

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ГЕОЭКОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ, ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ .....	7
1.1. Понятие геоэкологии в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве и горнопромышленной геоэкологии, их назначение и место в системе наук о Земле .....	8
1.2. Общие сведения о Земле и ее основных геосферных оболочках.....	10
1.2.1. Внешние оболочки Земли .....	11
1.2.2. Внутренние оболочки Земли .....	13
1.2.3. Минералы, происхождение, структура и состав .....	15
1.2.4. Текстурно-структурные особенности горных пород .....	17
1.2.5. Экзогенные геологические процессы, влияющие на условия строительства и эксплуатации сооружения .....	19
1.2.6. Гидросфера и ее компоненты .....	25
1.2.7. Педосфера .....	28
1.2.8. Атмосфера, ее строение и состав .....	28
1.2.9. Биосфера.....	29
2. ТЕХНОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЕОСФЕРНЫЕ ОБОЛОЧКИ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ И ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	30
2.1. Основные виды воздействий (механическое, химическое, тепловое, акустическое, биологическое, визуальное) .....	30
2.2. Воздействие на геологическую среду (литосферу и подземные воды).....	31
2.3. Воздействие на почвы .....	31
2.4. Воздействие на воды Мирового океана, континентальные поверхностные воды и криосферу .....	32
2.5. Воздействие на атмосферу.....	32
2.6. Воздействие на биосферу .....	32
3. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	33
3.1. Цели и задачи инженерных изысканий .....	33
3.2. Виды инженерных изысканий.....	33
3.3. Техническое задание и рабочая программа .....	33
3.4. Этапы изыскательских работ.....	34
3.5. Содержание отчетных материалов .....	34
4. ОХРАНА КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ОТ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ И ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	35
4.1. Оценка воздействий намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду .....	35
4.2. Перечень мероприятий по охране окружающей среды при строительстве горнопромышленных объектов.....	36
4.3. Мониторинг объектов строительства .....	36
4.4. Геоэкологическая оценка и охрана компонентов природной среды от техногенных воздействий промышленных объектов .....	37
5. ПРИРОДООХРАННЫЕ НОРМЫ И НОРМАТИВЫ В СТРОИТЕЛЬНОЙ И ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	38
5.1. Правовые нормативные документы.....	38
5.2. Нормативно-технические документы.....	40
5.3. Государственная политика в области охраны окружающей среды в строительной и горнопромышленной деятельности.....	43
Библиографический список.....	44

## ВВЕДЕНИЕ

Во второй половине XX и начале XXI веков человечество стало постепенно осознавать весь трагизм такого глобального, стихийного и неуправляемого процесса, как техногенез, ибо мы подошли к той черте, перешагнув которую регрессия биосферы станет неотвратимой. Прогрессивная часть человечества стала проводить десятки конференций и встреч международного, национального и регионального уровней по проблемам устойчивого развития, регулирования и управления уровнем техногенного воздействия на окружающую среду.

Таким образом, совместная деятельность развитого человеческого сообщества насчитывает всего 40–50 лет, и здесь еще предстоит проделать огромную работу по объединению и координации усилий многих государств мира. Несмотря на важность общественной, законодательной и международной деятельности в области охраны окружающей среды и устойчивого развития общества, истинное понимание важности и значения этих проблем в большей степени принадлежит специалистам и ученым. Возникает настоятельная необходимость масштабного развертывания образовательной деятельности всех слоев населения, включая подготовку инженерных, технических и научных кадров в области реального обеспечения охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов и гармонизации возводимых вооруженного техникой человека сооружений и окружающего мира.

Таким образом, все большее значение приобретают науки экологического направления: глобальная экология, исследующая изменения окружающей среды в целом; промышленная экология, предметом которой является изучение техногенных воздействий от хозяйственной деятельности; горнопромышленная геоэкология, изучающая в первую очередь изменения геологической среды; экология человека, рассматривающая медицинские проблемы в связи с загрязнением окружающей среды, и др.

Безусловно, что ведущие позиции в этом стратегически важном движении научного развития занимают такие научные направления, которые получили название «науки о Земле», как геология, геоэкология, инженерная геология, геофизика, география, геокриология, геомеханика и др.

Существование современного человечества немыслимо без многосторонней хозяйственной деятельности, направленной на достижение в первую очередь экономических, рекреационных, культурных и других его интересов. Это неизбежно вносит изменения в совокупность природных объектов, таких как: недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир, а также околоземное космическое пространство. Перечисленные природные объекты обеспечивают в своей совокупности средообразующие условия для существования жизни на Земле.

Всесторонним изучением роли взаимного влияния техногенной деятельности и компонентов природной среды занимается *геоэкология* — междисциплинарное научное направление, объединяющее исследования состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов. Основная задача геоэкологии заключается в изучении изменений жизнеобеспечивающих ресурсов географических оболочек под влиянием природных и техногенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль с целью сохранения для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды.

