**Обвалы и оползни**

Как ты полагаешь, почему возникают *обвалы!* Почему горные породы, казавшиеся прочными и монолитными, вдруг рассыпаются, превращаясь в кучу камней? В прежние времена обвалы объясняли тем, что Бог карает людей за их грехи, обрушивая на них горы камней. В наше время обвалы получили научное объяснение.

Чтобы возник обвал, горный массив или его часть должны находиться в *неустойчивом состоянии –* когда достаточно небольшого толчка или сотрясения, чтобы порода раскрошилась на куски и глыбы, обрушивающиеся вниз. Для этого, во-первых, необходим сильно расчлененный горный рельеф с крутыми, нередко обрывистыми склонами. Во-вторых, породы должны быть основательно ослаблены трещинами, возникшими либо благодаря действию эндогенных (тектонических) сил, либо за счет экзогенных сил, например выветривания.

Связи между блоками пород становятся особенно непрочными во время сильных дождей, а также весной, когда тают снега. В зимнее время замерзшая вода в трещинах играет роль скрепляющего цемента. После того как лед в трещинах растает, отдельные блоки в породах на каком-нибудь крутом склоне уже еле держатся и могут при небольшом сотрясении рухнуть вниз. Естественно, что весна – это время наиболее частых обвалов в горах. Известны обвалы, приводившие к значительным человеческим жертвам. Так, в 1608 году в Альпах обвалилась часть горы Монте-Конто, в результате чего погибли 2000 жителей близлежащей деревни. Они были заживо погребены в своих домах под массой камней и грунта, известен страшный обвал на склонах горы Ровинаццо в Апеннинах, случившийся в VI веке. Тогда под камнями исчез полностью городок Велейя.

Приходилось ли тебе слышать о *Сарезском озере!* Оно находится в Таджикистане в горах Памира на высоте 3260 м. Озеро вытянуто в длину на 60 км, его ширина – от 1 до 2 км. Глубина достигает 500 м. Это самое глубокое из всех высокогорных озер. Но интересно оно прежде всего не этим, а тем, что ему нет еще и ста лет. В феврале 1911 года произошло землетрясение в горах Памира. В результате землетрясения 7 млрд. тонн горных пород обвалились в долину небольшой высокогорной реки Мургаб и перегородили реку. Образовавшаяся при обвале естественная плотина создала горную котловину, в которой начала собираться вода – так и возникло Сарезское озеро. Как уже было сказано, сегодня его глубина достигает вблизи места обвала 500 м. Но вода продолжает понемногу прибывать, и геологи очень обеспокоены тем, что может произойти в будущем. Не исключено, что под напором воды естественная плотина будет прорвана – и тогда огромные водные массы хлынут по склонам гор, неся смерть и разрушения. Ученые называют Сарезское озеро «бомбой замедленного действия».

Наряду с обвалами в горах нередко происходят *оползни.*

*Справка. Оползни –* скользящее смещение масс горных пород вниз по склону под влиянием силы тяжести. Возникают вследствие подмыва склона, сейсмических толчков, переувлажнения (особенно при наличии чередования водонепроницаемых и водоносных пластов пород).

Из этой справки видно, в чем отличие оползней от обвалов. Обвал – почти мгновенное событие. А оползни – это *скользящее* смещение масс горных пород. Они движутся (скользят) относительно медленно. Некоторые оползни смещаются со скоростью всего лишь несколько метров в сутки. Хотя наблюдаются и более быстрые оползни.

Чтобы образовался оползень, нужно выполнение ряда условий. Главное условие – наличие воды. Проникая в глубину горных пород, особенно глинистых, вода заполняет поры между частицами, уменьшает сцепление частиц, а заодно увеличивает тяжесть породы. Подчиняясь действию силы тяжести, набухшие от дождей глинистые породы (водоносные пласты) могут прийти в движение и поползти по склону. Еще более сильно могут воздействовать на глинистые породы подземные воды. Рыхлые отложения в таких породах (например, пески) они могут вымывать и тем самым увеличивать неустойчивость толщи пород, располагающихся выше. Примерно так образуются оползни в районе Волгограда, особенно весной, когда в реке поднимается уровень воды. Вода накапливается в слое песка под глинистым пластом. С понижением уровня паводковых вод значительная часть песка уходит вместе с водой, сцепление пласта песка с лежащим на нем пластом глины уменьшается – и глины начинают сползать в Волгу.

