***Тема 2. Природно-антропогенные особенности и функции литосферы***

***2.1.******Современные тектонические и геоморфологические процессы и их влияние на состояние окружающей среды***

**§ 14. Тектоническая** **структура литосферы**

Неоднородность строения литосферы, сложившаяся в ре­зультате ее развития на протяжении нескольких миллиардов лет, обусловила формирование в ее пределах различных структур­ных элементов. Они обладают неодинаковой степенью подвиж­ности, отличаются свойственным им геологическим строением, рельефом и протеканием природных процессов. Строение лито­сферы и ее изменение под влиянием механических, тектониче­ских движений изучает тектоника — одна из геологических наук. Крупнейшими тектоническими элементами литосферы считаются геосинклинали, платформы, щиты, краевые прогибы, плиты, срединно-океанические хребты, островные дуги и желоба.

Геосинклинали представляют собой участки земной коры, вытянутые на тысячи и десятки тысяч километров при их ширине в сотни и тысячи километров. Они состоят из геосеинклинальных прогибов, испытывающих длительное опускание и заполняющихся мощными толщами осадочных пород, горных систем и относительно малоподвижных срединных массивов — жестких глыб земной коры, которые слабо поддаются тектони­ческим движениям. В целом же геосинклинали характеризу­ются высокой подвижностью. Положительные и отрицательные движения земной коры имеют большие скорость и амплитуду.

На протяжении сотен миллионов лет геосинклинали претер­певают несколько периодов своего развития. В первый период существования геосинклинали преобладают опускание земной коры и накопление мощной толщи осадочных горных пород преимущественно в морских условиях. Во второй период разви­тия геосинклинали преобладают положительные тектонические движения. Слои земной коры, сминаются в складки. Многочис­ленные разломы приводят к образованию трещин и раздробле­нию земной коры на отдельные блоки. Наблюдаются интенсив­ное внедрение магмы в земную кору и извержение вулканов. Горообразование и вулканизм сопровождаются сильными зем­летрясениями.

На всех этих этапах развития геосинклинали тектонические процессы способствуют метаморфизму (превращение) горных пород.

В дальнейшем складчатые и глыбовые горные системы гео­синклиналей теряют подвижность. Экзогенные процессы при­водят к их разрушению и выравниванию рельефа.

Отдельные участки геосинклинали могут находиться на разных этапах ее развития. Поэтому в пределах одной геосин­клинали встречаются и территории с активным горообразова­нием, вулканизмом и землетрясениями, и территории, на кото­рых развитие геосинклинали заканчивается и уже сформиро­вались молодые платформы, или тектонические плиты.

В настоящее время находятся в стадии активного развития две геосинклинали: Тихоокеанская, окружающая кольцом Ти­хий океан и отделяющая от него прилегающие платформы, и Средиземноморская, протянувшаяся от Атлантического до Ти­хого океана и включающая север Африки (Атласские горы), Средиземное море, юг Европы со всеми ее горными системами, Черное море, юг Крыма, Кавказ, Малую Азию, Копетдаг, Памир, Гималаи и соединяющаяся с Тихоокеанской геосинкли­налью в области Малайского архипелага. Урало-Монголо-Охот­ская геосинклиналь в современную эпоху продолжает активно формироваться только в южной и юго-восточной частях, где она разделяет Сибирскую и Китайскую платформы. В запад­ной части она находится на заключительном этапе своего раз­вития. Уральские горы в ее пределах уже разрушаются, а За­падносибирская плита опустилась и перекрылась мощными осадочными отложениями.

П л а т ф о р м ы - это крупные структурные элементы земной коры. Они территориально компактны в отличие от линейно вытянутых геосинклиналей. Размеры их достигают нескольких тысяч километров в поперечнике. Мощная земная кора с проч­ным кристаллическим фундаментом обеспечивает платформам относительную тектоническую стабильность. Здесь наблюдаются лишь медленные колебательные движения земной коры с ма­лой амплитудой. На платформах в настоящее время почти отсутствует вулканизм. Для них характерен равнинный рельеф вследствие продолжительной денудации и отложения осадоч­ных горных пород.

Древнейшие докембрийские платформы Восточно-Европей­ская (Русская), Сибирская, Китайская, Индийская, Австралий­ская, Африканская, Антарктическая, Северо-Американская составляют основу современных материков. На этих платфор­мах не всегда кристаллический фундамент перекрыт осадочными отложениями. На щитах-участках платформ, испытывающих преимущественно тектонические поднятия, чехол осадочных горных пород практически отсутствует. Продукты выветривания горных пород выносятся за пределы щитов в пониженные места, а на поверхность выходят более древние кристаллические по­роды. Примером может служить в Европе Балтийский щит, в Северной Америке — Лабрадорский щит.

Молодые платформы, или плиты образовались на месте гео­синклиналей в палеозое (230—570 млн. лет тому назад) или даже в начале кайнозоя (не позднее 67 млн. лет назад). Их кристаллический фундамент перекрыт осадочными горными по­родами мощностью 3—5 км. Наиболее типичными молодыми платформами являются Западносибирская, Туранская, Скиф­ская и др.

В поздний период развития геосинклиналей на их границах с платформами возникают крупные понижения земной коры — краевые прогибы. Их формирование является следствием горообразования во внутренних областях геосинклиналей. Крае­вые прогибы заполняются огромными толщами осадочных пород морского и терригенного происхождения. В них содержатся различные полезные ископаемые, в том числе уголь, нефть и соли, оставшиеся на месте высохших морей.

На территории СССР выделяются различные тектонические структуры земной коры.

В пределы Средиземноморской геосинклинали попадают Карпаты, Крымские горы, Кавказ, Копетдаг, Памир. Курильские острова и Камчатка относятся к Тихоокеанскому геосинклинальному кольцу.

Восточно-Европейская платформа располагается на европей­ской части СССР, за исключением Урала, Кавказа, Карпат и Крымских гор. Прочный кристаллический фундамент ее разбит трещинами на множество блоков. Одни из них подняты, дру­гие опущены, что сказывается в значительной мере на совре­менном рельефе. На Восточно-Европейской платформе нахо­дятся два щита — Балтийский на северо-западе и Украинский кристаллический на юго-западе. В их пределах практически отсутствует осадочный чехол и на дневную поверхность выхо­дят древние кристаллические породы. По окраинам платформы размещаются Прикарпатский, Предкавказский, Приуральский и другие глубокие краевые прогибы, в которых мощность оса­дочных пород иногда превышает 16 км. В азиатской части СССР расположена Сибирская платформа. Древний кристал­лический фундамент на Сибирской платформе обнажен на Алданском и Анабарском щитах. Интрузии магмы в северной части платформы привели к образованию алмазоносных кимберлитовых трубок. По окраинам платформ в Ленском, Иркут­ском и других краевых прогибах в толщах осадочных пород сформировались крупные месторождения углей, солей, газа и других полезных ископаемых.

Тектоническая структура океанической земной коры изучена сравнительно слабо. Основную часть океанов с глубинами бо­лее 4000 м занимают океанические платформы. Они имеют относительно незначительную мощность. На них отсутствует гранитный слой.

Ложе океанов осложняется срединно-океаническими хребтами, которые образуют единую систему гор­ных поднятий протяженностью свыше 60 000 км. Высота их 2— 4 км при ширине 250—1000 км. Некоторые ученые считают, что образование срединно-океанических хребтов связано с глу­бинными разломами земной коры, растеканием ее и поднятием вещества мантии на поверхность. В центральной части сре­динно-океанических хребтов находятся рифтовые впадины с крутыми склонами. Глубина впадин достигает 5 км. Они воз­никли в результате тектонических разломов и опускания от­дельных участков земной коры. Крупнейшими срединно-океа-ническими хребтами являются Северо-Атлантический, Южно-Атлантический, Аравийско-Индийский, Восточно-Индийский, Восточно-Тихоокеанское поднятие и др.

На границе континентальной и океанической земной коры в океанах возникают островные дуги — тектонические под­нятия в виде подводных хребтов, вершины которых выступают над поверхностью воды. Островные дуги отделяют окраинные моря от акватории океана, как, например, Курильские, Алеут­ские, Антильские острова.

Рядом с островными дугами обычно находятся желоба — прогибы земной коры, в которых размещаются наиболее глу­бокие впадины Мирового океана: Марианский, Алеутский, Кермадек, Курило-Камчатский и др.

Незначительная толщина океанической земной коры, множе­ство тектонических разломов в ней способствуют развитию вул­канизма. Активное извержение не только вдоль островных дуг и срединно-океанических хребтов, но и в пределах океаниче­ских платформ осложняют рельеф дна Мирового океана, при­водят к образованию многочисленных вулканических островов.

Земная кора под воздействием внутренних сил Земли нахо­дится в непрерывном движении.

В настоящее время существуют две концепции движения земной коры.

Сторонники гипотезы фиксизма утверждают, что земная кора подвержена в основном вертикальным движениям, и отри­цают возможность перемещения отдельных ее участков на зна­чительные расстояния в горизонтальном направлении.

Гипотеза мобилизма, впервые сформулированная в 1912 г. А. Вегенером, предполагает не только вертикальные движения, но и горизонтальные перемещения литосферных плит на зна­чительные расстояния. Материки и обширные области океаниче­ской коры плавают по астеносфере со скоростью 1—5 см в год. Растекание океанической коры в зоне срединно-океанических хребтов приводит к расширению океанов и переформированию континентов. *Дополнительная литература: Фоменко А.Н. Общая физическая география и геоморфология: учебник / А.Н. Фоменко, В.И. Хихлуха. – М.: Недра, 1987. (стр. 25-53)*

**Роль минеральных ресурсов в воспроизводственном процессе**

Основой развития современной индустрии и ряда направле­ний научно-технического прогресса выступают минерально-сырьевые ресурсы, или ресурсы земных недр. *Минерально-сырьевые ресурсы* — это природные вещества минерального происхождения, используемые для получения энергии, сырья и материалов.

В отличие от геологического понятия "минерал" понятие "минеральные ресурсы" — экономическое и не находится в прямой зависимости от какого-либо определенного и неизменного содержания полезных веществ в горных породах. С развитием научно-технического прогресса и вовлечением в эксплуатацию месторождений полезных ископаемых с более низким содержанием полезных веществ, более высоким содержанием вредных приме­сей и менее благоприятными горно-геологическими условиями залегания круг минерально-сырьевых ресурсов расширяется.

