

# ПРЕДИСЛОВИЕ

**С**огласно Федеральному государственному стандарту высшего профессионального образования бакалавров по направлению «Землеустройство и кадастры» в перечне обязательных дисциплин базовой части математического и естественнонаучного цикла предусмотрено освоение дисциплины «Почвоведение и инженерная геология». Кроме того, такая же дисциплина, но уже вариативной части математического и естественнонаучного цикла, предусмотрена для подготовки бакалавров по направлению «Геодезия и дистанционное зондирование».

Следует подчеркнуть, что в предлагаемом виде учебное пособие может быть полезным при освоении различных геологических дисциплин по разделу наук о Земле (05.00.00), в том числе в политехнических, сельскохозяйственных и агрономических учебных заведениях.

Объединение в один учебной курс почвоведения и инженерной геологии носит не только формальный характер сложения двух весьма разнородных дисциплин, вызванного необходимостью оптимизации сроков обучения при общем сокращении учебного времени, но и имеет весьма обоснованные логические корни, поскольку по многим методологическим и методическим позициям почвоведение и инженерная геология имеют исторически сложившиеся связи, особенно в области грунтоведения, которое фактически рассматривает почвы, наряду с другими грунтами, как объект инженерного исследования и оценки, и заимствует у почвоведения многие методические приёмы исследования состава и свойств органоминеральных образований. Кроме того, обе дисциплины в своём развитии во многом зависят от общих достижений всего семейства геологических наук.

В связи с указанным обстоятельством авторы сочли необходимым начать пособие не с изложения специальных вопросов почвоведения или инженерной геологии, а посвятить первую часть краткому изложению общегеологических сведений, очерчивающих базовые геологические понятия и термины, необходимые для перехода к освоению таких специальных дисциплин, как почвоведение и инженерная геология.

Следует иметь в виду, что связь почвоведения и инженерной геологии позволяет комплексно ставить и решать проблемы рационального применения и охраны Геологической среды, рассматривая почвы как непременный атрибут свободного геопространства при его использовании для любых хозяйственных целей.

Таким образом, при рассмотрении почвы как объекта изучения и инженерного воздействия в отношениях логического пересечения находятся собственно почвоведение как наука о природном теле (т. е. почве), использующемся как средство производства и как предмет труда, и грунтоведение как часть инженерной геологии, создавшая учение о формировании состава состояния и свойств различных грунтов, включая почвы, и о методах технической мелиорации грунтов и почв при хозяйственном освоении различных территорий.

В результате освоения дисциплины «Почвоведение и инженерная геология» может быть достигнута цель формирования знаний о Геологической среде как многокомпонентной системе, где почвы неразрывно связаны с минеральным субстратом, представляющим собой сложные природные образования (горные породы различного происхождения, состава, состояния и свойств). Своеобразные формы выветривания материнских пород, свойственные нашей планете, подготавливают различные типы литогенеза, в том числе с участием органического вещества на макро- и микроуровне, что и приводит к формированию почв, сыгравших решающую роль в становлении и развитии человеческой цивилизации. Кроме того, специалистам геодезического профиля как непременным участникам строительного процесса и кадастровой оценки земли необходимо иметь достаточно широкие и глубокие знания не только о составе и свойствах горных пород и почв, но и о динамике геологических процессов, о способах управления ими с целью минимизации рисков, связанных с хозяйственным и строительным освоением природной среды. При этом, как в почвоведении, так и в инженерной геологии, следует подчеркнуть особую роль подземных вод, залегающих в земной коре в самых разнообразных формах по видам связи с минеральным и органическим веществом.