Таким образом, геоэкология носит прикладной, а учитывая многофакторность техногенной деятельности, синергетический (и межотраслевой) характер. В настоящем учебно-методическом пособии рассматриваются вопросы геоэкологии, относящиеся к строительству и жилищно-коммунальному хозяйству, а также к горнопромышленной деятельности.

Особое место здесь занимает геоэкология как междисциплинарная наука, изучающая состав, структуру, закономерности функционирования и эволюции природных и техногенно преобразованных экосистем высокого уровня организации. Она представляет собой синергию биологических, геологических и технических наук, ставящих во главу угла изучение, разработку и реализацию методов, направленных на сохранение и улучшение жизни на Земле. Геоэкология способствует решению задач, связанных с воспроизводством и охраной всего комплекса природных ресурсов, среды обитания биоса и человека.

Объектом исследования геоэкологии являются геосферные оболочки Земли — литосфера, гидросфера, атмосфера. Предмет исследования — закономерности и устойчивость человеческой деятельности по развитию жизни на Земле.

Строительство и горнопромышленная деятельность являются основными средообразующими факторами (оказывают огромное влияние) формирования искусственной среды обитания человека, качество его жизни и производственной деятельности. Создание любого строительного объекта различного функционального назначения осуществляется на основе принятия решений, связанных с вмешательством в природу. Построенный объект представляет собой также сложную техногенную систему, которая при определенных обстоятельствах превращается в источник опасных воздействий как на человека, так и на окружающую среду.

Здание, сооружение, горнопромышленный объект выступают как оболочка большинства производственных технологий, во многом определяя степень их воздействий на окружающую природную и социальную среду в случае возникновения природных и техногенных аварий и катастроф. В настоящее время проблемы обеспечения инженерной и экологической безопасности, повышения качества и надежности, ресурсосбережения занимают одно из центральных мест в строительной и горнопромышленной науке и практике.

Понятие экологической безопасности строительства является общепринятым термином и представляет собой одну из базовых систем строительной деятельности, обеспечивающую на всех этапах жизненного цикла объекта строительства его максимальное соответствие условиям и параметрам окружающей природной и техногенной среды с целью их дальнейшего устойчивого и стабильного взаимодействия, функционирования и развития.

Однако для того, чтобы строящийся объект «вписался» в окружающую среду с минимальным взаимным ущербом, необходим комплекс инженерных изысканий. Именно изыскания, проведенные на высоком уровне, позволяют объекту нормально функционировать на протяжении всего его жизненного цикла.

Данное учебно-методическое пособие предназначено для аспирантов очной и заочной форм обучения по направлениям подготовки 05.06.01 Науки о Земле, 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых.

# 1. ГЕОЭКОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ, ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ

Хозяйственная деятельность в таких областях, как строительство и горная промышленность, регулируется нормативными правовыми документами, разработка которых требует опоры на инженерные изыскания и научные исследования, в том числе в области геоэкологии. В частности, к таким документам относятся Градостроительный кодекс Российской Федерации и свод правил по инженерным изысканиям.

В пункте 1 статьи 47 главы 6 Градостроительного кодекса Российской Федерации написано: «Инженерные изыскания выполняются для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства. Подготовка проектной документации, а также строительство, реконструкция объектов капитального строительства в соответствии с такой проектной документацией не допускаются без выполнения соответствующих инженерных изысканий» [1].

Данные, полученные в ходе инженерных изысканий, входят в обязательный состав документации, необходимой для получения разрешения на строительство.

В СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» сказано, что «настоящий свод правил устанавливает основные положения и требования к организации и порядку выполнения инженерных изысканий при изучении природных условий и факторов техногенного воздействия в целях рационального и безопасного использования территорий и земельных участков в их пределах. Требования настоящего свода правил распространяются на выполнение инженерных изысканий для подготовки документов территориального планирования, документации по планировке территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства и реконструкции объектов капитального строительства повышенного и нормального уровня ответственности» [2].

Положения СП 47.13330.2016 обязательны для органов государственной власти и местного самоуправления, юридических и физических лиц, независимо от их форм собственности и принадлежности (включая зарубежные), осуществляющих деятельность в области инженерных изысканий на территории Российской Федерации.

При проведении изысканий, в первую очередь из геосферных оболочек Земли, исследуется верхняя часть геологической среды (горные породы и грунты), которая будет являться основанием будущего сооружения.

Согласно Е.М. Сергееву под геологической средой понимается «верхняя часть литосферы, которая рассматривается как многокомпонентная динамичная система, находящаяся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека и, в свою очередь, в известной степени определяющая эту деятельность» [3].

Диапазон границ геологической среды достаточно широк. Верхняя граница — это практически поверхность существующего рельефа земной поверхности, достигающая 8848 м (гора Джомолунгма, известная также как Эверест); нижняя граница — Марианская впадина (Марианский желоб) — почти 11 км. В связи с техногенезом увеличивается глубина проникновения человека в земную кору. Сегодня это — глубина 12 262 м (Кольская сверхглубокая скважина). В геологическую среду, таким образом, включаются почвы, верхние горизонты горных пород, подземная гидросфера, рассматриваемые как многокомпонентные системы. Внешними средами по отношению к геологической среде будут выступать атмосфера, поверхностная гидросфера (поверхностные воды) и собственно сфера техногенеза.

