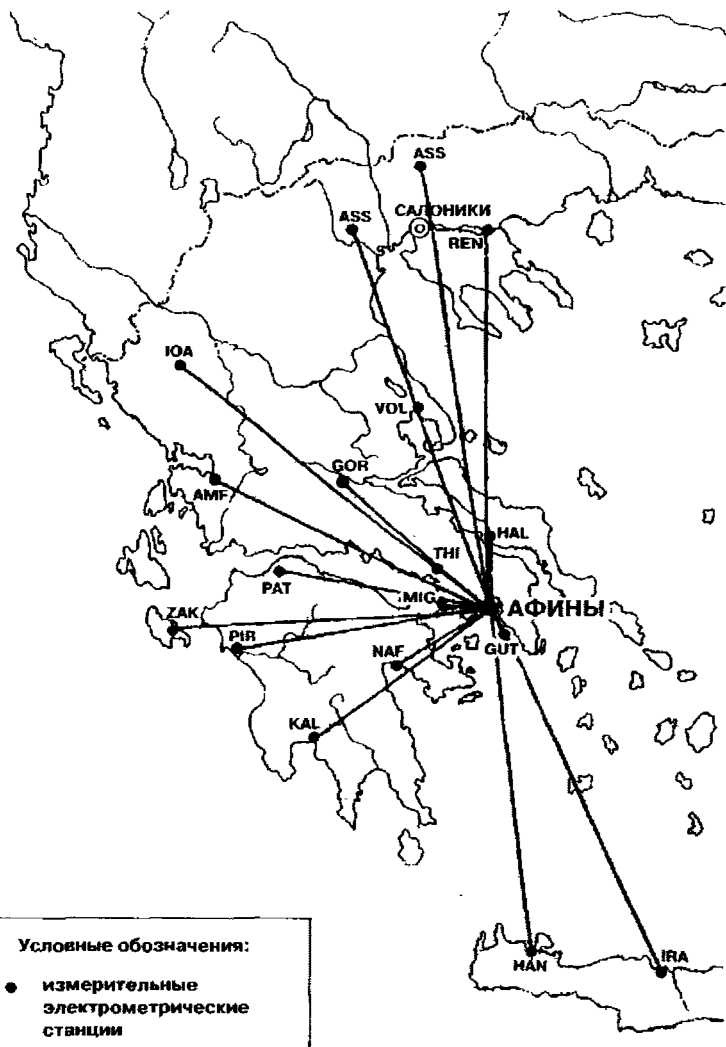
- время опережения события (землетрясения предсказываются за 6–140 час);
- магнитуду предсказанного землетрясения (с точностью до десятых долей);
- эпицентр будущего события (с погрешностью в десятки километров);
- возможные причины аномальных изменений электрического поля

ГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭПИЦЕНТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ





ГЛАВНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР — В АФИНАХ

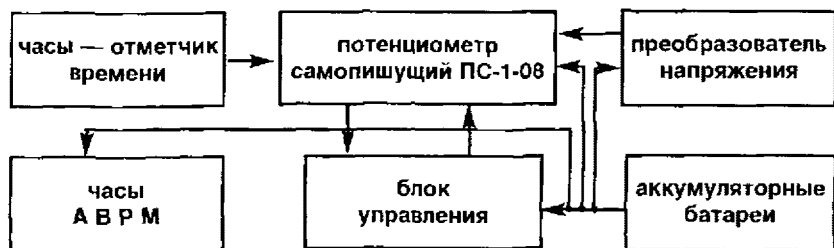


Разработка метода краткосрочного прогнозирования началась в нашей стране в 1975 г. Г.А. Соболев по результатам работ сети станций на Камчатке выявил закономерную связь электротеллурических сигналов с последующими землетрясениями. Дальнейший значительный вклад в разработку этого метода внесли греческие ученые П. Варотсос, К. Алексопулос и К. Номикас, создавшие в 1982 г. на территории своей страны сеть из 18 станций. Они установили эмпирические закономерности зависимости магнитуды и эпицентральных расстояний от аномальных изменений параметров электрического поля Земли, а также возможность определения магнитуды будущих землетрясений с точностью до долей единицы и эпицентра в пределах десятков километров.

Около 60% электротеллурических сигналов говорило о землетрясениях с магнитудой 4—7 М за 6—10 часов, а остальные сигналы предшествовали землетрясениям за 6—140 ч. Надежность предсказания по электротеллурическим сигналам на основании работы станций в 1983—1988 гг. оценивается греческими учеными в 80—100%.

В России создана установка для регистрации естественного электротеллурического поля Земли (УЭТП). Она включает шесть основных узлов: часы — отметчик времени; потенциометр самопишущий ПС-1-ОВ; преобразователь напряжения; блок управления; часы АВРМ; аккумуляторные батареи. Установка служит для автоматической записи 12 независимых параметров медленных суточных вариаций электрического поля и обеспечивает регистрацию аномальных изменений естественного электротеллурического поля. Для измерений используются свинцовые электроды площадью 2500 см². Глубина закладки электродов — 2 м.

**Схема установки для регистрации естественного
электротеллурического поля Земли (УЭТП)
(по Г.А. Соболеву и др., 1976 г.)**



Греческими учеными выведены эмпирические функциональные зависимости аномальных электрических сигналов от магнитуды, эпицентрального расстояния и геологических условий района. Согласно этим зависимостям, напряжение тока изменяется прямо пропорционально магнитуде. Эпицентры землетрясений определяются графически после построения так называемых апполианских окружностей. Следует отметить, что в Греции, где широко и эффективно используется метод краткосрочного прогноза, статистические наблюдения за аномальными изменениями параметров электротеллурического поля Земли перед землетрясениями проводятся регулярно и достаточно продолжительное время.

Всплески сигналов происходят за 6—115 часов и продолжаются от 1 до 1,5 ч. Корреляции между продолжительностью сигналов и магнитудой не обнаружено.

И еще несколько слов об определении проекций эпицентров прогнозируемых событий: построив апполианские окружности, можно выделить места предполагаемых эпицентров. Они обычно располагаются в областях, соответствующих точкам пересечения

нескольких построенных окружностей. Центры окружностей располагаются на линиях (или их продолжениях), соединяющих отдельные пары сейсмических станций. Точность определения эпицентра повышается при фиксировании сигналов от большего числа пар станций ($n - 2$) (n — число пар станций).

Следует отметить, что выведенные греческими учеными закономерности не являются универсальными, поэтому они могут служить лишь методическим материалом при использовании системы VAN в других сейсмоактивных районах мира.

В последние годы наблюдения за электротеплурическими сигналами ведутся в Южном Казахстане на четырех станциях. В декабре 1987 г. за 5 часов до одного из самых значительных в тот период землетрясений была получена запись отчетливой аномалии.

К созданию сети станций по мониторингу электротеплурических предвестников приступили в Японии. К 1988 г. под руководством известного геофизика С. Уеды уже было оборудовано 20 станций. Сеть из пяти станций организована известным вулканологом и сейсмологом Г. Тазиевым в Западных Альпах (Франция) от Женевского озера на юг до Средиземного моря.

Занимаются вопросами исследования и прогнозными оценками сейсмической опасности и в учебно-научном Музее землеведения МГУ, где работают и некоторые из авторов этой книги.

Учебное и научное содержание экспозиций и большое количество коллекционного натурального материала (горные породы, минералы, образцы флоры и фауны нашей планеты в прошлом и настоящем; графика, показывающая внутреннее строение Земли, изученное геофизическими методами, и многое другое) тесно увязаны с учебными программами вузов нашей страны. Большое внимание уделяется в учебно-научной работе музея современным проблемам экологии и эволюции нашей планеты, взаимосвязи процессов, происходящих на Земле и в Космосе, прогнозным оценкам состояния окружающей среды на ближайшие десятилетия.

Осуществление такой обширной учебной программы оказалось возможным благодаря тесным контактам научных работников музея с ведущими специалистами, в том числе и сейсмологами, многих научных и учебных учреждений как в нашей стране, так и за рубежом.

В соответствии с планом развития научных экспозиций музея по сейсмологическим проблемам на базе крупнейших научных разработок сотрудников ОИФЗ им. О.Ю. Шмидта и многих других отечественных и зарубежных ученых мирового уровня уже введены в учебный процесс экспозиции по сейсмичности России, стран СНГ и всей планеты, по классификации, типам и параметрам землетрясений, по проблеме краткосрочного прогноза землетрясений.

Освещение в данном разделе и этого нового метода прогнозирования, опробованного на большом практическом материале с результатами некоторых состоявшихся прогнозов по Кавказу, — еще одно подтверждение высказанного ранее положения.

Ниже в тезисном изложении приводится описание теоретических основ и методики построения карт коэффициентов затухания сейсмической интенсивности (на примере Кавказа), разработанной в 1960—69 гг. в Институте физики Земли (Москва) доктором физико-математических наук, ныне академиком РАН И.В. Ананьиним, и предлагаются возможные пути использования ее в учебном процессе музея.

Научной, теоретической и базовой основой предлагаемой работы послужили результаты проведенных в ИФЗ за последние годы комплексных работ в области использования макросейсмических и инструментальных данных для выяснения закономерностей проявления сильных землетрясений на территории России и сопредельных стран.