Минеральные ресурсы как предмет труда используются в сфере производства товаров, и главным образом в промышленности, являются материальной основой и активным элементом роста производства. С достижениями науки и совершенствованием средств труда увеличивается роль минеральных ресурсов как важнейшего фактора развития и размещения производительных сил, специализации и концентрации производства.

Минеральное топливо (уголь, нефть, природный газ) — основной источник энергии в мировом хозяйстве и важнейшее промышленное сырье. Переработка минерального топлива является базой формирования многих промышленных комплексов, в том числе нефтехимических, газохимических, углехимических и т.п. Развитие ведущих отраслей тяжелой индустрии, прежде всего черной и цветной металлургии, не может обойтись без рудного сырья. Велика роль минерального сырья в химической промышленности, которая широко использует апатиты и фосфориты, поваренную и калийную соли, серу и другое горно-химическое сырье. Некоторые минералы и продукты их химической переработки применяются в виде лекарств и радиоактив­ных веществ для лечебных целей и т.д.

Минеральные ресурсы выступают материальной основой раз­вития строительного комплекса, прежде всего в промышленности строительных материалов для производства цемента, кирпича, извести, в качестве заполнителей бетона и железобетона, стеновых материалов и конструкций, стекла и керамических изделий. Часть минерального сырья (песок, гравий и др.) в нату­ральном виде поступает непосредственно на предприятия строительной индустрии.

Для минерально-сырьевых ресурсов характерны:

* резкая неравномерность размещения;
* невозобновляемость конкретных видов ресурсов;
* возможность восполнения путем разведки и освоения но­вых объектов;
* большое разнообразие горнотехнических и природно-экономических условий эксплуатации;
* ограниченность крупных и относительно благоприятных месторождений при значительной их рассредоточенности.

Новыми минеральными ресурсами технического прогресса становятся редкие и редчайшие элементы земной коры. Без них невозможно развитие современной техники, многих отраслей промышленности, которые требуют высокопрочных, кислотоупорных, жаростойких, антикоррозийных и в то же время легких по весу материалов. Среднегодовая мировая добыча полез­ных ископаемых (включая топливно-энергетические) к концу XX ст. достигла 8—10 млрд. т. В предстоящее столетие человечеству потребуется значительно больше минеральных ресурсов, чем использовалось на предыдущих этапах его развития.

Несомненно, использование достижений научно-технического прогресса значительно расширит добычу полезных ископа­емых из глубин земной коры, из океанической воды и морского Дна, где сосредоточены огромные запасы самых разнообразных минералов. Для получения минерального сырья более широко будут использоваться руды и обычные горные породы, содержа­щие богатейшие ресурсы различных химических элементов.

**10.2. Общая характеристика и классификация полезных**

**ископаемых**

Все ископаемые вещества (твердые, жидкие и газообразные) и геотермальная энергия сосредоточены в верхних слоях земной коры. Числовая оценка среднего содержания химических элементов в недрах Земли, различных типах горных пород производится с использованием *кларка* данного вещества (выражается в процентах, в г/т и др.). Более 99 % массы земной коры составляют кларки следующих элементов: кислорода — 47 %, кремния — 29,6, алюминия — 8,05, железа — 4,65, кальция — 2,96, натрия — 2,50, калия — 2,5, магния — 1,87 %. Знание кларков важно при поисках и промышленной оценке месторож­дений полезных ископаемых.

Полезным ископаемым (минеральным сырьем) принято называть природное минеральное образование земной коры неорганического и органического происхождения, кото­рое может быть использовано в народном хозяйстве.

Залежи горных пород, которые обогащены одним или несколь­кими минералами (независимо от их практической ценности), по­лучили название просто минеральных (геологических) месторождений. Те из них, которые представляют естес­твенные скопления полезных ископаемых, по количеству, качес­тву иусловиям залегания пригодные для промышленного и иного хозяйственного использования, называются месторожде­ниями полезных ископаемых. Минеральные скоп­ления с небольшими запасами или бедными рудами (что делает разработку экономически нецелесообразной) принято рассматри­вать как рудопроявления. В случае усовершенствования техники добычи и извлечения полезных компонентов рудопрояв­ления могут перейти в разряд промышленных месторождений.

Полезные ископаемые, в зависимости от области хозяйствен­ного применения, подразделяются на группы:

* топливно-энергетическую (нефть, природный газ, ископа­емый уголь, горючие сланцы, торф, урановые руды);
* рудную, являющуюся сырьевой основой черной и цветной металлургии (железная и марганцевая руды, хромиты, бокситы, медные, свинцово-цинковые, никелевые, вольфрамовые, молибденовые, оловянные, сурьмяные руды, руды благородных металлов и др.);
* горно-химическогосырья (фосфориты, апатиты, поваренная, калийные имагнезиальные соли, сера и ее соединения, барит, борные соли, бром и йодсодержащие растворы);
* природных (минеральных) строительных материалов и нерудных полезных ископаемых, к которым примыкают поделочные, технические и драгоценные камни (мрамор, гранит, яшма, агат, горный хрусталь, гранат, корунд, алмаз и др.);

4 *гидроминеральные* (подземные пресные и минерализован­ные воды).

Группировка минерально-сырьевых ресурсов носит услов­ный характер, так как области хозяйственного использования одних и тех же полезных ископаемых могут быть различными. Например, нефть и газ — не только экономичные виды топлива, но иважнейшее технологическое сырье для химической про­мышленности.

Количественная оценка минеральных ресурсов выражается запасами полезных ископаемых, выявленных и разведанных. Величина разведанных запасов минерального сырья изменяется в зави­симости от размеров добычи полезных ископаемых, степени разведанности (прироста разведанных запасов), а также от развития геологических знаний о строении земной коры и возможных концентрациях полезных ископаемых в различных ее частях.

Данные геологической разведки позволяют вычислять объем тел полезных ископаемых, а при умножении объема на плот­ность определяются запасы полезных ископаемых в весовом ис­числении. При подсчете запасов жидких и газообразных полез­ных ископаемых помимо объемного метода применяется способ расчета по притокам в скважинах. Для некоторых месторожде­ний полезных ископаемых, кроме того, подсчитывается коли­чество содержащихся в них запасов ценных компонентов, нап­ример, запасы металлов в рудах. Запасы полезных ископаемых в недрах земли измеряются в кубических метрах (строительные материалы, горючие газы и др.), в тоннах (нефть, уголь, руда), в килограммах (благородные металлы), в каратах (алмазы).

Величины запасов полезных ископаемых обладают различ­ной достоверностью их подсчета, зависящей от сложности гео­логического строения месторождений и детальности их геологи­ческой разведки. По степени достоверности определения запа­сов они разделяются на категории. В странах СНГ, как и в быв­шем СССР, действует классификация с разделением на четыре категории: А, В, С, и С2.

Запасы категории А являются наиболее разведанными, с точно определенными границами залегания и вполне подготовленными для добычи. К категории В относятся предварительно разведанные запасы полезных ископаемых с примерно опреде­ленными границами залегания. В категорию С, включают раз­веданные в общих чертах месторождения с запасами, подсчи­танными с помощью экстраполяции геологических данных. К категории С2 относятся перспективные запасы, выявленные за пределами разведанных частей месторождений. Как правило, Данные о запасах полезных ископаемых категорий *А* и *В* используются при разработке текущих планов и прогнозов развития народного хозяйства. Остальные категории запасов *(С,* и *C*2,) учи­тываются при обосновании долгосрочных прогнозов, планиро­вании геологоразведочных работ.

Запасы полезных ископаемых подразделяют также по их пригодности для использования в народном хозяйстве на балан­совые и забалансовые. К *балансовым* принадлежат такие запасы, которые целесообразно разрабатывать при современном уровне техники и экономики; к *забалансовым —* запасы, которые при имеющейся технике не могут быть эффективно исполь­зованы. Существует также категория *прогнозных —* геологичес­ких запасов, оцениваемых приближенно в качестве возможных. Экономическая оценка полезных ископаемых, как и других видов природных ресурсов, основывается на исчислении диффе­ренциальной ренты, которая здесь получила название дифференциальной горной ренты. Основным оценочным по­казателем является показатель эксплуатационной ценности ресурсов*.* Он представляет собой денежное выражение макси­мально возможного народнохозяйственного экономического эффекта, приносимого данным видом ресурсов. Эксплуатационная ценность природного ресурса определяется как разность между величиной денежной оценки продукции, полученной из ресур­са, и прямыми затратами на его добычу и переработку.

Важнейший принцип экономической оценки полезных ис­копаемых — соблюдение народнохозяйственных интересов при выборе оптимального варианта использования ресурсов. Здесь предполагается, прежде всего, комплексное их освоение, макси­мальное снижение потерь при добыче и переработке, соблюде­ние природоохранных мероприятий.

Расчетная денежная оценка (****) месторождения полезных ископаемых проводится по формуле

 **** (10.1)

где **** — извлекаемые запасы в пересчете на конечную продукцию; **** — срок отработки запасов; Z — замыкающие затраты для данного района (или по стране в целом) на конечную продукцию, то есть предельно допустимые затраты на прирост производства данной продукции горной промышленности на прогнозируемом отрезке времени (в определенных условиях функции замыкающих затрат могут выполнять мировые цены); ****— расчетные текущие эксплуатационные затраты на единицу конечной продукции; **** — коэффициент учета фактора времени, вклю­чая расчетный срок эксплуатации оцениваемого месторождения (рассчитывается по особой формуле); ****— предстоящие капитальные вложения, связанные с разведкой, разработкой, переработкой единицы годовой конечной продукции с учетом фактора времени (то есть приведенные к году оценки).

**10.3. Оценка полезных ископаемых Республики Беларусь**

Геологические исследования, интенсивно проводимые в послевоенные годы, опровергли ранее существовавшее представление о Беларуси как стране бедной на минерально-сырьевые ре­сурсы. В настоящее время в ее недрах выявлено и разведано почти 5 тыс. месторождений, представляющих около 30 видов ми­нерального сырья. Важнейшими полезными ископаемыми, до­быча которых наиболее существенно воздействует на экономику страны, являются калийные и каменные соли, нефть, торф, строительные материалы и сырье для их производства, подзем­ные пресные и минеральные воды. Топливные минеральные ресурсы Беларуси включают нефть, нефтяные газы, торф, бурый уголь и горючие сланцы.