## **1.1. Понятие геоэкологии в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве и горнопромышленной геоэкологии, их назначение и место в системе наук о Земле**

Как уже отмечалось во введении, геоэкология носит прикладной и межотраслевой характер. Области исследований геоэкологии в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ) затрагивают широкий спектр вопросов, в частности:

- оценка состояния природной среды и ее изменений под влиянием урбанизации строительной и хозяйственной деятельности человека;
- оценка состояния и управления природно-техногенными ландшафтами, в том числе городскими;
- рациональное использование и охрана природных ресурсов, санация и рекультивация нарушенных земель, ресурсосбережение и утилизация отходов, возникающих в результате строительной, хозяйственной деятельности и эксплуатации ЖКХ;
- геоэкологические аспекты функционирования природно-техногенных систем, в том числе строительных, и мониторинг их состояния;
- развитие опасных природных и техноприродных процессов, прогноз их развития, оценка опасности и риска, управление риском, мероприятия по снижению последствий геокатастрофических процессов, геоинженерная защита территорий, зданий и сооружений;
- геоэкологическое обоснование безопасного размещения, хранения и захоронения токсичных, радиоактивных и других отходов;
- разработка и совершенствование государственного нормирования и стандартизации в природопользовании, оценка состояния окружающей среды в строительной деятельности, ЖКХ и в архитектурном проектировании.

Адекватную систему исходных данных обеспечивают инженерные изыскания — вид строительной деятельности, осуществляемой комплексное изучение природных и техногенных условий территорий (регионов, районов, площадок, участков, трасс), объектов строительства, составление прогнозов взаимодействия этих объектов с окружающей средой, обоснование их инженерной защиты и безопасных условий жизни населения.

*Горнопромышленная геоэкология* — комплексное направление исследований геосферных оболочек Земли в связи с подземным и открытым способами добычи полезных ископаемых, их переработки, обогащения, складирования, рекультивации нарушенных земель, утилизации отходов, геоэкологического мониторинга, условий строительства и эксплуатации многочисленных объектов инфраструктуры.

Основные области исследований горнопромышленной геоэкологии касаются следующих вопросов:

- оценки состояния горно-геологической природной среды и ее изменений под влиянием хозяйственной деятельности при освоении месторождений полезных ископаемых, загрязнения массивов горных пород, поверхностных и подземных вод, развития физико-геологических и техноприродных процессов, деградации криолитозоны, истощения ресурсов подземных вод;
- геоэкологических аспектов рационального использования и охраны минеральных ресурсов и рекультивации территорий, нарушенных при разработке месторождений и обогащении твердых полезных ископаемых;
- развития опасных техноприродных процессов, разработки методов прогноза, оперативного обнаружения и устранения последствий чрезвычайных ситуаций при разработке месторождений и переработке твердых полезных ископаемых;

– геоэкологического обоснования конструирования, проектирования и безопасного размещения инженерных сооружений при строительстве, эксплуатации, консервации и ликвидации горнопромышленных предприятий, месторождений твердых полезных ископаемых и подземного пространства;

– геоэкологических аспектов мониторинга состояния окружающей среды при освоении недр;

– инженерной защиты экосистем, прогнозирования, предупреждения и ликвидации последствий загрязнения окружающей среды при строительстве, консервации и ликвидации горных и горно-обогатительных предприятий;

– разработки и совершенствования методов определения критических нагрузок, нормирования и стандартов оценки состояния природной среды при освоении месторождений и обогащении твердых полезных ископаемых.

Зависимость строительной, хозяйственной деятельности ЖКХ, горнопромышленной деятельности человека, с одной стороны, и состояния биосферы, с другой стороны, от явлений и процессов, протекающих в неживой природе, диктует необходимость их детального изучения системой наук о Земле, включающей науку, занимающиеся изучением оболочек планеты Земля (главным образом, литосферы, атмосферы и гидросферы).

Важное значение в геоэкологии имеет понятие *ландшафта* — геосферной оболочки Земли, в которой соприкасаются и взаимодействуют друг с другом атмосфера, гидросфера, литосфера и биосфера. Именно с понятием ландшафта сформировалась геоэкология как наука, понимаемая большинством ученых как ландшафтная, или географическая, экология. Ландшафтная оболочка характеризуется сложным составом и строением. Ее границы, совпадая с границами биосферы, полностью охватывает гидросферу, опускаясь в океане на 10–11 км, верхнюю часть литосферы и высоты 5–6 км над уровнем моря. Таким образом, наибольшая толщина ландшафтной оболочки составляет около 15–16 км. Наряду с термином «ландшафт» употребляются также такие термины, как «почвенный ландшафт», «растительный ландшафт» и др. Принято выделять отдельные ландшафтные единицы с горизонтальной протяженностью от нескольких километров и более.

