**Изменение поверхности Земли**

«Все течет, все изменяется» — это, ставшее крылатым выражение, высказанное философами в античное время, очень точно отражает непостоянство природных условий и всех внешних оболочек Земли. Все люди привыкли считать земную поверхность чем-то прочным, надежным и незыблемым. Но стоит в какой-то части планеты произойти катастрофическому землетрясению или извержению вулкана, как мы чувствуем себя неуютно и беспомощно перед стихией. Извержения вулканов и землетрясения, так же как и кратковременные, но грандиозные атмосферные явления — смерчи, тайфуны, циклоны и антициклоны, на глазах людей сильно изменяют земную поверхность. Но вместе с кратковременными и значительными воздействиями на земную поверхность стихийных природных явлений на нее медленно, постепенно, в течение многих тысячелетий действуют самые разнообразные геологические процессы. Под их воздействием разрушаются горы, расширяются ущелья рек, видоизменяются очертания морских побережий, возникают и исчезают пустыни.

Поверхность Земли видоизменяется под действием климата (действие сезонных и суточных температур и влажности), ветра, ледников, поверхностных и подземных вод, разнообразных организмов и т. д. Однако как же ученые смогли определить даже не деятельность, скорее, результаты того или иного процесса? Ведь когда говорят, что река размывает берег, переносит камни, окатывает их, постепенно истирает, выносит в море, то это вовсе не значит, что геологи годами сидели на берегу реки или ходили вдоль русла, а тем более опускались на дно моря, чтобы увидеть и проследить весь процесс образования галек, превращения их в песок и формирование осадков в русле, пойме или в море. Вовсе нет. Для того чтобы вывести эту закономерность, ученые сравнивали между собой форму камней, их величину от истоков рек до устья, анализировали минеральный состав песка, видели, как иногда река подмывает берег и происходят обвалы или меняются направления русла. Эти превращения хоть и происходят на наших глазах, но идут очень медленно. Ведь для того чтобы превратить обломок гранита в гальку, а тем более истереть его песок, необходимо не одно столетие.

Точно таким же образом поступают геологи, когда изучают геологическую деятельность ледников, морей и озер, ветра и организмов. Они видят различные фазы развития на разных объектах, затем мысленно нанизывают их на воображаемую непрерывную ленту, и тогда все фрагменты оказываются связанными единой логической последовательностью.

**Выветривание и почвы**

Твердую наружную оболочку Земли, или литосферу, наряду с коренными монолитными породами слагают рыхлые образования, возникшие путем разрушения подстилающих их коренных пород или принесенные издалека ветром, водой или льдом. Рыхлые породы часто изменены до состояния почвы. Превращение твердых пород в почву обусловлено преобразованием физической формы и химического состава под действием воздуха, воды и микроорганизмов. Этот длительно развивающийся процесс носит название выветривания. Каким же образом осуществляется процесс выветривания? Какой бы твердой и монолитной не была горная порода, с течением времени она рассекается множеством трещин. Последние возникают в основном в результате различного коэффициента расширения минералов, слагающих горную породу. Стальные конструкции мостов, бетонные тротуары, стальные рельсы увеличиваются в объеме в жару и уменьшаются в холод. Для того чтобы сохранить их целостность, в определенных местах устраивают зазоры. Однако горные породы, состоящие из зерен или обломков минералов, таких зазоров не имеют, и чередование нагревания и охлаждения, вызванное суточным и сезонным колебанием температур, приводит к возникновению в монолитных глыбах серии трещин. Это начальная стадия физического выветривания. В трещины проникает вода, которая растворяет и преобразует минералы, при замерзании увеличивается в объеме и расширяет трещины. В конце концов твердые горные породы разрушаются или, как говорят геологи, происходит их дезинтеграция. Это означает, что произошло механическое разрушение породы с образованием частиц меньшего размера, но одинакового минерального и химического состава.