Всего учтено 58 месторождений нефти, из них около 30 эк­сплуатируются, а остальные относятся к категории разведывае­мых или законсервированных. В соответствии с количественной оценкой нефтеносности начальные извлекаемые ресурсы нефти оцениваются в 338,3 млн. т, остаточные запасы промышленных категорий А + В + С, — в 67,6 млн. т и 8,4 млрд. м3 попутного га­за. Обеспеченность разведанными запасами нефти на уровне го­довой добычи (около 2,0 млн. т) составляет примерно 35 лет. Потребности народного хозяйства в нефти возрастают (в 2010 г. достигнут 15,0 млн. т), и нынешние объемы добычи смогут их покрыть лишь на 10—15 % .

Торфяные ресурсы значительно истощены вследствие интен­сивного использования на предыдущих этапах экономического развития Беларуси. Если общие прогнозные ресурсы торфа оце­ниваются в 3,0 млрд. т, то для промышленной добычи пригодно лишь 240 млн. т. Остальные запасы находятся в пределах приро­доохранных зон или входят в состав земельного фонда. Годовая добыча топливного торфа составляет около 4 — 5 млн. т, и при­мерно столько же добывается торфа для нужд сельского хозяй­ства, что обеспечивает потребности на 20—25 лет. Все это потре­бовало научно обоснованного подхода к комплексному использованию торфяного фонда страны, что нашло отражение в "Схеме рационального использования и охраны торфяных ресурсов Рес­публики Беларусь на период до 2010 г.", в частности, предусмат­ривается увеличение природоохранного фонда до 30 % общей площади торфяных массивов.

Бурые угли выявлены на территории Белорусского Полесья, прогнозные запасы составляют 1350,8 млн. т. Наиболее изучены три месторождения — Житковичское, Бриневское и Тонежское с общими запасами 150,0 млн. т. Разработан проект строительст­ва Житковичского разреза мощностью в 2 млн. т угля в год. В перспективе бурые угли могут быть реальным источником энер­гетического и местного бытового топлива, а также применяться в качестве сырья для отдельных химических производств.

Залежи горючих сланцев на юге Беларуси образуют круп­ный сланцевый бассейн площадью более 20 тыс. км2. Прогноз­ные запасы (до глубины 600 м) оцениваются в 11 млрд. т, предва­рительно изучены Любанское и Туровское месторождения. Го­рючие сланцы рассматриваются в качестве потенциальной сы­рьевой базы для развития энергетики, химической промышлен­ности и производства строительных материалов.

Горно-химическое сырье представлено калийными и каменными солями, фосфоритами, минерализованными рас­солами. Наибольшее народнохозяйственное значение имеют калийные соли, промышленные запасы которых по двум разве­данным месторождениям (Старобинскому и Петриковскому) со­ставляют 6,9 млрд. т, а прогнозные — свыше 80 млрд. т. Разраба­тывается Старобинское месторождение, на базе которого работа­ют четыре рудоуправления ПО "Беларускалий". Перспективы Детриковского месторождения связаны с внедрением высоко­рентабельной технологии получения калийного концентрата из солей с повышенным содержанием хлористого магния.

Запасы каменной соли оцениваются как практически не­исчерпаемые. Только на трех разведанных месторождениях (Мозырском, Давыдовском и Старобинском) они превышают 22 млрд. т. Эксплуатируется Мозырское месторождение, на базе которого работает солевыварочный комбинат с объемами годовой добычи около 400 тыс. т соли, расширяются поставки пищевой соли на экспорт. Каменная соль может быть также использована в качестве сырья для производства кальцинированной соды.

На территории Беларуси выделены два фосфоритоносных бассейна: Сожский — на востоке и Припятский — на юге. Сожский бассейн включает два предварительно разведанных место­рождения: Мстиславльское и Лобковичское (прогнозные запасы оцениваются в 30 млн. т), а также ряд перспективных площадей. В пределах Припятского фосфоритоносного бассейна выявлен Брестский фосфоритоносный район (прогнозные запасы фос­форного ангидрида — 52,9 млн. т). Необходим поиск месторож­дений фосфоритов с более благоприятными условиями залега­ния и более высоким качеством руды.

Территория Беларуси перспективна на руды черных и цветных металлов. Открыты два месторождения желез­ных руд (Околовское и Новоселковское) с общими запасами по категории А + В + С, 340 млн. т и прогнозными — 1,5 млрд. т, их использование во многом будет определяться решением топлив­но-энергетической проблемы в стране. Болотные железные ру­ды встречаются почти повсеместно, известно более 300 место­рождений, до 60-х годов XIX ст. на них работали местные метал­лургические предприятия. В настоящее время болотные желез­ные руды служат сырьем для производства минеральных кра­сок. В осадочных породах Припятского прогиба обнаружены за­лежи давсанитовых руд (Заозерное месторождение), перспектив­ные в качестве сырья для производства глинозема и кальциниро­ванной соды. В породах кристаллического фундамента Беларуси обнаружено месторождение редкоземельно-бериллиевых руд.

Беларусь имеет довольно мощную минерально-сырьевую базу Для производства строительных материалов. Наи­более значительны запасы цементного сырья, доломита, мела, строительного и облицовочного камня, глин для производства грубой керамики и легких заполнителей, силикатных и строительных песков, песчано-гравийных и других материалов. Вме­сте с тем ощущается дефицит в стекольных песках, глинах для производства качественного кирпича.

Расширяются исследование и вовлечение в эксплуатацию минеральных подземных вод. Разведано 58 источни­ков минеральных вод с общими запасами 14320,8 м3в сутки, разрабатывается 50 источников. Минеральные воды использу­ются для целей санаторно-курортного лечения, а также реали­зуются через торговую сеть в качестве минеральных лечебных и столовых вод.

Богата Беларусь минеральными рассолами, запасы которых в пределах Припятского прогиба оцениваются в 1830 км3. Они содержат 680\*109 т минерального вещества. Высокоминерализо­ванные рассолы (порода получила название "беларусит") могут служить сырьевой базой для получения йода, брома, калия, магния и многих других элементов. Разработан проект "Про­мышленные рассолы Припятского прогиба", реализация кото­рого позволит ежегодно получать около 160 т брома и 1,2 т йода. Перспективны также поиски на территории Беларуси новых месторождений руд черных и цветных металлов, алмазов, золо­та, янтаря и других видов полезных ископаемых. *Шимова, О.С. [и др.]. Основы экологии и экономики природопользования: учебник / О.С. Шимова, Н.К. Соколовский. – Минск: БГЭУ, 2002. (стр. 134-140)*

§ 9. Внутреннее строение Земли

Рис. 8. Схема внутреннего строения Земли

Земля состоит из газо­образных, жидких и твер­дых веществ. В целом на­блюдается закономерное увеличение плотности и массы вещества от перифе­рии к центру нашей пла­неты, в результате чего сформировалось несколько оболочек, которые отлича­ются между собой построе­нию, вещественному со­ставу и свойствам (рис. 8).

 Изучение внутреннего строения Земли сопряжено с большими трудностями. Человек проник в недра с помощью бурения на глу­бину немногим более 10 км. Но, применяя косвенные методы исследования, в пер­вую очередь сейсмические, ученые смогли заглянуть внутрь планеты. Сейсмические волны явились тем «лучом», который помог увидеть внутренние геосферы Земли.

При землетрясениях и искусственных взрывах по телу Земли распространяются колебательные движения различного харак­тера. По земной поверхности от очага землетрясения расхо­дятся поверхностные волны. Они похожи на волны, воз­никающие на водной поверхности, и имеют незначительную скорость. Поперечные волны вызываются колебанием вещества в направлении, перпендикулярном к направлению еолны. Эти волны распространяются только в твердом веще­стве и затухают в газообразной и жидкой среде. Продольные волны возникают при растяжении и сжатии вещества, т. е. его смещении относительно своего среднего положения. Эти волны распространяются в газообразной, жидкой и твердой среде, достигая наибольшей скорости—до 14 км/с.

Анализ сейсмограмм показал, что в теле Земли разные уча­стки волны проходят с различной скоростью. Резкое изменение скорости прохождения волн на определенных глубинах свиде­тельствует о границах твердого, пластичного или жидкого ве­щества. Затухание поперечных волн на отдельных глубинах по­зволяет утверждать, что дальше залегает вещество в жидком или пластичном состоянии.

Верхняя твердая оболочка Земли называется литосфе­рой. До 60-х годов XX в. понятия литосфера и земная кора являлись синонимами и обозначали твердую оболочку Земли. В настоящее время установлено, что литосфера неоднородна. Верхнюю часть ее составляет земная кора, в которой скон­центрированы наиболее легкие химические элементы и их со­единения. Нижняя часть литосферы — с у б с т р а т, залегает на глубинах до 50 км под океанами и до 100 км под материками. Вещество в нижней литосфере находится в более плотном со­стоянии. На глубинах от 5 до 70 км находится поверхность (или *раздел) Мохоровичича,* разделяющая земную кору и суб­страт. Здесь резко возрастает скорость сейсмических волн — от 5 до 8 км/с.

Ниже литосферы находится мантия — самая мощная из оболочек планеты. Мантия сложена силикатными породами, со­держащими оксиды кремния, магния и. железа. Вещество в ман­тии находится в твердом кристаллическом состоянии. Скорость прохождения сейсмических волн возрастает от 8 до 14 км/с у нижней границы мантии.

Мантия делится на верхнюю и нижнюю. Верхняя ман­тия простирается от границы литосферы до глубины 900 км. От кровли ее до глубины 250—350 км находится астеносфера, или ослабленная зона. Вязкость вещества в астено­сфере меньше, чём в слоях, расположенных выше ее. Поэтому предполагают, что происходит перемещение вещества в лито­сфере в горизонтальном направлении вследствие неравномерной нагрузки земной коры на различных участках. Этим объясня­ются перемещение литосферных плит, движение материков. В астеносфере протекают процессы, вызывающие вулканиче­скою деятельность и землетрясения.

Нижняя мантия располагается на глубинах от 900 до 2900 км. Она отличается более однородным строением и высо­кой плотностью вещества. Атомы кристаллов в нижних слоях мантии находятся в плотнейшем состоянии вследствие высокого давления.