Строение ландшафтной оболочки обычно формируют пять компонентов: рельеф с его вещественным составом (горными породами), воздушные массы, водные системы, почвенный покров и биоценозы. Существуют также ландшафтные структуры, построенные с участием меньшего числа компонентов, например ландшафты морского дна, степные ландшафты, полярные ландшафты и пр. Однако при всей ограниченности набора компонентов, составляющих ландшафты, их сочетания могут быть многообразными.

Согласно ГОСТ 17.8.1.02-88 «Охрана природы. Ландшафты. Классификация» [4] по основным видам своей социально-экономической функции ландшафты подразделяют на сельскохозяйственные, лесохозяйственные, водохозяйственные, промышленные, ландшафты поселений, рекреационные, заповедные.

Кроме того, ландшафты классифицируются по совокупности влияния природных и антропогенных факторов на условия их формирования, по устойчивости к антропогенным воздействиям, а также по степени измененности. Специфика деятельности человека в строительстве и ЖКХ, а также в горнопромышленной геоэкологии определяет приоритеты и глубину исследований отдельных ландшафтных оболочек.

## 1.2. Общие сведения о Земле и ее основных геосферных оболочках

Наша планета представляет собой сложнейшую материальную систему, сформированную в процессе уникальных событий, происходивших как в космосе, так и на самой Земле. Земные объекты аккумулируют огромную историческую информацию о различных явлениях и процессах (столкновениях с иными небесными телами, извержениях вулканов, разломах земной коры, землетрясениях, ураганах, наводнениях и многих др.), предопределяющих эволюцию как самой планеты, так и населяющего ее растительного и животного миров.

Осуществление хозяйственной деятельности человека, в частности строительной и горно-промышленной, предусматривает учет явлений и процессов, протекающих в геосферных оболочках, которые изучаются науками о Земле. К настоящему времени система наук о Земле достигла высокой степени сложности и взаимосвязи между отдельными науками. Многообразие явлений и процессов, изучаемых науками о Земле, основополагающие из которых: география, геология, физика Земли, гидрология, метеорология, ландшафтоведение, обусловило их разделение на множество других, в частности: атмосферные науки, вулканология, география, геодезия, геоинформатика, геология, геоморфология, геофизика, геохимия, гидрология (гидрология суши, русловедение, лимнология, океанология), гляциология, картография, климатология, кристаллография, метеорология, минералогия, петрография, петрология, почвоведение, седиментология, сейсмология, стратиграфия, тектоника. Перечисленные науки изучают как отдельные ландшафтные компоненты, так и их совокупность. К основным геосферным оболочкам, формирующим природные ландшафты, относятся атмосфера, гидросфера, литосфера и биосфера. Сами же геосферы в современных науках о Земле понимаются как условно концентрические, сплошные или прерывистые оболочки Земли, различающиеся по физическим свойствам и/или химическому составу. К геосферным оболочкам относят также физические поля Земли — гравитационное, магнитное, электрическое, тепловое. В своем существовании и развитии геосферы неизбежно взаимодействуют между собой.

**Форма Земли** обычно именуется Земным шаром. Установлено, что масса Земли равна  $5,98 \cdot 10^{27}$  г, объем —  $1,083 \cdot 10$  см<sup>3</sup>, средний радиус — 6371 км, средняя плотность —  $5,52$  г/см<sup>3</sup>, среднее ускорение силы тяжести — 981 Гал. Форма Земли близка к трехосному эллипсоиду вращения с полярным сжатием: у современной Земли полярный радиус равен 6356,78 км, а экваториальный — 6378,16 км. Длина земного меридиана составляет 40 008,548 км, длина экватора — 40 075,704 км. Полярное сжатие (или «сплюснутость») обусловлена вращением Земли вокруг полярной оси, и величина этого сжатия связана со скоростью вращения Земли. Иногда форму Земли именуют сфероидом, но для Земли есть и собственное наименование формы, а именно геоид. Дело в том, что земная поверхность изменчива и значительна по высоте (есть высочайшие горные системы более чем в 8000 м, например гора Эверест — 8848 м, и глубокие океанические впадины, например Марианская, — около 11 км). Геоид вне континентов совпадает с невозмущенной поверхностью Мирового океана, на континентах поверхность геоида рассчитана по гравиметрическим исследованиям и с помощью наблюдений из космоса [6].

### 1.2.1. Внешние оболочки Земли

В общем виде, как установлено современными геофизическими исследованиями на основании оценок скоростей распространения сейсмических волн и других данных, Земля сложена как бы несколькими концентрическими оболочками: внешними — атмосфера (газовая оболочка), гидросфера (водная оболочка), биосфера (область распространения живого вещества, по В.И. Вернадскому) и внутренними, которые называют собственно геосферами (ядро, мантия и литосфера). Непосредственному наблюдению доступны атмосфера, гидросфера, биосфера и верхняя часть земной коры.