Проблема выделения зон «живущих», т.е. тектонически активных в настоящее время разломов, достаточно актуальна, так как ее своевременное решение позволяет выделить сейсмогенные области и использовать их для проведения сейсмического

районирования и других целей. Особенно важным при решении данной задачи представляется выделение сейсмогенных зон, сопровождаемых современными тектоническими движениями, которые фиксируются повторными нивелировками. Эту задачу выполняет карта коэффициентов затухания сейсмической интенсивности, построенная для территории бывшего СССР и сопредельных стран, фрагмент которой представлен на с. 220. При описании карты дается физическое толкование коэффициента затухания сейсмической интенсивности (S) и возможные области практического использования карты, в том числе и в учебном процессе вузовских природоведческих музеев.

Карта коэффициентов затухания S , характеризующих физические свойства земной коры и верхней мантии, позволяет выделять современные сейсмогенные разломы. Она может быть использована: а) при сейсмическом районировании, б) для расчета долгосрочного прогноза сильных землетрясений, в) при построении теоретических изосейст и во многих других случаях.

Методика расчета коэффициента затухания сейсмической интенсивности иллюстрируется серией номограмм и сопровождается пояснительным текстом. Особенность проявления землетрясений на земной поверхности описывается аналитическими формулами, характеризующими макроскопическое поле Земли. При построении номограмм использована удобная и простая для вычисления коэффициента S формула Блейка, связывающая величину S с балльностью j и J_j -й и k -й изосейст, эпицентральной расстоянием до соответствующих изосейст, и глубиной очага. При исключении приочаговой зоны результаты обладают большой достоверностью. В этом случае уменьшается влияние нелинейных процессов в приочаговой зоне на форму изосейст. Величина S определяется многократно в пределах элементарной площадки размером 25×25 км², на которые разбивается вся исследуемая территория. В зависимости от физических свойств земной коры и верхней мантии коэффициент затухания S может принимать значения от 1 до 10. С учетом ошибки определения величины S все значения этой величины разбиваются на 3 интер-

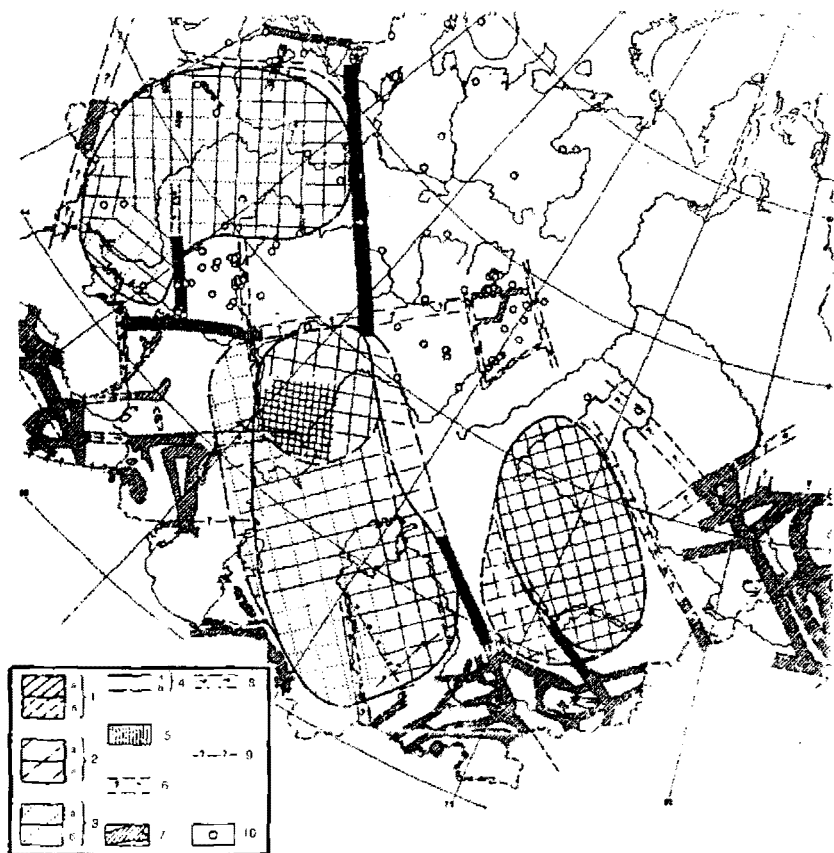


Схема горизонтальных неоднородностей земной коры и верхней мантии. Величина коэффициентов затухания интенсивности для верхней мантии (вдоль линии штриховки): (Ананьин И.В.)

а — надежно;

б — ненадежно: 1 — 6 и более; 2 — 3-5; 3 — 1-2; 4 — границы зон мантийных неоднородностей; 5 — зоны поглощения сейсмической энергии в мантии с $S > 6$, не имеющие четких границ; 6 — предполагаемые зоны с $S > 6$, проведенные по геофизическим данным; 7 — зоны затухания $S > 6$ в земной коре (приведены зоны только с $S > 6$); 8 — зоны с $S > 6$ в земной коре, проведенные по геофизическим данным; 9 — предполагаемые зоны в земной коре с $S > 6$; 10 — эпицентры землетрясений на платформах с $M = 3-5$.

вала: $S = 1-2$; $3-5$; $6-10$, или $S = 1,5 + 0,5$; $4 + 1$; $8 + 2$. Сейсмогенными являются зоны с высоким значением S ($S > 6$), обычно совпадающие с подвижными контактами блоков земной коры. Другими словами, под сейсмогенными или зонами «живущих» разломов понимаются зоны, в которых напряжения деформированных пород приводят к их разрыву, сопровождаемому землетрясением. Из этих данных следует, что первичным исходным материалом для построения карт коэффициентов затухания сейсмической интенсивности и последующего долгосрочного прогноза по ним сильных землетрясений служат экспериментальные изосейсты анализируемых карт.

С помощью исходных карт изосейст можно решить задачу выделения аномальных зон мантии, что иллюстрируется на фрагменте карты с выделенными аномальными зонами верхней мантии на Восточно-Европейской платформе, в Средней Азии и Западной Сибири.

Анализ выделенных на карте «живущих» разломов показывает, что наиболее сейсмически активны верхние части земной коры. При построении карты коэффициентов затухания сейсмической интенсивности необходимо вычислять S от разных очагов землетрясений, находящихся с разных сторон относительно элементарной площадки или небольшого района, т.е. необходимо строить карту по средним значениям коэффициентов S для исследуемых районов. При этом существенно повышается достоверность значений S для выделения активных разломов.

Резюмируя сказанное, можно отметить, что проведенное сравнение выделенных зон затухания, где $S > 6$, с тектонической картой, на которой представлено большое количество глубинных разломов, показывает, что к активным, т.е. сейсмогенным разломам относится небольшая часть — около 20%.

На сводной карте коэффициентов затухания сейсмической интенсивности площади с высоким значением S ($S > 6$) обычно вытянуты в узкие протяженные зоны, которые совпадают по направлениям с главными сейсмоактивными зонами региона и часто совпадают с зонами глубинных разломов, выделяемых по

геолого-геофизическим данным. Большое значение этих карт состоит в том, что выделенные на тектонических картах глубинные разломы со значениями $S > 6$ оконтуривают сейсмоактивные зоны, по которым можно оценить магнитуду (M) и которые, в свою очередь, могут быть предвестниками будущих разрушительных землетрясений. Практическое использование карты коэффициентов затухания сейсмической интенсивности позволяет рассчитывать долгосрочный прогноз, который в некоторых случаях оправдывался.

Иллюстрируют вышеприведенные рассуждения карты изосейст сильных землетрясений, использованные для построения сводной карты изосейст для территории Восточно-Европейской платформы, карты надежности определения коэффициентов затухания (на примере территории Кавказа), а также в работе [5] карта сейсмичности Северного Тянь-Шаня, схема распределения сейсмогенных дислокаций и зон глубинных нарушений Тянь-Шаня новейшего времени. Приведенные примеры иллюстрируют, что выделенные по карте затухания сейсмической интенсивности зоны тектонически активных разломов действительно находят отражение и в современной тектонической структуре, и в очаговой сейсмичности, и в геолого-геофизических полях.

Обычно геологи ограничиваются пока лишь долгосрочными прогнозами, где время будущего события составляет годы или даже десятилетия. А для спасения людей и материальных ценностей от грозных подземных стихий необходимо знать время катастрофы с точностью до дней, часов и даже минут. Результаты тщательного контроля зон возможных землетрясений оставляют людям надежду на выявление тончайших нитей, способных раскрыть перед человечеством тайну точных и надежных долгосрочных, а возможно, и краткосрочных прогнозов.

В качестве примера приведем фрагмент сводки исторических землетрясений по одному из районов сейсмически активной Армении.

Землетрясения в Ленинканском районе в западной части Севанского разлома (по Апродову В.А.)