Центральную часть планеты занимает ядро. В составе ядра преобладают тяжелые элементы (железо и никель) с при­месью более легких компонентов (серы, кремния, кислорода). Ядро делится на внешнее и внутреннее. Внешнее ядро как бы жидкое. Оно подобно воде не пропускает поперечные сейсмиче­ские волны. На границе мантии и ядра скорость продольных сейсмических волн резко падает—с 14 до 8 км/с. В пределах ядра скорость их возрастает до 11 км/с к центру. Внутреннее ядро состоит из твердого вещества. Оно располагается глубже 4980 км.

Средняя плотность вещества Земли 5,52 г/см3. Но она не­однородна и увеличивается с глубиной от 2,7 г/см3 в верхней части литосферы до 5,5 г/см3 на границе мантии и ядра. В цен­тре земного ядра плотность вещества достигает 13 г/см3. Воз­растание плотности вещества по мере приближения к центру Земли объясняется увеличивающейся концентрацией тяжелых химических элементов и плотной упаковкой атомов в условиях огромного давления, которое составляет 101 325- 103 кПа в ниж­ней мантии и около 303975-Ю3 кПа в центре ядра.

Земля, состоящая из достаточно большой массы материи, обладает сильным гравитационным полем—полем силы тяже­сти. Сила тяжести действует на любую материальную частицу в пределах нашей планеты. Она незначительно уменьшается от полюсов к экватору (на 0,5%)- На земной поверхности сила тяжести зависит от структуры литосферы и состава горных пород в ней.

Сила тяжести существенно влияет на все процессы, происхо­дящие на Земле: формирование геосфер, структуры земной коры, рельефа, циркуляцию атмосферы и гидросферы и др. Действием гравитации объясняется шарообразная форма Земли. Сила тяжести удерживает вокруг Земли атмосферу, обеспечи­вает возможность существования жизни на Земле.

В результате проведения гравиметрической съемки полу­чают характеристики гравитационного поля для различных районов Земли. Составленные по данным такой съемки грави­метрические карты используют для определения геологических структур и поисков полезных ископаемых. Гравиметрические измерения обеспечивают точное определение фигуры Земли, расчеты траекторий полетов искусственных спутников.

Внутренние геосферы Земли существенно влияют на фор­мирование географической оболочки Земли. Постоянная диф­ференциация вещества в теле Земли (перемещение более тяже­лых элементов вглубь и всплывание более легких на поверх­ность) определила химический состав литосферы, явилась одним из факторов, влияющих на ее тектоническое строение,, на рельеф земной поверхности. В течение геологического раз­вития благодаря внутренним процессам, в том числе вулка­низму, на Земле появились атмосфера и гидросфера. Современ­ные тектонические движения земной коры, вулканизм и земле­трясения являются следствием

**§ 10. Внутреннее тепло Земли**

Земля содержит огромное количество тепловой энергии. Согласно гипотезам о происхождении Земли из звездного вещества и ее дальнейшем остывании земное тепло считали остаточным. В настоящее время в соответствии с гипотезой О. Ю. Шмидта о происхождении Земли из холодных твердых тел путем аккумуляции их вокруг наиболее твердого ядра про­исхождение внутреннего тепла Земли объясняется иначе.

Наиболее вероятным является разогрев первоначально хо­лодной Земли за счет тепла, выделяющегося при радиоактив­ном распаде урана, тория и других элементов. Другим важным источником внутреннего тепла Земли следует считать гравита­ционную энергию, выделяющуюся при сжатии вещества в усло­виях огромных давлений внутри Земли. Определенное количе­ство тепла образуется в результате различных хтических ре­акций, происходящих в геосферах Земли.

Солнечное тепло не является источником внутренней энер­гии Земли, так как оно проникает только в самые верхние слои земной коры. Суточные колебания температуры" почво-грунтов наблюдаются обычно до глубины 2 м, а годовые — до *20* м. Чем больше амплитуда летних и зимних температур воз­духа, тем глубже в земной коре наблюдается колебание тем­пературы по сезонам года. Следовательно, в умеренном и холодном климатах на глубине в несколько десятков метров залегает изотермический горизонт, сохраняющий в те­чение всего года постоянную температуру, близкую к средней годовой температуре воздуха соответствующей местности. Ниже изотермического горизонта наблюдается постоянное повышение температуры. Непосредственные измерения ее доступны только в верхних слоях земной коры на глубинах до 10 км. На боль­ших глубинах она определяется косвенно—по температуре лав вулканов и по некоторым данным геофизических измерений.

Особенности распределения температур в земной коре харак­теризуются геотермическим градиентом — величиной, на которую повышается температура горных пород с увеличе­нием глубины на 100 м. Средняя величина геотермического градиента 3 °С. Соответственно геотермическая сту­пень—глубина в метрах в земной коре, соответствующая повышению температуры на 1 °С, в среднем равна 33 м. Но на различных участках земной коры величина геотермической сту­пени колеблется от 5 до 200 м в зависимости от характера рельефа, состава и теплопроводности горных пород, циркуляции подземных вод, наличия очагов вулканизма, химических реакций, происходящих в земной коре и др. С глубиной величина геотермической сту­пени сильно возрастает.

На границе литосферы и мантии температура достигает 600°С, а в очагах активного магматизма даже до 1200 °С, о чем свидетельствует температура лавы, изливающаяся на дневную поверхность при извержении вулканов. На границе мантии и ядра температура вещества составляет около 4000 °С, ;а к центру ядра увеличивается до 5000—5700 °С.

Высокая температура внутри Земли размягчила вещество, придала ему пластичность, а в отдельных очагах расплавила его. Это способствовало дифференциации вещества по геосфе­рам, опусканию тяжелых элементов на большие глубины и пере­мещению более легких в земную кору. Внутренняя энергия Земли вызывает развитие тектонических процессов, проявле­ние землетрясений и вулканизма, образование крупных форм рельефа земной поверхности.

Однако тепловой поток, непрерывно поступающий из недр Земли к ее поверхности, рассеивается в окружающем простран­стве, практически не влияя на климат планеты, так как он в 4000 раз меньше количества тепла, получаемого Землей от Солнца.

Внутреннее тепло Земли частично используется как дешевый источник энергии.

**§11. Магнетизм Земли**

В результате сложного движения вещества внутри Земли под действием сил гравитации и тепловой конвекции, а также притяжения Луны и Солнца, изменяющих положение земной оси, на нашей планете возникло магнитное поле.

Околоземное пространство, в пределах которого проявляется влияние земного магнетизма, называется магнитосферой Земли. Форма магнитосферы напоминает комету с хвостом, на­правленным в сторону от Солнца. С дневной стороны граница магнитосферы довольно четкая и находится на расстоянии '60 000—80 ООО км от поверхности Земли, а с противополож­ной— слабо выраженная и простирается на расстояние не ме­нее 5 млн. км. Асимметрия магнитосферы объясняется дейст­вием солнечного ветра, который, наталкиваясь на магнитное поле Земли, сжимает и обтекает его.

В магнитосферу проникают заряженные частицы из косми­ческого пространства и образуют радиационные пояса, нижняя граница которых находится на высоте 600—1000 км. Когда по­токи заряженных частиц вдоль силовых магнитных линий проникают в верхние слои атмосферы в районах магнитных полюсов, они вызывают полярные сияния.

В магнитном поле Земли выделяют Северный и Южный магнитные полюса. Они не совпадают с географическими полюсами.

Силовые магнитные линии соединяют магнитные полюса Земли. Магнитная стрелка показывает направление магнитных меридианов, соответствующих силовым линиям. Обычно на­правления географического и магнитного меридианов не со­впадают. Угол между географическим меридианом и направ­лением магнитной стрелки (магнитным меридианом) назы­вается магнитным склонением. Склонение считается, восточным (имеет знак+)> если стрелка отклоняется к востоку" от географического меридиана, и западным (имеет знак —), если она отклоняется к западу от него.

Для определения направления географического меридиана: или азимута необходимо отклониться от магнитного меридиана на величину угла склонения вправо, если склонение западное или влево, если оно восточное. На магнитных картах проводят-изогоны—линии одинакового склонения. Нулевая изогона со­единяет точки, где стрелка компаса совпадает с направлением: географических меридианов.

Магнитное поле Земли неодинаково в различных ее районах. Сильное магнитное поле образует Восточно-Сибирскую и Бра­зильскую огромные мировые магнитные аномалии. Они вы­званы процессами, создающими главное магнитное поле Земли. Их влияние распространяется на тысячи километров у поверх­ности Земли и на значительную часть магнитосферы по высоте,, в частности, они приближают нижнюю границу радиационных: поясов к земной поверхности.

Региональные магнитные аномалии связаны с наличием: большого количества железных руд в земной коре. К таким аномалиям относятся Курская, Криворожская, Кременчугская и др. Региональные магнитные аномалии быстро затухают с вы­сотой и на поверхности Земли, поэтому они являются надеж­ным показателем для поисков месторождений железных руд.

Направление оси свободно подвешенной магнитной стрелки: строго соответствует направлению магнитных силовых линий. На магнитном экваторе, который не совпадает с географиче­ским, стрелка параллельна земной поверхности. За пределами магнитного экватора она образует угол наклона, который на­зывается магнитным наклонением. Последнее увели­чивается с удалением от экватора и на магнитных полюсах равно 90°. Так как силовые линии здесь перпендикулярны к земной поверхности, то и стрелка находится в вертикальном положении.

Магнитное поле Земли испытывает непрерывные изменения во времени. Это приводит к отклонению величин элементов земного магнетизма от их среднего значения в точках наблю­дения, изменению местоположения магнитных полюсов Земли. Вековые магнитные вариации объясняются, по-видимому, мед­ленным перемещением вещества в глубинах Земли и измене­нием солнечной активности. Изменение магнитного поля Земли вызывает необходимость систематически, через 5-10 лет вы­полнять магнитную съемку и составлять новые магнитные карты.

Непродолжительные сильные возмущения магнитного поля Земли называются магнитными бурями. Они длятся от нескольких часов до нескольких суток и вызываются потоками солнечной плазмы в периоды высокой активности Солнца. До­стигая Земли, солнечная плазма резко увеличивает сжатие магнитосферы и, соответственно, изменяет элементы земного магнетизма, частично проникает внутрь магнитосферы, осо­бенно в полярных областях. Процессы в магнитосфере вызы­вают образование электрических токов, полярные сияния, нару­шение радиосвязи, усиление циклонической деятельности в атмо­сфере.