Таким образом, перед учебной дисциплиной «Почвоведение и инженерная геология» можно поставить несколько задач:

- сформировать знания о составе, свойствах и динамике Геологической среды, включая почвы, о закономерностях, определяющих взаимодействия горных пород, почв и подземных вод как между собой, так и с сооружениями разного типа;
- показать закономерности формирования инженерно-геологических условий и почвенного покрова территории под влиянием ландшафтно-климатических, структурно-тектонических и техногенных факторов как на планете в целом, так и на территории России в частности;
- определить логику применения полученных геологических знаний для рационального выбора и оценки строительной площадки или трассы, выбора типа основания, способа производства инженерных работ;
- показать роль геологических знаний при решении задач рационального использования и охраны природной среды в целом и почвенного покрова в частности.

Для облегчения усвоения столь насыщенного учебного материала пособие разделено на две части. Первая часть посвящена инженерной геологии, вторая — почвоведению, при этом единство учебного материала подчёркивается сквозной нумерацией глав, общим списком использованной и рекомендуемой литературы, объединённым словарём терминов и списком персоналий.

Основной иллюстративный материал пособия приводится в тексте в чёрно-белом исполнении, но поскольку цвет в геологических материалах играет весьма важную дидактическую роль, цветные иллюстрации вынесены в отдельное электронное приложение, доступное в электронной библиотечной системе «Лань». В материалы, расположенные в электронном приложении, также вынесены некоторые описательные разделы, дополняющие основные главы. К таковым относятся Приложения к главе 5 «Региональные инженерно-геологические очерки» и к главе 9 «Систематическое описание почв на территории России». В электронном приложении читатель может ознакомиться со словарём терминов, списком персоналий, определивших развитие инженерной геологии и почвоведения.

# ВВЕДЕНИЕ

**С**формулируем основную цель геологического образования, реализуемого через усвоение учебной дисциплины под названием «Почвоведение и инженерная геология», как формирование знаний специалиста в области геодезии или строительства, необходимых и достаточных для успешного решения комплексных задач при освоении Геологической среды. Речь идёт о таких геологических знаниях, которые в настоящее время сосредоточены в специальном направлении геологической науки и практики, называемом «Инженерной геологией», при этом рассмотрение почв как органоминеральных образований, вопросы формирования их состава и свойств, проблемы их рационального использования и охраны рассматриваются как составляющие более общих проблем хозяйственного освоения территорий и строительства различных зданий и сооружений, и производства инженерных работ (рис. 1). Таким образом, достигается важнейшая цель обучения представителей технических специальностей на основе рассмотрения Геологической среды как многокомпонентной системы, где почвы неразрывно связаны с горными породами различного происхождения, состава, состояния и свойств, а почвообразовательные процессы рассматриваются в общем контексте геодинамических процессов, развивающихся на нашей планете под влиянием природных и техногенных факторов. При этом каждое из названных научных направлений, с одной стороны, сохраняет свою относительную независимость и свой научно-методический арсенал, а с другой, происходит необходимое объединение получаемых знаний для решения комплексных проблем безопасности капитального строительства и проблем рационального использования и охраны Геологической среды.

Итак, в данном учебном пособии речь будет идти об учебной дисциплине, включающей в себя обширную информацию, необходимую и достаточную для комплексного хозяйственного освоения территорий, производства строительных и инженерных работ, при этом почвам в каждом разделе инженерно-геологического знания уделяется особое внимание.

К задачам, которые необходимо решить в ходе учебного процесса, относящимся следующие:

- формирование систематизированных знаний о составе, свойствах и динамике земной коры в целом, в том числе об особенностях взаимодействия горных пород и почв с различными сооружениями и при производстве инженерных работ, о закономерностях трансформации и эволюции горных пород и почв под влиянием природных и техногенных факторов;
- рассмотрение роли подземных вод, в том числе поровой влаги, при формировании свойств горных пород и почв;
- знакомство с организацией процесса получения геологической информации, необходимой и достаточной для обоснования проектов землепользования, проектирования и строительства различных зданий и сооружений;
- формирование первичных навыков по применению полученной геологической информации для рационального выбора и оценки строительной площадки или трассы, типа основания и способа производства работ нулевого цикла, для построения прогноза изменения природной среды и оценки рисков, связанных со строительной деятельностью человека;



Рис. 1  
Схема организаций и связей геологических наук

- формирование региональных знаний о почвенном покрове и инженерно-геологических условиях различных регионов России.