Дезинтеграцию горных пород производят также растения и животные. Будете на Южном берегу Крыма, обратите внимание на то, как борется за свое существование крымская сосна на глыбах известняка. Ее корни прорастают в трещины и расщелины, расширяют их, распирают, а иногда и выталкивают отдельные куски породы на поверхность. О силе корневой системы можно судить по целому ряду случаев. Например, довольно часто деревья, вросшие в расщелину, раскалывают отдельные глыбы твердых известняков и даже гранитов, а в городах корни деревьев приподнимают и разрушают бетонные тротуары. Механическому разрушению способствуют земляные черви, муравьи, грызуны и другие землеройные животные, а также копытные животные. Значительную лепту в дезинтеграцию массивных пород вносит человек, когда он пробивает тоннели, разрабатывает рудники и карьеры, прокладывает дороги. Под действием воды и перепада температур (суточных, месячных, сезонных) от монолитной породы часто отслаиваются чешуйки или отдельные пластины, при этом они обнажают для дальнейшего выветривания свежий участок. Иногда некогда твердая порода, залегающая горизонтально, разбивается сеткой трещин и принимает вид булыжной мостовой.

Обломки породы, состоящие из крупных зерен (например, граниты), после шелушения при продолжающемся процессе физического выветривания испытывают дальнейшую дезинтеграцию, вплоть до обособления минеральных зерен. Мелкие зерна удаляются водой или ветром а крупные остаются на месте и подвергаются новому воздействию. Таким путем образуется дресва. В приполярных странах и на высокогорье широко распространена гранитная дресва.

Одним из основных агентов выветривания является вода. Растворяя химические элементы, насыщаясь углекислым газом, вода постепенно становится агрессивной и воздействует на горные породы уже как слабая кислота Действие химического выветривания протекает постепенно, стадийно. Вначале в результате гидролиза разрушается кристаллическая структура минералов. Вода диссоциирует на ионы водорода и группы гидрофильного ряда (ОН), затем вступает в реакцию с кристаллическими веществами. Ионы замещают атомы в кристаллах или вступают с ними в реакцию, тем самым нарушается кристаллическая структура. Кальции, магнии, натрий и калий растворяются, а соединения алюминия и железа образуют гидроксиды. Процесс образования последних носит название гидратации. Кроме того, при химическом выветривании происходит окисление соединений двухвалентного железа в трехвалентное. При этом меняется не только внутренняя структура горной породы, но и ее цвет, и физические свойства.

В результате химического выветривания от твердой горной породы остается рыхлый глинистый материал, химический и минеральный составы которого зависят от первичного состава материнской породы и климата. Глина служит сырьем для керамической промышленности. Особенно ценна каолиновая глина, обладающая огнеупорными качествами.

В процессе выветривания не все минералы и химические соединения преобразуются. Имеются так называемые устойчивые минералы, на которые не могут воздействовать химически активные растворы, и по мере выноса и растворения слабоустойчивых минералов и соединений они постепенно накапливаются.

При выветривании магматических пород освобождаются и накапливаются золото, алмазы и многие драгоценные камни.

Одним из главных факторов выветривания является климат. Он регулирует скорость и направление выветривания. Для полного преобразования горных пород и глубокого проникновения агентов выветривания очень благоприятен жаркий влажный климат экваториального пояса. Сухой и жаркий климат пустынь сильно ограничивает химическое выветривание, так как отсутствует один из важных факторов выветривания — вода. Имеющаяся все-таки в небольших количествах капиллярная вода медленно поднимается к поверхности, откладывает соли, которыми цементируются рыхлые пустынные пески, в результате чего довольно часто образуются гипсовые или соляные корки.

Падение температур даже при высокой увлажненности снижает интенсивность выветривания и уменьшает его скорость. В умеренном относительно влажном климате химическое выветривание постепенно прекращается, и на первый план выступает физическое. Особенно интенсивно дезинтеграция горных пород протекает в холодном климате.