Магнетизм существенно влияет на природу Земли, исполь­зуется в практической деятельности людей. Магнитосфера вместе с атмосферой защищают органическую жизнь на Земле от губительных космических излучений. Исследование магнит­ных аномалий позволяет вести разведку полезных ископаемых. Электромагнитные методы помогают изучать внутреннее строе­ние Земли, определять существующие там давление и темпе­ратуру. Явление магнетизма используется для ориентирования на местности, прокладки курсов морских судов и самолетов, в военном деле, в маркшейдерской работе и особенно при про­изводстве геодезических работ и топографических съемок.

**§ 12. Общая характеристика поверхности Земли**

Поверхность Земли имеет сложный рельеф. Он сформиро­вался в течение длительного развития под влиянием внутрен­них и внешних процессов.

В н у т р е н н и е, или эндогенные процессы обусловлены внутренней энергией Земли. Непрерывное" образование тепла в недрах Земли сопровождается его перераспределением. Про­исходит поднятие тепла в верхние геосферы, а также гравитационное расслоение, поднятие и опускание материала, который размягчился или даже расплавился в очагах активного маг­матизма.

Основные эндогенные процессы — магматизм, вулканизм, тектонические движения, сопровождаемые разломами лито­сферы и складкообразованием,— создают крупные неровности рельефа земной поверхности. Эти процессы сопровождаются метаморфизацией горных пород и образованием различных полезных ископаемых.

Внешние, или экзогенные процессы обусловлены главным образом солнечной энергией, поступающей на Землю в виде тепла и света, и силой тяжести. Они протекают на по­верхности Земли или на незначительной глубине в земной коре в виде механического, физического и химического взаимодейст­вия ее с атмосферой и гидросферой.

Не все экзогенные процессы в равной мере преобразуют земную поверхность. Наиболее активными являются выветрива­ние горных пород, эрозия и денудация-(работа поверхностных вод), карст (работа подземных вод), дефляция (работа ветра), экзарация (работа ледников), абразия (работа воды морей и океанов). В последнее время чрезвычайно возросло влияние че­ловека на географическую среду, в том числе и на рельеф земной поверхности.

Экзогенные процессы направлены на разрушение гор и воз­вышенностей, заполнение осадками понижений, т. е. на вырав­нивание рельефа земной поверхности.

Эндогенные и экзогенные процессы протекают на земной поверхности повсеместно и одновременно. В зависимости от конкретных природных условий ведущую роль играют то одни, то другие. Если более интенсивно проявляются эндогенные процессы, то происходит образование горных хребтов, глубоких впадин и других крупных неровностей рельефа, увеличивается амплитуда высот земной поверхности. При большей интенсив­ности экзогенных процессов, ведущих к разрушению крупных форм рельефа и денудации продуктов разрушения, наблю­дается нивелирование рельефа, снижение абсолютных и отно­сительных высот земной поверхности.

На Земле наблюдается сложное чередование суши и водной поверхности, в пределах которых по-разному протекают при­родные, особенно экзогенные процессы.

Общая поверхность Земли составляет 510 млн. км2, 361 млн. км2, т. е. 71 %, занимает Мировой океан. Он расчленя­ется материками и островами на Тихий, Атлантический, Индий­ский и Северный Ледовитый океаны. Средняя глубина Миро­вого океана около 3800 м, но его рельеф отличается большим разнообразием. Более доступен для освсения и богат органиче­ской жизнью шельф — примыкающая к материкам часть Ми­рового океана с глубинами до 200 м. Наибольшие глубины в океанах располагаются у их окраин. Максимальная глубина 11022 м обнаружена в Марианской впадине в Тихом океане. Средняя часть океанов, как правило, занята подводными хреб­тами высотой в несколько километров, протянувшимися на мно­гие тысячи километров. В Мировом океане происходит накопле­ние огромных толщ осадочного материала за счет выноса с суши продуктов разрушения горных пород, абразии морских берегов и отложения остатков умерших организмов.

Суша занимает 149 млн. км2 (т. е. 29%) земной поверхно­сти. Она состоит из материков Евразии, Африки, Австралии, Северной Америки, Южной Америки, Антарктиды и огромного количества островов. Средняя высота суши над уровнем моря 875 м, а максимальную высоту 8848 м имеет Джомолунгма (Эверест) в Гималаях.

Для всех материков характерны значительные поднятия поверхности по их периферии. К наиболее мощным из них от­носятся горная система, протянувшаяся по югу Евразии от Пиренеев до Гималаев, и горный пояс из Кордильер и Анд, занимающих западные окраины Северной и Южной Америки. В центральных областях материков расположены огромные низменности, например, Амазонская и Ла-Платская в Южной Америке, Восточно-Европейская и Западно-Сибирская равниныи Туранская низменность в Евразии.

Материки в значительной мере отличаются между собой по размерам и характеру рельефа (табл. 2). Наиболее крупным и сложным по строению рельефа является материк Евразия. В результате накопления огромной толщи льда Антарктидаимеет среднюю высоту поверхности 2040 м — наибольшую средивсех материков.

Наблюдаются резкие отличия в распределении суши и водной поверхности в северном и южном полушариях. В северомполушарии суша занимает 39 % поверхности по сравнениюс 19 % в южном полушарии. В умеренных широтах северного полушария суша почти сплошным кольцом охватывает земнойшар, в то время как в южном полушарии в этих же широтахпреобладает водная поверхность Мирового океана. В полярных широтах северного полушария находится Северный Ледовитой океан, а в южном полушарии — континент Антарктида.

Рис. 9. Гипсографическая кривая

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Площадь, млн. км2 | Средняя высота, м | Наивысшие точки на материках, и |
| Евразия | 54,9 | 840 | г. Джомолунгма (Эверест), 8848 |
| АфрикаСеверная Америка Южная Америка Антарктида Австралия | 30,3 24,2 17,8 И,1 7,7 | 750 720 580 2040 350 | г. Килиманджаро, 5895 г. Мак-Кинли, 6194 г. Аконкагуа, 6960 массив Винсон, 5140 г. Косцюшко, 2230 |

Таблица 2

Характеристика материков

Глава 2 ЛИТОСФЕРА

**§ 13. Состав и строение литосферы**

В XIX в. бурно развивается геохимия — наука о химическом составе Земли, распространенности в ней химических элементов. Верхняя часть литосферы, более доступная для непосредственных исследований, изучена лучше по сравнению с ее глубинными слоями. Наиболее существенные исследования по геохимии литосферы выполнили американский геолог Ф. Кларк и советские академики А. Е. Ферсман и А. П. Виноградов.

Изучение горных пород, отобранных на земной поверхности и при бурении скважин, и продуктов извержения вулканов, выброшенных на земную поверхность из глубин, недоступных непосредственным исследованиям, а также результаты геофизических исследований позволили определить химический состав литосферы.

Ниже перечислены наиболее распространенные химические элементы в литосфере в порядке их убывания (по данным А. П. Виноградова, в процентах): сферы. Лишь 8 первых элементов образуют 99 % литосферы. Остальные 84 элемента таблицы Менделеева рассеяны в литосфере, их содержание измеряется иногда миллиардными долями. Химические элементы образуют минералы и горные породы. Они распространены в литосфере очень неравномерно. Местами их концентрация увеличивается в тысячи раз и более. Такие участки называются месторождениями полезных ископаемых.

Земная кора, сформированная в процессе длительного развития планеты, имеет сложное строение. Выделяются континентальный и океанический типы земной коры (рис. 10),.

Континентальная земная кора размещается в основном в пределах материков и шельфа. Средняя ее мощность 3545 км, но она изменяется от 15 км на границе с океанической корой до 70 км и более в районах мощных горных систем. Она состоит из трех слоев.

Верхний осадочный слой сложен осадочными горными породами. Он почти повсеместно покрывает нижележащий кристаллический фундамент и имеет мощность от 0 до 15—20 км.

В верхней части кристаллического фундамента в пределах континентальной земной коры под осадочным слоем залегает так называемый гранитный слой. В местах отсутствия осадочного слоя он выходит непосредственно на дневную поверхность. Он сложен более легкими и светлыми кристаллическими породами типа гранитов и имеет мощность до 40 км. На границе континентальной земной коры гранитный слой выклинивается и в пределах океанической земной коры практически отсутствует.

Ниже гранитного слоя располагается базальтовый слой, состоящий из более плотных и темных пород — базальтов и габбро. Мощность базальтового слоя колеблется в пределах 15—35 км.

В гранитном, и базальтовом слоях в значительных количе­ствах присутствуют сильно метаморфизованные осадочные гор­ные породы, оказавшиеся на значительных глубинах в про­цессе развития земной коры.

Океаническая земная кора размещается под дном океанов и глубоких морей. Она имеет мощность 5—12 км, но в районах активных тектонических разломов и растекания земной коры возможно обнажение вещества верхней мантии, как, например, в Красном море.

Океаническая земная кора состоит из двух слоев. Верхний осадочный слой слагают морские и терригенные осадки. Он имеет переменную мощность от 0 до 2—5 км. В районах дли­тельного опускания дна осадочная толща достигает и больших величин. Ниже осадочного слоя непосредственно залегает ба­зальтовый слой, в пределах которого с глубиной базальты заме­няются габбро.

С целью дальнейшего изучения земной коры и поисков полезных ископаемых на Кольском полуострове, в Закавказье, Казахстане и других районах СССР проводится бурение сверх­глубоких скважин.

**§ 15. Тектонические движения**

Причины тектонических движений земной коры оконча­тельно не установлены. Ряд гипотез по-разному, иногда с про­тивоположных и взаимоисключающих позиций, объясняют раз­витие твердой оболочки Земли.

Контрактационная гипотеза (Э. Зюсс, И. В. Мушкетов и другие ученые) объясняет движение и деформацию земной коры постепенным охлаждением первоначально расплавленной Земли и сокращением ее радиуса, в результате чего земная кора сминалась в складки, происходили вертикальные и незна­чительные горизонтальные ее перемещения.

Гипотеза расширения Земли (Б. Хейзен и другие исследо­ватели) исходит из возможности увеличения радиуса Земли на протяжении геологических эпох. Это приводит к растяжению земной коры, раздвиганию материков и образованию океа­нических впадин. Однако авторы гипотезы не разъясняют при­чин увеличения размеров Земли.

Пульсационная теория (У. Бачер, В. А. Обручев и другие ученые) допускает чередование эпох сжатия и расширения Земли, сопровождающихся деформациями земной коры и ее разрывами. Вследствие этого происходит периодическое изме­нение интенсивности вулканической деятельности, чередование трансгрессий и регрессий Мирового океана.