*Атмосфера* по распределенной в ней температуре снизу вверх подразделяется на тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу. Тропосфера составляет около 80 % всей массы атмосферы и достигает высоты 16–18 км в экваториальной части и 8–10 км в полярных областях. Стратосфера простирается до высоты 55 км и имеет у верхней границы слой озона. Далее идут до высоты 80 км — мезосфера, до 800–1000 км — термосфера и выше располагается экзосфера (сфера рассеивания), составляющая не более 0,5 % массы земной атмосферы. В состав атмосферы входят азот (75,51 %), кислород (23,3 %), аргон (1,28 %), углекислота (0,04 %) и другие газы и почти весь водяной пар. Содержание озона ( $O_3$ ) равно  $3,1 \cdot 10^{15}$  г, а кислорода ( $O_2$ )  $1,192 \cdot 10^{21}$  г. С удалением от поверхности Земли температура атмосферы резко понижается, и на высоте 10–12 км она уже составляет около  $-50$  °С. В тропосфере происходит образование облаков и сосредотачиваются тепловые движения воздуха. У поверхности Земли наиболее высокая температура была отмечена в Ливии ( $+58$  °С в тени) и на территории бывшего СССР в районе г. Термез ( $+50$  °С в тени). Наиболее низкая температура зафиксирована в Антарктиде ( $-87$  °С) и на территории России в Якутии ( $-71$  °С). Стратосфера — следующий над тропосферой слой. Присутствие озона в данном атмосферном слое обуславливает повышение температуры в нем до  $+50$  °С, но на высоте 8–90 км температура снова понижается от  $-60$  °С до  $-90$  °С. Среднее давление воздуха на уровне моря равно 1,0132 бар (760 мм рт. ст.), а плотность —  $1,3 \cdot 10^3$  г/см<sup>3</sup>. В атмосфере и ее облачном покрове поглощается 18 % излучения Солнца. В результате радиационного баланса системы Земля – атмосфера средняя температура на поверхности Земли положительная ( $+15$  °С), хотя ее колебания в разных климатических зонах могут достигать  $150$  °С.

*Гидросфера* — водная оболочка, которая играет большую роль в геологических процессах Земли. В ее состав входят все воды Земли (океаны, моря, реки, озера, материковые льды и т.д.). Гидросфера не образует сплошного слоя и покрывает земную поверхность на 70,8 %. Средняя мощность водной оболочки — около 3,8 км, наибольшая — приблизительно 11 км (в Тихом океане). Гидросфера составляет неразрывное единство с литосферой, атмосферой и биосферой. Именно для биосферы важное значение имеют уникальные свойства воды как химического соединения, например изменение в объеме при переходе воды из одного фазового состояния в другое, высокая растворяющая способность по отношению почти ко всем соединениям на Земле. Именно наличие воды по своей сути обеспечивает существование жизни на Земле в известной нам форме. В табл. 1 приведено распределение воды на Земле. Температура воды в океане меняется не только в зависимости от широты местности (близость к полюсам или экватору), но и от глубины океана. Наибольшей изменчивостью температур отличается поверхностный слой до глубины 150 м. Самая высокая температура воды в верхнем слое отмечена в Персидском заливе ( $+35,6$  °С), а наиболее низкая — в Северном Ледовитом океане ( $-2,8$  °С).



## Объем гидросферы и интенсивность водообмена

Составляющие гидросферы	Объем всей воды, тыс. км <sup>3</sup> (%)	Объем пресных вод, тыс. км <sup>3</sup>	Интенсивность водообмена, годы
Мировой океан	1 370 000 (94)	–	3000
Подземные воды	60 000 (4,12)	4000	5000
Ледники	24 000 (1,65)	24 000	8600
Озера	280	155	10
Почвенная влага	85	83	1,000
Пары атмосферы	14	14	0,027
Речные воды	1,20	1,20	0,032
Вода в живых организмах (биологическая вода)	1,12	1,12	–

*Примечание.* Активному водообмену и использованию могут быть подвергнуты всего лишь 4000 тыс. км подземных вод, расположенных на небольших глубинах.

Химический состав гидросферы разнообразен: от весьма пресных до очень соленых вод типа рассолов. Более 98 % всех водных ресурсов Земли составляют соленые воды океанов, морей и некоторых озер, а также минерализованные подземные воды. Общий объем пресной воды на Земле равен 28,25 млн км<sup>3</sup>, что составляет всего лишь около 2 % общего объема гидросферы, при этом наибольшая часть пресных вод сосредоточена в материковых льдах Антарктиды, Гренландии, полярных островов и высокогорных областей. Это вода малодоступна для использования человеком. Соленость (средняя) морской воды равна 3,5 % (35 г/л). В морской воде содержатся кроме хлоридов, сульфатов и карбонатов также йод, фтор, фосфор, рубидий, цезий, золото и другие элементы. В воде растворено 0,48·10<sup>23</sup> г солей.