год	месяц	число	часы	мин	с. ш.	в.д.	М	Н	интенсивность
1046					40.5	43.5	5.5	15	8
1132					40.5	43.5	5.3	15	8
1319					40.4	43.5	5.4	16	9
1888	май	15	03	30	40.3	44.6	3.0	6	5
1914	июнь	14	00	27	40.9	43.8	4.0	8	5
1915	апрель	1	05	42	40.5	44.5	4.8	35	8
1916	ноябрь	14	13	54	40.8	44.4	5.3	28	7
1924	февраль	2	01	57	40.7	43.8	4.2	16	7
1926	февраль	22	16	44	40.7	43.7	5.2	8	8
1926	октябрь	22	19	59	40.7	43.7	5.7	7	9
1926	декабрь	24	06	27	41.5	44.1	4.5	18	6
1926	декабрь	31	10	21	40.8	43.8	2.6	5	6

Сегодня известно свыше 300 сигналов, а достаточно хорошо изучено всего 10—15 из них. Чрезвычайно велико количество публикаций, а положительных прогнозов за историческое время, за исключением отдельных примеров, практически нет. Особенно это касается краткосрочных прогнозов. Именно поэтому в нашей работе особое внимание уделяется тем сигналам, которые либо считаются несущественными, либо игнорируются. К таким сигналам относятся: гелиево-солитоновые выбросы в областях разломов, которые до сих пор не выделены на современных тектонических картах (с ними, предположительно, связана авария на Чернобыльской АЭС); электротеллурические сигналы, на фиксации которых основана методика краткосрочного прогноза, разработанная греческими учеными; биологические предвестники, хотя публикаций по этой теме предостаточно; постоянные наблюдения за подземными звуковыми сигналами для выделения аномальных значений. Прогноз землетрясений возможен на основе

анализа статистических закономерностей взаимосвязи солнечных хромосферных вспышек с некоторыми стихийными событиями на Земле — это выявление статистических закономерностей изменения гравитационного поля Земли в связи с галактическими и ближайшими к Земле космическими процессами.

Высказанные соображения не являются «истиной в последней инстанции», а выносятся авторами — геологами, географами и математиками на страницы печати для возможной дискуссии и обсуждения, для привлечения внимания специалистов к этой наиважнейшей, но пока нерешенной проблеме.



КАК ВЕСТИ СЕБЯ ВО ВРЕМЯ ЗЕМЛЕТРАСЕНИЯ?

Землетрясениям подвержена почти $1/10$ часть площади континентов. Опасность землетрясений грозит половине населения Земли. Почти каждые три дня где-нибудь происходит потенциально разрушительное землетрясение. Гибнут люди, уничтожаются результаты нелегкого труда человека. Проблема снижения сейсмической опасности всегда волновала людей и государства.

Еще раз отметим число жертв во время землетрясений. В 1923 г. в Японии погибло 143 тыс. человек, в 1976 г. в Китае погибло 650 тыс. человек, в 1978 г. в г. Таббасе (Гуана) — 25 тыс., в 1976 г. в Гватемале — 22 тыс., в 1970 г. в Перу — 52 тыс., в 1980 г. в Алжире — 25 тыс. человек. А ведь это далеко не полный список. И каждое землетрясение сопровождается огромным материальным ущербом. Миллионы людей остаются без крова, разрушаются десятки и сотни тысяч предприятий, линий электропередач, транспортные артерии.

Несмотря на достаточно высокий уровень развития, человечество еще не в состоянии предотвратить землетрясения. Еще долгое время землетрясения будут разрушать жилые здания и промышленные предприятия. В областях, подверженных землетрясениям, жилые здания и промышленные предприятия строят по особым проектам, в которых учитывается сейсмическая опасность. Специально предусмотрено укрепление жестких перегородок, перекрытий и несущих колонн.

Но как быть с жизнью людей? Что делать? Неужели бежать «куда глаза глядят»? Что, кстати, и происходит часто во время землетрясений. Ведь большое количество жертв — иногда следствие всеобщей паники. Или положиться на провидение? Или продолжать жить в постоянном страхе? Или же взять и покинуть навсегда сейсмоопасный район? Но последнее почти никогда не происходит. Во-первых, потому, что не так-то просто навсегда покинуть освоенные и обжитые районы, где жили предки. Во-вторых, вряд ли все переселенцы смогут найти жилье и работу в других местах. И в-третьих, сейсмически опасные районы одновременно являются наиболее густо заселенными местами на планете в силу благоприятных природных и климатических условий.

На основе письменных свидетельств, кино- и фотодокументов, рассказов людей, переживших то или иное землетрясение, складывается картина развития как слабых, так и сильных землетрясений. Достаточно подробно эту картину описал в своей популярной книге «Природные катастрофы» чешский ученый Зденек Кукал. Краткую выдержку из этой книги мы предлагаем читателям.

«... 1. Физиологические ощущения. Ощущение неустойчивости, к удивлению, сначала душевной нестабильности, а затем уж телесной. Неустойчивость при ходьбе, а также в стоячем положении, при сильных толчках — падение на землю. Ходьба или бег при сильных толчках невозможны. Чуткие люди просыпаются и при слабых толчках. У больных людей часто наблюдается ощущение сердечной слабости, что может привести к смертельному исходу.

2. На городских улицах при движении слабые землетрясения не ощутимы, сильные, однако, ощущаются отчетливо. Сначала отмечается дребезжание оконных стекол, вывесок, затем падение штукатурки, разрушение неустойчивых дымовых труб и кирпичной кладки, наконец, разрушение мостовых и возникновение трещин в земле. Стоящие автомобили движутся, пружинят на рессорах и могут подсакивать.

3. В квартире, доме, учреждении, т.е. в помещении, сначала наблюдается раскачивание свободно подвешенных предметов, затем их смещение и опрокидывание. Открывание створок буфе-

тов и платяных шкафов, а также дверей комнат. Сильные толчки опрокидывают шкафы, вещи падают с полок, валится мебель. Затем рушится потолок, происходит обрушение лестниц, коробление и разрушение стен и зданий.

4. На открытой местности ощущаются лишь сильные землетрясения. Сначала образуются небольшие трещины в земле, затем крупные трещины, почва растрескивается, словно вспаханная плугом, взмываются гейзеры песка, каменные глыбы сдвигаются и сваливаются с крутых склонов, вода в водохранилищах и реках изливается и фонтанирует. При наиболее сильных землетрясениях наблюдается волнообразное колебание земной поверхности. Это явление было описано, между прочим, при Токійском землетрясении 1923 г., Гималайском 1950 г. и Аляскинском землетрясении 1964 г. Вид волн на земной поверхности может показаться фантастическим, хотя такого рода волнение земной поверхности происходит при каждом землетрясении, однако только при сильнейших землетрясениях оно видно невооруженным глазом.

Последствия событий иногда оказываются тяжелее, нежели сами землетрясения. Разрушаются водо- и газопроводы, оголяются очаги огня, возникают пожары, взрывы газа, в условиях расчлененного рельефа происходят оползни. Перегораживаются водотоки, возникают наводнения. Иногда такого рода вторичный ущерб бывает исключен (например, в Ташкенте и Скопле), однако в других случаях из-за него разрушенной оказывается часть города большая, чем при самом землетрясении (Сан-Франциско)...

Каким образом и почему погибают люди во время землетрясения? Без знания этого нельзя разработать меры поведения людей во время разгула подземной стихии. Надо признать, что достаточно полной статистики о том, каким образом во время землетрясения погибают люди, не имеется. Ведь одни нашли свою смерть под развалинами, другие угодили в сейсмогенные трещины, третьи погибли во время пожаров, четвертые оказались в зоне затопления после разрушения плотин, пятые — в зоне оползней. Но бывают и совершенно случайные жертвы. Так, к примеру, единственной жертвой землетрясения оказался человек, находившийся во время ремонта автомашины под ней. При толчке автомобиль соскочил с домкрата и раздавил водителя.

Многие люди гибнут во время паники. Известны случаи, когда люди попадают под движущийся транспорт или погибают из-за внезапного сердечного приступа.

Тем не менее существующая неполная статистика жертв дает возможность установить самые катастрофические по числу жертв ситуации.

1. Наибольшее число жертв отмечается во время вызванных землетрясениями оползней. В этом случае каменные лавины и грязевые потоки, вызванные сейсмическими толчками, приводили к гибели сотен тысяч людей. Особенно опасны разрушения плотин, когда потоки воды сметают с лица земли поселки, деревни и даже небольшие города. Так, в частности, произошло во время землетрясения в Китае в 1976 г.

2. Второе место по числу жертв занимают цунами. Высокие волны затопляют побережья и разрушают прибрежные города. Так, например, произошло во время Лиссабонского землетрясения 1755 г., когда под волнами пришедшего со стороны Атлантики на побережье цунами погибло свыше 60 тыс. человек. Еще 30 тыс. человек погибло от самого землетрясения.

3. Меньше людей гибнет под развалинами домов, оказывается погребенными под разрушенными стенами зданий или убитыми падающими тяжелыми предметами.

4. Наименьшую по численности составляют жертвы последствий землетрясений — пожаров, взрывов газа, разрывов нефтепроводов, повреждений линий электропередач, транспортных аварий, возникающих эпидемий и голода.

Если обратиться к статистике, скорее всего, далеко не полной за всю историю человечества, жертвами землетрясений стало около 150 млн. человек. Скорее всего, истинное количество жертв значительно превышает приведенную цифру. Только за XX столетие число жертв превысило 1,5 млн. человек.

Чем больше сейсмическая опасность и чем более развита страна в хозяйственном и политическом отношении, тем больше мер она принимает для защиты и спасения своего населения.

В основе определения степени сейсмической опасности лежит совокупная информация о землетрясениях в прошлом, знание геологических особенностей и инженерно-сейсмических условий территории сейсмогенного риска.