Из рисунка 1 видно, что усвоение заявленной учебной дисциплины неразрывно связано, прежде всего, с фундаментальными разделами геологического знания о веществе земной коры — кристаллографией, минералогией, петрологией, гидрогеологией, почвоведением, мерзлотоведением, о структуре и истории становления и развития земной коры — исторической геологией, структурной геологией, геотектоникой и геофизикой, на знакомство с которыми необходим дополнительный объём времени.

При освоении названной дисциплины следует уделять особое внимание связи инженерно-геологической и геоэкологической составляющим в оценке условий строительства и эксплуатации различных сооружений, что, в конечном счёте, определяет рациональное развитие всей техносферы в любой точке нашей планеты. В инженерных изысканиях эти два направления исследований должны развиваться параллельно, дополняя друг друга. И последнее... Эффективность использования комплексной геологической и геоэкологической информации зависит от того, каким образом эта информация включена в процессы проектирования, строительства и эксплуатации различных зданий и сооружений. Современный специалист, связанный с проблемами строительства и землепользования, должен в полной мере владеть эффективными информационными технологиями и уметь оценивать полноту, достоверность и точность полученной информации.

Следует подчеркнуть, что для получения любой геологической информации широко используются современные техника, приборы и различные технологии. Виды инженерно-геологических и почвенных исследований чрезвычайно разнообразны и включают в себя технологии использования архивной информации об объекте исследований, дистанционные и контактные технологии полевых и мониторинговых наблюдений и компьютерные технологии обработки и представления информации широкому кругу потребителей. При этом одну и ту же информацию можно получить с применением различных технологий. Необходимо уметь оптимизировать комплекс технологий по месту, по времени, по затратам труда и стоимости в зависимости от проектируемых сооружений. Такая оптимизация, с одной стороны, должна опираться на действующие нормативно-методические документы, а с другой — подобная деятельность является делом сугубо творческим.

Инженерная геология как наука и практика сложилась в результате практики массового строительства. В нашей стране она оформилась как самостоятельное направление в 1930-х гг., когда были организованы профильные научные и учебные учреждения и вышли в свет капитальные работы по инженерной геологии и гидрогеологии Ф. П. Саваренского, Г. Н. Каменского, М. М. Филатова, В. В. Охотина, И. В. Попова, В. А. Приклонского, Н. В. Коломенского и др. Дальнейшее развитие инженерной геологии связано с работами многих выдающихся учёных — Е. М. Сергеева, Г. К. Бондарика, Г. С. Золотарёва, Г. А. Голодковской, В. Д. Ломтадзе и др.

К творцам современного почвоведения, которое в сущности зародилось в России, относят В. И. Вернадского, В. В. Докучаева, П. А. Костычева,



Рис. 2

Структура инженерно-геологического знания

В. Р. Вильямса. В. И. Вернадский считал, что «М. В. Ломоносов является не только русским почвоведом, но и первым почвоведом вообще». В современный период особенно возросла роль почвоведения в рациональном использовании почв, правильной их оценке для мелиорации, эффективного применения удобрений, разработки мероприятий по борьбе с эрозией и охране почв. Среди почвоведов этого периода следует назвать имена Л. И. Прасолова, Н. Н. Розова, В. А. Ковды, М. А. Глазовской, И. С. Кауричева, А. А. Роде, Н. А. Качинского, Л. А. Александровой и многих других.

К настоящему моменту сложилась общепринятая структура инженерно-геологического знания, которая показана на рисунке 2. Ещё раз подчеркнём, что генетическое почвоведение теснейшим образом связано с грунтоведением.

**Грунтоведение (синоним: инженерная петрология)** — учение о формировании горных пород, их состава, состояния и физико-механических свойств.