В настоящее время серьезным становится вопрос о дефиците пресной воды, что является одной из составляющих развивающегося глобального экологического кризиса. Пресная вода необходима для утилитарных нужд человека (питья, приготовления пищи, умывания и т.п.) и для большинства промышленных процессов, а также только пресная вода пригодна для сельскохозяйственного производства, так как большинство растений и животных сосредоточено на суше и для осуществления своей жизнедеятельности они используют исключительно пресную воду. Рост населения Земли (уже сейчас на планете более 7 млрд чел.) и связанное с этим развитие промышленности и сельского хозяйства привели к тому, что ежегодно человеком потребляется 3,5 тыс. км<sup>3</sup> пресной воды, причем безвозвратные потери составляют 150 км<sup>3</sup>. Пригодная для водоснабжения часть гидросферы составляет 4,2 км<sup>3</sup>, а это всего лишь 0,3 % объема гидросферы. В России достаточно большие запасы пресной воды (около 150 тыс. рек, 200 тыс. озер, множество водохранилищ и прудов, значительные объемы подземных вод), однако распределение этих запасов по территории страны неравномерно. Гидросфера играет важную роль в проявлении многих геологических процессов, особенно в поверхностной зоне земной коры. С одной стороны, под воздействием гидросферы происходит интенсивное разрушение горных пород и их перемещение, переотложение, с другой — гидросфера выступает как мощный созидательный фактор, являясь, по существу, бассейном для накопления в ее пределах толщ осадков разного состава.

*Биосфера* находится в постоянном взаимодействии с литосферой, гидросферой и атмосферой, что существенно сказывается на составе и строении литосферы. В целом, под биосферой в настоящее время понимают область распространения живого вещества (живые организмы известных науке форм); это сложноорганизованная оболочка, связанная биохимическими (и геохимическими) циклами миграции вещества, энергии и информации. Академик В.И. Вернадский в понятие биосферы включает все структуры Земли, генетически связанные с живым веществом, прошлой или современной деятельностью живых организмов. Большая часть геологической истории Земли связана с деятельностью живых организмов особенно в поверхностной части земной коры, например, это мощные осадочные толщи органогенных горных пород — известняков, диатомитов и др. Область распространения биосферы ограничивается в атмосфере озоновым слоем (примерно 18–50 км над поверхностью планеты), выше которого известные на Земле формы жизни невозможны без специальных средств защиты, как это осуществляется при космических полетах за пределы атмосферы и на другие планеты. Внутреннее строение Земли по современным представлениям состоит из ядра, мантии и литосферы. Границы между ними достаточно условны вследствие взаимопроникновения как по площади, так и по глубине.

### 1.2.2. Внутренние оболочки Земли

**Земное ядро** состоит из внешнего (жидкого) и внутреннего (твердого) ядра. Радиус внутреннего ядра примерно равен 1200–1250 км, переходный слой между внутренним и внешним ядром имеет мощность около 300–400 км, а радиус внешнего ядра равен 3450–3500 км (соответственно глубина 2870–2920 км). Плотность вещества во внешнем ядре с глубиной возрастает с 9,5 до 12,3 г/см<sup>3</sup>. В центральной части внутреннего ядра плотность вещества достигает почти 14 г/см<sup>3</sup>. Все это показывает, что масса земного ядра составляет до 32 % всей массы Земли, в то время как его объем — примерно 16 % объема Земли. Современные специалисты считают, что земное ядро почти на 90 % представляет собой железо с примесью кислорода, серы, углерода и водорода, причем внутреннее ядро имеет железоникелевый состав.

**Мантия Земли** представляет собой силикатную оболочку между ядром и подошвой литосферы. Масса мантии составляет 67,8 % общей массы Земли. Геофизическими исследованиями установлено, что мантия может быть подразделена на верхнюю мантию (до глубины 400 км), на переходный слой Голицына (на глубине от 400 до 1000 км) и нижнюю мантию (на глубине примерно 2900 км). Под океанами в верхней мантии выделяется слой, в котором мантийное вещество находится в частично расплавленном состоянии. По современным представлениям мантия имеет ультраосновной состав (пиролит как смесь 75 % перидотита и 25 % толеитового базальта или лерцолита), в связи с чем ее часто называют перидотитовой, или «каменной», оболочкой. Содержание радиоактивных элементов в мантии весьма низко. Так, в среднем 10<sup>-8</sup> % <sup>232</sup>U; 10<sup>-7</sup> % <sup>237</sup>Th, 10<sup>-6</sup> % <sup>40</sup>K. Мантия в настоящее время оценивается как источник сейсмических и вулканических явлений, горообразовательных процессов, а также как зона реализации магматизма.

**Земная кора** представляет собой верхний слой Земли, который имеет нижнюю границу по сейсмическим данным по слою Мохоровичича, где отмечено скачкообразное увеличение скоростей распространения упругих (сейсмических) волн до 8,2 км/с. Земная кора является основным объектом исследований, на ее поверхности и в недрах осуществляется строительная и горнопромышленная деятельность [5].

Сейчас выделяются два типа земной коры: «базальтовая» океаническая и «гранитная» континентальная.