Почва образует тонкий слой и формируется при выветривании горных пород. Она состоит из нескольких горизонтов: верхнего (перегнойно-элювиальный) — богатого органическими веществами и почвенными организмами; среднего (элювиальный), или подпочвенного - состоящего из глин, окисленных и выщелоченных; нижнего — представленного рыхлой размягченной породой, сходной по составу с залегающей под ней материнской породой. Состав почв и их продуктивность зависят от климата, растительности, рельефа, материнских пород и почвенных организмов.

**Поверхностные и подземные воды**

Эрозия земной поверхности начинается с момента удара дождевых капель о землю.

Обратите внимание на обнаженную, лишенную растительного покрова землю после дождя. Вокруг каждого камешка земля вынесена, лишь под ним, как бы под его защитой, сохраняется крошечный участок почвы. Когда дождевой воды выпадает больше, чем она может впитаться в почву, то избыток ее начинает стекать по наклонной поверхности. Стекая по склону, она вызывает плоскостную эрозию, или плоскостной смыв. Чем больше воды стекает по склону, тем сильнее эрозия, За год вниз по склону перемещаются десятки тонн плодородной почвы с каждого гектара земли. На склоне от стекающих ручейков воды образуются небольшие промоины. Собирающаяся в ручейки вода обладает большой разрушающей силой и воздействует на склон как активный агент эрозии. Ручейки изменяют конфигурацию склона, размывают мелкие промоины и овражки, превращая их в маленькие долинки.

На склонах, лишенных растительности, происходит очень сильная эрозия. Растительный же покров длительное время предохраняет поверхность земли от эрозии, поскольку он в значительной мере ослабляет силу падающей и стекающей воды, а корневая система растений как бы скрепляет рыхлые частицы почвы. Неровности земной поверхности под действием выветривания и плоскостного смыва постепенно выравниваются. Материал, снесенный с возвышенностей, поступает в речные долины. Увеличивается водосборный бассейн, формируются новые склоны, возрастает объем переносимого материала и в конечном итоге усиливаются процессы выравнивания суши. Водосборный бассейн понижается со средней скоростью от 1 до 5 м за 30 тыс. лет.

Реки производят большую геологическую работу. Речные воды подмывают и разрушают борта долин, растворяют разнообразные химические соединения, переносят взвешенный материал и откладывают его в пониженных участках, где скорость течения снижается. Объем переносимого материала и размер частиц зависят от полноводности и скорости реки. Мелкие частицы переносятся во взвешенном состоянии, а более крупные обломки (гальки и валуны) — волочением по дну. При волочении и многократном перетаскивании по каменистому дну острые углы обломков сглаживаются, и они превращаются в уплощенную гальку, которая со временем истирается до меньших размеров. Обломки пород, переносимые по дну, перепахивают его, и русло постепенно углубляется.

Любая река состоит из главного русла и питающих его притоков. Она удлиняет, углубляет и расширяет свою долину. Огромную работу проводят реки в горных странах. Особенно впечатляют глубокие долины — каньоны. Грандиозная долина создана рекой Колорадо в США. Это Большой каньон, который имеет глубину в несколько сот метров.

При большом перепаде высот по течению реки в местах выхода твердых пород образуются водопады. Ложе под действием переносимых рекой обломков пород разрушается, и водопад отступает.

Реки, подобно живому организму, стареют. Скорость их течения со временем падает, врезание русла и боковая эрозия прекращаются. То с одной, то с другой стороны русла намываются отмели. Это заставляет реку изгибать русло, т. е. меандрировать. Реки часто покидают излучины, прорывая новые русла, а оставшиеся меандры превращаются в зарастающие старичные озера.

Речные потоки не только производят большую разрушительную работу, но и формируют характерные осадки, называемые аллювием. Обломочный материал различной размерности от крупных галек до глин накапливается в русловых отмелях, на низких поймах и, наконец, в устьях или дельтах рек. Ежегодно реки выносят в моря и океаны огромное количество взвешенного материала. Например, Волга выносит 40 — 50 млн. т, Нил — 125 млн. т, Миссисипи — около 400 млн. т, а Инд — 450 — 500 млн. т взвешенного материала. Значительная часть этой взвеси, которая носит название твердого стока, накапливается в дельтах. Размеры наиболее крупных дельт измеряются десятками и даже сотнями квадратных километров. Например, дельта Миссисипи имеет площадь 150 тыс. км2, Нигера — 40 тыс. км2, Нила— 20 тыс. км2, Лены — 45 тыс. км2.