Подобно обвалам оползни могут приводить к возникновению запрудных озер. В 1974 году на реке Мантаро в Перу оползень запрудил реку. Образовалась гигантская плотина длиной около 4 км и высотой 170 м. Озеро просуществовало немногим более месяца. Затем вода прорвала плотину.

Оползни нередко возникают также вдоль морских побережий под воздействием прибоев. Разрушительное воздействие морских волн на береговую полосу весьма существенно. Геологи используют термин «абразия». Он происходит от латинского «абрасио», означающего «соскабливание». Ударяясь о берег, волны в буквальном смысле соскабливают с него куски породы и тем самым провоцируют обвалы и оползни.

Рельеф, создаваемый ветром

Когда-то люди считали ветры главной силой, сотрясающей и изменяющей поверхность Земли. Они полагали, что под земной поверхностью имеются разнообразные пустоты и что в этих пустотах свирепствуют ветры, вызывающие обвалы и землетрясения. Теперь мы знаем, что ветры не отвечают за землетрясения и вообще ни в каких подземных пустотах они не дуют, а дуют *над* земной поверхностью. При этом ветры выполняют немалую работу, создавая различные формы рельефа. Для них есть даже специальный термин – *эоловые формы рельефа.* Как ты, по-видимому, догадываешься, такое название связано с Эолом – древнегреческим богом, считавшимся повелителем ветров.

Из эоловых форм рельефа выделим четыре: впадины выдувания, барханы в песчаных пустынях, корразионные каменные образования, лёссовые равнины.

Что такое *впадины выдувания,* ты наверняка догадываешься – название говорит само за себя. Эти впадины возникают, когда из твердых пород сильный ветер *выдувает* породы менее твердые, рыхлые. Предварительно рыхлые породы превращаются в мелкие обломки вследствие температурного выветривания. Особенно легко ветер выдувает песок и более мелкие частицы пород. Впадины выдувания образовались, например, на месте пересохших озер в США – в штатах Калифорния, Вайоминг, Орегон. Удаляя частицы рыхлых пород, ветер углублял бывшее дно. При этом оставались скальные выступы прочных пород, которые теперь возвышаются над ровным дном одинокими горками высотой в несколько метров.

Огромные впадины выдувания имеются в пустыне Гоби в Центральной Азии. Они вытянуты в длину на 40–50 км, а глубина их достигает 50 м. Климат в пустыне сухой, осадков выпадает мало. Резкие перепады температур в дневные и ночные часы приводят к интенсивному разрушению и измельчению горных пород. Отделившиеся частицы немедленно уносятся ветром.

В Ливийской пустыне на севере Африки находится знаменитая впадина Каттара площадью около 20 тыс. км, дно которой располагается на 60–80 м ниже уровня моря. Здесь самая глубокая выемка (или чаша) на дне достигает отметки 134 м.

Тебе, конечно, приходилось слышать о *песчаных барханах* – своеобразных «волнах пустыни». Эти песчаные холмы, достигающие 40 м в высоту, образуются под действием ветра и благодаря ему же движутся по пустыне.

В Каракумах, например, скорость их движения достигает 12 м в месяц. Барханы имеют форму полумесяца, причем рога полумесяца обращены по направлению ветра. *Наветренный* склон бархана выпуклый и достаточно пологий; его крутизна составляет примерно 10°. *Подветренный* склон бархана вогнутый и более крутой; его крутизна 30–35°. Заметь, что такую же крутизну имеет конус, образующийся, когда мы сыпем сухой песок на горизонтальную поверхность. Эту крутизну называют *углом естественного откоса* сухого песка.