Океаническая кора достаточно проста по составу и представляет собой некое трехслойное формирование. Верхний слой, мощность которого от 0,5 км в срединной части океана до 15 км у глубоководных дельт рек и материковых склонов, где накапливается практически весь терригенный материал, в то время как в других зонах океана осадочный материал представлен

карбонатными осадками и бескарбонатными красными глубоководными глинами. Второй слой сложен подушечными лавами базальтов океанического типа, подстилаемый долеритовыми дайками того же состава, общая мощность этого слоя составляет 1,5–2,0 км. Третий слой в верхней части разряда представлен слоем габбро, который вблизи от срединных океанических хребтов подстилается серпентинитами и общая мощность которого лежит в пределах от 4,7 до 5,0 км. Средняя плотность океанической коры (без осадков) равна  $2,9 \text{ г/см}^3$ , ее масса —  $6,4 \cdot 10^{24} \text{ г}$ , объем осадков —  $323 \text{ млн км}^3$ . Океаническая кора образуется в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов за счет происходящего под ними выделения базальтовых расплавов из астеносферного слоя Земли и излияния долеритовых базальтов на океанское дно. Ежегодно из астеносферы поступает  $12 \text{ км}^3$  базальтов. Все эти тектоно-магматические процессы сопровождаются повышенной сейсмичностью и не имеют равных на континентах [5]. Континентальная кора отличается от океанической мощностью, строением и составом. Ее мощность меняется от 20–25 км под островными дугами и участками с переходным типом коры до 80 км под молодыми складчатыми поясами Земли. Мощность континентальной коры под древними платформами составляет в среднем 40 км. Континентальная кора сложена тремя слоями, верхний из которых осадочный, а два нижних представлены кристаллическими породами. Осадочный слой сложен глинистыми осадками и карбонатами мелководных морских бассейнов и имеет различную мощность от нуля на древних щитах до 15 км в краевых прогибах платформ. Под осадочным слоем залегают докембрийские «гранитные» породы, зачастую преобразованные процессами регионального метаморфизма. Под этим слоем залегает базальтовый. Отличием океанической коры от континентальной является наличие в ней гранитного слоя. Из химических элементов преобладающими являются кислород (43,13 %), кремний (26 %) и алюминий (7,45 %) (табл. 2) в форме силикатов и оксидов.

Таблица 2

**Средний химический состав земной коры**

Соединения	Содержание преобладающих соединений, %	
	Океаническая кора	Континентальная кора
SiO <sub>2</sub>	61,9	49,4
TiO <sub>2</sub>	0,8	1,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,6	16,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,6	2,3
FeO	3,9	7,6
MnO	0,1	0,2
MgO	3,1	8,0
CaO	5,7	11,4
Na <sub>2</sub> O	3,1	2,7
K <sub>2</sub> O	2,9	0,2

Важным обстоятельством, отличающим земную кору от других внутренних геосфер, является наличие повышенного содержания долгоживущих радиоактивных изотопов урана <sup>232</sup>U, тория <sup>237</sup>Th, калия <sup>40</sup>K, их наибольшая концентрация отмечена для «гранитного» слоя континентальной коры, в океанической же коре радиоактивных элементов ничтожно мало.

**Литосфера** — каменная оболочка Земли, объединяющая земную кору, подкоровую часть верхней мантии и подстилаемая астеносферой. Характерным признаком литосферы является то, что в нее входят породы в твердом кристаллическом состоянии, и она обладает жесткостью и прочностью. Вниз по разрезу от поверхности Земли наблюдается рост температуры. Под литосферой расположена пластичная оболочка мантии — астеносфера, в которой при высоких температурах вещество частично расплавлено, и в отличие от литосферы астеносфера не обладает прочностью и может пластично деформироваться, вплоть до способности течь даже под действием очень малых избыточных давлений.

### 1.2.3. Минералы, происхождение, структура и состав

Земная кора сложена горными породами. Минералы входят в состав горных пород. Если горная порода состоит из одного минерала, то она является мономинеральной (например каменная соль, известняк, мрамор, гипс и др.). Если порода состоит из нескольких минералов, — она полиминеральная (например гранит, базальт, гнейс и др.). Минералы изучает наука минералогия, а горные породы — петрография.

В настоящее время следует различать два вида минералов:

- 1) природного происхождения, рождение которых связано с процессами в земной коре;
- 2) искусственного происхождения, которые возникли в процессе техногенной деятельности человека (в том числе и целенаправленной).

В земной коре содержится более 7000 минералов и их разновидностей. Большинство встречается редко и лишь немногим более 100 минералов встречаются часто и в достаточно больших количествах, входят в состав тех или иных горных пород. Такие минералы называют породообразующими. Каждый минерал существует в природе лишь в определенных термодинамических условиях.

**Происхождение минералов.** Условия, в которых образуются минералы в природе, отличаются большим разнообразием и сложностью. Различают три основных процесса минералообразования: эндогенный, экзогенный и метаморфический.