### ОСНОВНЫЕ ПОСТУЛАТЫ (АКСИОМЫ) ГРУНТОВЕДЕНИЯ

- Горные породы/грунты — это многофазные системы — минеральные или органоминеральные составляющие, вода (в жидком, твёрдом и газообразном состоянии), природные газы.
- Породы/грунты, в том числе и почвы, — суть историко-генетические образования.
- Почвы (по определению В. В. Докучаева) — это дневные или близкие к ним горизонты горных пород, которые под взаимным влиянием воды, воздуха и различных организмов — живых или мёртвых, переходят в разряд органоминеральных образований особого состава, структуры и цвета, обладающих плодородием.
- При решении задач комплексного развития и освоения территорий, при строительстве и производстве инженерных работ на сохранение и рациональное использование почвенного покрова всегда следует обращать особое внимание.

- В строительстве, как нигде, необходимы моделирование и расчёт деформационного поведения пород/грунтов и прогноз изменений состава и свойств пород/грунтов при взаимодействии с сооружениями в различных природных условиях.

Для любого специалиста, связанного с освоением Геологической среды, — грунт/порода рассматриваются как образование, которое может использоваться как основание, среда или как стройматериал, при этом почва, теснейшим образом связанная с материнскими породами, должна рассматриваться как ценнейший продукт эволюции верхних слоёв литосферы, обеспечивший становление и прогресс человеческой цивилизации!

**Инженерная геодинамика** — учение о способах и методах системного управления геодинамической обстановкой на основе исследования механизма геологических процессов, их парагенетических сочетаний с целью минимизации ущерба, снижения рисков и обеспечения безопасности различных сооружений и производства инженерных работ.



#### ОСНОВНЫЕ ПОСТУЛАТЫ (АКСИОМЫ) ГЕОДИНАМИКИ

- Геологические процессы проявляются в образовании и разрушении пород/грунтов, в изменении их физического состояния и условий залегания, в изменении природного рельефа, строении земной коры и внутренней структуры планеты в целом.
- Геологические процессы и явления связаны с эндогенными, экзогенными силами планеты и с инженерной деятельностью человека. В основе механизма любых геологических процессов лежит нарушение сложившихся природных равновесий под влиянием естественных или искусственных факторов.
- Важнейшей особенностью геологических процессов является неравномерность их проявления в пределах различных территорий, различающихся по комплексу ландшафтно-климатических и тектонических факторов.
- Геологические процессы оказывают решающее влияние на устойчивость местности и соответственно на устойчивость существующих и проектируемых сооружений.
- Почвообразование как геологический процесс носит биохимический характер и совершается при участии живых организмов и продуктов их жизнедеятельности, в результате чего образуется система сложных органоминеральных соединений, которые с током влаги мигрируют по вертикальной толще формирующейся почвы.

**Региональная инженерная геология (РИГ) (структурная инженерная геология)** — это научный раздел инженерной геологии, исследующий и представляющий в различных модельных формах (текстуальных, графических, функциональных) структуру и организацию Геологической среды для решения задач хозяйственного использования свободного пространства, строительства различных сооружений, производства инженерных работ и обеспечения безопасной жизнедеятельности человека, при этом необходимо учитывать, что происходит неизбежное изъятие, а иногда бесцельное уничтожение почвенного покрова и связанного с ним растительного и животного мира.

Это учение о территориях как *природном* ресурсе свободного пространства для строительства и жизнедеятельности человека и о закономерностях формирования инженерно-геологических условий строительства. Это уникальное обобщение опыта инженерно-геологических исследований на территории бывшего СССР.

Основные положения регионального раздела инженерной геологии были созданы в советский период нашей истории.



### ОСНОВНЫЕ ПОСТУЛАТЫ (АКСИОМЫ) РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

- Структура и организация дневной поверхности нашей планеты отражают универсальный блоково-ступенчатый принцип формирования Геологической среды в целом, являясь интегральным показателем взаимодействия структурно-tektonических, ландшафтно-климатических и техногенных факторов. Это основной принцип выделения и типизации инженерно-геологических структур.
- Региональные инженерно-геологические исследования неразрывно связаны с производством съёмочных работ, инженерно-геологическим картированием и районированием различных территорий в разных масштабах.
- Материалы региональных исследований позволяют разрабатывать различные способы накопления, хранения и выдачи информации для решения задач рационального использования и охраны Геологической среды.