Для образования барханов нужны крупнозернистый песок, ветер средней силы (не слабый, но и не слишком сильный) и ровная глинистая или каменистая поверхность. При сильном ветре песчинки будут прыгать над поверхностью пустыни, тогда как при среднем ветре песок как бы перетекает с места на место в виде широких струй. Тогда-то и образуются барханы. Достигая гребня бархана, песок падает (лучше сказать: скатывается) с него на подветренный склон. Недаром крутизна этого склона соответствует углу естественного откоса сухого песка. При перемещении барханов песчинки поднимаются над поверхностью песка не более чем на 5–10 см.

На барханах нередко образуется мелкая рябь, напоминающая рябь, которая возникает на спокойной воде от порывов ветра. Если ветры в пустыне дуют в разных направлениях, то формируются хаотические песчаные гряды и барханы. Они могут быть весьма разнообразными по форме.

Интересные формы рельефа возникают в результате действия сильного ветра. К ним относятся корразионные каменные образования. Не путай корразию с коррозией (например, с коррозией металлов, приводящей к образованию ржавчины). «Корразия» происходит от латинского слова «коррадо», означающего «скоблю, соскребаю».

*Справка. Корразия* – механическое истирание горных пород обломочным материалом (например, песком), перемещаемым ветром или водой по поверхности земли.

С явлением корразии тебе, возможно, приходилось встречаться. Оно используется людьми для того, чтобы счищать копоть и грязь со стен каменных зданий или с поверхности больших каменных скульптур. Здания и скульптуры чистят, обдувая их мощными песчаными струями. Это и есть корразия. Точнее, ветровая корразия с помощью песка.

В пустынях ветровая корразия созидает причудливые каменные образования в виде башен, гигантских грибов, истуканов. Струи песка подрезают нижние части «грибов» сильнее, чем верхние, поэтому «ножки» у них становятся более тонкими. В результате корразии образуются также столообразные скалы с рельефными стенками. Более мягкие слои, истираясь сильнее, превращаются в желобки, а более твердые начинают выступать в виде валиков и полочек. Многие исследователи считают, что в результате отложения мелких, похожих на пыль частиц, которые наносятся ветром, образовались толщи своеобразной породы, называемой *лёссом.* По-немецки «лёсс» означает «рыхлый».

*Справка. Лёсс* – неслоистая, однородная, тонкозернистая осадочная порода светло-желтого или палевого цвета. Преобладают частицы с размерами 0,01–0,05 мм. Лёсс характеризуется высокой пористостью; поры занимают 40–50% объема породы. Залегает в виде пластов толщиной от нескольких метров до 200 м.

Когда лёссовую породу изучают под микроскопом, то бросается в глаза угловатая форма пылинок. Благодаря этой форме они скрепляются друг с другом, зацепляясь неровными краями. А ведь порода не содержит какого-либо цементирующего вещества, только мельчайшие частицы, похожие на пыль. В лёссовых породах образуются обрывы высотой в десятки метров. В таких обрывах в мягкой породе легко вырыть пещеры, устраивать загоны для скота. Широкое использование лёссовых пород в строительных целях во многом объясняет, почему оказалось столь катастрофичным, землетрясение в Китае в 1920 году. Оно вызвало огромные обрушения лёссовых пород, похоронившие под собой многие тысячи людей. Во время землетрясения стенки высоких обрывов были срезаны как масло; они скользили вниз и погребали под грудами желтой пыли все, что встречалось на пути.

Способ образования лёссов давно и горячо обсуждается учеными. Однако, несмотря на многочисленные споры, все сходятся на мысли, что лёссовые равнины и склоны формировались в прохладном сухом климате и главную роль при этом играла работа ветра. Именно он переносил, сортировал, откладывал огромные массы мельчайших частиц.

Тебе, конечно, известна поговорка о непрочности дома, построенного на песке. Еще более непрочен дом, построенный на лёссе. Ему страшно не только землетрясение, но даже обычные дожди. Ведь лёсс очень пористый, так что стоит ему намокнуть, и он сразу оседает, в нем образуются ямы и провалы.