*Эндогенный процесс* связан с внутренними силами Земли и проявляется в ее недрах. Минералы формируются из магмы — силикатного огненно-жидкого расплава. Эндогенные минералы плотные, с большой твердостью, стойкие к воде, кислотам, щелочам.

*Экзогенный процесс* свойственен поверхности земной коры. При этом процессе минералы формируются на суше и в море. В первом случае их создание связано с процессом выветривания, т.е. разрушительным воздействием воды, кислорода, колебаний температуры на эндогенные минералы. Во втором случае минералы формируются в процессе выпадения химических осадков из водных растворов (галит, сильвин и др.).

*Метаморфический процесс.* Под воздействием высоких температур и давлений, а также магматических газов и воды на некоторой глубине в земной коре происходит преобразование минералов, ранее образовавшихся в экзогенных процессах. Минералы изменяют свое первоначальное состояние, перекристаллизовываются, приобретают плотность, прочность.

**Структура.** Минералы обладают кристаллической структурой или бывают аморфными. Большинство минералов имеет кристаллическое строение, в котором атомы расположены в строго определенном порядке, создавая пространственную решетку. Благодаря этому многие минералы внешне имеют вид правильных многогранников. Со строением и характером пространственной решетки связаны свойства кристаллических тел.

**Химический состав.** Каждый минерал характеризуется определенным химическим составом. В отдельных случаях встречаются минералы сходного химического состава, но в этом случае они обязательно имеют различное внутреннее строение, следовательно, и различную внешнюю форму. Химический состав кристаллических минералов выражается кристаллохимической формулой, которая показывает количественные соотношения элементов и характер взаимной связи в пространственной решетке.

**Физические свойства.** Каждый минерал имеет определенные физические свойства. По цвету минералы условно разделяют на светлые (кварц, полевые шпаты, кальцит и др.) и темные (роговая обманка, авгит и др.). По прозрачности выделяют три группы минералов: прозрачные (кварц, мусковит и др.), полупрозрачные (гипс, халцедон и др.) и непрозрачные (пирит, графит и др.).

*Блеск* — способность поверхности отражать свет, он может быть металлическим и неметаллическим, который, в свою очередь, может быть стеклянным (силикаты), жирным (тальк), шелковистым (асбест) и др.

*Твердость* — способность минералов противостоять внешним механическим воздействиям, она ориентировочно оценивается по шкале твердости Мооса (табл. 3).

Таблица 3

### Твердость минералов

Эталонные минералы	Твердость по шкале Мооса	Число истинной твердости, МПа	Визуальные признаки твердости	Твердость по группам минералов
Тальк	1	24	Чертится ногтем	Мягкие
Гипс	2	360	То же	То же
Кальцит	3	1090	»	Средней твердости
Флюорит	4	1890	»	То же
Апатит	5	5360	»	»
Ортоклаз	6	7967	Царапает стекло	Твердые
Кварц	7	11 200	То же	То же
Топаз	8	14 270	Режет стекло	Очень твердые
Корунд	9	20 600	То же	То же
Алмаз	10	100 600	»	»

*Спайность* — способность минералов раскалываться или расщепляться по определенным направлениям с образованием плоскостей раскола. Плотность минералов различна и колеблется в пределах от 0,6 до 19 г/см<sup>3</sup>. Минералы обладают рядом других физических свойств: хрупкостью, плавкостью, магнитностью, вкусом, запахом и др.

**Классификация минералов** основана главным образом на их химическом составе. Все минералы разделяют на 10 классов (табл. 4).

Таблица 4

### Классы минералов и типичные для них минералы

Классы	Минералы	Классы	Минералы
Силикаты	Ортоклаз $K(AlSi_3O_2)$	Сульфаты	Гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Карбонаты	Кальцит $CaCO_3$	Галоиды	Галит $NaCl$
Оксиды	Кварц $Si_2O$	Фосфаты	Апатит $Ca_5[(PO_4)_3](OH, F, Cl)$
Гидроксиды	Опал $SiO_2 \cdot nH_2O$	Вольфраматы	Вольфрамит $(Fe, Mn)WO_4$
Сульфиды	Пирит $FeS_2$	Самородные элементы	Алмаз, графит C; сера S

*Силикаты* — наиболее многочисленный класс, включающий до 800 минералов, являющихся основной составной частью большинства магматических и метаморфических пород.

Среди силикатов выделяют группы минералов, характеризующиеся некоторой общностью состава и строения, — полевые шпаты, пироксены, амфиболы, слюды, а также оливин, тальк, хлориты и глинистые минералы. Все они по составу алюмосиликаты.

*Оксиды и гидроксиды.* Эти два класса объединяют около 200 минералов, на их долю приходится до 17 % всей массы земной коры. Наибольшее распространение имеют кварц, опал и лимонит.

*Карбонаты.* К ним относится более 80 минералов. Наиболее распространенные среди них — кальцит, магнезит, доломит. Происхождение в основном экзогенное и связано с водными растворами. В контакте с водой они немного снижают свою механическую прочность, слабо растворяются в воде, разрушаются в кислотах.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)