Сгруженный в дельтах обломочный материал разбивает единый речной поток на множество рукавов, по которым вода достигает бассейна стока. Иногда при повышении уровня моря, наличии в устье реки котловины или далеко уходящего в море каньона вместо дельты в устье реки образуется эстуарий. Эти формы характерны для устьев Оби и Енисея.

Большой объем работы производят подземные, или грунтовые, воды. В природе они встречаются в виде подземных озер и потоков, родников, гейзеров, колодезной воды. Карстовые пещеры в известняковых массивах обязаны своим происхождением одному источнику — подземным водам. Под землей находится почти в 40 раз больше воды, чем во всех озерах, болотах и реках мира. Значительную их долю составляют осадки, поступающие из атмосферы в виде дождя или снега. Растворяя различные химические элементы и соединения, находящиеся в горных породах, вода постепенно минерализуется, а проникая на значительные глубины, нагревается. В областях вулканической активности — в Исландии и на п-ове Камчатка — широко распространены воды, выделяемые в процессе застывания магмы. Эти горячие растворы настолько минерализованные, что из них осаждаются рудные минералы — медь, свинец и цинк. Подземные воды изливаются на поверхность в виде гейзеров или горячих источников.

От чистоты и запасов подземных вод зависит жизнь значительной части населения земного шара. Многие города снабжаются питьевой водой и водой для промышленных целей из подземных источников. Немало ее расходуется и для полива полей. Подсчеты показали, что колодцы и источники дают около 120 млрд. л воды в сутки, что составляет почти 1/5 общего количества воды, используемой человечеством.

Уже в глубокой древности в странах, страдающих от недостатка влаги, люди копали колодцы. Впервые бурение с целью получения воды было применено в Китае и Индии. Ирригационные работы с использованием колодезной воды проводились в Древнем Вавилоне 2000 лет до н. э. Широкое распространение имели артезианские колодцы. Они получили свое название от французской провинции Артуа, где во многих колодцах вода поднималась выше поверхности земли и изливалась вертикально. Самопроизвольное течение воды в артезианском колодце возникает в результате разности гидростатического давления в разных частях водоносного горизонта. Огромные артезианские бассейны находятся на европейской части России и в США.

По трещинам вода быстро проникает вниз. Если породы легко растворяются водой (например, известняки, доломиты, гипсы или каменная соль), то в них наблюдается карст — пещеры, пустоты, воронки и каналы. Это так называемые карстовые формы, а процесс их образования назван карстовым. Слово карст произошло от названия известнякового плато Карст вблизи города Триест на северном побережье Адриатического моря, где наиболее хорошо развит этот своеобразный рельеф. Здесь образуются карры — углубления, напоминающие борозды, небольшие канавы, щели глубиной до 1—2 м. Они протягиваются параллельно друг другу вдоль уклона поверхности. Кроме них, можно выделить ниши и воронки. Последние наиболее многочисленны и имеют разные размеры. Как правило, крутые склоны карстовой воронки оканчиваются уходящим в глубину каналом, куда стекает вода. В ряде мест (например, в районе Крымской яйлы) поверхность как будто бы оспинами покрыта такими воронками. На каждом квадратном километре их насчитывается от 50 до 100. Нередко воронки образуются на наших глазах, при этом падают и ломаются деревья, проваливается земля и на месте опускания вскоре обнаруживается глубокая воронка. Иногда в областях развития карбонатных пород в результате их длительного растворения возникают вертикальные карстовые колодцы и шахты. Местами колодцы настолько расширяются, что приобретают вид грандиозных провалов или пропастей.