Многие страны опубликовали карты сейсмического риска. По ним в соответствии со степенью сейсмической опасности устанавливается сейсмическая устойчивость сооружаемых объектов, планируется строительство промышленных комплексов. По таким картам можно упрощенно оценить сейсмический риск городов и поселков сейсмоопасных зон.

Чешский ученый Зденек Кукал по степени сейсмического риска, которому подвергаются крупные города Европы, разделяет их на пять групп. Мы в его классификацию в качестве дополнительных добавим города Европейской части России и стран Закавказья.

1. *Города, которым угрожают катастрофические землетрясения.* К ним относятся неоднократно разрушавшийся Лиссабон (Португалия), а также Стамбул (Турция), Афины и Салоники (Греция), Неаполь (Италия).

2. *Города, которые могли бы сильно пострадать во время землетрясений.* К ним относятся Бухарест (Румыния), Белград (Югославия), Рим (Италия), Тирана (Албания), средиземноморские города Испании и Франции, города Германии, расположенные в бассейне реки Рейн, города Северного Кавказа, Карпат и Закарпатья, Закавказья, Турции и Ирана.

3. *Велико число городов, которые могут подвергнуться землетрясениям, но без серьезных последствий.* При этом могут быть повреждены отдельные здания. Сюда относятся Вена (Австрия), Будапешт (Венгрия), Братислава (Словакия), Осло (Норвегия), города на юго-западе Германии, Швейцарии, Мадрид (Испания), Брюссель (Бельгия).

4. *Группа городов, до которых могут докатиться сотрясения от достаточно удаленных эпицентров.* К ним относятся Прага (Чехия), Амстердам (Голландия), Париж (Франция), Лондон и некоторые другие города Великобритании.

5. *Остальные города Европы время от времени сотрясаются весьма слабо.* Они располагаются на геологически стабильных щитах и платформах. К таким городам относятся Варшава (Польша), Берлин (Германия), Москва, Санкт-Петербург (Россия), города Скандинавии, Киев (Украина).

Научные данные и многовековой житейский опыт многих поколений однозначно свидетельствуют: **жить можно не только в сейсмически опасных регионах, но и даже в областях эпицентров будущих землетрясений. Жить можно спокойно, если знать и помнить ряд правил.**

1. Сильные землетрясения в 9 баллов и более могут повториться в одном и том же очаге не чаще, чем через 200—500 лет. Следовательно, в одном и том же городе землетрясения такой силы не могут повториться на протяжении жизни двух-трех поколений. Семи- и восьмибалльные землетрясения, к сожалению, случаются значительно чаще.

2. Рассказы о том, что во время сильных землетрясений возникают огромные провалы и трещины, поглощающие города или только отдельные дома, лишены всякого основания. Эти представления пришли к нам из средневековья. В то время широко было распространено мнение, что землетрясения происходят в результате обвала подземных пустот. В действительности такие проседания хотя и бывают, но достаточно редко и случаются в основном на берегах крупных озер и морей. Значительно большую опасность представляют сейсмические обвалы на крутых склонах и большие оползни на сильно насыщенных водой грунтах.

3. Строительство в России, в государствах СНГ и многих зарубежных странах проводится, к сожалению, часто без учета карт сейсмического районирования и без соблюдения антисейсмических требований. Лишь строгое соблюдение антисейсмических требований во время возведения всех жилищных и промышленных объектов может быть залогом будущей безопасности населения сейсмоактивных зон.

4. Большинство сильных землетрясений всегда подготавливаются природой если не годами, то месяцами и происходят в радиусе только десятков километров. Существует множество признаков, о которых мы рассказывали в книге и на основании которых по которым, можно задолго до начала стихийного события подготовиться к предстоящему землетрясению.

5. Во многих странах действуют прогностические полигоны, сотрудники которых проводят регулярные наблюдения за выделенными признаками и сигналами землетрясений. Жителей сейсмоопасных районов заблаговременно предупреждают о наступлении грозных проявлений подземной стихии. Вместе с тем нельзя самоуспокаиваться, всегда следует помнить о возможной опасности и быть начеку. Подобные предупреждения поступают не всегда своевременно и не всегда несут точную информацию. И мы неоднократно отмечали, что известно множество случаев неправильных прогнозов будущих катастрофических событий.

Жителям сейсмоопасных районов нужно всегда быть готовыми к землетрясениям и при этом соблюдать определенные правила поведения. Приведем краткие выдержки из этих правил, изложенных в книге Зденека Кукала:

«...ДО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ каждому необходимо иметь дома исправный транзисторный радиоприемник с запасом батареек, карманный электрический фонарик и аптечку с элементарным набором первых средств оказания медицинской помощи. Уметь оказывать первую помощь. Следует знать расположение основных выключателей электричества и газовых кранов. Не ставить на полки и не держать в шкафах тяжелые предметы. Закрепить у стен тяжелую мебель. Разработать план контактов со всеми членами семьи и родственниками на случай землетрясения. Те же самые мероприятия проводятся на предприятиях, в учреждениях и школах.

ВО ВРЕМЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ сохраняйте спокойствие. Если вы находитесь вне помещения — оставайтесь на улице, находясь внутри здания — оставайтесь там. Больше всего рискуют оказаться ранеными те, кто в панике выбегает из домов или бежит в укрытие. Находясь в помещении, стойте у опорных стен или встаньте в дверном проеме. Если есть время, заберитесь под стол. Если вы на улице, держитесь подальше от электрических проводов, если можете, не задерживайтесь на узких улицах. Если толчки застигнут вас там, бегите к ближайшим воротам, встаньте под их порталом. Не пользуйтесь открытым огнем. Если вы находитесь в автомашине, остановите ее на открытом пространстве,

не выходите из нее. На работе спрячьтесь под стол, на заводе — под ближайший устойчивый предмет. Никогда не входите в лифт и не выбегайте на лестницы.

ПОСЛЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ окажите первую помощь себе и тем, кому она требуется. Проверьте газ, электричество и водопровод. Если имеются повреждения, отключите их. Слушайте радио, однако не занимайте телефон. Не ходите без обуви — вокруг много осколков. Остерегайтесь поврежденных зданий — дымоходы и кирпичная кладка могут обрушиться. Не ходите к морю — может иметь место цунами. Берегитесь афтершоков (последующих ударов), выполняйте положенные инструкции. И главное, во всех случаях сохраняйте спокойствие! Больше всего пострадавших бывает в случае излишней паники...»

В связи с тем что области, подверженные землетрясениям, продолжают расширяться, так как к сейсмически активным районам добавляются районы, подверженные антропогенному воздействию, очень важно знать, как следует себя вести во время землетрясения, какие предпринимать меры для защиты от них и как преодолеть психологический фактор. Ведь психологический синдром боязни землетрясений очень велик и устойчиво сохраняется весьма длительное время. Особенно сильное воздействие на психику людей оказывает тот факт, что землетрясения зарождаются в недрах Земли. Они не видимы и не слышны, но для многих страшна именно внезапность толчка, практически мгновенно достигающего земной поверхности и оставляющего в считанные секунды опустошенные участки земли, разрушенные города и села, десятки и сотни, а порой и тысячи погибших людей.

Если вы психологически готовы заранее к опасности, то быстро найдете правильный выход и спрячетесь в безопасное место. После нескольких секунд тряски начинаются разрушения. Лопаются и вылетают стекла, с полок падают разные предметы, шатаются шкафы, в стенах появляются трещины, шум становится оглушительным. Всего несколько десятков секунд сильных сотрясений — и здание начинает разрушаться. Именно в эти десятки секунд вы должны определиться и вспомнить, как надо вести себя во время землетрясения.

Тот, кто живет в сейсмическом районе, должен свыкнуться с мыслью, что в любой момент может произойти землетрясение. Однако эта мысль не должна вас отвлекать от повседневной деятельности. Свыклись же мы с мыслью о большом риске при движении по магистралям и улицам, при полетах на самолетах, во время пребывания в горах, на восхождениях и т.д. Известно, как существенно уменьшить риск, и нужно заранее готовиться к этому. То же самое надо знать, что и как делать при землетрясениях, чтобы избежать наибольшей опасности.

Для уменьшения риска в сейсмоопасных районах надо проверить конструкцию дома и определить наиболее слабые его места. Особенно большую опасность для людей представляет обрушение и содержимое зданий, например, незакрепленные шкафы, стеллажи, тяжелая стереоаппаратура, кухонные плиты, холодильники, телевизоры.

Люди, живущие или путешествующие по сейсмическим областям, должны быть обучены элементам сейсмической безопасности. При этом они должны знать о происхождении землетрясений, формы их проявления, соблюдать определенные меры поведения. Это дает возможность преодолеть страх перед землетрясением и даже препятствовать появлению психологического шока. Обученные люди значительно спокойнее переносят землетрясение. Это показывает опыт в тех местностях, где наиболее часто они случаются. В частности, в Калифорнии, а также в областях зоны разлома Сан-Андреас, где очень часто происходят землетрясения, а город Сан-Франциско неоднократно подвергался разрушительным землетрясениям, в школах и колледжах детям рассказывают о землетрясениях и даже проводят специальные учебные сейсмические тревоги. Все это вырабатывает у людей автоматизм в поведении во время землетрясения. И это дает свои плоды. Недаром при всей мощи обрушивавшихся на Калифорнию или Японию землетрясений число пострадавших бывает не так уж велико. Но надо знать, что всегда при разрушительных землетрясениях жертвы бывали и будут. Главная задача заключается в том, чтобы уменьшить число жертв и сократить до минимума число пострадавших.