В. В. Белоусов и другие сторонники гипотезы глубинной дифференциации вещества, исходя из концепции первоначально холодной Земли, считают, что в результате выделения тепла при распаде радиоактивных элементов разогрелось и частично расплавилось вещество мантии. В дальнейшем более тяжелые вещества опустились вниз, а легкие силикатные соединения поднялись вверх. Это привело к поднятию отдельных участков литосферы, их разломам и смятию в складки.

Автор гипотезы дрейфа материков А. Вегенер и его сто­ронники считают возможным перемещение крупных литосферных глыб на сотни и тысячи километров одновременно с подкоровыми течениями вещества в астеносфере. Допускается, что вместе с материками по поверхности астеносферы передви­гаются и части дна океанов, прилегающие к материкам и тесно спаянные с ними. На стыках отдельных литосферных плит при их раздвигании образуются рифты, а затем океанические впа­дины. На окраинах океанов отдельные плиты могут погружаться и подтекать под более жесткие участки литосферы. В таких случаях происходит формирование островных дуг и рядом с ними глубоких прогибов и желобов, сопровождающееся склад­кообразованием и вулканизмом.

Не исключено также влияние других планетарных и косми­ческих факторов на интенсивность и частоту тектонических движений литосферы, в том числе изменение скорости враще­ния Земли вокруг своей оси, изменение скорости движения Земли и Луны по своим орбитам. Возможно, что эпохи бурного орогенеза связаны с прохождением Солнечной системы через гравитационные, электрические и другие неоднородные поля в пределах Галактики.

Перечисленные гипотезы не дают исчерпывающего разъяс­нения причин движения литосферы. Дальнейшие геологические, геофизические, геодезические и другие исследования Земли, изучение ближнего и дальнего космоса помогут достоверно объяснить причины тектонических движений литосферы.

Тектонические движения подразделяются на медленные (вековые) и быстрые (сейсмические), горизонтальные (танген­циальные) и вертикальные (радиальные), орогенические и эпейрогенические, новейшие и современные.

Медленные колебательные движения земной коры про­исходят непрерывно и повсеместно. Земная кора никогда не остается в покое. В результате медленного прогибания одни участки ее поднимаются, другие опускаются. Они многократно меняют знак движения на противоположный. Наиболее мас­штабные колебательные движения охватывают периоды в 200— 300 млн. лет. Они определяют чередование тектонических цик­лов в развитии Земли, чередование трансгрессий и регрессий морей, размещение и очертание суши и моря на ее поверхно­сти, формируют основные черты рельефа.

Быстрые тектонические движения связаны с землетрясе­ниями. Они отличаются высокой скоростью. Смещения земной поверхности во время землетрясений иногда составляют десятки метров по вертикали. Однако быстрые тектонические движе­ния проявляются эпизодически, и их суммарное влияние на рельеф не превосходит рельефообразующего эффекта медлен­ных движений.

Горизонтальные тектонические движения литосферы приводят к перемещению отдельных ее участков на десятки и сотни километров, образованию сдвигов и надвигов. Данные палеомагнитных исследований, изучение природных условий геологических периодов развития Земли, палеонтологические -находки, сравнение литологии горных пород отдельных мате­риков, общая конфигурация материков позволяют предпола­гать, что что раньше они занимали иное положение на земно поверхности. Возможно, они представляли даже единое целое — гипотетические материки Гондвану и Лавразию. Но в течение сотен миллионов лет, медленно передвигаясь по поверхности Земли, материки заняли известное нам положение.

Современные горизонтальные движения литосферы изучаются с помощью повторных триангуляции. Результаты измерений показали, что скорость смещения отдельных участка достигает 5 см в год, в частности, в Таджикистане и Калифорнии — около 3 см в год. Во время землетрясений отмечен! быстрые смещения земной поверхности вдоль разломов на расстояние до 10 м и более.

Вертикальные тектонические движения литосферы бывают восходящие и нисходящие. На одних и тех же участка: земной поверхности с течением времени они обычно сменяют друг друга. По интенсивности и амплитуде они также неоднородны.

Орогенические движения имеют скорости 20—30 ммв год. Амплитуда их огромна, до 10 км и более. Орогенические движения приводят к горообразованию, сопровождаются складчатостью и разломами литосферы, сильными землетрясениями Они свойственны главным образом для геосинклиналей.

Эпейрогенические движения — это медленные, плав­ные, вековые перемещения литосферы по вертикали. Скорость их незначительна, несколько миллиметров в год. Они имеют колебательный характер. Амплитуда их составляет обычно сотни метров. Они не приводят к горообразованию и свойст­венны платформенным, равнинным участкам Земли.

Движения литосферы, происходившие в неогене и антропогене, называются новейшими, а наблюдаемые в последние десятилетия — современными.

При изучении тектонических движений литосферы в более отдаленные геологические периоды широко используется геоло­гический метод: исследуются породы и характер их залегания, складчатость, тектонические разломы и смещения участков литосферы вдоль них и т. д.

Для изучения неотектонических движений кроме геологиче­ского применяются и другие методы. Геоморфологический ме­тод учитывает развитие рельефа под влиянием этих движений. Гидрологический метод определяет изменение уровня воды в морях и озерах в связи с поднятием одного берега и затопле­нием другого (перекос ванн водоемов).

Современные вертикальные движения изучаются с помощью высокоточных повторных геодезических измерений — нивелиро­вания I и II классов.

Тектонические движения оказывают огромное влияние на географическую оболочку Земли. Они являются решающим фактором формирования рельефа земной поверхности. В ре­зультате тектонических движений происходят извержения вул­канов и землетрясения. Они способствуют метаморфизации горных пород. Косвенно тектонические движения литосферы влияют на циркуляцию атмосферы и вод Мирового океана.

**§ 16. Землетрясения и моретрясения**

Землетрясения — это колебания земной поверхности, вызван­ные различными причинами. Ежегодно на Земле происходят сотни тысяч землетрясений, но большинство из них настолько слабы, что человек их не ощущает. Они фиксируются лишь высокочувствительными приборами — сейсмографами. Десятки тысяч землетрясений на протяжении года люди ощущают непосредственно, но лишь несколько из них имеют разрушитель­ные, катастрофические последствия. Землетрясения изучает сейсмология — одна из наук о Земле.

По происхождению землетрясения, делятся на тектониче­ские, вулканические, денудационные и искусственные.

Наиболее сильны и часты тектонические землетрясе­ния. Они составляют около 95 % всех землетрясений на пла­нете. Основная причина тектонических землетрясений — текто­нические движения литосферы и верхней мантии. Под дейст­вием внутренней энергии Земли происходят растяжение, сжатие и деформация земной коры, приводящие к огромным на­пряжениям горных пород. Если сила напряжения превосходит прочность горных пород, они разрываются. В момент разрыва вещества происходит толчок, резкое смещение масс. Энергия движения, возникшая при разрыве горных пород, расходуется на их перемещение и разрушение, а также на передачу сейсми­ческих колебаний на большие расстояния. Достигая земной поверхности, они вызывают ее колебания. Сильные тектониче­ские землетрясения приводят к большим разрушениям и ощу­щаются на огромной территории.

Вулканические землетрясения наблюдаются в районах активного внедрения магмы в земную кору и извержения ее на дневную поверхность. Они разрушительны лишь вблизи вул­канов, но быстро затухают на сравнительно небольших рас­стояниях от них.

Обвальные, или денудационные, землетрясения возникают в результате обвалов больших масс. Они чаще всего происходят в горах, где рельеф сильно пересечен и где много участков с неустойчивым положением крупных массивов гор­ных пород.

Следует выделить искусственные землетрясения. Они вызываются факторами, связанными с деятельностью человека (мощные взрывы при добыче полезных ископаемых, на строи­тельстве, во время взрывов ядерных устройств). Искусствен­ные землетрясения также ощущаются на ограниченной террито­рии. С развитием технических возможностей человека частота и сила искусственных землетрясений увеличиваются.



Рис. 11. Схемы образования цунами: а) в результате тектонических движений земной коры, б) при извержении подводных вулканов

а-в результате тектонических движений земной коры; б-при извержении под вулканов

Пространство, в пределах которого произошел разрыв веще­ства и его смещение, сопровождающееся разрядкой накопив­шейся энергии, называется очагом землетрясения, а его центр-гипоцентром землетрясения. В зависимости от глубины очага землетрясения подразделяются на группы: 1) нормальные с глубиной гипоцентра от 0 до 60 км; 2) про­межуточные, глубина гипоцентра которых 60—300 км; 3) глубо­кие, гипоцентр которых находится глубже 300 км.

Точка земной поверхности, расположенная над гипоцентром, называется эпицентром землетрясения.

Из очага землетрясения его энергия в виде сейсмических волн распространяется во все стороны. В эпицентре оно прояв­ляется с наибольшей силой. С удалением от эпицентра сила землетрясения ослабевает.

На картах точки земной поверхности с одинаковой интен­сивностью землетрясения соединяются плавными кривыми — изосейстами. Обычно изосейсты образуют замкнутые кривые вокруг эпицентра землетрясения.

Сила землетрясения на поверхности Земли измеряется в бал­лах. В СССР принята 12-балльная шкала.

Землетрясения в 1 балл регистрируются лишь сейсмогра­фами. Человек такие землетрясения не ощущает. Землетрясе­ния силой 2—5 баллов ощущаются людьми, но обычно они не вызывают разрушения зданий и нарушения рельефа земной поверхности. Землетрясения силой 6—9 баллов сопровождаются разрушениями в различной степени сооружений и преобразова­нием рельефа земной поверхности. Поэтому возможность таких землетрясений учитывают при строительстве в сейсмических районах. Землетрясения силой 10—12 баллов бывают очень редко, их последствия настолько разрушительны, что антисейс­мическая защита — очень дорогостоящее мероприятие — выпол­няется лишь на особо важных объектах.

В Японии и некоторых других зарубежных странах для определения силы землетрясений применяется 7-балльная шкала.

Землетрясения, происходящие па дне морей и океанов, на­зываются моретрясениями. Они часто вызывают образова­ние гигантских волн. При быстром опускании участков земной коры на дне моря вода устремляется в понижение, а затем в результате мощного толчка выплескивается на поверхность, образуя выпуклость. Возникшее возмущение переходит в коле­бательное движение воды — волны цунами. Цунами обра­зуются также при резком поднятии дна в эпицентре моретрясе­ния и при подводном извержении вулканов (рис. 11).