**Общая инженерная геология** — это теоретический и методологический раздел, устанавливающий понятийную и терминологическую базу инженерной геологии, определяющий её историческое и системное содержание и методы использования в практике строительства и производства инженерных работ. Этот раздел определяет границы взаимодействия инженерной геологии с другими науками о Земле.



### ОСНОВНЫЕ ПОСТУЛАТЫ ОБЩЕЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

- Объект инженерной геологии — территория... (абстракция первой ступени — Геологическая среда территорий).
- Предмет инженерной геологии — область создания и практического использования знаний о формировании и изменении инженерно-геологических условий территорий, о геологических условиях строительства и эксплуатации сооружений, о рациональном использовании Геологической среды для обеспечения безопасных и комфортных условий жизнедеятельности человека.
- Методология: использование исторического и системного подходов, многоаспектного, в том числе механико-математического, моделирования.
- Практика: создание системы инженерно-геологических изысканий на основе оптимального комплекса современных технологий полевых, лабораторных и других видов работ.
- Суть инженерно-геологических исследований — получение, обработка и выдача информации, необходимой и достаточной для строительства различных сооружений.

**Специальная инженерная геология** — это синтетический раздел инженерной геологии, в котором аккумулируются все теоретические и практические знания о Геологической среде, необходимые для проектирования, реализации проектов и эксплуатации любых зданий и сооружений, и производства инженерных работ.



## ОСНОВНЫЕ ПОСТУЛАТЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

- Основой профессионального формирования и роста геодезиста, строителя (геотехника) являются три положения: практическое знание геодезии, геологии, механики горных пород и опыта строительства.
- Любое строительство и инженерные работы требуют обширных знаний об инженерно-геологических условиях — рельефа местности, геологического строения, состава, состояния и свойств грунтов/пород, гидрогеологических условий, структурно-тектонических особенностей территории, геодинамической обстановки.
- Получение информации об инженерно-геологических условиях должно быть организовано как непрерывный, но стадийный процесс по принципу движения от общего к частному.
- Сбор, обработка и выдача инженерно-геологической информации должны быть максимально оптимизированы в отношении техники, технологии, времени и финансовых затрат применительно к различным видам строительства.

Из выше изложенных положений должно быть ясно, что специалист технического профиля, геодезист или строитель, может в полной мере опереться на инженерную геологию как основу своих профессиональных знаний и возможностей для проектирования, строительства, эксплуатации различных зданий и сооружений и соблюдения принципов рационального использования и охраны Геологической среды, включая такой уникальный объект как почвы. При этом в каждом конкретном случае необходимы тщательный отбор и анализ инженерно-геологической информации, её оптимизация и рациональное включение в процесс проектирования и строительства.

Таким образом, инженерная геология, дополненная разделами почвоведения, является необходимой основой для успешного освоения всех предметов геодезического и строительного циклов, прежде всего, механики горных пород, геотехники, оснований и фундаментов, основ инженерных изысканий (см. учебные материалы по инженерно-геодезическим, инженерно-геологическим и инженерно-геотехническим изысканиям).

Рассмотренное выше содержание учебной дисциплины «Почвоведение и инженерная геология» далеко не исчерпывает содержание инженерной геологии и почвоведения, они лишь очерчивают базу естественнонаучных знаний, необходимых при освоении учебных программ других строительных дисциплин, а также определяют направления для расширения и углубления этих знаний при решении конкретных задач в области проектирования и строительства различных сооружений и производства инженерных работ. Аудиторная нагрузка бакалавриата крайне ограничена по времени, и успех освоения учебной программы во многом будет зависеть от самостоятельной работы каждого студента, как по названным выше главам, так и за пределами рассмотренных в них тем.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