Надо особенно подчеркнуть, что люди могут испытать сильный эмоциональный стресс и совершать бессмысленные поступки, будучи в неведении, как себя вести. Только знания и тренировки способны предотвратить и смягчить трагические последствия.

Итак, что необходимо знать в случае возникновения землетрясения? Наши рекомендации по поведению людей во время катастрофы мы по аналогии с вышеприведенной выдержкой из книги З. Кукала также разделим на три части и в дальнейшем изложении и формулировании правил поведения будем исходить из поговорки: «Повторение — мать учения»:

I. Что делать перед возможным землетрясением?

II. Как вести себя во время землетрясения?

III. Что делать после землетрясения?

I. Что делать перед землетрясением?

1. Всегда иметь запасы воды и пищи на несколько дней, знать походные способы приготовления пищи.

2. Иметь карманный фонарь и свежие батарейки, а также батарейный радиоприемник.

3. Иметь переносной огнетушитель.

4. Надо знать, где и как выключаются в доме газ, электричество, вода.

5. Иметь аптечку первой помощи, достаточный набор лекарств и знать, как ими пользоваться.

6. Прикрепить к стенам книжные шкафы и другие тяжелые предметы.

7. Хранить опасные материалы в местах, где они не могут разлиться, упасть или рассыпаться. Все тяжелые предметы надо переместить с верхних полок на нижние.

8. Убедиться, что ваша кровать не стоит у окна с большим стеклом.

9. Оценить, не находится ли ваш дом под угрозой затопления, так как может разрушиться плотина или дом может оказаться в зоне действия разрушительных цунами.

10. Надо строго следить, чтобы проходы всегда были свободными для эвакуации. Никогда не загромождайте коридоры, выходы или выезды громоздкими предметами.

II. Как вести себя во время землетрясения? Когда произойдет землетрясение, оно будет ощущаться в течение короткого времени. Сотрясения могут настичь вас в любом месте, но всегда надо дожидаться их окончания. Если вы будете действовать продуманно, то увеличите свои шансы уберечься. Кроме того, ваше спокойствие передастся окружающим людям и они воспользуются вашим примером.

Как только почувствуете колебание здания, действуйте незамедлительно, всегда имея в виду, что главная опасность — это падающие обломки и предметы. Как раз тот больше всего страдает, кто долго размышляет, где и как ему спрятаться. Итак:

1. Заставьте себя хранить спокойствие и не делайте ничего, что может дезорганизовать окружающих. Ни в коем случае не кричите и не мечитесь, привлекайте внимание окружающих своим спокойствием.

2. Если вы находитесь в помещении, спрячьтесь под столом, кроватью или встаньте в проеме внутренней двери, в углу комнаты или у опорной колонны. Помните, что это самые безопасные места в вашей комнате. Станьте подальше от окон или тяжелых предметов, которые могут опрокинуться. Остерегайтесь обломков или падающей мебели.

3. **ГЛАВНОЕ ПРАВИЛО ВО ВРЕМЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ:** Оставайтесь там, где вы находитесь. Если вне помещения — оставайтесь на улице, если внутри здания — оставайтесь там. Больше всегда рискуют оказаться ранеными те, кто в панике выбегает из домов или бежит в укрытие.

4. Общее правило — не выбегайте из здания. Падающие рядом со зданием обломки представляют наибольшую опасность. Лучше всего искать спасения там, где вы находитесь, дожидаться окончания землетрясения и затем спокойно покинуть помещение.

5. Если вы находитесь в высоком здании, выше второго этажа, не бросайтесь к лестнице или лифту. Выходы, скорее всего,

будут забиты толпой, лифты большей частью прекратят работу. Но если вы оказались на лестничной площадке, то спокойно спускайтесь по лестнице.

6. Не пугайтесь, если отключится электричество или включатся охранные и противопожарные сигнализации. Будьте готовы услышать звон бьющейся посуды, треск стен, грохот падающих предметов.

7. Если вы находитесь в несейсмостойком одноэтажном или двухэтажном доме, то быстро решайте, где вам лучше оставаться. Если решите выбегать, то делайте это быстро, но осторожно, оберегаясь падающих обломков и оборвавшихся проводов.

8. Если вы проходите рядом с высоким зданием, то станьте в дверной проем, чтобы уберечься от падающих обломков.

9. Если вы находитесь вне помещения, постарайтесь выйти на открытое пространство, удаленное от зданий и линий электропередач.

10. Если вы едете в автомашине, спокойно остановитесь, по возможности вдали от высоких зданий, путепроводов и линий электропередач. Оставайтесь в автомашине до прекращения колебаний.

11. Не удивляйтесь появлению новых толчков. Они часто завершают землетрясение и могут происходить в течение последующих нескольких минут, часов и даже дней. Это так называемые афтершоки. Они могут вызвать обрушение зданий, уже сильно поврежденных во время главного толчка.

III. Как действовать после землетрясения? По окончании землетрясения может оказаться, что возникли сильные повреждения зданий, которые в любой момент могут обрушиться. Могут быть пострадавшие, которым требуется оказать первую помощь. Необходимо предотвратить возникновение возможных пожаров. Итак:

1. Надо сохранять спокойствие. Не спешите с осмотром города. Не посещайте зону разрушений, избегайте побережий, где вас может настичь морская сейсмическая волна — цунами.

2. Окажите помощь пострадавшим.

3. Проверьте, нет ли угрозы возникновения пожара. Если возник пожар, приступайте к его ликвидации, не дожидаясь пожарных.

4. Проверьте, нет ли повреждений в газо- и водоснабжении. При наличии утечек постарайтесь их ликвидировать, перекрыв краны.

5. Не зажигайте спичек, не используйте открытый огонь, выключите освещение, все нагревательные приборы и газовые плиты. Не включайте их до тех пор, пока не убедитесь в отсутствии утечек. Места возможных утечек газа можно проверить мылом: в случае утечки мыльная пена начнет пузыриться.

6. Не пользуйтесь туалетом, пока не убедитесь в исправности канализации.

7. Носите крепкую обувь, ведь можно поранить ноги об осколки стекла и острые предметы.

8. Не касайтесь линий электропередач и проводов, особенно тех, которые висят или лежат на земле.

9. Будьте готовы испытать афтершоки, которые приведут к дополнительным разрушениям.

10. Слушайте информацию по радио.

11. При необходимости войти в поврежденное здание будьте предельно внимательны.

12. Помогите успокоить детей и людей, испытавших психологические травмы.

13. Помогайте спасателям.

Надо знать, что землетрясения будут сопровождаться жертвами, повреждениями и разрушениями. Пока не существует правил, позволяющих полностью обеспечить вашу безопасность. Но если соблюдать перечисленные правила, то шанс выжить и тем более не получить психологическую травму весьма велик.

Вероятность испытать на себе землетрясение довольно велика. С большинством людей это случается несколько раз в жиз-

ни. К тому же для многих встреча с землетрясением бывает достаточно серьезной и может оказаться трагичной. В среднем на Земле один человек из каждых 8000, попавших в зону разрушительного землетрясения, погибает.

Пока вам не пришлось самому испытать сотрясение Земли, попытайтесь это вообразить. Представьте, что в момент землетрясения вы сидите за столом. Землетрясение всегда возникает неожиданно. Первый толчок заставит вас встрепенуться, и вы спросите: «Что это?» Пока вы пытаетесь осознать происходящее, в голове проносятся разные мысли: «Грузовик прошел? Или упало что-то тяжелое?» Но если толчки продолжаются, то до вас доходит, что это не просто какое-то случайное сотрясение, а настоящее землетрясение. Возникают пугающие мысли: «Долго ли оно будет продолжаться? Почему не перестает? Не развалится ли дом? Что мне делать?»

Такие мысли в сознании проносятся в считанные секунды. Если сотрясение вскоре прекратится, то вы почувствуете огромное облегчение. Но если оно будет продолжаться, вы начнете что-нибудь делать просто инстинктивно, причем в значительной мере во вред себе. Кто-то неистово кричит, кто-то сломя голову бежит к выходу, кто-то в ужасе бросается к окну и даже выпрыгивает, не думая о том, на каком этаже он находится. Кто-то замирает в ужасе. Наступает психологический стресс. И все это из-за того, что мы просто привыкли ощущать твердый пол под ногами, неподвижные стены и просто непоколебимую земную твердь. Мы знаем, что почва под ногами должна быть твердой, что стены зданий непоколебимы, что «камень на голову просто так не свалится».