Эпицентр землетрясения, баллы, изосейсты

А теперь поговорим об эпицентре землетрясения. Без сомнения, тебе приходилось слышать разговоры о том, что землетрясения рассматриваются в эпицентре или на каком-то расстоянии от эпицентра. Только не думай, что эпицентр – это и в самом деле *центр* землетрясения, т.е. то место, из которого распространяются сейсмические волны. Некоторые именно так и думают, но это неправильно. Строго говоря, у землетрясения вообще нет какой-либо *центральной точки,* а есть некий объем, называемый очагом землетрясения и находящийся внутри земных недр. Он-то и является тем местом, откуда распространяются сейсмические волны. А *эпицентр землетрясения* – это точка на земной поверхности, которая находится как раз *над центральной частью очага.* Естественно, что наибольшие сотрясения поверхности и наибольшие разрушения будут наблюдаться именно в эпицентре, ведь он находится на поверхности *ближе всего* к очагу землетрясения.

По мере удаления от эпицентра интенсивность сотрясений поверхности (а значит, и степень разрушений) постепенно уменьшается. Геологи условились различать 12 степеней интенсивности поверхностных сотрясений и назвали их *баллами.* Чем больше интенсивность сотрясения, тем выше балл.

Вот, как оценивается сила землетрясения по баллам:

1. *балл (незаметное землетрясение)* – сотрясения почвы улавливают только специальные приборы – сейсмографы.
2. *балла (очень слабое землетрясение)* – может слегка ощущаться людьми, лежащими в постели.
3. *балла (слабое землетрясение)* – слегка качаются люстры.
4. *балла (умеренное землетрясение) –* открываются неплотно закрытые окна и двери; выплескивается вода из налитой до краев чашки.
5. *баллов (довольно сильное землетрясение) –* раскачиваются висячие предметы; скрипят полы; дребезжат стекла в окнах; осыпается побелка в домах.
6. *баллов (сильное землетрясение) –* трескаются стекла в окнах; наблюдаются легкие повреждения некоторых зданий; появляются тонкие трещины в штукатурке.
7. *баллов (очень сильное землетрясение)* – наблюдаются значительные повреждения некоторые зданий; появляются крупные трещины в стенах; повреждаются дымовые трубы; отламываются куски штукатурки.
8. *баллов (разрушительное землетрясение)* – наблюдаются разрушения в зданиях; падают карнизы и дымовые трубы; на склонах гор появляются оползни и трещины шириной до десятков сантиметров.
9. *баллов (опустошительное землетрясение)* – происходят обвалы многих зданий; обрушиваются стены, перегородки, кровля; возникают обвалы, осыпи, оползни в горах.
10. *баллов (уничтожающее землетрясение) –* разрушены многие здания; возникают трещины в грунте шириной до метра; за счет завалов в речных долинах могут возникать озера.
11. *баллов (катастрофа)* – характерны многочисленные трещины на поверхности земли и вертикальные перемещения по ним; большие обвалы в горах; общее разрушение зданий.
12. *баллов (сильная катастрофа)* – происходит сильное изменение рельефа; образуются глубокие и широкие трещины на поверхности; общее разрушение зданий, сооружений, коммуникаций; огромные обвалы и оползни; изменяются русла рек.

Предположим, что в эпицентре землетрясение оценивается в 8 баллов. Всю территорию вокруг эпицентра, где наблюдается 8 баллов, обводят на карте-схеме плавной замкнутой линией. Ее называют *изосейстом.* Затем вокруг этой линии проводят следующую замкнутую линию (следующий изосейст) – внутри этой линии землетрясение имеет силу не менее 7 баллов.

Следующий изосейст очерчивает территорию, в пределах которой сила землетрясения не менее 6 баллов. И так далее. В результате сейсмологи получают картину изосеистов данного землетрясения. Для примера подобная картина приведена здесь для землетрясения в Китае в 1920 году. Между изосейстами обозначены римскими цифрами территории землетрясения с соответствующими баллами.

Иногда говорят, что изосейсты – это линии, соединяющие точки с одинаковой интенсивностью сотрясения поверхности. Но это не совсем так. Изосейсты – это линии, очерчивающие территорию, в пределах которой интенсивность сотрясения поверхности не ниже соответствующего балла.