**П**ри инженерно-геологическом изучении любой территории основное внимание уделяют рассмотрению природных геологических особенностей — горным породам, рельефу, подземным водам, геологическим процессам и явлениям [1, 25, 32, 55]. В целом ряде случаев в состав изучаемых элементов входят и почвы. Эти взаимосвязанные компоненты образуют некоторую систему, которая по отношению к задачам строительства и производства инженерных работ может называться *Геологической средой*. При всём многообразии формулировок этого понятия, в его определении центральное место занимают природные геологические условия любой территории, являющейся главным объектом изучения инженерной геологии (В. Д. Ломтадзе, 1999). Эти условия определяют обоснование строительства и эксплуатации сооружений на конкретной территории, и применительно к целям строительной практики рассматриваются, как «инженерно-геологические условия (ИГУ)» [25]. Таким образом, под Геологической средой будем подразумевать верхнюю часть литосферы с её элементами, находящуюся в тесном взаимодействии с внутренними и внешними геосферами Земли и используемую человеком в своей хозяйственной деятельности.

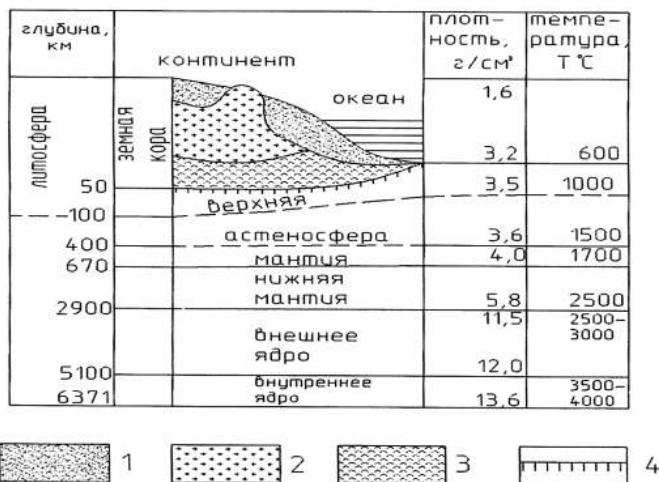
### **1.1. ГЕОСФЕРНАЯ МОДЕЛЬ СТРОЕНИЯ ЗЕМЛИ И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОСФЕР**

Форма Земли, именуемая *геоидом*, близка к трёхосному эллипсоиду вращения с полярным сжатием, обусловленным скоростью вращения Земли [2, 39]. Её средний радиус составляет 6371 км, полярный — 6357 км, экваториальный — 6378 км. Длина земного *меридиана* равна 40 008,6 км, экватора — 40 075,7 км. Площадь поверхности Земли — 510 млн км<sup>2</sup>, из них 29% составляет суши, остальная занята поверхностными водами. Объём Земли —  $1,08 \cdot 10^{12}$  км<sup>3</sup>. Земная поверхность очень изменчива по высоте: гора Эверест расположена на уровне 8 848 м, а Марианская глубоководная впадина ниже уровня моря на 11 033 м.

Строение Земли обычно характеризуют совокупностью внешних и внутренних геосфер. При его изучении используют различные модели, которые по мере накопления и уточнения информации изменяются, становятся более детализированными. Для создания подобных моделей используют: прямые (непосредственные) наблюдения, основными из которых являются горные выработки (прежде всего, буровые скважины); косвенные (геофизические) методы, базирующиеся на данных наблюдений за прохождением в недрах Земли *продольных* (Р), *поперечных* (S) и *поверхностных сейсмических волн* (L), возникающих при землетрясениях (см. главу 4). Существует также минералогическое направление в изучении строения Земли, основанное на экспериментальных исследованиях структурных преобразований минералов при высоких давлениях [6]. Возможности прямых наблюдений ограничены глубиной скважин, наибольшая из которых — 12 262 м (Кольская сверхглубокая скважина), что составляет очень незначительную часть разреза планеты Земля. Наиболее полную информацию о внутреннем строении Земли получают на основе сейсмологических исследований, которые позволяют установить глубину границ, разделяющих Землю на несколько концентрических сферических оболочек (внутренних геосфер), а также получить данные об их физических свойствах.