Поделившись «секретами» поведения человека при встрече с землетрясением, мы надеемся, что некоторым неискушенным читателям, волею судеб заброшенных в сейсмоопасные зоны, они помогут выжить в критической ситуации разгула подземной стихии.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В свое время Иоганн Вольфганг Гете написал: «С землетрясением нельзя спорить». И он был прав. Спорить с проявлениями земной стихии человечество пока не в силах. Мы не способны предотвратить землетрясение. Но мы стараемся познать его суть, причины возникновения и на основе полученных знаний пытаемся предсказать возникновение подземной стихии. Не всегда это удается. Но материалы накапливаются, анализируются, обрабатываются с помощью сложнейших компьютерных программ. Недалеко то время, когда человечество сможет предсказывать землетрясение. Население сейсмоопасных районов, подготовленное и наделенное знаниями о причинах землетрясений и правилах поведения до, во время и после землетрясения, сможет спокойно жить, не опасаясь за свою жизнь, за жизнь своих близких и родных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Витинский Ю.И. Цикличность и прогнозы солнечной активности. М., Наука, 1973.
2. Sobolev G.A. Application of electric method to the tentative horten forecast of Kamchatka earthquakes // Pure. Appl.Geophys. 1975. Vol.113. P.229—235.
3. Литинецкий И.Б. Беседы о бионике. М., 1976.
4. Брюс Б. Землетрясения. М., 1981.
5. Никонов А.А. Землетрясения. М., 1984.
6. Varotsosp P., Alexopoulos K. Physical properties of the Variations of the Electric Field of the Earth preceding Earthquakes, I, II // Tectonophysics, 1984. Vol.110. P. 73—98; 99—124.
7. Кукал З. Природные катастрофы. М., 1985.
8. Ясаманов Н.А. Современная геология. М.: Недра, 1987.
9. Литинецкий И.Б. Предвестники подземных бурь. М., 1988.
10. Сытинский А.Д. О связи землетрясений с солнечной активностью // Изв. АН СССР. Физика Земли. № 2. М., 1989.
11. Волков Ю.В. Исследование статистических свойств временно-го ряда сильных землетрясений // Известия АН СССР. Физика Земли. № 3. М., 1991.
12. Мариковский П.И. Животные предсказывают землетрясение. Алма-Ата, 1992.

13. Ковалев А.А., Рукин М.Д. Система VAN — краткосрочный прогноз землетрясений // Жизнь Земли. Геодинамика и экология. М., 1992.
14. Рукин М.Д. Сейсмичность литосферных плит // Жизнь Земли. Геодинамика и экология. М., 1992.
15. Рукин М.Д. Типы и параметры землетрясений // Жизнь Земли. Геодинамика и экология. М., 1992.
16. Черняев А.Ф. Камни падают в небо. Международная Академия Информатизации. М., 1995.
17. Ясаманов Н.А., Рукин М.Д., Волков Ю.В. Землетрясения. Особенности размещения и проблемы прогноза // Геоинформатика. 1996. № 6.
18. Ананьин И.В., Рукин М.Д. Сейсмологические проблемы геологии и геофизики как основа для создания учебной экспозиции в природоведческих музеях. М., 1997. № 1.
19. Ясаманов Н.А., Рукин М.Д., Волков Ю.В. Галактическая цикличность землетрясений в истории Земли. М., 1997. Препринт № 10 РАН.
20. Ясаманов Н.А., Рукин М.Д., Волков Ю.В. Взаимосвязь галактических событий и цикличности землетрясений в истории Земли // Кондратьевские чтения. М., 1997.
21. Рукин М.Д., Ясаманов Н.А., Агеева С.Ф. Целебные свойства камней и металлов. М., 1999.

СОДЕРЖАНИЕ

ДЛЯ ЧЕГО ЭТА КНИГА НУЖНА КАЖОМУ?	3
ЛЕГЕНДЫ, МИФЫ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТЬ О КРУПНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ.	11
Легенды и мифы о древних землетрясениях	11
Хронология катастрофических землетрясений.	21
География землетрясений	45
ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ	49
Запись землетрясения	51
Величина землетрясения	53
Энергия и ускорение	61
ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ	63
Внутреннее строение Земли	64
Строение земной коры и состав мантии и ядра	70
Рождение планеты	74
История атмосферы и гидросферы	77
Дрейф материков	100
Новая глобальная тектоника.	106
СЕЙСМИЧЕСКИЕ ПОЯСА ЗЕМЛИ	111
Как происходят землетрясения?	111
Где происходят землетрясения?	118

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ, ОКЕАНЫ, ВУЛКАНЫ	126
Интенсивность цунами. Прогноз и предупреждение	131
Вулканы и землетрясения	138
ОРАКУЛЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ	143
Живые предсказатели землетрясений	144
Поведение диких животных	155
Тайны бионики	161
И оракулы могут ошибаться	166
ЧЕЛОВЕК ВОЗБУЖДАЕТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ	169
Рукотворные моря и землетрясения	169
Спровоцированные землетрясения	177
ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: МИФЫ, ЛЕГЕНДЫ, ГИПОТЕЗЫ, РЕАЛЬНОСТЬ	181
КАК ВЕСТИ СЕБЯ ВО ВРЕМЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ?	225
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	239
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	240

Научно-популярное издание
Михаил Дмитриевич Рукин
Александр Зиновьевич Славинский
Николай Александрович Ясаманов

Под редакцией И.И. Мазура
Художественный редактор Г.М. Федотовская
Оформление художника Б.А. Алексеева
Редактор Л.А. Овсюкова
Корректор Л. Спирина

Сдано в набор 12.05.2002 г. Подписано в печать 13.07.2002 г. Формат 60 × 90. Усл. п/л 15.5. Тираж 3000. Заказ №540.
Издательство ООО «Хлебоплодинформ». Лицензия Министерства печати
№ 071 688 от 18 июня 1998 г.

ЗАО « Астра семь »
119019, Москва, Филипповский пер., 13.

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «БЕЛЫЙ ГОРОД» ГОТОВИТСЯ К ИЗДАНИЮ:

Пилотный проект «ВЕТХИЙ АРХИВ»

Авторы идеи: **Рукин М.Д.** – академик, профессор, доктор технических наук, **Воронова А.А.** – кандидат философских наук.

«Ветхий архив» задуман как долг памяти тем, кто прожил жизнь безвестно и не знал, что стоит на пути открытий, к признанию которых официальная наука подошла много лет спустя, а то и не подошла вовсе. Здесь имена и записки только некоторых из них, но авторы отдают также долг памяти и тем, чей опыт и мысли так и остались невостребованными.

Рукин М.Д. ЗАПИСКИ УЕЗДНОГО ФЕЛЬДШЕРА

В 3-х книгах.

Книга 1. Старинные народные средства от курения и пьянства. Средства от болезней почек и печени. Средства лечения сердечно-сосудистой системы. 55 рецептов народной медицины.

Книга 2. Целебные общеукрепляющие сборы. Средства от гинекологических и желудочно-кишечных болезней. Средства для борьбы с простудой. Средства для лечения детей. Каталог лекарственных растений. 65 рецептов народной медицины.

Книга 3. Священные камни и металлы. Старинные рецепты использования камней, металлов и сплавов. Лечение молитвами и заговорами помощью камней и металлов. Как найти свой металл и камень? Амулеты, талисманы и магические камни.

Эти три книги посвящены памяти двух замечательных людей, фельдшер **Святошников Иван Михайлович**, проживавшего в поселке Хлюпен Зубцовского уезда Гатчинской губернии в 1898 году, и травознаю **Владимиру Ильичу Благому**, ныне покойному.

Рецепты из архива **Святошников Иван Михайлович** и **Благому Владимиру Ильичу** легли в основу этих книг, травников и лечебника металлами и камнями, изданных еще в 1999 году 30-ти тысячным тиражом.

«Записки» содержат простые и точные рекомендации. Все предлагаемые рецепты, советы и пожелания, сопутствующие и приличествующие молитвы и заговоры проверены автором на собственном опыте, на опыте лечения родных близких или приведены из тщательно проверенных источников.

Москва: тел. (095) 304-4338, 176-9104, 176-9109, 176-9463, 288-7536

Факс: (095) 176-6809, 304-5683

E-mail: belygorod@mail.ru, palamed@aha.ru

111399, Москва, а/я 4

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «БЕЛЫЙ ГОРОД» ГОТОВИТСЯ К ИЗДАНИЮ:

Пилотный проект «ВЕТХИЙ АРХИВ»

Авторы идеи: **Рукин М.Д.** – академик, профессор, доктор технических наук,
Воронова А.А. – кандидат философских наук.

«Ветхий архив» задуман как долг памяти тем, кто прожил жизнь безвестно и не знал, что стоит на пути открытий, к признанию которых официальная наука подошла много лет спустя, а то и не подошла вовсе. Здесь имена и записки только некоторых из них, но авторы отдают также долг памяти и тем, чей опыт и мысли так и остались невостребованными.

Воронова А.А. ПУТИ ЗЕМНЫЕ, ПУТИ НЕБЕСНЫЕ. Средневековые паломничества к Святой Земле в записках пилигримов

Книга посвящена памяти выдающегося литургиста начала прошлого века А.А. Дмитриевского. Благодаря его изданию и комментариям к греческому уставу по которому прослеживаются богослужения в Иерусалиме на страстную и пасхальную седмицы IX – X вв., мы имеем возможность указать на истинную природу средневековых дорожников или путников пилигримов к Святой земле, о которой до сих пор нельзя был сказать с определенностью.

Автор позволил себе соотнести путевые записки пилигримов с философскими произведениями одноименного жанра, с сочинениями Бонаветуры Маймонида, Газали и других. И, представляется, что нарождающаяся философская система позаимствовала свои принципы из опыта паломничества. При всей высоте философской отвлеченной мысли, в них та же дорога, те же «станции», только здесь она пролегает по жизненному пути автора, по причудливым ландшафтам занебесных мест и ведет в запечатленный сад премудрости, пересекая мысленные пространства и препятствия, где мысль преодолевает мысль. Философские произведения в жанре итинерария появляются к закату паломничеств, но этот факт означает только то, что средневековый человек уже в полной мере осознает себя паломником, странником на этой земле, совершающим свое паломничество не телесно, а духовно к горным высам блаженного бытия.