Размышления о сейсмической безопасности

Понятно, что землетрясения были, есть и будут. Такая уж у нас беспокойная планета. Но, наверное, можно что-то делать, чтобы *уменьшить разрушительные последствия землетрясений?* Нельзя же сидеть сложа руки.

Уменьшить разрушительные последствия землетрясений, безусловно, можно. Возможности противостоять в какой-то мере этому разгулу стихии существуют.

Вмешиваться в тектонические процессы, происходящие в земных недрах, люди, конечно, не могут. Но они могут влиять на *последствия* этих процессов. В этом смысле у них есть *четыре возможности,* которыми они могут и, более того, должны воспользоваться.

Какие же эти четыре возможности?

Прежде всего необходимо как можно лучше *изучать степень сейсмического риска* при выборе места, где предполагается построить тот или иной объект.

По-видимому, это касается в первую очередь тех строений, которые более всего могут пострадать при землетрясении, например, высотных зданий?

Или таких объектов, разрушение которых при землетрясении особенно важно предотвратить. Это относится, например, к атомным электростанциям, нефте- и газопроводам, больницам, детским учреждениям. К различным системам коммуникаций.

Наверное, не следует строить атомные электростанции над глубинными разломами?

Дело не только в глубинных разломах. Нужно детально исследовать тектонику данного района с учетом различных разломов, в том числе приповерхностных. Надо выявить следы прошлых и новейших смещений пород по всем этим разломам, оценить возможность появления оползней, просадки грунта, затопления. Важно выяснить, насколько часто и с какой силой происходили здесь землетрясения. На основании всего этого надо оценить параметры возможных будущих землетрясений в данном районе. Так что, как видишь, работы немало.

И что же в конечном счете может дать эта работа?

В отдельных случаях может быть просто запрещено строительство данного объекта в данной местности. Главный же результат – это *правильный выбор наименее опасного в сейсмического отношении места строительства того или иного объекта.*

Наверное, важно не только правильно выбрать место строительства, но и позаботиться о том, чтобы строительство велось правильно?

В этом и заключается вторая из упомянутых возможностей ослабления последствий землетрясений. В сейсмически опасных районах особенно важны *высокое качество строительных работ, выбор сейсмически стойких строительных конструкций и материалов.* Известно, что во многих случаях огромный масштаб разрушений связан с тем, что дома строились, что называется, на скорую руку, недоброкачественно.

А как надо строить дома, чтобы они могли противостоять землетрясениям?

Ну, это целая строительная наука. О ней вкратце не расскажешь. Например, надо, чтобы здание имело достаточно глубокий каменный или цементный фундамент. Достаточно надежны железобетонные конструкции. При колебаниях почвы они могут» дышать» и поэтому не разрушаются. Хороши также деревянные конструкции, но они годятся лишь для небольших зданий. В каменных домах особое внимание должно быть уделено высокому качеству цемента или другого скрепляющего раствора, желательно использовать металлические стягивающие пояса. Опасны тяжелые глинобитные потолки и черепичные крыши. Дымоходы и дымовые трубы предпочтительны железные, а не кирпичные.

Как я понимаю, при сильном толчке деревянная и металлическая стены или стена с металлической арматурой всего лишь слегка покачнутся, тогда как глинобитная стена просто раскрошится, обрушится. Тут, по-видимому, важно, чтобы конструкция хорошо работала на изгиб.

Совершенно верно. И чтобы строение везде хорошо работало на изгиб и не крошилось, нужно, кроме правильного выбора конструкции и материалов, обеспечить нормальное качество выполнения строительных работ. Важно, чтобы все металлические стыки были хорошо проварены, чтобы цемент был нормального качества, чтобы все блоки были аккуратно состыкованы.

Итак, надо знать, где строить, и надо строить с умом. А какие еще две возможности бороться с землетрясением?

Не бороться, а, скорее, поспорить с ним, выстоять. Во-первых, это *знание того, как надо вести себя во время землетрясения и быть подготовленным к соответствующим действиям.* А во-вторых, это *возможность достаточно своевременного и достаточно достоверного предсказания землетрясения.* Очень важно, чтобы землетрясение не застало нас врасплох.