Современная модель Земли представлена на рисунке 3.

Центральную часть Земли составляет *ядро* — сфериод со средним радиусом 3486 км, расположенное на глубине 2891 км и составляющее около 17% от её объёма. В нём выделяют: внешнее ядро (Е), представляющее твёрдую оболочку плотностью 10,0...11,4 г/см<sup>3</sup>, состоящую из смеси железа, серы и никеля; внутреннее ядро (G), характеризующееся железоникелевым сплавом плотностью 13,8...14,3 г/см<sup>3</sup>, находящимся в жидкому состоянии.



**Рис. 3**  
Современная модель Земли:

1 — толща осадочных пород; 2 — гранитный слой; 3 — базальтовый слой; 4 — раздел Мохо.

Ядро окружает *мантия*, которая подразделяется на *верхнюю подкоровую мантию, астеносферу и нижнюю мантию*. Мантия расположена на глубинах 5...75 км от поверхности Земли и составляет 83% её объёма. В её химическом составе основную часть (90%) составляют окислы кремния, магния и двухвалентного железа, 5...10% — окислы кальция, алюминия и магния. Плотность вещества мантии составляет от 3,3 г/см<sup>3</sup> в подкоровой части до 5,5 г/см<sup>3</sup> в низах нижней мантии. Мантия является промежуточной геосферой между нижерасположенным ядром и вышележащей корой и играет важную роль в развитии процессов, происходящих в самой верхней оболочке Земли.

Внешняя (приповерхностная) оболочка Земли называется *земной корой*. Она отделяется от расположенной под ней мантии границей Мохоровичича, названной по имени сейсмолога, открывшего её в 1909 г. Эта граница условно принята за подошву земной коры и отчётливо прослеживается под континентами и океанами. Существуют два принципиально различных по составу, возрасту и происхождению типа коры: *континентальная и океаническая*. Континентальная кора развита под континентами и имеет переменную мощность (от 35...40 км в пределах платформенных областей до 55...70 км в молодых горных сооружениях), которая достигает наибольших значений под Гималаями и Андами. Океаническая кора распространена в пределах океанов и характеризуется примерно постоянными значениями мощности (6...7 км).

Основные элементы, слагающие вещество земной коры: кислород (46,8%), кремний (27,3%), алюминий (8,7%), железо (5,1%), кальций (3,6%), натрий и калий (5,2%), магний (2,1%). Все остальные элементы встречаются редко и не оказывают существенного влияния на её состав и свойства. Химический состав континентальной коры по сравнению с океанической отличается повышенным содержанием кремния и калия и более низким двухвалентного железа, магния и кальция. Радиоактивных элементов в океанической коре очень мало, в то время как в верхней части континентальной коры их содержание повышенное. Средняя плотность коры составляет 2,67 г/см<sup>3</sup>.

Исходя из того, что оболочки А (земная кора) и В (верхняя мантия) по характеру распространения упругих волн ведут себя как твёрдое тело, они объединяются в *литосферу*, характеризующуюся высокой прочностью и упругими свойствами, залегающую на ослабленном, пластичном астеносферном слое. Этот слой играет важную роль в тектонической и магматической активности литосферных плит, обеспечивая их изостатическое равновесие.

На поверхности литосферы различают макроэлементы: континенты (суша), материковый шельф (континентальная окраина), материковый склон, ложе океана и океанические впадины (рис. 4).

*Шельф* представляет продолжение материков под водой и имеет геологическое строение близкое к прилегающей суще, т. е. это затопленная в современную эпоху окраина материка, занимающая около 8% всей площади Мирового океана (уровень Мирового океана за последние 10 тыс. лет поднялся на высоту около 50 м). В настоящее время шельф находится в состоянии

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)