Москва: тел. (095) 304-4338, 176-9104, 176-9109, 176-9463, 288-7536

Факс: (095) 176-6809, 304-5683

E-mail: belygorod@mail.ru, palamed@aha.ru

111399, Москва, а/я 4

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «БЕЛЫЙ ГОРОД» ГОТОВИТСЯ К ИЗДАНИЮ:

Пилотный проект «ВЕТХИЙ АРХИВ»

Авторы идеи: **Рукин М.Д.** – академик, профессор, доктор технических наук, **Воронова А.А.** – кандидат философских наук.

«Ветхий архив» задуман как долг памяти тем, кто прожил жизнь безвестно и не знал, что стоит на пути открытий, к признанию которых официальная наука подошла много лет спустя, а то и не подошла вовсе. Здесь имена и записки только некоторых из них, но авторы отдают также долг памяти и тем, чей опыт и мысли так и остались невостребованными.

Рукин М.Д. СВЯТАЯ ВОДА. Записки сестры милосердия Покровской общины Илии Игнатьевны Дорогомиловой (1880-1915). Народные старинные рецепты лечения водой. Лечебные свойства вод, встречающихся в природе, мало кому известные. Невидимые подземные реки и целебные озера. Гидротермальные «плекари».

Илия Игнатьевна прошла русско-японскую войну, куда отправилась с Покровской общиной милосердных сестер, а позже работала в военных и тюремных госпиталях. а еще позже – на фронтах Первой мировой войны, где и погибла в 1915 году. Ее опыт, и поразительные случаи излечения «святой водой» оказался поразительным образом сходным научными изысканиями автора. Дневниковые записи и письма Илии Игнатьевны Дорогомиловой, которые до сих пор бережно хранятся в семейном архиве ее родственников, в семье которых автор проживал неоднократно подо Ржевом, легли в основу этого издания.

Эта книга записок, светлой памяти сестры милосердия Покровской общины Илии Игнатьевны Дорогомиловой, справочное пособие, основанное на использовании при лечении заговоров и молитв, святой воды и других природных сил, не всегда открытых для общего восприятия.

В книге приводится описание нескольких десятков видов вод, встречающихся в природе, обладающих удивительными лечебными свойствами, практически никому до сих пор неизвестными. Рассказывается о незримых подземных реках и целебных озерах, о гидротермальных лечебных источниках, снимающих многие заболевания. Приведены и многочисленные народные и старинные рецепты, обнаруженные в записках Илии Игнатьевны.

Москва: тел. (095) 304-4338, 176-9104, 176-9109, 176-9463, 288-7536

Факс: (095) 176-6809, 304-5683

E-mail: belygorod@mail.ru, palamed@aha.ru

111399, Москва, а/я 4

Воронова А.А., к.ф.н., т/ф.: 394-99-41

Бизнес-триллер

Книга 1. План Маршалла (10 а.л.)

Книга 2. Пентагон (10 а.л.)

Книга 3. Фантом (в работе)

Книга 4. Стервятники (в работе)

В основу бизнес-триллера положены финансовые аферы, финансовые политические технологии.

Об авторе

Эти книги посвящены памяти генерал-лейтенанта Службы внешней разведки. С умер полгода назад.

Он был тяжелый человек, мало кто мог с ним работать. Он был один. Совершенно случайно мне удалось участвовать с ним в разработке крупных финансовых операций, где был задействован западный капитал. После его смерти мне остались с западная компания с биржевым обслуживанием в Меррил Линч, оффшорная фирма, счета на западе, которые, правда, сейчас заблокированы, контракт с программ-менеджером. То, что можно было бы назвать его личным финансовым архивом – контракты, переписки, документы и прочее.

Моя научная карьера после защиты кандидатской по философии закончилась, и не начавшись. Я решила попробовать заработать. Это были купля-продажа корпоративных и банковских векселей и ж/д тарифов, бартерные расчеты, скупка долгов предприятий, возврат НДС, льготное погашение налогов в Федеральный бюджет, Пенсионный фонд, в Московский и областной бюджет и т.п. – обычные операции для брокера на фондовом рынке. После кризиса 98 года шли операции по вытаскиванию зависших средств на счетах «лежачих» банков, погашение долгов через проблемные банки, погашение долгов в Федеральный бюджет через статью «для нищих». Больше интересными были первичная выписка векселей Лукойла и Газпрома, списание долгов Газпрома перед кредиторами, проведение расчетов по целевому погашению задолженности Минобороны по оплате поставленной ему продукции государственному оборонному заказу в 97-98гг. Эти операции мне не принесли ничего кроме знакомства с генерал-лейтенантом СВР. Это был 2000 год.

Я тяжело переживала эту утрату. Вначале мне казалось, что если я буду работать по оставшимся «горячим завязкам», то это поможет мне и забыться, и сделать то, что хотел бы завершить, и в какой-то мере оправдать затраченные на меня усилия. Переоценила свои возможности и недоценила масштабы операций Генерала. Ничего не вышло. Казалось бы, все очень реально. Но, от двух заключенных контрактов западные компании отказались сразу, остальные сделки свернулись сами собой.

Конечно, какие-то дела сейчас идут. Это хорошо отлаженный финансовый механизм. Как швейцарские часы. Хотя, в моих руках большей частью все рассыпается. Что-то идет автоматически, само по себе, потому что так было заведено им при жизни. В ожидании снятия санкций, идут переговоры по продаже Ливийской нефти, идут переговоры по продаже военной техники для Ирана через «бабку», операции по кредитованию некоторых залогов и превращению их в западный финансовый инструмент, создание института под президентскую программу.

Вначале я ничего не понимала. У меня в руках были хороший западный финансовый инструмент и живые деньги, нужно было только их взять. Но, потом поняла, что все было замкнуто на личности Генерала, все дела сдвигались только благодаря тому, что именно он их вел, а не из-за того, что они сами по себе были реальны, или кому-то интересны. И это отличало его от моих многочисленных знакомых.

некогда элиты общества, некогда влиятельных людей, политиков, генералитет бизнесменов, которые, утратив прежние возможности, стали просто «бывшими».

Судя по оставшимся документам, в некоторых операциях, которые планировалось осуществить в России, весьма сомнительного свойства, были замешаны известные западные финансисты, репутация которых стоит дорого. В том, что Генерал прикрывал бы их здесь, сомнений не было. Большей частью это были дружеские отношения. раньше Генерал был ключевой, но теневой фигурой. Он участвовал в операции ЦБ Финако, при его посредстве происходил выкуп Российских долгов и расчеты со странами третьего мира, преимущественно африканскими, он участвовал в разделе алмазного рынка России.

И за ним стояла им же созданная финансовая система, построенная на реальных связях с западными финансистами. И их финансовая история многих из них создавала еще в пору могущества Союза и щедрой финансовой подпитки дружественных режимов. А за мной – ничего. Пересматривая его архив, я ясно видела, как у него было просчитано создание транснациональной корпорации. И, если бы это было осуществлено, думаю, Россия могла бы отыграть свои прежние позиции на мировом рынке. А он мог бы выйти на верхушку финансового мира. Он, но не я.

Почему он оставил все это мне? Я не раз задавала себе этот вопрос. Разумеется, он знал, что я не смогу сработать по его завязкам. Что-то подсказывало мне, что я бы нужна ему для какой-то определенной финансовой операции, или для одного хода в шахматы. Часто так бывает, что человека используют на один ход и выбрасывают. Остальное просто не соответствует ни моему уровню, ни положению. Он был игрок и любил играть. Он знал, что я также игрок и обязательно сыграю в его игру, даже, если это будет стоить мне жизни.

Разумеется, владеть этим архивом было просто опасно. Я заключила договор швейцарской юридической компанией о том, что при попытке давления на меня со стороны финансовой разведки или наших спецслужб, архив немедленно становится достоянием прессы. А получить некоторые из документов, думаю, хотели бы многие, тем более, что часть информации каким-то образом просочилась в прессу.

У меня была мысль все бросить, дожидаться, когда закончится арбитраж и аудиторы по некоторым его делам, и будут разблокированы счета. Я часто представляла себе свой дом, который могла бы купить в Америке. В викторианском стиле. Обветренный коричневый камень и ослепительно белые профилированные откосы окон. Добротная старинная мебель и множество колониальных безделушек. Английский газон, штамбовые розы у калитки. Однажды мне приснился этот дом. И во сне я услышала телефонный звонок, – Госпожа Воронова? Необходимо ваше присутствие и подписать договор пролонгации контракта, заключенного генерал-лейтенантом... Я в страхе проснулась, что-то перевернулось во мне. Я поняла, что живу в ожидании подобного звонка. Как разница, где он меня найдет? Полечу я на самолете или подъеду на машине? Я все равно не смогу отказаться сыграть в его игру. Финансовые операции, особенно крупные, как наркотик. Я знаю многих людей, которые ничего не могут заработать годами, но ничто может их заставить перейти на менее крупные и более реальные сделки. Они похожи на зомби.