Для карстовых областей типичны исчезающие реки. Например, на Черноморском побережье Кавказа в районе Гагр воды р. Жовеквара, не доходя до моря, полностью исчезают, а на поверхности остается сухое русло. Лишь в нескольких сотнях метров от берега можно наблюдать, как с морской водой смешиваются чистые воды реки, втекающие в море из глубины по подземному руслу.

Большой интерес для нас представляют карстовые пещеры. Это системы горизонтальных и вертикальных каналов, различных размеров и форм пустот, то расходящиеся в огромные залы и гроты, то, наоборот, переходящие в узкие щели. Грандиозные пещеры распространены во многих районах Западной Европы, США на Кавказе. Наибольших размеров достигает Мамонтова пещера в штате Кентукки (США). Обширный лабиринт до конца еще не исследован. Он состоит из соединяющихся друг с другом галерей общей протяженностью в несколько сот километров, с подземными озерами, реками и водопадами. Большой известностью пользуются Новоафонская и Кунгурская пещеры. Громадные залы, обрамленные столбообразными сталагмитами и причудливо переплетающимися сталактитами, искусственно подсвеченные в Новоафонской пещере, представляют неповторимое зрелище.

**Ледники**

При наличии воды и низких температур (ниже 0°С) лед образуется повсюду — в озерах, реках, морях, наземной поверхности и под землей, в атмосфере. Морская вода не замерзает до тех пор, пока ее температура не понизится до — 4°С. В приполярных районах в холодное время года вдоль морских берегов формируются ледниковые валы, достигающие высоты 15 м. Зимой они защищают берег от разрушительного воздействия волн, а во время ледохода обломки этого льда переносят большое количество терригенного материала.

Весенний ледоход на реке — незабываемое зрелище. Льдины, наталкиваясь друг на друга, вспучиваются и с грохотом разламываются на части. Они разрушают крутые берега рек и даже дно русла, так как в лед оказываются впаянными большое количество остроугольных твердых обломков пород, которые как наждак действуют на борта долин рек. Когда лед скапливается в узкой части реки или на мелководье, образуется подпруда. Так подпруживаются многие реки Сибири и Канады, и это часто ведет к замору рыбы.

В областях с отрицательным балансом среднегодовых температур почвы и коренные породы пронизаны многолетней мерзлотой. В бортах долин северных рек Сибири она представлена чередованием промерзшей почвы и льда. Последний очень чутко реагирует на изменение температуры. При ее понижении объем почвенного слоя увеличивается, почва как бы вспучивается. При повышении температуры воздуха оттаивает только верхний слой мерзлоты и, поскольку снизу располагается ледяной монолит, вода растекается по поверхности и летом в тундре развиваются обширные болота.

В высокогорных областях и полярных районах влага, накапливающаяся в виде снега, со временем превращается в лед, который обладает свойством текучести. Ледники медленно перемещаются в горных районах по долинам, а на материках (Гренландия и Антарктида)— от центра к периферии. Они движутся под влиянием силы тяжести за счет течения льда и скольжения по поверхности земли. Двигающийся по долине ледник подобен реке, но скорость его очень мала.

Все ледники подразделяются на три большие группы: горные, или долинные; сливающиеся, или ледники предгорий; и покровные, или материковые. Первые возникают в высокогорных районах, они встречаются почти на всех широтах и питаются за счет снежных полей. Вторые распространены в приполярных районах у подножия гор, образуются в местах выхода долинных ледников на широкие равнины, где как бы растекаются в разные стороны. Третьи представляют собой огромные ледяные щиты на обширных участках суши — в Гренландии и Антарктиде. Мощность ледяного панциря меняется от нескольких сот метров в горной части до 4000 м в центральной. Скважины, пробуренные сквозь толщу льда, позволяют поднять на поверхность и изучить состав льда, образованного сотни и даже тысячи лет назад.