Длина волны цунами бывает от нескольких километров до 1500 км. Высота ее в месте образования колеблется в преде­лах 0,01—5 м. Волна цунами почти незаметна и редко ощу­щается вдали от берегов. Она со скоростью 50—100 км в час устремляется в разные стороны от эпицентра моретрясения.

Приближаясь к берегам, цунами своим основанием приторма­живается о дно, опрокидывается в сторону берега и много­кратно возрастает. Увеличению высоты цунами способствует изрезанность береговой линии. В узких клиновидных заливах она достигает максимальной высоты — 50 м и более. За не­сколько минут, иногда даже за час до прихода цунами наблю­даются понижение уровня моря, отлив воды от берега. Затем на берег накатывается цунами, вызывая катастрофические раз­рушения. Одна из сильных цунами в 1952 г. разрушила город Южно-Курильск и другие населенные пункты на Курильских островах и Камчатке.

Цунами очень часто возникают в Тихом океане. Поэтому в СССР, Японии, США и других странах организованы наблю­дения для своевременного обнаружения волн цунами и предуп­реждения населения об их приближении к берегам.

Землетрясения проявляются на Земле крайне неравномерно (рис. 12). Наиболее часты и сильны они о пределах двух глав­ных сейсмических поясов планеты — Средиземноморского, соот­ветствующего Средиземноморско-Гималайской геосинклинали, и Тихоокеанского, кольцом охватывающего берега Тихого океана, соответствующего Средиземноморско-Гималайской геосинклинали. Интенсивны землетрясения также на прилегающих к геосин­клиналям участках дна Мирового океана, где происходят про­цессы орогенеза, складкообразования, формирования островных дуг и желобов.

За пределами указанных сейсмических поясов на матери­ках землетрясения свойственны областям тектонической актив­ности на Тянь-Шане, Алтае, в рифтовых зонах Восточной Аф­рики, Красного моря Байкальской рифтовой зоны. Там земле­трясения являются следствием глубоких разломов литосферы и смещения отдельных ее блоков. В океанах активная сейсми­ческая деятельность наблюдается в срединно-океанических хребтах. На платформах землетрясения случаются очень редко, интенсивность их небольшая—до 5 баллов.

Рис. 12. Схема сейсмических поясов Земли. Точками показаны эпицентры землетрясений

Землетрясения активно изменяют рельеф земной поверхно­сти. Быстро, почти мгновенно совершаются поднятия отдельных участков земной поверхности. На месте опустившихся блоков литосферы возникают понижения — грабены, которые запол­няются водой озер (Байкал, Танганьика и др.) или морей (Красное море). Прилегающие к побережьям озер и морей участки суши во время землетрясений уходят под воду, обра­зуя новые заливы. Например, залив Провал на Байкале возник в устье р. Селенги после землетрясения в 1862 г. После земле­трясений и моретрясений в морях появляются над водой новые острова и исчезают в пучине ранее существовавшие.

По крутым склонам опускаются многочисленные оползни, происходят обвалы, изменяющие внешний облик земной поверх­ности, меняющие гидрографию отдельных районов. Так, Усойский обвал на Памире в 1911 г. перекрыл р. Мургаб плотиной высотой более 500 м. За плотиной образовалось Сарезское озеро длиной более 60 км.

Землетрясения приводят к катастрофическим разрушениям многих городов и целых районов, многочисленным жертвам среди населения. 28 декабря 1908 г. землетрясение разрушило в Италии г. Мессину и прилегающие населенные пункты, по­гибли 100—150 тыс. человек. Землетрясение, которое произо­шло 1 сентября 1923 г., превратило в руины Токио и Иокогаму, погибли около 150 тыс. человек. Грозность и неотвратимость землетрясений, их трагические последствия вселяли в людей страх, надолго сохранялись в памяти людей, описывались в ис­торических документах. В настоящее время регистрация земле­трясений и первичная обработка наблюдений проводится на сейсмических станциях. В мире насчитывается около 2000 та­ких станций. Они работают в системе единого времени — сред­него гринвичского. На сейсмических станциях под землей, вдали от всяких помех устанавливают сейсмографы, которые улавли­вают все колебания земной коры и записывают их на сейсмо­граммах. Расшифровывая сейсмограмму, устанавливают момент прихода различных сейсмических волн на станцию. Устанавли­вается времявозникновения землетрясения, координаты его гипоцентра и эпицентра, интенсивность землетрясения. Измере­ния со станций передаются в сейсмические центры для даль­нейшей обработки данных и их обобщения.

В СССР создана единая система сейсмических наблюдений, включающая более 200 сейсмических станций. Аналогичные службы созданы и вдругих странах.

Международный сейсмический центр находится в Велико­британии. Там обобщаются данные большинства сейсмических станций мира.

По результатам обработки наблюдений сейсмических стан­ций осуществляется сейсмическое районирование. Выделяются территории с землетрясениями силой в 6, 7, 8, 9 и 10 баллов и более. Карты сейсмического районирования являются офи­циальным документом, регламентирующим нормы и правила сейсмостойкого строительства.

Успехи сейсмологии позволяют частично прогнозировать землетрясения. Места землетрясений сейсмологи предсказы­вают достаточно уверенно. Время и силу землетрясений пока прогнозировать очень трудно из-за недостатка информации о внутренних процессах Земли.

Учет многих предвестников землетрясения — скорости опу­скания или поднятия земной поверхности, изменения электри­ческого сопротивления и динамических напряжений в горных породах, изменения уровня подземных вод и содержания в них радиоактивного радона, внезапный уход воды от берега в мо­рях и океанах, беспокойное поведение животных, выползание из нор пресмыкающихся — позволяет предполагать возможность сильного землетрясения в ближайшие дни и часы.

**§ 17. Вулканизм**

Вулканизм — это совокупность явлений, связанных с внед­рением (интрузией) магмы влитосферу и ее излиянием (эффу­зией) на земную поверхность. С вулканизмом связаны образо­вание различных минералов и горных пород, их метаморфизм. На протяжении всей истории Земли магматизм и вулканизм были важнейшими факторами формирования литосферы, рель­ефа земной поверхности и географической оболочки в целом. Магматизм определяется процессами выплавления магмы, ее перемещением в мантии и литосфере, взаимодействием с окру­жающими породами, постепенным изменением свойств магмы и ее застыванием. От характера протекания процессов магма­тизма зависят образование магматических горных пород и ми­нералов, формирование интрузивных тел.

Процессы вулканизма во многом зависят от магмы — рас­плавленной массы, образующейся в мантии Земли и нижних слоях литосферы. Магма размещается внутри Земли очагами. Она находится на разных глубинах: от 5—6 км (например, под Везувием) до 50—70 км (под Ключевской сопкой на Камчатке).

В состав магмы входят многие химические элементы, но преобладают оксиды кремния. В недрах Земли магма содержит летучие компоненты — пары воды и различные газы. Выделяют два типа магмы: основную и кислую. Основная, или базальто­вая, магма содержит до 55 % Si02 и богата магнием, железом и кальцием. Она отличается пониженной вязкостью, легко про­никает по трещинам и, лишившись паров и газов, изливается на земную поверхность в виде лавы. Лавовые потоки очень подвижны, скорость их достигает 30 км/ч.

Кислая, или гранитная, магма вмещает до 78 % S1O2 и при­месей щелочных металлов. Она вязкая и при извержении вул­канов с трудом достигает земной поверхности, особенно после потери паров и газов.

Температура магмы внутри Земли достигает 1500 °С, благо­даря чему в литосфере частично расплавляются легкоплавкие вещества и образуются магматические очаги. При извержении магмы на поверхность температура ее составляет 900—1200 °С, затем она быстро понижается. Основная магма сохраняет те­кучесть при остывании до 600 °С.

Различают интрузивный и эффузивный вулканизм. Для интрузивного вулканизма характерно внедрение магмы под огромным давлением в литосферу. Если магма не в состоянии преодолеть сопротивление вышележащих горных пород, то медленно остывает в литосфере, образуя батолиты, лакколиты и другие интрузивные тела. Эффузивный вул­канизм проявляется в виде излияний лавы, выбросов твер­дого вещества, паров воды и газов на земную поверхность. Он сопровождается обычно образованием вулканов — конусооб­разных гор, сложенных продуктами извержения. На вершине вулкана, как правило, находится кратер — воронкообразное понижение. Если вязкая магма закупоривает кратер, то на склонах вулкана образуется один или несколько побочных, паразитических кратеров, через которые продолжается дальней­шее его извержение.

В зависимости от каналов, по которым происходит изверже­ние, вулканы подразделяют на центральные и трещинные. В вулканах с центральным извержением лава, пепел и другие материалы выбрасываются на поверхность через круг­лые каналы — жерла диаметром от десятков метров до несколь­ких километров. Над ними формируются конусы вулканов. Вул­каны трещинного типа размещаются над линейными тек­тоническими разломами литосферы. Лава, излившись по тре­щине на поверхность, растекается по обе стороны. Она образует вытянутое поднятие, над которым в местах наибольшей актив­ности вырастают отдельные конусы. Типичными представите­лями трещинных вулканов являются Лаки и Гекла, располо­женные в Исландии. Лаки возник над трещиной длиной 25 км. Над лавовым массивом площадью 56 км2 вдоль трещины воз­вышается более 100 небольших вулканических конусов.

По времени извержения вулканы подразделяют на действу­ющие, уснувшие и потухшие. К действующим относятся вулканы, которые извергают в настоящее время лаву, пары и газы или об их деятельности известно из исторических доку­ментов. Уснувшими считают сохранившие свою форму вул­каны, сведений об извержениях которых нет, но общие геологи­ческие условия не исключают возобновления их деятельности. Потухшими называются сильно разрушенные вулканы, не проявляющие активности.

Извержения вулканов — грозное явление природы. Они мо­гут продолжаться от нескольких часов до многих десятилетий. Энергия вулканических взрывов эквивалентна мощности взры­вов ядерных зарядов в сотни мегатонн. Извержениям вулканов предшествуют землетрясения,, подземный гул, изменение маг­нитных и электрических полей и т. д. Извержение обычно начи­нается усиленным выделением паров и газов. На различную высоту выбрасываются вулканические бомбы диаметром от нескольких сантиметров до нескольких метров, вулканический пепел, пары воды и газы. Во время извержения многих вулка­нов на поверхность изливается лава. Интенсивная деятельность вулканов чередуется с периодами относительного покоя.