Что это за сделка? Возможно, с каждой минутой она приближается независимо от моего желания. Возможно, я сыграю свою роль, так и не отдав себе в этом отчета. Иногда я думаю, что для меня есть несколько ходов, как в шахматах, где я могу сыграть и пешку, или королеву. Оставил ли он для меня ход наверх?

Сейчас я пересматриваю архив, вспоминаю прошедшие годы, сделки, которые мы пытались тянуть вместе, людей, разговоры, все от первой встречи до последней минут

Он знал, что умирает, и потому успел передать мне дела. Я вспоминаю все, что могло меня вывести на то, что для меня предназначено. Я мысленно разговариваю с ним. Порой мне кажется, что в этом есть какая-то скрытая логика, а порою мне все представляется полным абсурдом, бредом больного воображения.

Ждать своего часа, сложа руки невозможно. Мне нужно спешить, чтобы обогнать свое время, несмотря на неудачи. Один из наших разговоров я запомнила особенно хорошо. Он говорил, что смысл того, что ты делаешь и зачем живешь, появляется по мере того, как ты делаешь что-то, а не вначале.

У меня на столе в офисе стоит его фотография. Последний месяц, когда ее положили в госпиталь в Архангельском. Лето. Мы сидим на пересохшем фонтане. Он обнимает меня одной рукой, и я теряюсь рядом с ним. Он седой и грузный. У него все еще насмешливый взгляд. А позади громоздятся друг на друга белые ангелы.

Эти книги – воспоминания, записанные в более или менее хронологическом порядке, основанные на реальных событиях и на документальном материале, доставленном мне архива. Это реальный бизнес.

Имена участников, названия банков, компаний и организаций изменены.

Эти книги о том, как делаются деньги, как вращаются финансовые круги, движутся финансовые потоки, как проходят сделки века, как выкачиваются регионы, заваливаются крупные финансовые структуры.

Это книги для тех, кто хотел стать олигархом, но не успел или не смог, для тех, кто ворочает миллионами и живет на подачки, для тех, кто хочет срубить миллионы легкому, для тех, кто любит ввязываться в историю с непредсказуемым результатом.

Книга 1. План Маршалла

Есть категория коммерсантов, которые умеют создавать и продавать ситуации связи и легенды о сделках на миллионы долларов, другими словами, воздух. Но, бывало, кто-то и срывает на этом миллионы. Я знала и таких. Но, больше среди них тех, кто продаст воздух давно и безрезультатно, а перейти на другие сделки не могут. Я сама такая.

Однажды я попала в ситуацию, готовую для продажи. Минатом был на грани переименования. РАО «ЕЭС России» тщательно продуманными схемами перентрало свое главное кредиторство – атомщиков. И РАО «ЕЭС России» из вечного должника превратилось в кредитора Минатома.

Стало несколько программ, которые должно было финансировать Министерство атомной энергетики, в том числе программа утилизации ядерных отходов. Хоронить отходы выгодно. Но, поставка ядерных отходов и их захоронение контролирует Евросоюзом. Одно из условий – наличие надежных могильников. В сложившейся ситуации безденежья, в Минатоме было принято решение привлечь на постройку могильника западные средства, в том числе и частных инвесторов.

По согласованию с советником министра атомной энергетики я нахожу такого инвестора. Но, он предлагает крупномасштабную финансовую аферу. В переговоры вмешалась администрация президента и ситуация вышла из-под контроля. Вдобавок, мне пришлось давать объяснения в Комиссии по безопасности иностранных инвестиций.

Книга 2. Пентагон

Пять приятелей, занимающихся рискованными финансовыми операциями подписали между собой договор и доверенности, такие, что в случае смерти кого-либо из них, другие имеют право востребовать долги перед ним.

За ними открылась охота. Одного из них, директора компании, посредника на продаже нефти, убивают в больнице. Другого, профессионального криминалиста, подставляют на сделке, и ему дорога на зону. Третий, журналист-международник, пропадает в одной из африканских стран. Четвертому, вступившему в предвыборную гонку за пост губернатора, удается скрыться в психушке.

Остался пятый, финансист. Он – следующий. Он должен понять, кто из приятелей подписал смертельный контракт?

Книга 3. Фантом

Фантом Госинкова, видимо, не давал покоя ни прежней, ни нынешней власти. Вновь и вновь предпринимаются попытки воссоздать аналогичную структуру, обладающую беспрецедентным кредитным потенциалом.

Так один за другим возникли два крупнейших холдинга, по структуре и обстоятельствам, во главе которых встали бывшие однополчане и друзья, оба генерал-лейтенанты СВР. Победителей не судят. Оба холдинга поднялись за счет финансовых махинаций. Оба холдинга оказались колоссами на глиняных ногах.

Захват маленького банка на грани отзыва лицензии, в общем-то, рядовая история, стала причиной краха обоих.

Книга 4. Стервятники

Стервятники – так называют категорию финансистов-рейдеров, использующих «запрещенные» приемы поглощения компаний, шантаж, ложное банкротство, саботаж и прочее. Их разновидность – «вампиры», которые, приобретая контроль над компанией, высасывают из нее финансы. Объекты налета стервятников не только компании, но и корпорации. Например, Кеннет Дарт одно время, скупив около 4% государственного долга Бразилии, саботировал переговоры по его реструктуризации, а затем с размещением Бразилией нового пакета ценных бумаг. После этого Дарт попал под пристальное внимание спецслужб развивающихся стран. Их боятся и ненавидят. Известны поименно, как Майкл Милкен, Бони Пекенс, Рональд Перельман. Кеннет Дарт успел «поработать» в России. И наши олигархи по сравнению с ними – играющие в песочнице.

Конечно, и у нас найдется немало финансистов, использующих те же методы работы, что и стервятники, но, им не хватает профессионализма, да и масштаб не тот.

Мне известны подробности одной операции в России, в которой были задействованы западные стервятники с именем. Для простоты, условно, я называю ее «трейд».

Трейд – массивированный сброс денежной массы. Излишек денежной массы, как правило, находится под пристальным контролем государства и спецслужб. В развивающейся стране он использоваться не может, поскольку такой объем может вызвать перекос экономики. Сброс идет по согласованию с центральным финансирующим органом государства, в данном случае – с Федеральной резервной системой США.

Трейд – это свободное перемещение капиталов, которое имеет множество подводных камней, о которых не догадываются их участники. Например, если в Россию поступают инвестиции на сумму 1 миллиард долларов, то это, как правило, часть капитала, который необходимо обратить в рубли, для того, чтобы он мог работать в России. Иначе, Центральный банк обязан напечатать тридцать миллиардов рублей, что не только плохо, но и повышает инфляцию, борьба с которой является задачей №1 государства. Это происходит везде.

Сброс денег – это фактически их безвозвратная отдача, «подарок».

А поскольку, принять такой «подарок» просто невозможно, в силу финансовых традиций, это делается под видом высокодоходных программ. В высокодоходной программе крутятся деньги, свободные от обязательств, по условиям игры, они направляются в развивающиеся страны и только в реальные инвестиционные проекты. Для спекуляций, для купли-продажи этот капитал использоваться не может. Если в какой-то момент средства, предназначенные для реализации программы, используются по назначению, трейд останавливается в принудительном порядке, и финансы изымаются в пользу государства, которое проводит трейд. Средства, полученные от реализации программы, государство также направляет на благотворительные и социально значимые цели, на борьбу с наркобизнесом и прочее. Иначе, основной капитал идет на развитие реального сектора экономики, от крупномасштабного строительства до социальных программ. Инвесторы получают только незначительные проценты. Но, поскольку в программе задействованы многомиллионные средства, эти незначительные проценты достигают, порой, колоссальных цифр.

В обеспечение высокодоходной программы на западе выпускается финансовая гарантия, обеспеченная активами страны с развивающейся экономикой, России, которые якобы начисляются проценты, – каждую неделю по 100%.

Высокодоходная программа не самый ходовой товар на московском фондовом рынке. С ними работают единицы. Однако, наслышаны о них многие. Те, кто хотя бы раз сталкивался с ними, пытаются посредничать, просто заболевают ими. Им кажется, что участие в высокодоходной программе сделает их одновременно олигархами, желающих продвигать эти программы не убывает. Но, посредников в них не бывает никогда. Высокодоходные программы в основном реализуются приватно, между собой, как правило, на самой верхушке финансового мира.

Операции с высокодоходными программами обрастают самыми невероятными подробностями. И даже те, кто, все же, участвовал в операциях с высокодоходными программами, тем не менее, имеют самое смутное о них представление. О других говорить нечего.

И, все же, трейды идут, но, под механизм трейда лучше не попадать.

Человечество тысячелетиями страдает от разрушительных последствий землетрясений, цунами, тайфунов и других проявлений сейсмической активности Земли. Предотвращать эти проявления стихии мы пока не в силах, но активно пытаемся познать их суть, причины возникновения.

Эта книга для всех, кто интересуется природой землетрясений, цунами, вулканов и методами прогнозирования этих проявлений «живого пульса Земли».



М. Д. Рукин - доктор технических наук, профессор, Академик Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского, ведущий научный сотрудник МГУ им. М. В. Ломоносова



А. З. Славинский - доктор технических наук, Генеральный директор Московского завода "Изолятор"



Н. А. Ясаманов - доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник МГУ им. М. В. Ломоносова



Рукин М., Славинский А., Ясаманов Н. Живой пульс Земли. Землетрясения: Мифы, гип