Ледник оказывает сильное воздействие на формирование рельефа в результате как эрозии, так и аккумуляции, при этом эрозия осуществляется путем удаления рыхлого материала, разрушения и вспахивания коренных пород ложа и бортов с помощью вмерзших в лед обломков, переносимых ледником по ложу.

Встретив на своем пути твердые коренные породы в виде скал или возвышенностей, ледники (если позволяет мощность) сглаживают их и полируют, оставляя на них борозды и шрамы — следы абразии от впаянных в лед остроугольных обломков. Так возникают своеобразные ледниковые формы рельефа — «бараньи лбы» и «курчавые скалы».

В верхних частях ледниковых долин в результате мо розного выветривания формируются похожие на амфи театры впадины, окруженные крутыми скалами. Это ледниковые цирки. Они обычно расширяются, углубляются и растут вверх. Пространство между цирками постепенно сужается, и в конце концов остаются острые зазубренные гребни и пирамидальные вершины — карлинги.

Ледники, двигаясь, захватывают и переносят огромный объем разнообразных обломков, при этом последние постепенно дробятся, окатываются и стираются. На территории Восточно-Европейской равнины часто встречаются валуны гранитных пород разных размеров. Долгое время никто не мог объяснить, каким же образом они оказались так далеко от места своего возникновения. Лишь в конце XIX в. появились доказательства, что гранитные валуны перенесены ледниками, двигающимися из Скандинавии. Одновременно были обнаружены и другие достоверные свидетельства — «бараньи лбы», следы вспахивания, а также аккумулятивные формы ледникового рельефа.

При движении ледник транспортирует обломочный материал, называемый мореной. В зависимости от места переноса и отложения, выделяют донную, срединную, боковую и конечную морены. Если первые три находятся в постоянном движении, то последняя неподвижна и фиксирует последовательные стадии отступания края. Состав морены довольно разнообразен — от тонких глин и суглинков до гальки и валунов. Все это хаотично перемешано и не сцементировано.

Помимо типичных морен, в пределах суши на морском шельфе встречаются ледниково-морские образования— акваморены. Они формируются в тех местах, где ледники спускались прямо в море.

Ледники подвержены таянию и испарению. Внутри них, особенно вблизи края, возникают талые воды, образующие водные потоки. Они выносят за пределы ледника большое количество обломочного материала во взвешенном состоянии. Отложения, возникшие в результате аккумуляции из водноледниковых потоков, называются флювиогляциальными. Они создают своеобразные формы рельефа — зандры и озы.

Зандры — это пологоволнистые равнины, расположенные за внешним краем конечных морен. Они слагаются песками, гравием и галькой. Озы — это узкие протяженные гряды, или валы, вытянутые в направлении движения ледника. При высоте до 50 м их длина нередко достигает нескольких десятков километров. Происхождение озов связано преимущественно с внутриледниковыми потоками талых вод.

На краю тающего ледника нередко располагаются временные приледниковые озера. Они возникают за счет подпруживания подледниковых потоков. В летний период, когда происходит интенсивное таяние ледника, в эти озера выносится более или менее крупный взвешенный материал. В зимнее время мощность потоков иссякает и они переносят только тонкие частицы. Поэтому в теплое время года в приледниковых озерах откладываются песчаные осадки, а в зимнее — глинистые. По сути, озерно-ледниковые отложения напоминают в некоторой степени годовые кольца нарастания у деревьев. Годичные отложения состоят из чередования темных тонких (зимних) и светлых песчаных полос. Эти отложения называют ленточными глинами.

Итак, ледники проводят огромную геологическую работу. Они разрушают, выравнивают разнообразные неровности на земной поверхности, переносят обломочный материал и аккумулируют его, при этом создается неповторимый ледниковый рельеф.

**Литература**

1. Вологдин А.Г. Земля и жизнь. – М., 1996

2. Друянов В.А. Загадочная биография Земли. – М., 2001

3. Кэлдер Н. Беспокойная Земля. – М., 1975

4. Опарин А.И. Жизнь, ее природа, происхождение и развитие. – М., 1968