По характеру извержения и типу магмы, определяющему соотношение количества жидких, твердых и газообразных про­дуктов, выбрасываемых на поверхность, вулканы подразделя­ются на четыре типа (рис. 13).





**Рис. 13.** Типы вулканов по характеру извержения:

1 — Трещинный; *2* — центральный, гавайского типа; *3* — стратовулкан; *4* — купольный; *5* — газово-взрывной

Вулканы гавайского типа, или лавовые, отличаются спокойным ходом извержения. Жидкая лава, поднимающаяся по центральному каналу, образует в кратере огненное озеро. Во время интенсивных извержений уровень лавы в кратере поднимается настолько, что она переливается через края и потоками стекает к подножию вулкана. Газы выделяются в не­большом количестве. Они фонтанами выбрасывают вверх комки лавы, бурлящей в кратере. Конусы вулканов гавайского типа — щитовидные, низкие и широкие, как, например, у вулкана Килауэа (Гавайские острова).

В древние геологические эпохи на Земле существовали так называемые площадные лавовые вулканы. На Среднесибирском плоскогорье, а также в Северной Америке и па юге Африки очень жидкая базальтовая магма изливалась на поверхность в огромных количествах, образуя обширные лавовые плато. Так, плато Колорадо на западе США на площади свыше 520 000 км2 покрыто базальтами. Отдельные потоки лавы, зале­гая один над другим, достигают здесь суммарной мощности более 3000 м.

С т р а г о в у л к а н ы, или стромболианские, имеют сме­шанный характер извержения. Периоды относительно спо­койного излияния жидкой лавы чередуются с небольшими взрывами, которые выбрасывают твердый материал — вулкани­ческие бомбы, песок и пепел. Поэтому в строении конусов стратовулканов хорошо выражена слоистость. К этой группе отно­сится большинство вулканов Земли.

Наиболее грозным является извержение газово-взрывных вулканов. В них главную роль играют газообразные ве­щества, которые скопляются в канале вулкана. Особенно мощ­ные взрывы бывают, если каналы вулканов закупориваются пробками из очень вязкой кислой магмы. Происходят взрывы, во время которых в атмосферу выбрасывается огромное коли­чество вулканического песка, пепла и более крупного обломоч­ного материала. Иногда при таких взрывах частично или пол­ностью уничтожается конус вулкана, возникший ранее. Так произошло при взрыве вулкана Кракатау в 1883 г. (Зондские острова). В атмосферу на высоту до 50—70 км было выбро­шено свыше 20 км3 твердого материала, который более двух лет выпадал на всей планете. Падение твердых обломков после извержения было зарегистрировано на площади более 800 тыс. км2.

К вулканам купольного типа принадлежат Шивелуч, Безымянный, Центральный Семячик на Камчатке и др. Они образуются при извержении очень вязкой, инертной магмы, которая медленно выдавливается из жерла вулкана и тут же застывает, иногда заполняя весь кратер. Такие вулканы на вер­шинах имеют лавовые купола и обелиски.

Для многих вулканов характерны кальдеры — круглые или овальные понижения размером от несколько сотен метров до 20 км и более. Они возникают по-разному. Взрывные каль­деры образуются при извержении газово-взрывных вулканов. В таких случаях кальдера окружена валом из выброшенных горных пород высотой в несколько десятков метров. Кальдеры обрушения возникают при опускании земной поверхности над очагом вулкана, если оттуда извергается значительное количе­ство вулканического материала. Кальдеры обрушения имеют крутые, обрывистые стенки. Они достигают больших размеров, чем взрывные кальдеры.

Наиболее простые вулканы — м а а р ы, воронкообразные углубления в диаметре до 3 км. Они образуются в результате одного взрыва, выброса паров и иногда небольшого количества лавы. Изверженные породы по краям маара образуют кольце­вой вал высотой 20—30 м. Дно мааров в условиях влажного климата занимают озера. Маары часто встречаются в районах древнего вулканизма в Германии и Франции.

Для областей, закончивших активный период вулканиче­ского развития, свойственны поствулканические явле­ния, т. е. выделение паров, газов и горячих вод. По мере зату­хания вулканической деятельности меняется характер поствул­канических процессов.

В начальный период затухания вулканов на них часто встречаются фумаролы — выходы хлористого водорода, сер­нистого ангидрида и других горячих газов с температурой 300—500 °С. Выделение газов может происходить под давле­нием и сопровождаться свистом, шипением и другими звуками. При дальнейшем ослаблении вулканической активности обра­зуются сольфатары — струи сернистого и других газов с температурой 100—300 °С, выделяющихся через трещины на склонах и в кратерах вулканов. В последней стадии затуха­ния для вулканов характерны мофеты — струи преимущест­венно углекислого газа, выделяющегося из недр Земли. Его температура менее 100 °С.

В районе современного и угасающего вулканизма иногда встречаются гейзеры — горячие источники, периодически вы­брасывающие на поверхность фонтаны кипящей воды и столбы пара. В трещинах литосферы, где циркулирует вода, могут встречаться пустоты. В них за счет вулканического тепла на­капливается перегретый пар. Когда создается избыточное дав­ление, этот пар выталкивает на поверхность вышележащий столб воды в виде фонтана высотой иногда более 40 м. Горя­чая вода, проходя через толщу горных пород, достаточно сильно минерализуется. При быстром остывании воды на по­верхности соли выпадают в осадок, создавая натечные образо­вания из гейзерита и других минералов.

Около 100 гейзеров находятся на Камчатке (в основном в долине р. Гейзерной). Примерно 20 из них относятся к круп­ным. Например, гейзер Великан выбрасывает фонтан воды вы­сотой 40 м и столб пара высотой в несколько сотен метров. Известны гейзеры .в Исландии, Новой Зеландии и США.

К поствулканическим явлениям относится функционирова­ние термальных источников. Они подразделяются на горячие (температура воды 37—100 °С) и теплые (температура воды 20—37 °С). Вода термальных источников, как правило, мине­рализована.

Воды гейзеров, горячих и теплых источников используются для энергетических и лечебных целей.

С поствулканическими явлениями не следует смешивать псевдовулканические, не связанные с деятельностью вулканов. В толще земли, особенно вблизи месторождений нефти, находятся под огромным давлением метан, водород и другие газы. Вырываясь на поверхность, они могут загораться и создавать иллюзию вулканической деятельности. Проходя че­рез насыщенные водой слои горных пород, они вместе с водой выталкивают на поверхность мелкие твердые частицы. Возни­кают конусообразные возвышенности — грязевые вул­каны, или с а л ь з ы. Высота их колеблется от нескольких до сотен метров. Грязевые вулканы распространены в СССР на полуостровах Керченском, Апшеронском, Челекен, а также в Молдавии и некоторых других районах.

В настоящее время известно около 600 наземных и свыше 60 подводных действующих вулканов с различной степенью ак­тивности. Число уснувших и потухших вулканов на Земле со­ставляет около 5000. Периодически возникают новые вулканы. Например, в Мексике в 1943 г. начал действовать вулкан Парикутин. Он за несколько лет достиг высоты более 400 м. Не­которые вулканы, ранее считавшиеся потухшими, возобновляют извержения и переходят в категорию действующих.

Большинство вулканов приурочено к четырем тектониче­ски активным областям.

В пределах Тихоокеанского вулканического пояса, со­ответствующего Тихоокеанской геосинклинали, размещается почти 2/3 известных вулканов. К ним относятся вулканы Кам­чатки, Курильских и Японских островов, Филиппин и Восточной Индонезии, Новой Зеландии и Антарктиды (Эребус и Террор). На континентах Южной и Северной Америки вулканы разме­щаются по их западной окраине в Андах и Кордильерах, а также на Антильских островах. Замыкается Тихоокеанское вулканическое кольцо дугой Алеутских островов, протянув­шихся от Аляски до Камчатки. Внутри Тихоокеанского вулка­нического пояса сотни вулканов размещаются на островных дугах западной части Тихого океана, вдоль разломов, подня­тий и опусканий океанической земной коры. Среди них особенно выделяется группа вулканов Гавайских островов.

Большинство вулканов Средиземноморско-Индо­незийского вулканического пояса сосредоточено в его во­сточной части в районе Зондских островов, в том числе извест­ный вулкан Кракатау. В центральной части пояса много потух­ших и уснувших вулканов в Малой Азии, на Кавказе (Казбек, Эльбрус), в Крыму (Карадаг), в Карпатах. К средиземномор­ской части пояса также приурочены и активно действующие вулканы — Стромболи, Везувий, Этна, Вулькано и др.

Мощный вулканический пояс размещается в Атланти­ческом океане. Он в основном совпадает с Северным и Южным Срединно-Атлантическим хребтами. Действующие вул­каны находятся на Ян-Майене, Азорских островах, в Исландии. Большинство островов Атлантического океана — это вершины подводных вулканов, возвышающиеся над уровнем воды в океане.

Почти все 40 действующих вулканов Африки расположены в Восточпо-Африканско-Аравийском рифто-вом поясе, где молодой вулканизм проявился в максималь­ных масштабах. Здесь сформировалась так называемая Высо­кая вулканическая Африка, где находятся действующие вул­каны Ньирагонго, Алид, Киеджо и др. В центре Восточной Африки возвышается на 5895 м Килиманджаро — самый боль­шой вулканический массив континента.

В СССР насчитывается 66 действующих вулканов. Все они находятся на Камчатке и Курильских островах. Самый высо­кий из них — Ключевская сопка (4750 м). В пределах нашей страны только на Камчатке действуют гейзеры. Хорошо сохра­нились уснувшие вулканы на Камчатке, Курильских островах и Кавказе. Потухшие вулканы, кроме того, имеются в Крыму и на Карпатах. Мощный древний вулканизм, сохранившийся в виде лавовых покровов и горных систем, богатых полезными ископаемыми, характерен для Восточной Сибири, Урала, Ти-манского кряжа, Тянь-Шаня и других районов СССР.

Вулканизм является одним из самых мощных рельефообразующих факторов. *Дополнительная литература: Фоменко А.Н. Общая физическая география и геоморфология: учебник / А.Н. Фоменко, В.И. Хихлуха. – М.: Недра, 1987. (стр. 25-53)*